HAL
open science

Étude du recours informatique dans l'enseignement des mathématiques au collège

Claude Mattiussi

▶ **To cite this version:**

Claude Mattiussi. Étude du recours informatique dans l'enseignement des mathématiques au collège. Education. Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2013. Français. NNT : 2013TOU20126 . tel-01010959

HAL Id: tel-01010959

https://theses.hal.science/tel-01010959

Submitted on 21 Jun 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université de Toulouse

THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par
Université Toulouse 2 - Le Mirail

Discipline ou spécialité
Sciences de l'Éducation

Présentée et soutenue par
Mattiussi Claude
le jeudi 12 décembre 2013

Étude du recours informatique Dans l'enseignement des mathématiques au collège Tome I

École doctorale
Comportement, Langage, Éducation, Socialisation, COgnition (CLESCO)
Unité de recherche
UMR Éducation Formation Travail Savoirs (EFTS)

Directeur(s) de Thèse : ANTIBI André
Professeur émérite Université Paul Sabatier Toulouse

Rapporteurs :
JUSTENS Daniel Professeur Haute École Francisco Ferrer Bruxelles
REGNIER Jean Claude Professeur Université Lyon2

Autre(s) membre(s) du jury :
BRU Marc professeur émérite Université Toulouse le Mirail
BUFF Xavier professeur Université Paul Sabatier Toulouse
MOISAN Jacques Inspecteur Général Honoraire de Mathématiques

Remerciements

Mes remerciements les plus chaleureux à mon directeur de mémoire André ANTIBI, célèbre et grand chercheur engagé, pour son soutien indéfectible et amical, pour la confiance et la bienveillance qu'il m'a toujours accordées dans mes travaux de recherche tout au long de ces années à gravir les degrés de la recherche universitaire, pour son exigence de rigueur et d'objectivité, de respect des règles méthodologiques, mais aussi pour ses encouragements à la créativité et à l'originalité.

Mes remerciements également à mes amis proches, notamment à l'IREM, collègues compagnon d'études et universitaires serviables qui ont pu m'aider dans mes travaux par leurs remarques, critiques et suggestions, en particulier au cours de la présentation de mes travaux. Ces exposés ont joué un rôle important dans l'élaboration de mes thèses tant ils mettent à l'épreuve la cohérence et la validité des propositions. À l'évidence, de la discussion jaillit la lumière ; de la critique émerge la vérité.

Ma reconnaissance enfin à Georges MADAR, vaillant et éminent collègue, pour son aide précieuse et sa coopération pour la réalisation et l'hébergement de l'enquête en ligne et l'envoi en nombre des courriels.

Terminologie

Contrairement aux Anglo-saxons, en France, on a du mal à inventer des mots nouveaux pour exprimer des concepts innovants. On hésite devant la critique de la facilité du néologisme et l'on redoute l'accusation de barbarisme. Mais j'ai éprouvé un réel embarras à qualifier le type d'étude théorique des pratiques informatiques de l'enseignement des mathématiques. Dans les années quatre-vingt, nous avions parlé, au début, de "pédagogie informatique", un terme jugé trop étroit et désuet. Nous avons ensuite utilisé celui de didactique, plus moderne, en parlant de "didactique informatique". Mais cette dénomination n'était pas totalement satisfaisante. La didactique, qui s'intéresse aux relations entre savoir, enseignant et élève, ne recouvre complètement, ni n'épuise l'objet du recours informatique. L'artefact est encombrant et présente de multiples facettes. À simuler l'enseignement, il en acquiert toute sa complexité et sa multiplicité. Et, il touche non seulement à l'apprentissage, mais aussi à l'infrastructure, aux matériels, aux logiciels, à l'organisation, à la politique… Alors, parler des "sciences de l'éducation du recours informatique" ? Un libellé long, peu pratique, qui, surtout, ne donne aucun qualificatif usité. Il fallait un terme nouveau, synthétique, expressif, exhaustif. Comme il est fréquent en informatique, et pour l'avoir déjà fait moi-même avec le terme apprenticiel[1], je proposerais, si vous voulez bien y consentir, trois nouvelles dénominations appropriées :

→ l'*éducologie* pour les sciences de l'éducation, de l'apprentissage, de la cognition, de l'évaluation…, incluant la didactique ; ce qui me permettra de parler en un raccourci bienvenu *d'éducologie informatique*.

→ L'*escollogie* pour l'étude de l'école comme institution, pour l'étude matérielle, institutionnelle, sociologique, psychosociale, politique, idéologique et historique ; ce qui me permettra de parler pour toute la dimension matérielle, humaine et politique de l'informatique, *d'escollogie du recours informatique*.

→ Enfin, l'*éduscollogie*[2] comme science de l'enseignement en général, des pratiques comme des institutions, qui réunit ces deux études scientifiques précédentes, l'escollogie et l'éducologie.

---

[1] Voir plus loin

[2] Il existe un site et une revue en ligne du ministère de l'Éducation qui s'intitule "Eduscol", peut être à l'origine de ce radical.

Sommaire

	Page
Remerciements	1
Avant-propos	2
Terminologie	3
Sommaire	4
Problématique	9
1 État de la recherche universitaire : scepticisme et dénégation	10
Les types de recherche	10
Des analyses théoriques	11
Questions, incertitudes et limites	12
2 Un exemple	13
La séance informatique	13
La séance analogue papier crayon	14
La comparaison et les conclusions des auteurs	14
Commentaires	15
3 Hypothèses, objectifs et projet	16
Lever les incertitudes, apporter une réponse aux questions	16
Élaborer une théorie générale à portée praxéologique	19
Partie I Étude escollogique du recours informatique	25
1 Les conditions du recours informatique	26
L'infrastructure matérielle	26
Les ressources logicielles	
La recherche-développement	
Incitations officielles	
Les ressources humaines	27
La formation	
L'organisation	
L'institutionnalisation des nouvelles fonctions	28
La politique	
L'incidence idéologique	
Actions spécifiques	29
2 Historique	
Avant 1985	30
1985 le plan IPT	31
Jusqu'en 1994	32
De 1994 à 1998	35
De1999 à 2003	38
De 2004 à 2007	43
De 2008 à 2010	46
3 Quelques faits édifiants	49
Les deux réseaux informatiques	50
Les projets	
Le cas de l'emprunt de matériel	51

L'épisode de la clé 52
La défaillance du serveur 53
Les relations avec le Conseil Général 53
Mésentente dans le service 54
La rémunération 54
4 Quelques considérations 55
Sur les matériels 55
À propos des logiciels 57
Sur la formation 63
Problèmes des rémunérations hors service 63
Sur les ressources humaines, l'organisation et les institutions 67
La non-reconnaissance du domaine informatique local 68
La négation des compétences des personnels 68
L'absence de législation 69
5 Conclusion 69

Partie II Épistémologie 71

1 La posture 72
2 Dialectique entre théorie et pratique 73
3 De la pratique 77
4 Genèse des connaissances 78
5 Sociogenèse des connaissances 79

Partie III Les trois sources 81

1 L'apport de l'expérience, de la recherche-action et de la formation 83
Du sujet réflexif à l'analyse a posteriori 84
Tâches, techniques, technologies et théorie (les quatre T) 85
2 L'apport des théories éducologiques 85
L'apport théorique de Balacheff 85
L'apport théorique de Trouche 86
Les mises en garde de Michèle Artigues 88
Les apports de l'éducologie générale 90
3 L'apport de l'enquête 90
Limites et constatations 92

Partie IV Les apports de l'informatique 95

1 De grandes potentialités 96
En calcul 96
En représentations graphiques 96
En géométrie 96
En programmation 96
En communication 97
2 Les spécificités des apports informatiques en mathématiques
Concrétisation des concepts mathématiques 97
La simulation 98
L'intensification des expérimentations 98

L'interaction, la rétroaction 99
Itération, algorithme et schèmes 99
La dévolution, l'individualisation 100
La décontextualisation, la neutralisation 100
Motivation, renouvellement, confiance et réussite de l'apprentissage 100
Facteur d'égalité 101
Planification, suivi, évaluation et gestion 102
La communication, externalisation, mutualisation 102
L'agrégation des actions 103
3 Limites techniques et illusion 104
4 En évolution permanente 104

Partie V Les Usages 105

1 Dans la deuxième phase de la synthèse ? 107
2 Dans la première phase de découverte 107
3 Dans la phase d'applications 108
4 Dans la phase d'évaluation 109
5 Dans la remédiation et l'aide 110

Partie VI Disponibilités informatiques et incitations officielles 115

1 Un potentiel informatique en développement continu 117
De la privatisation de l'édition logicielle à l'assèchement budgétaire 118
Au salut par les logiciels libres et gratuits 119
Les logiciels de géométrie dynamique 119
Les ensembles d'exerciseurs 120
La suite bureautique 122
L'abondance et la mise à disposition des applications pédagogiques 123
2 Les incitations et l'obligation des nouveaux programmes 124
Dans les programmes de 1998 à 2005 124
Dans les programmes de 2005 à 2008 125
Le B2i collège 125
Organisation des apprentissages 125
En classe de 6e 126
En classe de 5e 126
En classe de 4e 127
En classe de 3e 128
3 Un nouveau critère d'inspection 129
4 Le rôle clé de la formation 130

Partie VII La formation continue 131

1 Les sources 132
L'enquête de 2008 132
L'étude de 2010 133
2 L'importance 133
3 Les stagiaires 134
Genres 135
Âges 135

Origines 136
Les pratiques informatiques professionnelles 136
Attentes, motivations, B2i 137
Disponibilité du matériel informatique 138
Activité informatique 138
Catégories 138
Nombre d'activités annuelles 139
Représentations professionnelles de la pédagogie informatique 140
Profils culturels professionnels 142
Cinq groupes caractéristiques 143
4 Évaluation de la proportion des professeurs de mathématiques actifs 145
5 Comparaison avec les autres disciplines 147

Partie VIII Les activités 149

1 Les sources 150
2 Le cadre-action 151
3 Les dispositifs pédagogiques 153
4 Les dispositifs matériels 154
À la disposition des élèves 155
Les dispositifs frontaux du professeur 156
Les dispositifs en réseau 157
5 Les dispositifs organisationnels 160
6 Les logiciels utilisés 161
7 Les notions mathématiques 163
Quelques notions clés 164
8 L'origine des activités 166
9 La documentation 164
10 La durée 169
11 La répétition des activités 170
12 L'évaluation des activités 171
13 Le cas du B2i 173
14 La classification des activités 174
La typologie des activités 174
Les imagiciels 174
Les apprenticiels 174
Les exerciseurs 176
Les tutoriels 177
Les praticiels 177
Les activités de production 177
Les enseignements de l'enquête 180
Types 180
Documentation, organisation 182
Durée, évaluation 183
15 Des exemples 184
Des imagiciels 184
Des apprenticiels 185
Un didacticiel 193
Des exerciseurs 194
Des praticiels 203

Partie IX Analyse éducologique 207

Penser la complexité 208
L'activité informatique est un objet complexe 210
1 Études didactiques 211
L'apport théorique de Balacheff (rappel) 212
L'apport théorique de Trouche (rappel) 213
2 L'impact sur les trois genèses 215
3 De la transposition didactique 218
Externe 219
Interne 222
4 Des situations didactiques en dévolution 223
La situation en recours informatique 226
5 Dans la genèse des concepts scientifiques 228
La genèse 228
Le principe de l'enseignement 231
L'évolution de la pensée, les stades 232
Le développement, la ZPD 233
L'apport du recours informatique 233
6 Des schèmes à l'œuvre dans un champ conceptuel 236
Dans le recours informatique 239
En géométrie dynamique 239
Deux schèmes opérants 240
7 Un instrument d'apprentissage et d'enseignement 242
Dans le recours informatique 243
8 De l'activité informatique en tant qu'activité 244
L'activité du recours informatique 245
Analyse d'une activité informatique 246
L'apprenticiel est une série d'activités 248
9 Conclusion 248

Partie X Praxéologie du recours informatique 251

Proposition d'une théorie praxéologique **252**
Composantes et variables technologiques 253
Les dix composantes, principes et variables 254
A/ Les composantes de l'activité 254
1 L'intégration externe 254
2 L'intégration interne 255
Attention à l'éloignement cognitif 257
Attention au décalage cognitif 258
3 La pertinence 260
4 Le temps, la durée 263
5 La performance, la supériorité 265
B/ Les composantes de l'action 268
6 Les conditions matérielles, humaines et organisationnelles 268
7 La maîtrise technique 272
8 Le scénario 274
9 La mise en scène 276
10 La maîtrise pédagogique 279

Les dix règles et techniques 283
1 Le choix pédagogique 283
2 La continuité 284
3 L'accompagnement 284
4 La mémorisation 284
5 L'évaluation 285
Dans le cas de l'évaluation par contrat de confiance 287
6 L'organisation 288
7 La durée différentielle 288
8 Le suivi, la synthèse 289
9 L'ordonnancement, la gestion 292
10 Le plan B 292

Partie XI La valeur du recours informatique 293

Les valeurs de l'activité (AIEA) 297
La formulation, le calcul et la mesure de la valeur 300
1 La valeur propre 301
2 La valeur efficace 305
3 La valeur d'usage 312
4 La valeur relative 317
5 La valeur professionnelle 318
Le sentiment de satisfaction 320
Commentaires dans l'enquête 320
6 La valeur institutionnelle 323
Satisfactions des résultats 324
Contributions de trois professeurs 324
Contribution de l'expert B 325
Contribution de l'expert A 325
L'amélioration des résultats des élèves (rendement et productivité) 327
Deux améliorations de deux professeurs 327
Les six améliorations de l'expert B 327
Les deux améliorations de l'expert A 328
7 En conclusion 329
La valeur éducologique 331

Conclusion 333

Bibliographie 339

La problématique

1 État de la recherche universitaire

2 Un exemple

3 Hypothèses, objectifs et projet

Le projet de cette thèse n'est rien moins que de contribuer à construire la théorie générale du recours informatique dans l'enseignement des mathématiques, autrement dit, d'élaborer la théorie de *l'éducologie informatique* en mathématiques. Une ambition que l'on pourrait considérer comme excessive ou peut être trop élevée, mais nécessaire, indispensable et concevable si l'on part des enseignements de l'expérience, de l'expertise et de la réflexion issue de la pratique, en l'élevant au niveau de la rigueur et de l'exigence de la recherche universitaire. Une démarche qui se confronte d'emblée avec quelques conclusions provisoires de l'université.

1 L'état de la recherche universitaire : scepticisme et dénégation

Il n'est pas de meilleur ouvrage, à ma connaissance, que celui de Legros et Crinon de 2003 pour donner une présentation générale et complète des résultats et des conceptions de la recherche universitaire sur l'utilisation de TIC dans l'enseignement. Bien que datant de quelques années, il est tout à fait représentatif des idées qui semblent dominer parmi les laboratoires de recherche et qui expriment un certain consensus dans les milieux des sciences de l'éducation. Leur position est bien résumée dans leur introduction : "*Notre but n'est donc pas de définir ce que pourraient apporter demain les nouvelles technologies. Il est de décrire précisément des usages et des modes d'utilisation des TIC dans les différents degrés d'enseignement et dans les différents champs de la connaissance. Il est de proposer une synthèse de ce que l'on sait aujourd'hui des effets de ces outils sur la cognition, l'apprentissage et l'enseignement*".

Les types de recherche

Les auteurs effectuent une synthèse des résultats des recherches empiriques en précisant leurs différentes caractéristiques définies par leurs objectifs et leurs méthodologies et démarches, présentées dans le tableau suivant :

Type de recherche	Démarche centrale d'investigation	Objectif	Visée
Recherche descriptive	Stratégie d'observation	Décrire	Comprendre ou expliquer
Recherche théorique	Analyse conceptuelle	Théoriser	Comprendre ou faire des prédictions
Recherche expérimentale	Expérimentation	Expliquer	Corroborer/Rejeter des prédictions
Recherche-action	Intervention	Transformer	Comprendre

Ils précisent particulièrement quatre méthodes d'investigation :

Les expérimentations : *"On trouve bien évidemment une quantité importante de recherches de laboratoire dans lesquelles les auteurs tentent d'établir des liens de causalité entre phénomènes locaux.*

La structure est la suivante: deux groupes ou plus sont constitués: un groupe contrôle et un ou plusieurs groupes expérimentaux. L'expérimentation s'effectue en quatre temps.

▪ *Le premier comporte un prétest qui permet d'évaluer le niveau initial des sujets dans le domaine de connaissances étudié. Il arrive que les expérimentateurs demandent en plus aux sujets une auto-évaluation de leur degré de connaissance initiale afin d'étudier le niveau de métacognition (par exemple, Jacobson & Archodidou, 2000).*

▪ *Le second temps est consacré à une période de familiarisation avec le système informatique.*

▪ *Le troisième temps porte sur le travail proprement dit avec le multi-média. La durée d'apprentissage peut aller, dans les recherches que nous avons utilisées, de quelques minutes à plusieurs jours.*

▪ *Le quatrième et dernier temps est consacré au posttest. Sa mesure indique l'effet de l'apprentissage sur le niveau de connaissances initiales des sujets. Dans certaines études, un second posttest est pratiqué afin d'apprécier la stabilité des connaissances acquises. Cette stabilité est mesurée sur une durée allant de six mois (Lehtinen & Repo, 1996) à un an.*

En général, ces manipulations très contrôlées mettent en jeu une, deux, voire trois variables indépendantes dont on attend des effets sur de nombreuses variables dépendantes."

L'observation qualitative : "*les méthodes qualitatives s'attachent à fournir des observations nourries de descriptions détaillées des phénomènes dans l'environnement de la classe*". Les activités des participants peuvent être enregistrées en vidéo.

Les enquêtes : méthode tout à fait classique, l'enquête "*permet d'analyser les représentations des apprenants au cours de leurs activités*".

L'analyse des productions : l'analyse des productions des élèves qui peut s'avérer utile dans certains cas.

Des analyses théoriques

Théoriquement, ils s'appuient sur les notions de l'action instrumentée de Rabardel et des environnements interactifs d'apprentissage humain de Balacheff (que nous exposerons plus loin) et définissent cinq catégories de produits TICE au-delà de celles de Taylor (1980) :

▪ *L'ordinateur enseignant* pour les logiciels de type EAO (enseignement assisté par ordinateur) pour l'acquisition de savoirs ponctuels, des exercices autocorrectifs et des didacticiels de révision.

▪ *L'outil* pour des progiciels productifs tels que les traitements de texte, PAO (publication assistée par ordinateur), tableurs, grapheur, navigateur Internet, générateur HTML…

▪ *L'ordinateur enseigné* comme les micromondes du LOGO de Seymour Papert ou Charly Robot en technologie permettant de pratiquer une méthode expérimentale d'apprentissage.

▪ *Les semi-tutoriels* (Mangenot, 2001) qui comportent consignes, aides et ressources pour accomplir une tâche sans analyse des réponses.

Questions, incertitudes et limites

Mais le plus intéressant de leur posture est pour nous dans les limites qu'ils fixent, en général, aux travaux universitaires : "*Notre but n'est cependant pas d'apporter une réponse à la question : apprend-on mieux avec l'ordinateur qu'avec le livre ? Cette manière trop générale de poser la question de l'efficacité des TIC, qui ferait l'économie d'une analyse précise des fonctionnalités spécifiques des différents outils, des caractéristiques et des connaissances antérieures des élèves ainsi que des scénarios pédagogiques, des dispositifs et des tâches, est dépassée ; les questions trop générales comme l'efficacité des TIC n'ont pas de réponse.*" Ainsi, donc, la recherche universitaire s'interdirait de se poser plus avant le problème de la valeur du recours informatique en comparaison avec les méthodes traditionnelles d'enseignement. La sentence est prononcée à l'adresse des milieux universitaires, à savoir que : "*Les données de la recherche n'apportent alors pas de réponse, ni dans un sens, ni dans l'autre (Mayer, 1997)".* Ainsi que la question décisive de l'opportunité, de la nécessité de l'efficacité supérieure des TIC : "*Il ne nous semble pas pour autant tenable de n'utiliser les TIC que lorsque leur efficacité est confirmée, comme le propose Noble (1996, cité par Tardif, 1998)*". Une position et des partis-pris étranges qui étonnent dans la mesure où ces affirmations sont totalement contraires à l'avis et à la pratique des enseignants actifs expérimentés, des formateurs et des experts concernant les TICE.

Pourtant les auteurs proposent de montrer que "*sur les apprentissages, l'apport des TIC n'est pas négligeable lorsque l'enseignant les intègre dans des situations pédagogiques pertinentes*". Mais, au lieu de poser la problématique de cette intégration et de cette pertinence des TICE, ils relativisent prudemment devant tout conseil normatif ou prescription suivant ce principe qui confine à l'impuissance que "*les conseils tirés de la généralisation des résultats de recherches peuvent toujours être contredits par d'autres observations, d'autres recherches*". Mais comment font donc les formateurs en TICE ?

Et pourquoi donc les enseignants utiliseraient-ils l'ordinateur pour enseigner s'ils n'ont à en espérer aucun avantage ? Pour quelle raison le font-ils malgré tout et de plus en plus nombreux ? Pour nos auteurs, c'est une évidence : *"les TIC sont de plus en plus présentes dans notre environnement et seront donc nécessairement de plus en plus présentes à l'école*."

Il ne reste donc plus que l'argument d'une soumission inévitable à une évolution irrésistible, à une modernité inévitable, l'imposition d'un mouvement historique aussi irrépressible qu'indéfinissable. Un déterminisme historique techniciste ! Mais cela laisserait entière la question de savoir comment enseigner avec cette machine. Serait-ce automatique, spontané, intuitif ? Mais alors pourquoi y a-t-il des stages de formation et des formateurs pour apprendre à l'utiliser ? "*Les questions du chercheur ne correspondent pas toujours aux préoccupations des enseignants*", nous dit-on. Certes, mais peuvent-elles ignorer et être en contradiction avec les faits, avec les actions et les conceptions des formateurs et des experts ?

2 Un exemple

Dans un ouvrage collectif de la collection Formation dirigée par Rabardel et Pastré, deux chercheurs Abboud-Blanchard et Chappet-Pariès ont écrit un article (*L'enseignant dans une séance de géométrie dynamique – Comparaison avec une séance papier crayon*, 2008)) sur la comparaison qu'ils ont menée entre deux séances de géométrie dans deux classes différentes, l'une utilisant l'ordinateur et l'autre le papier crayon. Une étude assez rare. Les auteurs soulignent à juste raison que les recherches sur les pratiques informatiques et notamment comparatives sont peu nombreuses. Ce qui donne d'autant plus d'intérêt à leurs travaux. Il s'agit de deux séances de deux classes de 3e qui traitent de la section d'une pyramide par un plan parallèle à la base formant deux pyramides emboitées et des théorèmes correspondants aux rapports des longueurs, des aires et des volumes des deux pyramides. Une classe utilise l'ordinateur et l'autre le papier/crayon.

La séance informatique :

La classe utilisant l'informatique est une classe faible de 22 élèves qui travaillent, au cours d'une <u>deuxième heure</u> (!), dans une salle informatique de onze postes, par groupe de deux élèves, pour découvrir les théorèmes d'agrandissement-réduction. Leur tâche consiste à finir une figure incomplète de la pyramide à base triangulaire <u>en construisant</u> le plan d'intersection donnant l'échelle ½, à mesurer les côtés du triangle de la section pour ensuite calculer les aires et les volumes pour établir les théorèmes. Pour ce faire, ils utilisent le logiciel de construction dans l'espace Géospacw et sont guidés par une fiche de travail qui indique les étapes de la construction informatique et qui pose les questions mathématiques à résoudre.

Dans l'analyse des tâches, les auteurs font les commentaires suivants : "*La partie la plus complexe (construction de la section) est délibérément facilitée (par les concepteurs de ce scénario) en fournissant une liste guidée des commandes à exécuter et les autres parties*

font appel à des connaissances informatiques déjà travaillées dans la séance précédente. Il est donc raisonnable de penser que ces tâches n'occuperont qu'un temps limité dans l'activité attendue, les tâches mathématiques sont, elles, plus complexes et nécessitent plus de temps pour la résolution." Et plus loin : "*les tâches informatiques sont suffisamment détaillées pour permettre, à nos yeux, un fonctionnement autonome des élèves alors que les tâches mathématiques demandent des prises d'initiatives et des adaptations nombreuses*".

Malheureusement, le déroulement de la séance ne confirme pas du tout ces prévisions optimistes. L'étude méthodologique aussi rigoureuse que fine, à partir d'un enregistrement vidéo et l'analyse selon une grille détaillée temporelle des actions et des interventions concernant la classe et chacun des onze groupes, fait apparaître que :

- Les tâches informatiques ont occupé beaucoup plus de temps que prévu. Les élèves ont mis trop de temps pour construire la section de la pyramide ; certains s'y employaient encore à dix minutes de la fin de la séance de la deuxième heure !
- Les aides apportées par l'enseignante se sont centrées sur la construction de la section qui "*a priori, ne nécessitait que l'exécution minutieuse de la liste des commandes données*"
- Le professeur ne peut accompagner chaque groupe que très peu de temps, cinq minutes
- Décalage des travaux des groupes; aucun groupe n'est arrivé à comparer les longueurs, les aires et les volumes
- L'enseignante n'a pu atteindre le but recherché dans le temps prévu

La séance analogue papier/crayon :

Dans une autre classe de 3e, elle concerne le cours traditionnel dialogué d'un autre professeur sur la même notion qui fait dessiner au papier/crayon les figures et sous figures par les élèves à partir d'un modèle rétroprojeté au tableau à partir desquelles, au fur et à mesure, il démontre les propriétés en faisant participer faiblement les élèves. Un cours traditionnel, plutôt intensif et transmissif analysé selon le même protocole.

La comparaison et les conclusions des auteurs :

- L'utilisation de l'outil informatique semble différenciatrice. Au bout de 38 minutes, un groupe en est encore aux tâches de démarrage. Tous les groupes n'en sont pas au même point en fin de séance.
- En salle informatique, la classe éclate en autant de miniclasses que de groupes entraînant une quasi-disparition des phases collectives
- Finalement, travailler pour le professeur dans un environnement TICE semble être plus coûteux qu'un fonctionnement en environnement papier/crayon.
- Cela peut, en partie, permettre de comprendre la réticence des professeurs à intégrer les TICE.

Commentaires :

Dans ce recours informatique pour enseigner les théorèmes des agrandissements réductions à partir d'une pyramide, le professeur a essuyé quelques difficultés qu'il ne semblait pas avoir prévues et qui semblent avoir surpris les chercheurs eux-mêmes. Ce qui m'amène à faire les remarques suivantes :

- Selon des praticiens expérimentés, comme les experts de l'IREM de Toulouse qui ont participé à l'enquête, dès que l'on fait construire une figure géométrique avec un logiciel de géométrie dynamique, a fortiori dans l'espace, on constate un très grand décalage entre les apprenants malgré toutes les fiches guide que l'on peut imaginer. C'est vrai non seulement pour des élèves, mais aussi pour des adultes, même des professeurs. Il ne faut pas confondre une liste d'instructions avec le travail effectif de construction. Entre les deux, il y a les problèmes nombreux de l'interface utilisateur, de l'arborescence des menus, de l'algorithme de la construction, des spécificités du logiciel, des manipulations avec la souris, de l'inexpérience, et surtout des erreurs d'exécution qui bloquent le travail et des problèmes afférents de rectification (en général non prévus par la fiche guide.
- Ces mêmes praticiens éclairés disent que dans une telle séance, la construction de la figure est "*une erreur de débutant"* qui fait dévier de l'objectif. Si l'objectif didactique est de faire découvrir des propriétés mathématiques, la manipulation de la figure doit être immédiate, simple et se borner à agir sur une figure existante en la modifiant pour en faire apparaître les propriétés.
- L'outil de dessin dans l'espace qui est utilisé est le logiciel Géospacw. Selon ces experts, c'est "*un outil compliqué, lourd, difficile à manier pour des élèves de collège qui fait appel à la maîtrise des coordonnées à trois dimensions x,y,z en relatifs. Il n'est pas adapté aux capacités, au niveau de ces élèves"*. Construire une figure avec Géospacw demanderait une instrumentation trop importante. En tant qu'outil de construction, il est difficilement *intégrable* dans une séance de travail mathématique informatisée *en dévolution*. Par contre, il est tout à fait utilisable comme *instrument d'expérimentation* si on demande à l'élève de modifier une figure dynamique donnée, déjà construite, et de conjecturer en repérant ses invariants.
- Dans cette séance étudiée, contrariée, mangée par la construction, les élèves n'ont pu parvenir à jouer avec la dynamique de la figure. Dans ce genre d'approche expérimentale où le milieu informatisé joue ce rôle proactif, le milieu didactique est demeuré pour beaucoup d'élèves inerte, stérile, sans interaction, ni rétroaction. Le jeu de l'informatique n'a pu s'accomplir. Il est intéressant de la comparer avec les productions du groupe de recherche IREM des experts qui a développé un apprenticiel sur cette notion avec le logiciel Cabri (qui

permet une gestion directe des objets plus facile que Géospacw). Sur une figure *donnée* de la pyramide coupée par un plan parallèle à la base, l'élève, en salle informatique, dans un premier temps, change à volonté la position du plan, relève les mesures correspondantes des longueurs et calcule les aires et les volumes, et, est invité à conjecturer. Dans un deuxième temps, la fiche d'accompagnement l'aide trouver les rapports entre ces trois dimensions, puis le guide vers la découverte des trois théorèmes qui seront institutionnalisés ensuite lors d'une séance collective en classe. Voir page 17.

- Les chercheurs constatent que le professeur se disperse en autant de miniclasses que de groupes et passe plus de temps à s'occuper des minigroupes que de la classe faisant disparaître les phases collectives. Là encore, nos experts disent que le travail en salle informatique qui s'organise avec un ou deux élèves par poste est "*structurellement un travail en autonomie"*: chaque élève travaille lui-même à son rythme, enfermé dans son dialogue avec sa machine. C'est fondamentalement une situation matérielle de travail en dévolution, antagonique d'un cours frontal. Pour eux, vouloir "*faire un cours magistral en salle informatique est un contre sens pédagogique ou ne pourrait être qu'une séance presse-bouton de type militaire. Toute tentative d'aller à contresens, par exemple pour récupérer une situation compromise, ne peut qu'amener à s'épuiser, à se diviser auprès de "miniclasses", et finir par échouer. Les élèves doivent pouvoir y travailler par eux-mêmes, en autonomie. L'aide de l'enseignant ne peut être que ponctuelle et réduite. L'activité doit être bien préparée en ce sens sous la forme d'un scénario prévisionnel très précis. Si ce n'est pas le cas, l'activité ne sera pas adaptée au travail en salle informatique"*.
- Pour nos experts, cette séance est, du point de vue de l'éducologie informatique, un échec de nature en effet à décourager les professeurs ou plutôt une erreur de néophyte.
- Deux heures pour ne pas finir, sur le plan de la chronogenèse, le bilan semble particulièrement défavorable. Peut-on perdre autant de temps ?
- Le recours informatique ne s'improvise pas. Comme l'affirme Trouche, tout comme nos experts formateurs, il s'apprend en formation initiale ou continue.
- Il est dommage que chercheurs et patriciens expérimentés n'aient pas recherché la participation de formateurs-experts dans l'étude de la séance informatique.

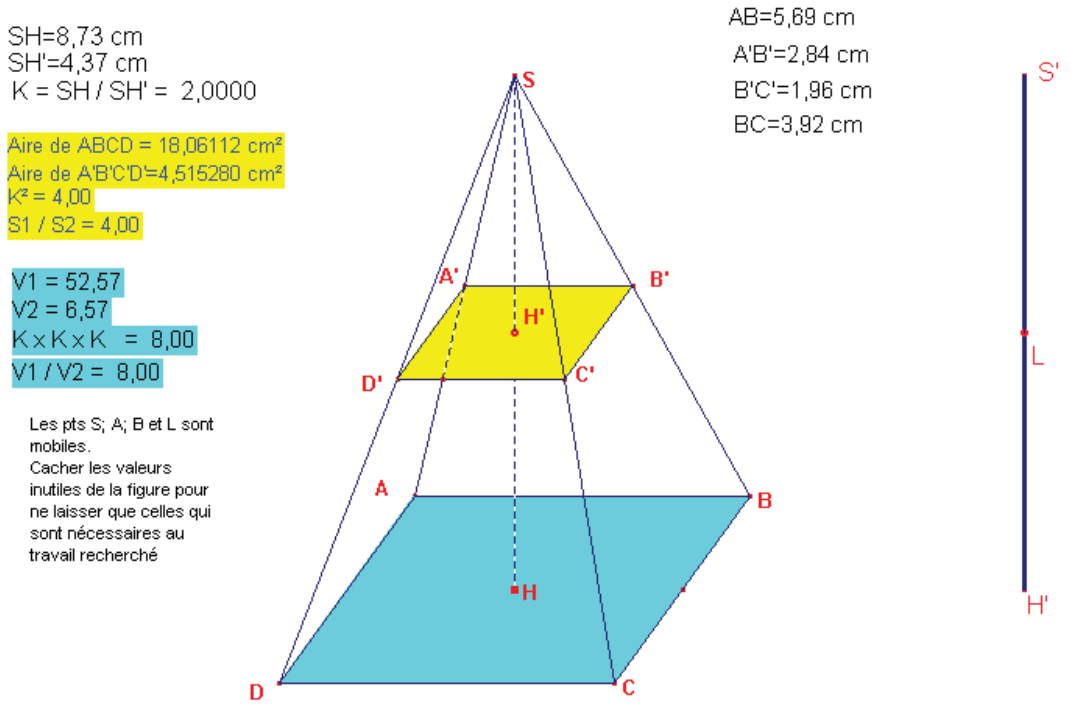
3 Hypothèses, objectifs et projet

Lever les incertitudes, apporter une réponse aux questions

Cet exemple illustre, au-delà des proclamations initiales, la coupure entre les acteurs des TICE, formateurs et experts, et la recherche universitaire.

Apprenticiel sur agrandissement réduction d'une pyramide IREM de Toulouse

Imagiciel Cabri



Extrait de la fiche d'accompagnement

La pyramide SABCD est coupée par un plan parallèle à la base. La section obtenue est le quadrilatère : ……Fais varier le point L sur le segment [S'H''] et observe les variations de la section. Sur 2 positions différentes, complète les 2 relevés suivants

Position 1 SH' = …… SH = ……	Aire$_2$ de A'B'C'D' ……	Aire$_1$ de ABCD ……	Quelle relation semble lier k_1 et k dans les 2 observations précédentes ? k_1 = ……
	$k = \frac{SH'}{SH} \approx$ ……	$k_1 = \frac{Aire_2}{Aire_1} \approx$ ……	
Position 2 SH' = …… SH = ……	Aire$_2$ de A'B'C'D' ……	Aire$_1$ de ABCD ……	**Il semble donc que si les longueurs sont multipliées par k, les aires soient** …… …… … … …
	$k = \frac{SH'}{SH} \approx$ ……	$k_1 = \frac{Aire_2}{Aire_1} \approx$ ……	

Elle était déjà perceptible dans la définition des types de recherche par Legros et Crinon. Parmi les quatre démarches centrales d'investigation, la recherche universitaire concerne presque exclusivement les trois premières : observation, analyse conceptuelle et expérimentation pour décrire, théoriser et expliquer afin de comprendre, expliquer, faire des prédictions corroborées ou réfutées. La recherche-action est plutôt celle dévolue aux groupes de recherche formation IREM ou IUFM. Legros et Crinon la limitent essentiellement à l'intervention pour transformer et comprendre. Si l'on s'intéresse (ce qui ne semble pas être le cas de la recherche universitaire) à ce que font et disent les chercheurs "profanes", ces formateurs et experts de ces institutions, on constate que leurs préoccupations théoriques et conceptuelles sont bien présentes, mais surtout que leurs actions de prédiction, corroboration ou réfutation sont permanentes et systématiques. Les retours sur formation et expérimentations sont chez eux immédiats pour chacune de leurs actions de création, de formation ou de diffusion d'activités. Ils sont tenus en permanence à l'efficacité. Si leurs formations et leurs productions s'avéraient inefficaces, inconsistantes, futiles, la sanction serait immédiate : les professeurs déserteraient les stages de formation, les produits seraient rejetés, critiqués, abandonnés et ne se diffuseraient plus. Dans les disciplines des TICE, le juge de paix implacable, c'est celui de la pratique, celui de l'action quotidienne des enseignants.

Cette dissociation entre acteurs des TICE et université apparaît également en matière d'épistémologie. La recherche universitaire ne peut se barricader sur ses certitudes et ses incertitudes derrière sa méthodologie dans l'ignorance des pratiques avancées et de contributions conceptuelles des praticiens, des formateurs et des experts de l'éducation en général et en particulier ceux des TICE. La méthode ne peut compenser la méconnaissance. L'intelligence ne peut remplacer l'expérience. N'oublions pas qu'historiquement, nombre de grands théoriciens des sciences de l'éducation ont été d'abord des enseignants expérimentés, des praticiens experts. Faut-il citer Montessori, Dewey, Freinet, Brousseau…

Aucun enseignant pratiquant, aucun formateur ne peuvent accepter l'impuissance et se satisfaire de l'incertitude à propos de l'efficacité des TICE. Car, généralement, l'efficacité d'une technologie, fut-elle nouvelle et éducative, est consubstantielle de sa pérennité. Le propre d'une technologie est d'être efficace ou elle n'a aucun intérêt et est vouée à disparaître. C'est une loi technologique !

Notre objectif est donc d'ouvrir les questions fermées par Legros et Crinon et lever les incertitudes :

→ Aborder au fond le problème de l'efficacité des TICE

→ Analyser les raisons, les conditions qui amènent à leur efficacité ou à leur inefficacité

→ Considérer la nécessité de leur supériorité comme condition sine qua non de son développement

→ Définir l'ensemble des règles, des techniques et des principes technologiques de la réussite des TICE

→ Vérifier et authentifier par l'enquête empirique ces propositions et par l'expérimentation

Tel est notre projet.

Notre hypothèse fondamentale est donc que le recours informatique peut être assurément utile, efficace et peut s'avérer meilleur qu'un enseignement traditionnel, à conditions de reconnaître et respecter un certain nombre de règles et de principes. Notre étude a pour but de mettre en évidence ces facteurs et d'en dresser le corpus théorique en attestant par une approche empirique leurs existences et leurs réalités. Ainsi, apporter une réponse aux interrogations et aux incertitudes laissées en suspens par ces recherches précédentes.

Élaborer une théorie générale à portée praxéologique

Penser la complexité :

Enseigner est un acte total qui manifeste un *univers* sociétal et humain complexe. Enseigner avec l'ordinateur l'est davantage encore avec l'ajout et la médiation d'une technologie instrumentale nouvelle, évoluée et compliquée. Je proposerais de considérer cette pratique d'enseignement comme un système éducologique complexe, structuré et multidimensionnel.

Quand Vygotski analyse la pensée de l'enfant qu'il qualifie de "complexe", il caractérise cette complexité par les liaisons que l'enfant établit entre les objets comme des associations selon des caractéristiques et des propriétés, formant des collections distinctes, sans organisation hiérarchique structurée suivant des liens diffus. Quand il analyse la construction des concepts scientifiques et leurs générations d'un domaine à un autre, pour expliquer le passage du concret à l'abstrait et sa propagation, il prend l'image géodésique de la terre. Pour décrire le passage, le saut d'un pré concept au concept, il emprunte l'image d'un méridien allant d'un pôle à l'autre. Et pour la diffusion, la propagation par interaction d'un domaine à un autre, il le fait le long des parallèles figurant des interrelations fécondes. Une image pour comprendre la genèse dynamique et l'interdépendance des éléments conceptuels. Deux exemples pour aborder la complexité dans le domaine de l'éducologie.

On pourrait penser que construire une théorie générale d'un système complexe reviendrait à élaborer une théorie de la complexité à l'exemple d'Edgard Morin

Edgar Morin s'est intéressé à la théorie de la complexité. Il l'a fait par la nécessité de penser le monde moderne de plus en plus complexe. Il stigmatise la science traditionnelle qui a procédé historiquement par simplification et réduction de la réalité. Le monde serait dans sa

genèse fonction du hasard et de la nécessité et sa globalité serait conçue comme un tout organique à la fois déterminé et chaotique. Dans sa dynamique, il le présente comme finalisé ou aléatoire, avec des lois de composition internes, des causalités, des déterminismes, ou des corrélations probables, ou enfin des indéterminismes. D'un côté, il met en évidence ses contradictions dialectiques et d'un autre, il propose des algorithmes, véritables logiciels de la pensée, avec boucles, itérations et structures de contrôle, s'inspirant des langages informatiques impératifs.

Mais penser le monde au travers d'*une* théorie de la complexité est une illusion. Il n'existe pas de science globale. Chaque science étudie un aspect, une partie de la réalité. En ce sens, chaque science n'est pas une réduction, un appauvrissement du réel, mais une approche spécifique. La complexité du réel se décline en ses différents aspects qui en représentent autant de parties constitutives. L'ensemble des parties forme le tout. Il n'y a pas de théorie complexe du tout, mais l'ensemble des théories distinctes qui forment un tout.

Une théorie générale n'est pas une théorie complexe du tout.

D'ailleurs, on peut se poser la question : dans le monde de l'éducation, en éducologie, pourquoi existe-t-il autant de domaines d'étude correspondant à autant de théories différentes ? Et dans chacun d'entre eux autant d'écoles de pensée distinctes ? À mon avis, ce n'est pas tant que chacune simplifie outrageusement la complexité du réel ou qu'elle en saucissonne abusivement l'objet, mais plutôt que chacune étudie un aspect spécifique, partiel, de sa totalité. Et à ce titre, d'une certaine manière, chacune d'elles participe de l'étude de l'ensemble de façon pertinente.

Une théorie générale pour analyser le recours informatique comme activité complexe se doit de faire appel aux diverses théories appropriées qui éclairent et structurent ensemble son objet, qui participent d'une analyse globale.

Nous considèrerons donc notre sujet d'étude, le recours informatique comme un objet d'un univers complexe, structuré, multidimensionnel, dynamique, animé et évolutif.

Un monde complexe, dynamique, structuré, multidimensionnel et évolutif est composé d'objets interdépendants, organisés suivant des niveaux, des plans et des angles différents, régis par des interrelations diverses et éventuellement des lois de composition internes, qui sont donc ses composantes.

Les composantes n'ont pas la même consistance, certaines sont plus pesantes que d'autres par leur importance propre ou par la richesse de leurs relations. Et chaque objet associé est doué de multiples propriétés qui s'activent ou non en fonction des influences, des évènements. Chaque objet entretient des liens avec d'autres objets qui lui sont liés de près ou

de loin. Suivant la proximité ou la force des relations, l'objet sera plus ou moins déterminé par son entourage.

Suivant le type ou l'importance des relations, les propriétés de l'objet se modifient. Les relations qu'entretiennent les objets constitutifs peuvent être du type hiérarchique, unitaire, contradictoire, dialectique ; ou encore du type inclusif, exclusif, univoque ou réciproque, subordonnée ou coordonnée ; ou encore d'identité, d'équivalence ou de différence, de particularité ou de généralité ; ou encore causale, inductive ou déductive, de corrélation, d'interdépendance ou d'indépendance ; d'assujettissement ou libres, constante ou variable; …

Relations et forces structurent l'univers des objets et de leurs composantes et en bâtissent l'architecture

Le tout, la collection des objets, est organisé en plans, niveaux et champs. Plans et niveaux définissent les différentes dimensions. Suivant la position que l'on occupe ou la posture adoptée ou le regard porté, on met en lumière tel plan ou niveau ou champ ou telles propriétés. Les niveaux procèdent par extraction. Les plans opèrent une coupe suivant le même type de relation ou de lois qui régissent des relations entre certains types d'objets. Les champs représentent des collections d'objets apparentés ou en relation selon certaines propriétés ou relations communes.

Les lignes de force parcourent la structure selon les relations fortes principales ou secondaires. Suivant l'évolution des relations, des contradictions, les propriétés des objets se modifient et l'organisation du tout se recompose et se modifie.

Le grain d'analyse ou encore l'échelle de l'observation peuvent être macro pour une vue d'ensemble, méso pour une vision ordinaire, à l'échelle humaine, ou micro pour une vue détaillée, pointilliste, particulaire.

Et dans ce monde complexe, intervient le temps et le mouvement qui font tout évoluer, objets, composantes, structures, relations, en fonction des forces ou des effets internes ou externes. Il peut évoluer, se transformer, se modifier, engendrer un nouveau monde, comme il peut se stabiliser, se figer, régresser et disparaître.

Dans la dynamique de la complexité, des pôles, des centres, des ensembles d'objets qui paraissaient indépendants deviennent dépendants, rentrent en relations. Ce qui évoluait dans le même sens, de façon covariante, fonctionne soudain en sens contraire et réciproquement. Un effet, un faisceau d'actions, une cause extérieure peuvent avoir une influence majeure sur un ensemble. Par exemple, le marché de la finance semble évoluer en période d'expansion selon des lois probabilistes quand les acteurs agissent de manière hétérogène, alors qu'en

période de crise (défaut des liquidités, paralysie du marché), tous les acteurs agissent dans le même sens, ces lois ne sont plus opérationnelles.

Le chaos est un ensemble infini d'objets indépendants dont l'état général est aléatoire en ce sens qu'il est le produit d'un nombre incommensurable d'effets singuliers. Le chaos est le paroxysme, la limite de la complexité. Entre la causalité déterministe absolue univoque et le chaos intégral s'étend le vaste domaine de la complexité

Dans un monde structuré, chaque partie se comporte comme le tout (héritage), et, le tout englobe, intègre la manifestation de chaque partie. Dans la partie se manifeste le tout et le tout se manifeste dans chaque partie. Suivant le changement d'échelle, de niveau, la partie émerge du tout ou est immergée dans le tout. Le tout se retrouve dans la partie et réciproquement.

Analyser un monde complexe est en parcourir la structure des relations pour examiner les propriétés des objets selon le plan, le champ ou l'angle choisi pour en dégager des lois ou des incertitudes. Ainsi découvrir l'architecture et l'organisation des objets et leurs relations. Par essence, toute analyse est donc réductrice du tout et définit une « coupe », une extraction.

Analyser la complexité revient donc à repérer dans les processus l'action conjointe d'une multitude de composantes actives qui agissent de conserve et qui interagissent entre elles.

L'existence de plusieurs théories distinctes dans l'étude d'un objet complexe est consubstantielle de sa complexité.

Nous voyons le monde en fonction des connaissances (le paradigme) que nous en avons. Chaque cadre théorique définit son objet, son champ, son domaine ou son plan de l'étude qui sont autant de facettes de la même réalité. L'ensemble des théories diverses participe de la connaissance générale de l'univers complexe sans pouvoir en fournir une synthèse, une unification globale que l'on peut penser illusoires ou hors d'atteinte. Mais cette disparité n'est que l'apparence des choses résultant de l'état des connaissances actuelles. Rien n'empêche de penser qu'il puisse exister des liens, des liaisons à découvrir entre ces différentes représentations théoriques.

Chevallard (2009) présente également, dans sa théorie de *l'anthropologie didactique*, un univers cognitif peuplé de sujets en relation avec des objets et des institutions. Les assujettissements des sujets aux différentes institutions constituent les sujets en personnes qui entrent suivant leurs positions en relation avec les objets de cet univers. Le jeu de la multiplicité de ces assujettissements est fondamental. Ils trament les manières de penser et d'agir du sujet. D'un côté, ils imposent sa dépendance à l'égard de certaines institutions et d'un autre côté, il engendre sa liberté vis-à-vis d'autres. La dialectique de ces rapports

institutionnels, assujettissements et contre assujettissements opère la transformation de cet univers.

Cette théorie générale de la complexité appliquée à l'analyse de l'activité informatique d'enseignement-apprentissage considérée comme un objet complexe devrait nous permettre d'en poser les différents plans, niveaux, objets et composantes en fonction des cadres théoriques qui sont nos champs de vision comme par exemple :

- Sur le plan des savoirs, de l'enseignement des programmes officiels, comment opère-t-elle la *transposition interne* des savoirs à enseigner ?
- Sur le plan pédagogique, quelle *situation didactique spécifique* crée-t-elle, selon quel *contrat didactique*, dans quel *milieu*, dans quel *champ conceptuel* ?
- Sur le plan cognitif, comment opère-t-elle la *génération des concepts* ?
- Comme instrument, comme outil productif, quelle *fonction* remplit l'activité informatique, comment se caractérise-t-elle, suivant quelle *typologie* ?
- Comme activité, comment fonctionne-t-elle ?
- Comme tâche à accomplir, *technique* à utiliser et *technologie* à appliquer, quelle est sa *praxéologie* didactique ?
- Sur le plan de l'évaluation de l'activité quelle *évaluation institutionnelle* et quelle *satisfaction du sujet* ?

Autant de plans d'étude, de champs et d'angles différents (qui ne sont pas exhaustifs) qui structurent cette activité informatique dans ses diverses dimensions, dont les analyses théoriques seront autant de pierres à l'édifice en construction, autant d'apports théoriques à l'élaboration d'une théorie générale de l'éducation informatiquement instrumentée, que j'appellerai commodément *l'éducologie informatique*.

Et, au-delà du scepticisme et de l'incertitude de l'efficacité du recours informatique qui prévaut à l'université, à partir des expériences et des travaux de l'IREM, de ses praticiens, créateurs d'activités et formateurs experts, sur la base de trois enquêtes auprès des enseignants sur les activités informatiques effectivement pratiquées dans l'enseignement des mathématiques au collège, sur l'attitude et les jugements professionnels des enseignants praticiens et sur leur formation continue, nous nous proposons d'éclairer :

→ les conditions matérielles, humaines, institutionnelles, politiques et idéologiques de l'introduction et du développement de l'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement au collège, en un mot des conditions escollogiques du recours informatique.

→ les pratiques réelles, pour quelles actions spécifiques, avec quels logiciels et quelles applications

→ les apports spécifiques de l'informatique dans l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques ?

→ La contribution pertinente qu'ils peuvent-ils apporter dans l'apprentissage des notions mathématiques, dans la construction de situations didactiques et la génération de concepts

→ comment l'activité informatique impacte les trois genèses, la mésogenèse, la topogenèse et la chronogenèse

→ l'ampleur du recours informatique en collège et son évolution ; la proportion des professeurs qui s'y adonnent

→ la formation continue qui a accompagné l'essor du recours informatique, de quelle importance avec quel impact

→ En quoi le recours informatique manifesterait-il une performance, une supériorité de nature à justifier son usage onéreux et encombrant, susceptible d'en assurer le développement

→ la valeur réelle de ce recours informatique. Quels sont ses résultats ? A-t-il apporté une amélioration ?

→ et, sur ces questions décisives, avant d'en décider à leur place, demander aux enseignants ce qu'ils en pensent eux-mêmes.

Partie I

Étude escollogique du recours informatique

1 Les conditions du recours informatique

2 Historique

3 Quelques faits édifiants

4 Quelques considérations

5 Conclusion

1 Les conditions du recours informatique

Le recours informatique n'est pas automatique ! Pour pouvoir enseigner dans un collège avec un ordinateur, il faut qu'un ensemble de conditions matérielles, humaines et institutionnelles soient satisfaites. On est à cent lieues de l'improvisation et de la bidouille individuelle. Ces conditions sine qua non, qui ont donné vie au recours informatique, en particulier en mathématique, et qui en constituent ce que nous appellerons sa dimension escollogique, sont au nombre de dix :

L'infrastructure matérielle

Condition impérative minimale : disposer dans son établissement scolaire d'ordinateurs opérationnels et accessibles, architecturés en réseau autour d'un ou plusieurs serveurs - au moins un serveur de fichier et un proxy pour l'accès à Internet - pour pouvoir utiliser toutes les ressources matérielles et logicielles et donner libre accès aux professeurs et aux élèves à leurs comptes utilisateurs ; ces machines doivent être disposées en nombre suffisant en salle informatique et dans les salles de classe, couplées à un vidéoprojecteur, à une caméra ou à un tableau interactif.

Les ressources logicielles

Deuxième condition indispensable : disposer des logiciels de mathématiques ou de bureautique nécessaires et plus particulièrement des applications pédagogiques utiles, que l'on a pu se procurer, faire acheter ou que l'on a pu développer soi-même. Et que ces logiciels aient été installés et leurs fichiers de travail enregistrés et mis à disposition des professeurs et des élèves.

La recherche-développement

Encore faut-il que ces logiciels de mathématiques aient été créés et édités par des laboratoires de recherche, des organismes publics ou privés. Certaines phases et étapes de l'introduction de l'informatique dans l'enseignement ont été directement impulsées ou nettement marquées par des applications des travaux de recherche scientifique dans le domaine informatique ou de la didactique.

Incitations officielles

Au-delà des militants de base, des activistes locaux et des pionniers défricheurs du recours informatique, les incitations et obligations officielles contenues dans les nouveaux programmes de mathématiques jouent un rôle déterminant dans l'essor des pratiques dans le

milieu enseignant, d'autant plus que celles-ci peuvent être prises en compte dans l'évaluation du travail des professeurs lors des inspections.

Les ressources humaines

Ces moyens matériels (hardware) et numériques (software) si nécessaires ne sont pas suffisants. Il faut aussi qu'un responsable les administre et que les utilisateurs sachent s'en servir.

Des administrateurs réseau compétents et dévoués :

Dans l'établissement, il faut un ou plusieurs administrateurs réseau, pour gérer les serveurs, les comptes, installer les logiciels et leurs applications, configurer les accès Internet et les messageries Internet, Intranet et extranet, l'Espace Numérique de Travail, déployer, installer les machines, les ordinateurs, les vidéoprojecteurs, les caméras, les tableaux numériques et les imprimantes. Ils ont la charge du bon fonctionnement de l'ensemble du système, de sa maintenance, de ses réparations et de leurs évolutions. Ces administrateurs ont été trouvés parmi les professeurs ou recrutés comme emplois jeunes précaires pendant une durée limitée.

Les utilisateurs :

Les professeurs doivent être capables d'utiliser les ordinateurs en réseau à des fins professionnelles, à titre personnel et dans le cadre des travaux de la classe. Combien de professeurs de mathématiques et de professeurs toutes disciplines sont engagés de manière plus ou moins active dans un recours informatique pour enseigner ?

Et les élèves doivent apprendre à travailler sur ordinateur et pouvoir effectuer les tâches qui leur seront demandées. Ces compétences sont évaluées en fin de troisième dans le cadre du B2i. Combien d'élèves et de classes sont impliqués ?

La formation

Ces administrateurs, ces utilisateurs, professeurs comme élèves, doivent être formés pour être capables d'accomplir leurs tâches. Sans formation, il ne peut y avoir ni utilisateurs ni administrateurs ! Cette formation nécessaire peut être assurée de plusieurs manières : en autoformation, à l'occasion de stages du PAF[1] ou de stages de l'établissement (assurés dans ce cas par les administrateurs). Comprenons bien que sans formation initiale ou continue, il ne peut y avoir qu'un nombre restreint d'utilisateurs.

L'organisation

Administrer un réseau d'établissement scolaire, c'est gérer et accomplir une multitude

[1] Plan Académique de Formation.

de tâches : gérer les serveurs, créer chaque année les centaines de comptes utilisateurs, installer, sauvegarder et dupliquer les postes, installer les logiciels, assurer la sécurité du système avec des pare-feux et un antivirus, installer et gérer les imprimantes, les vidéoprojecteurs, les caméras, se soucier des réparations des matériels, prévoir et obtenir le financement des achats, répondre aux demandes et aux besoins des professeurs, gérer le planning des salles informatiques… Une somme de travail considérable, comme on le verra plus loin, qui suppose un minimum d'organisation.

Pour assurer le bon fonctionnement de ce qui s'apparente à un véritable *département informatique* qui ne dit pas son nom, on a assisté à l'organisation de fait d'un service informatique plus ou moins formellement reconnu, où ces différentes tâches ont été réparties, planifiées et ordonnancées entre plusieurs acteurs. Évidemment, ce "service informatique" a été organisé en relation plus ou moins étroite avec la direction et le service d'intendance de l'établissement, jouissant d'une autonomie et d'une capacité d'initiative variables et en liaison avec les techniciens, formateurs et responsables des services techniques rectoraux.

L'institutionnalisation des nouvelles fonctions

Comment l'éducation nationale a-t-elle pris en compte l'apparition et le développement de ce nouveau secteur d'activité dans les collèges ? Quelle place a-t-elle affectée à ce nouveau département informatique ? Quel statut a-t-elle attribué à ces administrateurs réseau ? Quelle rémunération leur a-t-elle allouée ? Quels encouragements a-t-elle prodigués à ces professeurs engagés dans les nouvelles technologies ? Quelle qualification a-t-elle reconnue aux professeurs formés ? Autant de questions auxquelles ont été confrontées les institutions de l'enseignement public avec ses hiérarchies, ses catégories et ses grades, ses promotions statutaires, ses définitions des services traditionnelles et son évaluation reposant sur le corps des inspecteurs pédagogiques régionaux.

La politique

Enfin, toutes ces conditions pour la mise en œuvre des TICE, qui viennent d'être passées en revue, ont été évidemment l'objet de choix et de décisions politiques qui ont évolué au fil du temps et des changements gouvernementaux, au plan national, au niveau du ministère de l'Éducation, des rectorats académiques et des Conseils Généraux des départements.

L'incidence idéologique

Aux différentes étapes de l'introduction de l'informatique dans l'enseignement au cours de ce quart de siècle, des modes idéologiques ont prévalu, accaparant les esprits, notamment des décideurs : depuis l'illusion commode de la toute-puissance des nouvelles technologies,

solution miracle aux problèmes de l'enseignement, jusqu'au spontanéisme le plus débridé concernant son essor en milieu enseignant, en passant par les errements du conflit du privé-public dans les services techniques et la production des logiciels. Il est remarquable de constater que les flambées éphémères des courants d'idées ont, au moins, servi à leurs thuriféraires et à leurs adeptes du moment à gravir quelques échelons dans la carrière.

Actions spécifiques

Des actions particulières ont été engagées, typiques de certaines phases du développement technologique.

2 Historique

Dans un premier temps, avant analyse, il nous paraît utile de dresser un bref historique de l'utilisation de l'ordinateur pour enseigner les mathématiques au collège, depuis sa naissance, dans les années quatre-vingt, jusqu'à aujourd'hui et de rapporter certains faits édifiants. Cet aperçu de l'évolution dans le temps de cette nouvelle technologie d'enseignement est fort instructif pour appréhender la dimension escollogique du recours informatique et pour bien en comprendre les répercussions sur ses opérants éducologiques. Sans la prétention aucune d'en faire un historique complet au plan national - nous laisserons ce travail aux historiens de l'éducation - cet examen de ces quelques faits temporels nous permettra de dévoiler certaines contradictions, entraves et blocages générés par le surgissement de cette nouvelle technologie éducative.

Nous nous intéresserons d'abord au processus et à l'essor de l'introduction de l'informatique, en particulier pour l'enseignement des mathématiques, au travers d'un collège de la Haute Garonne que nous connaissons bien, le collège B de la banlieue toulousaine et au rôle et au témoignage de l'expert A polyvalent qui fut, tout à la fois, l'administrateur principal de son réseau informatique, professeur de mathématiques, élu au Conseil d'Administration, et également formateur académique et responsable d'un groupe informatique de l'IREM de Toulouse. Ce collège en constitue un bon exemple en ce sens qu'il fut parmi les premiers équipés du département, un des collèges parmi les mieux dotés et des plus actifs de l'académie, et, à ce titre, un centre de formation continue en Informatique pédagogique. Il est tout à fait représentatif de l'évolution et de la progression des TICE dans ce qui a été le plus avancé, le plus opérant. Son cas n'est certes pas généralisable à des collèges beaucoup moins bien pourvus et agissants. Mais il est typique et exemplaire de la projection des TICE et offre

une grande richesse d'expériences et d'enseignements. Sa situation à l'avant-garde des transformations technologiques de l'enseignement met bien en lumière les problèmes, les contradictions et les facteurs positifs et négatifs de la réussite et des difficultés du recours informatique. Nous avons pu distinguer, durant le quart de siècle de la montée en puissance de l'informatique pédagogique, sept phases de son développement caractérisées par les dotations en matériels et progiciels, le type de logiciels et d'applications pédagogiques, l'évolution des incitations officielles et l'essor des formations continues et enfin les progressions de l'organisation et de l'activité des professeurs

Avant 1985

Matériel

Début de l'introduction de l'ordinateur dans l'enseignement. Un seul collège équipé, La Cépière de Toulouse, avec six R2E tournant sous le langage LSE, sorte de Basic français.

Logiciel

Aucun logiciel d'enseignement. Il faut programmer les applications.

Recherche-Développement

Les premiers ordinateurs personnels ont une puissance très limitée et sont hors de prix. Les langages informatiques disponibles sont des Basic. Tout est à construire.

Incitations officielles

Aucune.

Ressources humaines

Aucun enseignant actif au collège B.

Formation

Le professeur A est formé à la programmation en LSE au cours d'un stage de 108 heures et suit un stage à l'IREM sur la programmation en Pascal sur ordinateur Apple IIe. Le professeur de biologie B a bénéficié (avec remplacement) d'une formation lourde de un an en informatique à l'université.

Institution

L'IREM de Toulouse organise et encadre des stages de formation en informatique à destination des professeurs de mathématiques. À cette époque, elle est le seul organisme de formation continue. L'IREM est un département des mathématiques de l'université des sciences créé dans les années soixante-dix pour former les professeurs de mathématiques aux

mathématiques modernes, qui rassemble des animateurs enseignants du supérieur, du secondaire et du primaire.

Idéologie :

Forte croyance des années soixante-dix en la possibilité que l'ordinateur pourrait remplacer le professeur.

1985 le Plan Informatique Pour Tous (IPT)

Matériel

Équipement de tous les établissements scolaires dont le collège B d'un Nanoréseau : 6 à 12 ordinateurs se type familial Thomson MO5 de 48 Ko de mémoire vive dotés d'un langage Basic et d'une extension de 128 Ko pour le langage LOGO. Un serveur, un PC Olivetti Logabax équipé de deux lecteurs de disquette 5¼ pouces de 128 Ko, l'une A: pour le système DOS et l'autre B: pour les logiciels et les données. Une imprimante partagée à aiguille est reliée au serveur. Un MO5 coûte 5 000 F et un PC coûte le prix d'une petite voiture 2 500 F de l'époque soit l'équivalent de 7 000 € actuels !

Une salle informatique est installée par les professeurs A et B selon les préconisations optimales : une salle d'accueil attenante à une salle des machines. La première servant à organiser et donner en frontal les consignes, la seconde à travailler sur les ordinateurs en autonomie.

Logiciels

Une valise de logiciels en Basic. Assez fournie en mathématiques, avec des logiciels d'exercice de calcul faiblement interactifs, mais autocorrectifs qui seront très peu utilisés sauf un jeu populaire sur les angles "Golf". L'IREM de Toulouse commence à développer des logiciels de mathématique plus interactifs et performants, par exemple en calculs numériques.

Recherche-Développement

Les activités informatiques sont fortement influencées par le langage simple et procédural LOGO de Seymour Papert offrant un micro monde conceptuel et rationnel se prêtant facilement, voire de manière ludique avec sa tortue, à la résolution de problèmes géométriques, logiques et récursifs. Il ouvre un champ d'exploration sur les fractales et leurs images fantastiques.

Incitations officielles

Aucune mention dans les programmes de mathématiques.

Ressource humaine

Deux administrateurs pour ce réseau, le professeur A et un professeur de biologie B. Tous deux interviennent comme formateurs dans les stages de formation IPT.

Professeurs actifs : 1/5 mathématiques et 4/50 professeurs dans l'établissement.

Formation

Formation technique générale des enseignants à l'utilisation du Nanoréseau, à l'initiation au Basic et au LOGO. Le professeur de mathématique A intègre L'IREM de TOULOUSE

Organisation

Aucune organisation, aucune rémunération des deux administrateurs.

Institution

Dans la foulée du plan IPT avec ses stages, est créée la MAFPEN pour organiser la formation continue des enseignants en particulier sur le plan informatique. L'administrateur B est détaché comme formateur à la MAFPEN.

Politique

Adoptant une politique volontariste, le gouvernement a décidé et financé le plan IPT avec du matériel informatique français, d'un coût total de quelque 5 milliards de francs, sur les bénéfices de la société publique France Télécom. Le ministère de l'Éducation nationale a distribué les matériels et organisé les stages de formation technique de trois jours des enseignants en fin d'année scolaire.

Idéologie

Idée-force : pour assurer l'avenir de la révolution cybernétique en France, l'informatique doit être introduite massivement dans l'éducation.

Action spécifique :

Un club informatique est créé initiant un groupe d'élèves motivés à la programmation en LOGO et en Basic pour créer des applications ludiques.

Jusqu'en 1994 :

Matériel

● Montée en puissance, en rapidité et capacité, du Nanoréseau qui, par la récupération des matériels non utilisés d'autres établissements, passe à 20 postes au collège B et par le remplacement du serveur par un Victor VPCII à disque dur acheté sur fonds propres fonctionnant avec le système Nanodur. Il est désormais possible d'aller en salle informatique avec une classe entière. Ce mini réseau sera en service et utilisé jusqu'en 1999.

● Le PC Logabax sous DOS est désormais utilisé pour l'enseignement comme ordinateur de bureautique pour la production de documents avec FrameWork, pour la gestion de l'informatique et le traitement de l'évaluation en sixième.

● Chaque année le Loto du foyer finance l'achat d'un matériel informatique : un TO7, une imprimante…

Logiciels

De nombreux logiciels et applications sont produits et sont mis en œuvre sur le Nanoréseau.

● Les groupes informatiques IREM élaborent et diffusent de nombreux didacticiels en EAO (Enseigenement Assisté avec l'Ordinateur) ; tels la découverte du théorème de Pythagore, l'étude de la perspective cavalière… Un logiciel de géométrie sous LOGO Euclide, qui est amélioré par le groupe de Toulouse en Euclide+, permet de déployer en salle informatique pour une classe entière les premiers apprenticiels en géométrie plane.

● Une base de données, Mathbase, créée par le groupe IREM et diffusée nationalement, recense un total de 502 logiciels et applications en mathématique pour le Nanoréseau.

● La société d'édition Chrysis de Poitiers, issue d'initiatives de l'IREM de cette académie, élabore et édite pour le Nanoréseau les SMAO (Soutien en Mathématiques Assisté avec l'Ordinateur), séries d'activités pour le soutien en mathématiques à tous les niveaux, du CM2 jusqu'en 3e, couvrant tout le programme de mathématiques du collège. Ces ensembles logiciels seront très utilisés en soutien au point de devenir le principal recours informatique en mathématiques au collège dans les années quatre-vingt-dix.

Recherche-Développement

● Le logiciel Cabri de géométrie dynamique est développé par l'IMAG de Grenoble dans le cadre d'une recherche universitaire sur la gestion directe des objets graphiques, sous Machintoch d'abord puis implanté sur PC.

● À la fin des années quatre-vingt, plusieurs laboratoires universitaires se lancent dans le projet en intelligence artificielle d'un modèle élève de collège apprenant les mathématiques sous les langages LISP et PROLOG. Une entreprise ambitieuse qui échouera devant les difficultés insolubles des langages à maîtriser certaines notions problématiques telles que la symétrie.

● Les travaux de didactique de Brousseau et Chevallard commencent à percoler lentement dans le milieu des IREM et des IUFM.

● Le professeur animateur, formateur, administrateur A fait paraître dans le bulletin de l'EPI, association nationale de l'informatique dans l'enseignement, trois articles sur la pédagogie informatique : "premiers éléments de la pédagogie informatique en mathématiques (1988)",

"Mathbase, base de données des logiciels de mathématiques (1993) et "Soutien informatique en mathématiques" (1993), ce dernier étant une commande du ministère sur la question du soutien assisté par ordinateur.

Incitations officielles

Aucune référence à l'informatique dans les programmes officiels de mathématiques.

Ressource humaine

Une seule personne ressource, un seul administrateur, le professeur A.

Professeurs actifs : 2/6 en mathématiques et 5/60 dans l'établissement.

Formation

● Le professeur A suit un stage de trois mois en 1988 de formation des responsables informatiques d'établissement avec remplacement. La formation lourde de un an a été réduite à trois mois. Il est envoyé en 1991 à un stage d'une semaine d'information sur le développement de l'informatique dans l'enseignement à Besançon.

● Depuis 1986 le groupe IREM informatique organise un stage de formation des professeurs de mathématiques de l'académie à l'utilisation de l'ordinateur dans le cadre du Plan Académique de Formation PAF géré par la MAFPEN.

● Le collège B devient le centre de formation pour les stages de pédagogie informatique organisés par le groupe IREM. Il le restera jusqu'en 2006. À ce titre, il bénéficiera de l'installation gratuite de logiciels de mathématiques gracieusement prêtés pour la formation par certains éditeurs comme Chrysis.

Organisation

Toujours aucune organisation du secteur informatique du collège.

Institution

● Une nouvelle ligne apparaît dans le budget de l'établissement abondée par l'État pour l'achat de logiciels.

● Le ministère soutient la diffusion des logiciels de bureautique et d'enseignement qu'il sélectionne par des préachats nationaux permettant de réduire le coût des licences au niveau des établissements. Une liste est mise à jour chaque année.

● L'administrateur A obtient (à sa demande expresse) auprès de son chef d'établissement la rémunération d'une HSA pour les quelque 120 heures annuelles passées à s'occuper de l'informatique du collège.

● Il devient en 1988 le responsable du groupe de recherche de l'IREM de Toulouse en pédagogie informatique. Chaque animateur IREM perçoit pour sa contribution aux recherches et productions, et à la formation, deux ou trois HSA.

● Il est à noter que jusqu'en 1994, les professeurs de mathématiques ont un service de 18 heures de cours ventilés en 4 classes de quatre heures de cours et de deux heures de soutien obligatoire en 6e et 5e. Le soutien en mathématique, notamment dans le cycle d'orientation, est donc systématique et intégré dans l'emploi du temps de la classe.

● Les IUFM sont créés en 1991 pour s'occuper de la formation initiale des enseignants à part de la formation continue toujours en charge de la MAFPEN.

Politique

Du fait de la décentralisation, les collèges sont pris en charge pour leurs dotations et leur fonctionnement par les départements.

Idéologie

Investissements et développements sont imprégnés de la croyance en l'éducabilité positive.

Action

Le club informatique qui est passé du LOGO au Basic Thomson évolue progressivement vers les jeux, les consoles de jeux.

De 1994 à 1998 :

Matériel

Dans le cadre de la décentralisation, les départements prennent totalement en charge les collèges y compris en ce qui concerne les équipements informatiques, enfin, pour ceux qui en ont les moyens. Ainsi, le riche Conseil Général de la Haute-Garonne entreprend un vaste programme de dotation de ses quatre-vingt-dix collèges en cinq ans. Pour en élaborer le contenu, une mission d'enquête est confiée à deux ingénieurs qui viennent au collège consulter l'administrateur A. Celui fournit un rapport de quinze pages exposant les activités pratiquées dans l'établissement, ses initiatives, ses besoins et ses projets. Le collège B est retenu parmi les quatre premiers collèges qui sont dotés de matériels informatiques. Il reçoit vingt-six PC XP Zénith sous Windows 3.1 et des imprimantes à jet d'encre. La salle informatique est équipée de vingt postes plus un en salle d'accueil qui sera par la suite relié à une tablette rétro projetable. La SEGPA récupère le Nanoréseau.

Le CDI est informatisé avec deux PC avec le logiciel de gestion des documents et des prêts Diderot.

L'administration du collège est informatisée en un réseau informatique propre de type professionnel Novell associant sous PC les services de la direction, de l'intendance, du secrétariat, de la vie scolaire et des résultats et orientations des élèves.

Logiciels

À l'issue d'une politique d'achats annuels planifiés, les logiciels sous dos et Windows peuvent enfin être utilisés.

▪ En bureautique, Word en traitement de texte, Excel comme tableur, Accès en base de données.

▪ En soutien, Chrysis transfère, en les améliorant à chaque étape, tous les SMAO, en version Dos d'abord puis sous Windows.

▪ En géométrie dynamique : Cabri dans le plan et Géospace dans l'espace (commande officielle du ministère au CREM).

▪ En calcul formel : le logiciel Dérive a connu quelques rares applications pédagogiques.

▪ De nouvelles calculatrices plus puissantes apparaissent, notamment la TI92 contenant Cabri et un calculateur formel relié à une tablette rétroprojetable propre.

▪ Les travaux en l'intelligence artificielle n'ont donné qu'un logiciel libre d'aide à la démonstration diffusé par l'IRISA de Rennes, "Mentoniezh" (géométrie en breton) qui deviendra plus tard "Tigre", comprenant quarante exercices de démonstration.

Le Minitel est utilisé en FOAD (formation assistée à distance) notamment par le CNED.

Recherche-développement

Le groupe IREM s'emploie à transférer les meilleures applications pédagogiques du Nanoréseau sous Dos. En particulier tous les apprenticiels de géométrie, les symétries, la translation et les imagiciels, la découverte du théorème de Pythagore… Toutes ces applications sont diffusées lors des stages à l'aide de disquettes.

Les principes de la pédagogie informatique dans l'enseignement des mathématiques se dégagent de l'expérience, se diffusent et se mettent à l'épreuve au cours des stages de formation.

Incitations officielles

L'informatique est introduite en technologie. Toujours pas de références formelles en mathématiques dans les programmes, mais les utilisations sont encouragées notamment en soutien.

Ressources humaines

Pour aider les établissements, création des AIDAT, techniciens informatiques, par bassin, comprenant un professeur détaché et un technicien.

Autour de l'administrateur A, se joignent quatre autres professeurs de la SEGPA, des sciences et de technologie.

En 1998, ont été recrutés par l'établissement, suivant les instructions gouvernementales, deux emplois-jeunes pour la gestion de l'informatique pour une durée maximale de cinq ans. Au bout de dix-huit mois, un des deux emplois-jeunes démissionne pour être embauché par une société privée comme technicien réseau, en conformité avec le projet de formation insertion des emplois jeunes. Ne reste plus qu'un emploi jeune, le moins motivé, qui dégénèrera dans les deux dernières années accumulant absences, retards et passivité. Un bilan plutôt négatif.

Professeurs actifs : 1/6 en mathématiques et 10/60 professeurs dans l'établissement.

Formation

L'administrateur A suit des stages techniques sur Excel et Access.

Le groupe informatique IREM organise de un à deux stages de formation (général et soutien) par an dans le cadre du PAF touchant une trentaine de professeurs de mathématiques de l'académie, qui se déroulent au collège B.

Le nouveau principal et l'administrateur A ont suivi un stage de formation à la gestion du réseau administratif.

Organisation

Un groupe informel de gestion du parc informatique de cinq professeurs se constitue progressivement autour de l'administrateur A bientôt renforcé par l'arrivée de deux emplois jeunes.

Institution

Le ministre Monory casse la dynamique des créations et éditions de logiciels d'enseignement autour des CRDP et du ministère au profit des éditeurs privés, dispersant les équipes de recherche. Les financements de projets universitaires se tarissent. Un coup mortel dont la création publique ne se relèvera pas.

Au niveau académique est créé le SIGAT, le service informatique de l'académie de Toulouse qui gère l'informatisation de l'administration du collège par l'intermédiaire de techniciens recrutés et déployés par bassin de 33 établissements collèges, Lycées généraux et professionnels. Sur le plan pédagogique est créée une mission TICE recrutant des professeurs détachés à plein et mi-temps.

En 1997, changement du principal du collège en la personne opportunément qualifiée d'un formateur informatique en bureautique qui mettra en fonction le réseau administratif.

L'établissement a recruté (avec la participation de l'administrateur A) et rémunère les deux emplois jeunes sous contrat de vingt heures de travail par semaine payées au SMIC. Sous la responsabilité légale du chef d'établissement, ils sont placés sous la "tutelle" de l'administrateur A.

Politique

L'informatisation des établissements scolaires est instrumentée pour lutter contre le chômage des jeunes. Des jeunes plus ou moins diplômés sont recrutés pour aider à gérer, avec une efficacité très inégale, l'informatique des collèges et lycées.

Idéologie

Devant un essor lent et problématique du recours informatique dans le milieu enseignant, les difficultés matérielles et humaines et les inconséquences de l'institution qui incite d'un côté, mais qui ne valorise, ni reconnaît les nouvelles réalités de l'autre. L'indécision règne dans les hautes sphères. Ce qui n'entame en rien la détermination de groupes IREM.

Action

Disparition des clubs informatiques dégénérés en clubs de jeux et du coup de la participation active des élèves à l'informatisation.

De 1999 à 2003 :

Matériel

Le Conseil Général de la Haute-Garonne décide de renouveler tous les cinq ans le matériel informatique. Un ordinateur est dépassé au bout de cinq ans et est obsolète au bout de dix ans. En 1999, le collège B reçoit donc une deuxième dotation sous la forme de trente-deux Dell Pentium II sous Windows 98 et de quelques premières imprimantes laser portant le nombre de PC de l'établissement à plus de soixante-dix. Pour autant, le Conseil Général refuse de câbler les bâtiments en raison de son projet de rénovation du collège prévu dans les années deux-mille. Devant le défi que représente la gestion d'un parc de machines aussi nombreux, sur proposition de l'administrateur A et du groupe informatique, avec l'approbation de la direction du collège et l'intendance, il est décidé de câbler l'établissement (en 10 Mb ; le 100 Mb étant trop cher) en comptant sur ses propres forces et moyens. Hub et câbles sont achetés, un pentium est détaché comme serveur sous Windows NT, avec la surcouche Magret développé dans l'académie à la mission TICE par ses deux auteurs PICOU et GAU, et installé par l'AIDAT. Un premier accès Internet par modem limité est raccordé au réseau. Ainsi démarre le réseau informatique artisanal de l'établissement qui marchera sans interruption ni aucune panne jusqu'à la rénovation du collège en 2009. Vingt et un pentium remplacent les PC anciens qui vont équiper deux salles informatiques de technologie de dix postes. Bientôt une troisième salle sera équipée avec une dizaine de PC donnés par EDF et remis a à niveau. Avec les autres Pentium, une salle de sciences et son dépôt, plusieurs salles de classe (dont la salle

de mathématique de A) sont reliées au réseau et dotées des premiers rétroprojecteurs achetés d'occasion. Le CDI est équipé d'un réseau local de gestion poste à poste. La SEGPA récupère les autres vieux PC pour installer sa première salle informatique équipée en PC.

En 2002, responsables du Conseil Général et du rectorat visitent l'installation informatique de l'établissement et en sortent très impressionnés à la fois par sa qualité, sa fiabilité et l'ampleur et l'intensité des utilisations pédagogiques, au point de changer le Pentuim II qui faisait office en un vrai serveur Compaq sous Windows 3000 et de fournir une dizaine de Pentium III supplémentaires et quelques Pentium IV hors dotation. Le réseau monte en puissance : des salles de sciences et de géographie, la SEGPA, la salle des professeurs sont câblées également, ainsi que le service informatique.

L'essor de l'Internet haut débit et les offres commerciales abordables amènent le collège B à connecter le réseau pédagogique au réseau Internet. Au serveur de fichiers est ajouté un serveur proxy implanté derrière un routeur, installé par les services rectoraux pour filtrer les connexions et servir de pare-feu. En conséquence, par mesure de protection, l'antivirus Norton est installé sur le réseau par l'administrateur A.

Le service informatique se dote d'un poste équipé d'un système matériel et logiciel pour la création de films vidéonumériques.

L'administration étend son réseau distinct au CDI et à la salle des professeurs pour la saisie des notes, des bulletins trimestriels et des absences avec le logiciel Campus. Elle utilise dorénavant le logiciel Edt pour faire les emplois du temps des personnels. Un serveur Amon est ajouté pour la communication par l'Intranet académique. L'administrateur A apporte une aide technique pour son déploiement dans l'établissement.

Logiciels

Office 97, avec WORD et Excel, est installé sur le réseau. Les nouvelles versions modernisées et compatibles Windows sont achetées ou offertes par les éditeurs pour la formation : Cabri, les SMAO… Des logiciels spécifiques à certaines disciplines sont installés en langue, en technologie, en sciences…

Le groupe IREM adapte et développe toutes ses activités sous les nouvelles versions des logiciels : apprenticiels sur les transformations, symétries, translation, rotation, cosinus, Thalès, Théorème de Pythagore (avec Toollbook), réciproque de Pythagore… sous Cabri, les très nombreux imagiciels sous Cabri. Sous Géospace, sont créées des activités en classe ou en salle informatique pour l'étude de l'aire latérale du cylindre et du cône, pour les développements des solides, du cube à la pyramide en passant par le cylindre et les prismes.

Le tableur Excel est utilisé en statistiques pour représenter les diagrammes et effectuer les calculs des effectifs et fréquences et détermination de la médiane.

Toutes ces applications sont désormais diffusées nationalement et aux participants aux stages de formation sous le format d'un cédérom interactif au format Web développé avec Frontpage.

Les éditeurs privés inondent le marché domestique et scolaire avec des ensembles logiciels d'entrainement caractérisés par un emballage graphique agréable et animé qui cache mal une indigence didactique au niveau d'un behaviourisme le plus plat. Ces marchandises scolaires auront peu de succès dans l'éducation.

La réduction constante des crédits d'achat de logiciels met en difficulté les éditeurs comme Chrysis spécialisés dans le développement de logiciels pour l'enseignement. Après la dernière version Windows de SMAO sixième, pourtant nettement améliorée sur le plan didactique, cet éditeur disparaîtra absorbé par un grand groupe multimédia. D'autres venus, comme TDMath qui propose un ensemble didacticiel de type skinnérien, se tourneront vers les collectivités territoriales qui prennent le relais de l'État central qui s'est désengagé.

Recherche-développement

Deux membres du groupe IREM, dont le responsable A, ont travaillé, sous contrat, pour un éditeur, Magnard Vuibert, sur un cédérom d'assistance en mathématiques aux élèves concernant la partie exercices d'un manuel Hachette de quatrième. Sous un format compatible avec la télématique (le cédérom était également mis en ligne par minitel), il fallait apporter une aide pertinente pour la résolution des mille exercices du manuel. L'expérience s'est avérée instructive. Les premières propositions furent refusées. Elles étaient trop didactiques et conçues pour s'adresser aux élèves en difficulté. Elles rataient la ligne éditoriale. La cible était les élèves moyens nécessitant une aide réduite. La responsable du projet expliquant sans fard que les familles de ces élèves moyens constituaient bien le marché visé et non celles non solvables des élèves en difficulté.

Incitations officielles

Les nouveaux programmes de mathématiques de 1998 développent les notions de statistiques et introduisent et rendent obligatoire l'utilisation de tableurs pour en effectuer les calculs et les représentations.

Ressources humaines

Cinq professeurs participent à l'administration du réseau informatique : l'administrateur A, un professeur d'école de la SEGPA, un professeur de SVT, de physique et un professeur de technologie.

Une autre emploi jeune sera recrutée pour accomplir les tâches administratives notamment informatisées avec Campus.

Désormais tous les professeurs utilisent l'ordinateur pour gérer leurs résultats et leurs appréciations sur les bulletins trimestriels au format numérique.

Professeurs actifs : 3/7 en mathématiques et 15/80 professeurs dans l'établissement.

Formation

Les professeurs des disciplines qui ont été informatisées s'inscrivent aux stages de formation spécifiques de leurs disciplines. Des formations à Internet et à la messagerie sont organisées au collège pour les personnels par le service informatique. Un stage d'établissement est organisé au collège pour la création de films numériques.

Le groupe IREM avec son responsable formateur A fait face à la flambée des demandes de formation consécutives aux directives des nouveaux programmes. Il organise chaque année jusqu'à huit stages de pédagogie informatique, de soutien et sur le tableur suivant les décisions du service académique de formation le SAFCO qui remplace la MAFPEN. Ces stages se déroulent toujours au collège B. Les tentatives de les organiser à l'IUFM Saint-Agne pour soulager l'encombrement des salles du collège échoueront devant les difficultés matérielles (nombre insuffisant de postes) et logicielles (logiciels indisponibles).

Organisation

Une organisation "informelle" sous la direction de l'administrateur A est constituée pour la gestion du parc et du réseau informatique intitulé "service informatique pédagogique" qui se réunit toutes les semaines pendant une heure libérée à l'emploi du temps des cinq administrateurs.

Si tous participent à l'installation des matériels, une division du travail est instaurée entre les cinq administrateurs :

▪ L'administrateur principal A s'occupe de la gestion des serveurs, de la création et de maintenance des comptes utilisateurs professeurs et élèves (jusqu'à 1400 comptes en 2003), de l'installation et du déploiement de l'antivirus, des logiciels, des applications et des fichiers et de l'intraWeb, de la maintenance des stations et de leurs ghostages, de la gestion des rétributions, des bilans et rapports d'activités auprès de la direction de l'établissement, du Conseil d'Administration et de la mission TICE du rectorat,.

▪ Deux professeurs s'occupent du département sciences physiques et biologie, des achats et réparations des matériels.

▪ Un professeur d'école gère le département de la SEGPA et gère le parc des quarante imprimantes du collège, installation, achats des consommables et maintenance.

▪ Un professeur aide à la maintenance du département de technologie.

Les administrateurs professeurs sont rémunérés par des HSA en fonction de l'importance de leurs engagements mesurés en heures d'intervention. Chaque administrateur est tenu de compter ses heures.

Institution

Le collège a de nouveau changé de direction et atteint son effectif record de mille trois cent cinquante élèves avant les constructions successives, au cours des années deux mille, de trois autres collèges dans son secteur en forte progression démographique.

L'informatisation administrative, au lieu de libérer et d'assouplir les contraintes, est, au contraire, subie par les professeurs comme une astreinte supplémentaire, l'administration s'en servant pour imposer sans concertation son propre agenda administratif et non selon celui des contraintes pédagogiques.

Le ministère s'est complètement retiré de la promotion des logiciels d'enseignement.

L'éducation nationale ne reconnaît toujours pas l'existence d'un département informatique dans l'établissement, ni celle d'un service informatique constitué de personnels spécialisés.

Politique

La solution trouvée pour résoudre le problème de la gestion des réseaux informatiques des établissements scolaires a été d'embaucher sous contrat de droit privé des emplois jeunes payés vingt heures au SMIC dans le but de les former, de leur donner une expérience professionnelle pour qu'ils puissent ensuite trouver un emploi stable à plein temps hors éducation nationale. Politique paradoxale qui vise en premier lieu à réduire le chômage des jeunes en les recrutant dans un emploi précaire et mal payé, à les former à la gestion informatique pour refiler le bébé au privé, laissant en plan le problème de la gestion des réseaux scolaires. Les résultats de l'opération seront très variables voire parfois catastrophiques, allant de la prise de pouvoir absolu du jeune du domaine informatique jusqu'à l'inactivité la plus totale. Certains chefs d'établissement qui voudront s'en débarrasser rapidement sans respecter le droit du travail se verront poursuivis devant les prudhommes.

Idéologie

Les services administratifs à tous les niveaux sous-estiment et dévaluent l'importance et la complexité du travail de gestion d'un réseau informatique d'établissement scolaire. Ce travail est toujours considéré comme une tâche annexe, déconsidérée, qui incombe aux personnels existants comme une activité supplémentaire, accessoire, et rémunérée comme telle.

Action :

Les services informatiques, administratif et pédagogique, sont apparus de fait séparément. Si

le réseau administratif est géré par des techniciens, le réseau pédagogique est toujours non reconnu officiellement. Ses "administrateurs" ont été engagés sur la base du volontariat et de manière précaire et non durable hypothéquant sa pérennité.

De 2004 à 2007

Matériel

Troisième dotation du Conseil général du collège B sous la forme de trente-deux Compaq Pentium IV sous Windows XP qui sont installés en salle informatique générale, en sciences et au CDI qui est raccordé au réseau pédagogique. Les Pentium II sont transférés dans les trois salles de technologie. La SEGPA, qui a récupéré un temps les vieilles machines, se voit dotée plus tard de seize Pentium IV également. De nouvelles imprimantes Laser sont fournies dont deux couleurs. De plus il est attribué au collège une subvention de 20 000 € pour des achats complémentaires de matériels et de logiciels. Sur ces crédits, il est acheté un tableau numérique interactif pour les sciences et une douzaine de vidéoprojecteurs.

Au terme de cette dernière dotation, bien avant la rénovation, le parc informatique pédagogique du collège B comprend plus de cent quatre-vingts ordinateurs de tous types dont cent-dix en réseau, une quarantaine d'imprimantes dont une douzaine laser avec deux couleurs, seize vidéoprojecteurs, distribués dans six salles informatiques (trois de dix postes en technologie, une de dix postes en sciences, une de quinze postes en SEGPA et une salle générale de vingt postes), au CDI (dix postes) et dans quinze salles de cours, trois salles des professeurs et au service informatique. Le réseau administratif aligne de son côté seize postes.

Logiciels

Prenant le relais des SMAO non renouvelés qui sont devenus obsolètes du fait des changements de programme, un ensemble logiciel libre et gratuit de la sixième à la troisième apparaît, Mathenpoche, qui permet la poursuite des actions de soutien, d'aide et d'entrainement informatiques. Par l'intermédiaire d'Internet, il ouvre de nouvelles possibilités comme les devoirs maison en ligne.

En bureautique également devient disponible l'ensemble libre et gratuit Open Office qui concurrence Office de Microsoft avec le tableur Calc qui n'est cependant pas aussi performant qu'Excel surtout au niveau de la programmation.

L'IMAG de Grenoble développe un logiciel de calcul algébrique Aplusix qui suit et corrige pas à pas les travaux de l'élève. Le groupe PIMC expérimentera avec succès cet exerciseur interactif en classe de troisième.

D'autres nouveaux logiciels libres et gratuits émergents, développés par des enseignants émérites, comme les logiciels de géométrie dynamique Géogébra et CarMétal. Le groupe informatique PIMC s'emploie à transférer tous les apprenticiels de géométrie, les symétries, l'agrandissement réduction, et les imagiciels, sous le logiciel de géométrie dynamique CarMétal plus performant bien que plus complexe que Cabri et surtout gratuit. Toutes ces applications sont diffusées lors des stages avec l'ensemble Mathenpoche et Open Office sur un DVD à plusieurs centaines d'exemplaires et mis en ligne et téléchargeables sur le site de l'IREM de Toulouse.

La passation de l'épreuve de sécurité routière, l'ASSR, s'effectue désormais sur ordinateur, en salle informatique. Ses résultats sont transmis directement à l'Académie par Internet. De même les résultats du Brevet des Collèges, saisis en centre d'examen sur ordinateur, sont transmis également par l'Intranet administratif.

L'administration passe au logiciel de gestion des notes, bulletin, B2i, absences et sanctions, Pronotes.

Recherche-développement

L'État s'est désengagé de la production des logiciels et le privé n'y a pas trouvé son compte. Les collèges ne représentent qu'un marché de sept mille établissements. C'est du milieu enseignant lui-même que le défi sera relevé en mathématiques avec l'association des professeurs Sésamath qui regroupe des centaines de militants et bénévoles qui, avec l'appui d'une collectivité territoriale, le Conseil Général de Seine et Marne, créera et diffusera par Internet l'ensemble d'exerciseurs et de didacticiels en ligne Mathenpoche.

Le groupe informatique IREM se scinde en deux : un groupe qui continue la didactique, PIMC, la création et la formation et un groupe, "Math et Internet", s'intéresse à l'Internet.

Incitations officielles

Les nouveaux programmes de mathématiques de 2004, au-delà de l'obligation confortée à la formation des élèves au tableur dans le cadre du B2i, incitent enfin officiellement à l'utilisation des logiciels de géométrie dynamique pour l'étude de la géométrie en particulier dans l'espace et des logiciels de calcul formel en arithmétique (pour le calcul du PGCD).

Ressources humaines

L'équipe du service informatique des cinq membres poursuit son travail partagé. Après le départ de l'emploi jeune, demande est renouvelée chaque année en vain du recrutement d'un demi-service d'un technicien réseau professionnel titulaire pour apporter 700 heures d'administration technique, les 300 heures d'administration pédagogique restant à la charge des professeurs administrateurs toujours rémunérés en conséquence.

L'utilisation de l'ordinateur pour enseigner poursuit son essor. Professeurs actifs : 2 ou 3/6 en mathématiques et 20/60 professeurs dans l'établissement.

Formation

Le groupe IREM de pédagogie informatique organise trois stages de formation en formation continue dans le cadre du SAFCO. Un stage généraliste d'utilisation de l'ordinateur pour enseigner les mathématiques au collège (théorie didactique, activités diverses d'apprenticiels et imagiciels, création d'un apprenticiel, expérimentation et bilan) ; un stage d'aide et de soutien avec Mathenpoche ; un stage sur l'apprentissage et l'utilisation du tableur (avec Excel et/ou Calc). Ces stages proposés au PAF sont chaque année doublés ou triplés. Car, suite aux incitations des nouveaux programmes et aux dotations plus larges et nombreuses des collèges en matériels informatiques, on assiste à une montée considérable de l'inscription à ces stages de formation. Chaque année précédant l'arrêt par manque de moyens budgétaires de la formation continue dans l'académie de Toulouse en 2010, quelques quatre-vingts à cent professeurs de mathématiques de collège y participent, soit en trois ans plus de dix pour cent de l'effectif total des professeurs de mathématiques en collèges publics de l'académie.

Organisation

Chaque année un rapport du service informatique pédagogique est présenté en Conseil d'Administration du collège portant sur les travaux accomplis, l'engagement de membres, les problèmes et les demandes ainsi que les projets. Ainsi, il est rapporté que les cinq membres ont accompli environ mille heures de travail d'administration réparties en 450, 200, 200, 100 et 50 heures pour une rémunération totale en heures supplémentaires de 11 HSA soit, en tenant compte du fait qu'en dehors de la présence des élèves, une HSE vaut deux heures de travail, un ratio de rétribution de 792/1000, soit 80 % environ (11 x 36 = 396 HSE pour 396 x 2 = 792 heures travaillées). Un taux de rémunération bénéfique, assez rare dans les collèges, dû au rôle actif de l'administrateur principal élu au Conseil d'Administration et au soutien local des chefs d'établissement.

Institution

Introduction importante de l'utilisation de l'informatique dans les instructions officielles des nouveaux programmes sous forme d'incitations et de recommandations, qui comporte aussi une obligation pour les professeurs de former les élèves pour le B2i. Dorénavant, l'utilisation de l'ordinateur est prise en compte par les inspecteurs dans l'évaluation des professeurs.

La ligne budgétaire d'achat des logiciels disparaît. Un logiciel comme Cabri II+ et Cabri 3D ont du mal à se vendre et remplacer les versions précédentes dans les établissements. Les achats se font sur les fonds de réserve ou par subvention du Conseil Général.

Le collège a de nouveau changé de direction en 2006.

Politique

Comment, devant l'ampleur qu'a prise l'informatique dans les collèges (en tout cas dans le collège B) sur le plan des matériels et de l'engagement humain, le ministère n'a toujours pas légiféré en la matière ni reconnu les réalités ? La responsable TICE au niveau du rectorat avait apporté un élément de réponse à cette inaction au travers de ses participations aux réunions ministérielles nationales. En fait le ministère était paralysé par l'affrontement de deux camps : l'un partisan de l'organisation des services informatiques des établissements scolaires à partir de ses propres ressources et personnels, et l'autre, farouchement opposé à cette solution, qui préconisait au contraire de faire appel à des sociétés de service privées pour la gestion des réseaux. Et comme le ministère n'avait les moyens de payer ni les uns, de la maison, ni les autres, du privé, la décision était renvoyée aux calendes grecques.

Idéologie

L'idéologie néolibérale, par son incitation au désengagement de l'État central, joue un rôle contreproductif dans le développement de l'informatique pédagogique dans toutes ses dimensions, sur les plans de la création des logiciels, de la reconnaissance des ressources humaines, par la non-institutionnalisation des nouvelles réalités et en matière de formation.

Action

Le service informatique pédagogique, de par la qualité de son organisation et de sa gestion, par ses initiatives de formation interne, joue un rôle déterminant dans le fonctionnement du réseau et son expansion, dans l'essor du recours éducatif informatique et l'élévation des compétences des personnels de l'établissement.

De 2008 à 2012, la rénovation de l'établissement

Matériel

À l'issue de la rénovation architecturale totale du collège qui comprend le câblage et la mise en réseau de l'ensemble des salles de classe et des ateliers, une nouvelle dotation générale est attribuée en 2009. Toutes les classes sont équipées désormais d'un ordinateur et d'un vidéoprojecteur. Le parc informatique comprend maintenant 264 ordinateurs (soit un ordinateur pour 2,5 élèves) toujours sous Windows XP (dont quatre chariots de onze ordinateurs portables en Wifi), et 49 vidéoprojecteurs avec 16 salles informatiques, mais avec seulement une douzaine d'imprimantes Laser dont sept couleurs et quatre multifonctions. Le câblage en 100 Mb du collège rénové a réalisé un réseau physique unique supportant cinq

réseaux logiques distincts (administratif, pédagogique, Internet, extranet et technique) par la technologie Vlan, mais néanmoins interconnecté par un serveur ZMI assurant une communication entre ces réseaux. Cette architecture du réseau de l'établissement qui assure la communication sécurisée entre les réseaux pédagogique et administratif est basée sur six serveurs : deux administratifs (fichiers et Amon), cinq pédagogiques (deux serveurs de fichiers sous Windows Serveur 2008 et de sauvegarde, un proxy SLIS et un DMZ sous Linux, plus un de serveur ZMI pour la liaison sécurisée entre les deux réseaux). Ce dispositif permet d'intégrer les ressources administratives et pédagogiques et leur accès depuis l'extérieur par Extranet. Il rend possible la création d'un espace numérique de travail (ENT) programmée pour 2013.

Sous la direction de la mission TICE académique, un programme de passage à l'ENT est lancé en Haute-Garonne sur quatre ans : 4 établissements la première année, 20 la seconde, 30 la troisième et le reste la quatrième année. Le collège B, qui avait été à l'avant-garde dans les années quatre-vingt-dix, ne sera concerné que dans la troisième période. Un effet évident de l'affaiblissement de son administration locale, entravée par les dissensions et les démissions.

Logiciel

Le logiciel Pronotes permet la gestion informatique des relevés de notes, de bulletins trimestriels, du relevé des absences et la communication du cahier de texte (devoirs), en interne et en externe par l'extranet, accessible par les professeurs , les parents et les élèves et l'administration. Dans ce but, les quatre navigateurs Internet ont été installés. Le passage à un ENT est programmé.

Incitations officielles

Les nouveaux programmes de mathématiques de 2008 abondent, consacrent et normalisent le recours informatique dans l'enseignement des mathématiques au collège. L'utilisation de l'informatique est désormais une exigence majeure de l'évaluation des professeurs par les IPR.

Ressources humaines

La cheville ouvrière, le responsable du service informatique, l'administrateur A part à la retraite ce qui ne sera pas sans conséquence. Dans une organisation *non institutionnalisée*, le rôle des individus devient déterminant et vital. Le propre d'une institution est d'être pérenne. Son existence ne dépend pas de la décision et du comportement des hommes qui l'incarnent à un moment donné. Du fait des démissions successives, le volume horaire d'administration réseau est passé de 1000 à 500 heures, réparties en 250, 200 et 50 heures. La rémunération globale des administrateurs a baissé en conséquence autour de 6 HSA respectant un taux de

couverture de 80 %. Mais il faut s'attendre à une augmentation importante de la charge de travail du service du fait du passage à l'ENT.

Au cours de cette période, l'utilisation de l'informatique dans l'enseignement des disciplines s'est généralisée. L'informatisation des tâches institutionnelles telles que la saisie et l'édition des bulletins trimestriels, des résultats des examens, du relevé quotidien des absences et du cahier de textes, l'utilisation de la bureautique à des fins professionnelles, les communications par Internet ont entraîné la familiarisation de tous les professeurs avec la technologie informatique et permis son apprentissage technique de base. Les nouveaux programmes avec leurs incitations et leurs obligations (en particulier pour le B2i) ont fortement stimulé le recours informatique dans toutes les matières. L'exemple, l'entraînement et l'aide fournie par les professeurs expérimentés et formés a contribué à stimuler et mobiliser les professeurs retardataires. L'abondance, la disponibilité, la qualité des ressources informatiques pédagogiques éprouvées ont facilité et conforté cet engagement.

Au terme de la période de 1999 (début du réseau informatique) à 2013 (passage à l'ENT), au collège B, tous les enseignants de sciences (biologie et physique), de technologie, de langues vivantes, d'histoire-géographie, de la SEGPA, du CDI, de musique, des arts plastiques et quelques-uns en français utilisent l'ordinateur pour enseigner. Dans la plupart de ces disciplines, l'ordinateur, avec son lecteur DVD, sa carte son et son vidéoprojecteur, qui permettent d'accéder par Internet aux immenses ressources documentaires d'images, de vidéos et de sons, a remplacé facilement et puissamment projecteurs de diapositives, magnétoscopes et magnétophones. En mathématiques, il succède au rétroprojecteur, mais avec des difficultés didactiques. Professeurs actifs : 3 sur 5 en mathématiques (deux praticiens réguliers et un en soutien uniquement) et environ 37/50 professeurs dans l'établissement (les 3/4).

Organisation

Des dissensions graves sont apparues dans le groupe du service informatique du fait d'un de ses membres non coopératif et proche de la direction, aggravées par la position partiale et autoritaire du chef d'établissement. Elles sont à l'origine des démissions successives, au fil des ans, de un, puis de deux et de trois administrateurs mettant en péril le service informatique pédagogique de l'établissement. Une dégénérescence qui montre la fragilité de cette organisation informelle non officielle qui repose pour l'essentiel d'abord sur l'engagement volontaire et le consensus de ses participants et ensuite sur le rôle crucial de la direction, bienveillant, compréhensif, confiant ou autoritaire, arbitraire et arrogant. Le départ du chef d'établissement et de son administrateur affidé en 2012 a permis aux trois autres

administrateurs démissionnaires de reconstituer le groupe et de sauver le service informatique pédagogique alors que l'usage de l'informatique s'est généralisé dans l'établissement.

Formation :

Le service informatique poursuit son rôle de formation des personnels sur le plan technique et logiciel sous la forme d'une dizaine de formations d'une heure par an concernant une dizaine de participants à chaque opération.

Le nouveau chef d'établissement les ayant éconduits pour cause de rénovation, les nombreux stages de l'IREM ont été désormais organisés dans le collège M du responsable du groupe Math et Internet et à l'IUFM de Rangueil pour les stages Tableur. La participation aux trois stages est toujours aussi forte. De 2005 à 2010, quelque 410 professeurs de mathématiques de collège viennent s'y former soit quelque 23 % de l'effectif total, presque 1 enseignant sur 4.

En 2010, faute de moyens, le Rectorat supprime d'un coup tous les stages de formation continue dans l'Académie de Toulouse.

Institution :

Le chef d'établissement a imposé ses vues sur l'organisation du dispositif informatique faisant fi de la volonté des administrateurs et de leur compétence. Ainsi la salle informatique générale qui comportait depuis 1988 vingt postes permettant d'y faire travailler plus facilement une classe d'une trentaine d'élèves, est abaissée à seize postes seulement, rendant son utilisation problématique. De plus, alors que les ordinateurs y étaient installés de manière périphérique pour permettre le contrôle par le professeur de l'ensemble des écrans d'un coup d'œil circulaire, il a imposé également une disposition défavorable de rangées en tête bèche. Encore un exemple éloquent où dans le désert institutionnel des TICE l'autoritarisme peut bafouer le savoir-faire de professionnels non reconnu.

2 Quelques faits édifiants

Au cours de ce processus historique de l'introduction progressive de l'informatique pédagogique dans l'enseignement et de sa montée en puissance, quelques péripéties sont tout à fait symptomatiques des problèmes apparus dans l'organisation de ses activités. C'est à l'occasion de ces conflits et de ces crises que se révèlent les contradictions structurelles et les failles de l'édifice en construction. Rapportons quelques faits significatifs survenus au collège B.

Les deux réseaux informatiques

Au cours des années quatre-vingt-dix, alors que les premiers collèges câblés étaient équipés d'un réseau pédagogique sous Windows NT, les services administratifs ont été mis en réseau. Cette informatisation a été généralisée bien avant la pédagogie. Pour des raisons de sécurité compréhensibles concernant les données sensibles confidentielles et comptables, l'administration a tenu à avoir un réseau propre, et d'un type différent, Novel, conçu pour être complètement séparé des turpitudes d'un réseau pédagogique existant ou à venir (*). Le réseau était petit, une quinzaine de postes individuels avec un seul utilisateur permanent par poste, installé et administré par les AIDAT. Le choix peut paraître sérieux et légitime de sécuriser les données sensibles du secrétariat et surtout de l'intendance. Mais, d'une certaine manière, il révèle le degré de considération dans lequel était tenu le réseau pédagogique vu comme a priori, insécurisé, imprévisible et dangereux. Une méfiance à confronter avec le fait qu'au collège B, le réseau pédagogique, bien administré et protégé, n'a connu aucune infection virale, aucun piratage, aucune attaque en une dizaine d'années et sa fiabilité a été totale, sans aucune panne ni interruption.

(*) Ce choix architectural est actuellement obsolète avec la technologie Vlan appliquée dans le nouveau réseau physique unique installé lors de la rénovation qui distingue de manière logique les deux réseaux sur un même câblage.

Les projets

La règle pour l'État central ou du Conseil Général est de décider des dotations ou des attributions de moyens horaires ou matériels sur projet. Lors de toutes les étapes clés, il a été demandé au collège B de fournir un projet sérieux, étayé et conséquent sur les utilisations en cours ou avenir de l'informatique dans les enseignements. À chaque fois, après enquête et consultation de ses collègues dans toutes les disciplines, l'administrateur A a élaboré un tel projet exhaustif et substantiel qu'il a soumis au chef d'établissement et présenté au Conseil d'Administration. Ces projets ont été adoptés et transmis à qui de droit avec le succès que l'on sait. Mais, ce qui mérite attention, c'est, qu'à chaque fois, le projet a été ou anonymé, au nom du collège, ou signé par le chef d'établissement. L'auteur principal, le rédacteur et le service informatique sont passés à la trappe. Même s'il est courant d'admettre que les fonctionnaires se dissolvent dans l'œuvre commune publique, cette disparition pose néanmoins un problème

de reconnaissance. Ne pas signaler ou prendre en compte — ce qui revient au même — l'origine organisationnelle et l'auteur d'un projet est déjà une première forme de négation de l'existence du service informatique et de ses administrateurs.

Le problème de l'emprunt de matériel

À la fin des années quatre-vingt, un ordinateur de bureau PC sous Dos coûtait une petite fortune, entre 20 000 et 30 000 F, soit l'équivalent actuel de 5 000 à 7 000 € ! Un prix hors de portée du pouvoir d'achat d'un professeur en milieu de carrière. En pédagogie, le collège B n'en possédait que deux : un Olivetti Logabax équipé de deux lecteurs de disquette reçu en dotation en tête du nanoréseau et un Victor VPCII d'occasion acheté sur les fonds de réserve. Ce deuxième PC plus performant équipé d'un disque dur a remplacé le serveur, d'origine pour déployer le système dit Nanodur du Nanoréseau agrandi à vingt postes. L'Olivetti a été détaché en pédagogie informatique pour la gestion du service, la bureautique et la gestion, en particulier des tests en 6e. Occasionnellement, les deux administrateurs, le professeur A de mathématiques et le professeur C de biologie prenait ce pesant Logabax chez eux pendant les vacances scolaires pour préparer le travail, parfaire leur auto formation dans les langages sous Dos et anticiper des travaux de bureautique. La MAIF, contactée, s'était porté garante de tout sinistre éventuel, bris, vol, accident…

À la suite du départ à la retraite de son intendante, le service de l'intendance du collège B perd son autonomie et passe sous la coupe de l'intendante du collège voisin C. Quelques vacances plus avant, quand la nécessité amène le professeur A à demander de pouvoir utiliser le Logabax à son domicile, la nouvelle intendante du collège C refuse formellement, arguant de sa responsabilité, y compris pécuniaire, des matériels du collège. Devant les protestations du professeur A, invoquant les usages précédents, celle-ci brandit le jour suivant une circulaire ad hoc du secrétaire général de l'Académie "interdisant tout prêt de matériel du collège à des personnels en dehors de l'établissement". Afin de vérifier la légalité et la validité de cette interdiction, le professeur A consulte le Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale. Au bout de ses recherches, il ne trouve aucune mention de cette interdiction de prêt de matériel et annonce à son chef d'établissement sa ferme intention d'attaquer cette décision et cette circulaire en tribunal administratif pour abus de pouvoir. Un juge du tribunal administratif, parent d'élève, était catégorique : en l'absence de texte justifiant une décision administrative à l'encontre d'un personnel, la sanction le concernant est jugée illégale et nulle. Affolement dans

les couloirs administratifs ! Une réunion est fixée d'urgence chez le secrétaire général de l'Académie le lendemain où sont conviés le principal, l'intendante et le professeur A. Au cours de cette brève entrevue, le secrétaire général déclare que : "il n'est pas possible de *prêter* du matériel à un personnel en dehors de l'établissement, mais il est possible qu'un personnel puisse *l'emprunter* chez lui à des fins professionnelles" ! Ah les vertus diplomatiques de la langue française !

Depuis, un registre a été ouvert au collège B pour l'emprunt du matériel du collège (ordinateur, caméscope…) à domicile à des fins professionnelles dans le respect des conditions d'assurances, d'usage professionnel et d'engagement de durée. Un dispositif qui a duré jusqu'à ce jour sans aucun incident.

Un bel exemple de confrontation de l'ordre bureaucratique et des nouvelles technologies. Ainsi en est-il des usages, anciens ou nouveaux dans l'Éducation Nationale. L'institution les tolère jusqu'au moment où le bulletin officiel les légitime ou les interdit. Dans le flou institutionnel, en l'absence de textes officiels, d'un côté, les acteurs risquent de se heurter à l'arbitraire bureaucratique et d'un autre, les agents de l'ordre s'exposent aux poursuites en tribunal administratif.

L'épisode de la clé

En 2004, pour des raisons de sécurité, les serrures de l'étage des sciences ont été changées. Rien de plus normal. Seulement, voilà que l'agent comptable refuse de donner la nouvelle clé à l'administrateur principal A qui est pourtant chargé de la gestion système des postes de la salle informatique de sciences qui se trouve à cet étage. Ses interventions qui se font après les cours, selon les besoins et les urgences, nécessitent de pouvoir accéder librement à la salle. Il lui était demandé d'aller chercher la clé à la conciergerie et de la ramener à chaque opération. Devant l'obstination de l'intendante et du refus du chef d'établissement d'intervenir et de contrarier sa collègue, l'administrateur A alerte les services académiques et rectoraux. Ceux-ci font état de leur impuissance à intervenir dans un EPLE. Ce n'est qu'au bout de cinq mois, devant la menace de porter l'affaire devant le Conseil d'Administration, que l'agent comptable cède et restitue la clé. Voilà qui en dit long sur les "droits" et le statut d'un administrateur informatique. Un agent comptable a pu refuser de donner la clé d'une salle informatique à l'administrateur réseau pendant cinq mois alors que les agents de nettoyage la détenaient eux sans problème ! Un balayeur avait le droit à la clé,

l'administrateur informatique non ! Au-delà de l'humiliation et du cas d'espèce d'autoritarisme bureaucratique absurde, une bonne illustration de l'absence de règles et de textes définissant le fonctionnement d'un service informatique dans un collège et les droits des administrateurs.

La défaillance du serveur

Lors de la dotation de 2004, le nouveau serveur de fichiers donne quelques signes de défaillances. De bonne foi, comme il l'avait toujours fait auparavant, l'administrateur A chargé du serveur en réfère à la société de service qui l'avait installé. Celle-ci intervient et vérifie la bonne intégrité du Windows 3000. Scandale de la responsable du Conseil Général, madame C qui reçoit la facture de l'intervention. La garantie de l'installation ne concernait plus cette société. Il fallait en appeler une autre. Elle avait bien averti l'agent comptable de ce changement, mais aucune information n'avait été transmise au service informatique, ni à son administrateur principal gérant le serveur, ni directement de sa part, ni de l'agent comptable. Après cet incident, la responsable du Conseil Général a décrété, comme punition sans doute, de boycotter l'administrateur A. Ce qui, en l'occurrence, ne changeait rien puisqu'elle n'avait jamais eu de contact avec lui. En fait, du côté du serveur, le problème provenait de la carte mère qui a été changée par la suite sur garantie.

Cet évènement est fort instructif sur la considération que le Conseil Général, pourvoyeur des machines, accorde aux administrateurs du service informatique : une ignorance et un mépris qui laisse pantois. Même lors de la visite admirative de 2002 aucun contact n'avait eu lieu. C'est dire le rôle et le statut officiel qui leur est reconnu.

Les relations avec le Conseil Général

Justement, si le ministère, rectorat et académie ne semblent pas vraiment préoccupés par la définition des fonctions, des droits des administrateurs, ni des règles du fonctionnement du service informatique d'un collège, le Conseil Général, qui leur emboite le pas, abonde autant dans la même négation des hommes et de l'organisation de ce service "fantôme". Après l'enquête de départ, toutes les relations, en vingt ans, entre le Conseil Général et l'établissement ont exclusivement concerné la direction de l'établissement, son chef et l'agent comptable, dans l'ignorance totale et acerbe des hommes qui ont littéralement créé, fait vivre et développé ce service. Les informations, les louanges, les concertations, les contacts ne sont

jamais descendus jusqu'à eux. Certaines hiérarchies ne s'imposeraient-elles que par la manifestation de leur mépris et la déconsidération de leurs subordonnés ?

Mésentente dans le service

Dans le service informatique du collège B, des règles communes avaient été élaborées localement et adoptées par consensus au sein du groupe de gestion. Elles ont été respectées par quatre administrateurs sur cinq. Un des administrateurs, un professeur de sciences, a refusé de compter ses heures et a créé un problème pour le calcul de sa cote part de rémunération. Il s'est montré peu diligent dans l'exécution de certaines tâches qui lui incombaient et supportait très mal les critiques qui lui étaient adressées à ce titre. Ses relations étroites et suspectes avec la direction du collège suscitaient quelques perplexités et interféraient dans les relations entre l'administration et le service. Son individualisme, son refus des règles communes et sa relation privilégiée avec la direction ont posé un problème récurrent dans le service. C'est lui qui sera à l'origine, après le départ de l'administrateur A, de la démission d'un, puis deux et de trois administrateurs de l'équipe. Voilà qui montre les limites d'une organisation spontanée, bénévole, basée sur le volontariat et la libre adhésion. L'absence de règles institutionnelles officielles empêche de régler ce genre de conflit. Le rôle d'une institution, c'est de ne pas dépendre de la bonne entente de ses membres. Elle a pour fonction de définir, de formuler de manière générale et neutre, les rôles, les règles de travail et de son organisation collective. Une institution, en tant qu'organisme social, existe indépendamment des hommes qui l'animent et s'impose à eux. Elle manque cruellement pour le service informatique d'un collège.

La rémunération

Il a été rapporté que la rémunération des cinq administrateurs était accordée sous la forme de HSA en fonction du nombre d'heures de travail dûment comptabilisées de chacun réparties en heures rectorales ARA et en heures d'enseignement ARE et quelques HSE disponibles. Mais il faut s'interroger sur l'origine de ces heures. Dans les dotations horaires de l'établissement, la DGH (dotation générale horaire), le nombre d'heures attribuées à la gestion informatique pédagogique du collège n'a jamais été mentionné en tant que telle. Le volume de la rémunération des administrateurs était attribué par la mission TICE rectorale sous la forme

d'un nombre d'heures ARA calculé en fonction du nombre d'ordinateur de l'établissement. Chaque année, l'administrateur principal renseignait l'enquête ETIC du rectorat actualisant l'inventaire du parc informatique de l'établissement. Cette attribution d'heures ARA n'a cessé de diminuer d'année en année du fait de la multiplication des ordinateurs dans les collèges au fur et à mesure des dotations alors que l'enveloppe initiale restait toujours la même. Cette dotation ARA s'est rapidement avérée insuffisante pour rémunérer les quelque mille heures d'administration des cinq administrateurs. La direction du collège s'est donc "débrouillée" tout simplement en attribuant des heures ARE et HSE supplémentaires *d'enseignement fictives*. Un bricolage, un détournement limite. Le travail de l'intendance, de la cantine ou du nettoyage a son propre financement, indépendamment de l'enseignement. Pourquoi, le service informatique devrait-il être rémunéré sur des heures d'enseignement ? Une autre forme de la négation du service informatique et de son travail d'administration.

3 Quelques considérations

Sur les matériels

Elle est d'une évidence limpide. Qui dit action informatique suppose que sa base matérielle, la disponibilité d'ordinateurs, soit satisfaite. Mais comment ? Les décideurs éclairés ont su développer des enquêtes pour connaître exactement les besoins du terrain et monter des opérations réussies. Le Conseil Général de la Haute-Garonne a procédé ainsi au départ, en faisant tourner des chargés de mission dans des établissements actifs. Depuis tous les cinq ans, cette collectivité renouvelle le parc des collèges et remplace le vieux matériel par du nouveau. On peut considérer en effet qu'au bout de cinq ans un ordinateur est déclassé et qu'au bout de dix ans il est obsolète. Ce matériel a ensuite été mis en réseau par le câblage des établissements. Une telle infrastructure est tout à fait opérationnelle. Précisément, elle est aujourd'hui la base matérielle minimale du recours informatique.

Pour un recours magistral

Nous l'avons dit. C'est l'usage de l'ordinateur le plus simple, le plus populaire et qui est en pleine expansion. Il nécessite un poste équipé d'un vidéo projecteur, de préférence mobile. Le prix de cet ensemble a considérablement baissé et est devenu accessible aux établissements scolaires qui peuvent les acheter sur leurs fonds propres. Il a fallu des années pour convaincre les décideurs de sacrifier s'il le faut deux ordinateurs d'une dotation initiale

pour fournir cet équipement magistral et arrêter de penser toujours salle informatique. Il va de soi que ce poste magistral mobile se raccorde au réseau pédagogique et accède à toutes ses ressources par l'intermédiaire des prises installées dans toutes les salles de cours. C'est ce qui a été fait lors de la dernière dotation de 2009 au collège B.

Pour le recours actif en salle informatique

Dans l'idéal, la salle informatique devrait soit être assez grande pour avoir une salle de classe au milieu et les ordinateurs disposés tout autour ; soit être double avec d'un côté une salle d'accueil équipée d'un système magistral pour les démonstrations, la formation ou pour donner les consignes et à côté, la salle des ordinateurs disposés toujours en périphérie pour permettre au professeur de voir tous les postes de travail d'un seul coup d'œil circulaire.

La salle informatique générale, celle qui est utilisée en mathématique, doit offrir une quinzaine de postes au minimum, de préférence une vingtaine pour pouvoir accueillir des groupes ou des classes, voire désormais une trentaine de postes (installation déjà disponible dans certains collèges) pour pouvoir accueillir dans les meilleures conditions une classe entière pour des travaux dirigés, des apprenticiels ou des exerciseurs.

Pour le soutien informatique, chaque élève doit disposer d'un ordinateur. Le travail de remédiation ne peut être qu'individualisé pour être efficace. Toute autre organisation ne serait pas sérieuse. Autant d'élèves que de postes, autant de postes que d'élève à aider, c'est la règle d'or du soutien informatique. Si l'on organise une action en groupes conséquents, comme en Itinéraire de Découverte par exemple, il ne sera pas un luxe de disposer d'une vingtaine de postes.

De nouvelles possibilités sont offertes avec les chariots de mobiles (ou avec des tablettes) fonctionnant en WIFI mis à disposition des élèves pour une utilisation de logiciels ou d'applications en classe.

<u>Le volontarisme toujours</u>

On assiste encore à des opérations d'envergure, spectaculaires, d'équipement par exemple d'un ordinateur portable pour chaque élève. Ce fut le cas dans le département des Landes et des Bouches-du-Rhône. Une fois de plus, le matériel a été mis en avant, mettant la charrue avant les bœufs ! Toujours dans l'idée simpliste et naïve que la base matérielle entraînera le reste. Illusion onéreuse ! Depuis vingt ans, les politiques n'ont toujours pas compris.

Sans connaître le bilan de ces opérations (jamais publié, jamais communiqué ?) on peut douter du résultat, de l'efficacité et de la viabilité de l'expérience. Il faudra bien qu'un jour que les décideurs pensent que l'essor des TICE viendra davantage de la promotion de

logiciels publics de qualité libres et gratuits et du développement des nouvelles pratiques pédagogiques grâce à un effort conséquent de la formation initiale et continue enfin qualifiante.

L'accès Internet haut débit

Évidemment, chaque établissement dispose d'un accès Internet haut débit ou en fibre optique distribué sur son réseau interne. Cette connexion s'est généralisée, y compris dans les départements ruraux. Et selon les nouvelles préconisations, chaque établissement se dote d'un serveur Web Intranet et Extranet pour rendre possible l'accès sécurisé de son personnel et de ses usagers, élèves et parents d'élève, à ses ressources pédagogiques et ses données : notes, emploi du temps, cahier de textes, comptes personnels, logiciels…

Dans le même temps on assiste à un essor considérable de l'équipement des familles dont le taux atteint 66 % en juin 2008 (CREDOC) au niveau national, dont 50 % en haut débit. C'est l'autre condition matérielle de la promotion de la pédagogie en ligne. Mais dans notre société inégalitaire, les familles ne seront jamais toutes équipées. Il faudra donc se préoccuper d'organiser les accès Internet pour les élèves démunis. De nombreuses formules peuvent y contribuer au sein de l'établissement par la tenue de séances spéciales et à l'extérieur au travers d'initiatives associatives ou de bornes et salles d'accès promues par les collectivités territoriales.

À propos des logiciels

Plus encore que le matériel, c'est le logiciel qui a le rôle déterminant. Des ordinateurs sans logiciels ne servent pas à grand-chose. L'existence, la disponibilité et le choix du logiciel ou de l'application jouent le rôle clé dans la démarche pédagogique informatique. Depuis vingt ans le nombre et la qualité des logiciels se sont considérablement développés et leurs applications sont devenues innombrables. La culture informatique et la connaissance des logiciels se sont aussi grandement élargies et popularisées. L'accès à la documentation qui était un gros problème connaît une véritable révolution avec l'Internet et ses moteurs de recherche.

La typologie

Les différents types de logiciels utiles sont plus ou moins bien mieux connus et différenciés :

Les langages : qui servent à la programmation d'applications comme l'apprenticiel Pythagore.

Les logiciels de calcul formel : comme Dérive, Maple V, Mathematica

Les tableurs : comme Excel ou Calc

Les grapheurs ou traceurs de courbes : associés ou distinct des tableurs et calculateurs

Les logiciels de géométrie dynamique : Cabri, Géoplan, Géogébra, CaRMétal, Géospace, Cabri3D

Les logiciels de démonstration : comme Tigre, Géométrix

Les imagiciels : applications pour la présentation de figures ou de graphiques

Les apprenticiels : applications pour la découverte d'une notion

Les exerciseurs ou logiciels d'exercice : en réseau ou en ligne comme Mathenpoche et Labomep

Les logiciels de soutien : comme SMAO et TDmath

Les logiciels de jeu : comme les activités d'attente des SMAO

Les tutoriels : logiciels de révision ou d'auto apprentissage comme l'ASP de Ruedesecoles

Les praticiels : applications pour des travaux dirigés ou pratiques notamment sur le tableur

Les progiciels de production bureautique : traitement de texte comme Word ou Texte

Les logiciels d'édition comme Publisher

Les logiciels de présentation comme Powerpoint

Les logiciels de gestion : base de données comme Access ou de gestion du B2i et du socle des compétences

Chaque type de logiciel est conçu pour une utilisation spécifique répondant à un besoin particulier, à une utilisation singulière, appropriée.

Toute application constituée et éditée procède d'une démarche pédagogique propre, formulée, renseignée ou implicite qu'il faut interpréter pour son usage standard. Son choix ne peut être indifférent ou naïf. Il dépend des objectifs poursuivis et du genre d'activité prévue. Il faut donc savoir reconnaître en tant que tel un apprenticiel d'un tutoriel, un imagiciel d'un logiciel d'exercices. Cette distinction est indispensable, car le type du logiciel est lié au type de pédagogie pratiquée ou à la phase didactique où il doit s'insérer. Il serait heureux qu'un guide officiel puisse donner les correspondances entre les normes didactiques et pédagogiques et la typologie des logiciels. À ce jour, après vingt-cinq ans d'activités, aucune classification normalisée n'existe vraiment qui serve de référence commune à ceux qui élaborent les documentations ou les bases de données. Cette incertitude est compréhensible, car la définition d'un type de logiciel dépend de l'utilisation qui en est faite. Telle application d'un logiciel peut être développée, adaptée et mise en œuvre pour réaliser un projet pédagogique original. Ainsi, un imagiciel peut servir à un recours magistral, mais peut aussi devenir un

élément d'un apprenticiel pour un recours actif. Ce qui complique encore est qu'un didacticiel peut ne pas être d'un type unique, mais complexe combinant plusieurs fonctions tels les SMAO logiciel dit de soutien qui se présente à la fois comme un tutoriel, un logiciel d'exercice et de jeu. Cependant, cette complexité n'empêche nullement l'établissement d'une typologie opérationnelle normalisée.

Tout logiciel ou application qui peut se commander directement ou s'interrompre peut convenir pour un recours magistral. À condition de ne pas en être prisonnier et subir une interactivité forcée.

Pour un recours actif, toute application peut convenir, même un imagiciel à condition d'être scénarisable par le biais d'une fiche d'accompagnement ou d'être autocorrective.

En matière de soutien, l'édition d'ensembles comme les SMAO et LILIMATH voire TDMATH et autres qui offrent une série d'activités systématiques prêtes à l'emploi qui couvre l'ensemble du programme à tous les niveaux pour un travail individualisé, suivi, géré et paramétrable de l'élève, a énormément facilité la tâche du professeur et répondu à un besoin aigu dans les années quatre-vingt-dix. Il n'est pas étonnant que ces logiciels aient été les plus pratiqués même s'il leur manque encore les fiches papier de mémorisation qu'avait faites en leur temps, dans les années quatre-vingt, TNT avec MAC5 et MAC6. Mais ce n'est plus le cas avec l'abandon institutionnel du soutien.

Dans un premier temps, avant Internet, ce qui s'était énormément développé, c'étaient les supports multimédias comme cédérom d'ensemble logiciel couvrant un niveau du programme du type tutoriel, exercice et ludique, à destination des familles ressemblant aux logiciels de soutien. Un vaste marché. Ces produits se sont vite transformés en ressources payantes par abonnement en ligne sur Internet. Leur qualité était en général médiocre. Un des plus intéressants était celui de Vuibert Magnard de la série "Réussir" ou "Assistant", qui est devenu le portail "Rue des écoles", qui propose une aide aux élèves pour faire leurs devoirs maison en référençant tous les exercices de tous les manuels de mathématique. La MAIF offre à ses adhérents un service gratuit d'abonnement de leurs élèves à ce site. Il ne s'adresse néanmoins qu'à des élèves moyens. Il n'existe pratiquement rien qui concerne en particulier les élèves en grande difficulté, sacrifiés de nos jours par le cursus unique du collège et qui ne semblent pas constituer un marché porteur pour les éditeurs ni une préoccupation pour le ministère. En 1993, l'expert A avait fait la proposition d'un projet national pour l'élaboration collective d'un tel ensemble de logiciels d'aide aux élèves en grande difficulté. Les organismes susceptibles d'y participer ne manquaient pas : IREM, CRDP, APMEP, Universités… On attend encore.

En matière de logiciels d'exercices, quels qu'ils soient, il manque toujours des applications qui gèrent finement les erreurs les plus répandues, capables d'apporter l'aide appropriée. Il manque des logiciels qui apprennent à réfléchir, à raisonner, à trouver, qui donnent des méthodes de travail et des heuristiques. L'expert A avait fait état de ce manque il y a quinze ans déjà. Depuis rien n'a changé. Ceux qui y avaient commencé à y travailler ont disparu comme Chrysis.

La disponibilité :

L'achat des logiciels coûtait à l'État et aux établissements scolaires. Il faut dire que depuis longtemps tout a été fait pour favoriser le privé au point même sous Monory d'interdire l'édition publique de logiciels. Ce système a produit des logiciels de qualité très inégale ne correspondant pas toujours aux besoins des enseignants. Les éditeurs privés, échaudés par l'étroit marché des collèges, pour la plupart peu fortunés (c'est le ministère qui abonde la ligne budgétaire qui a fini par disparaître absorbée par la décentralisation), ont préféré investir en direction des millions de familles solvables des classes moyennes anxieuses de la réussite de leurs enfants. Un nouveau pactole ! Une dérive qui a conduit de plus en plus vers la mise en ligne par abonnement payant des productions sur Internet. Du fait de cette technologie faiblement interactive, peu propice au traitement approfondie des réponses, les fonctionnalités des applications de type behaviouriste n'ont guère progressé, au contraire. Il était facile de relooker les didacticiels anciens même médiocres et de les rentabiliser.

Aucun projet ambitieux n'a été lancé associant les énergies des professeurs-chercheurs (les compétences existent dans les IREM, les IUFM, les CRDP) et des centres de recherche universitaires apportant l'expertise des sciences de l'éducation, de la didactique et de l'informatique de pointe notamment en matière de reconnaissance des langages naturels, les sciences cognitives et l'intelligence artificielle. Les meilleurs produits tels Cabri, production d'un laboratoire universitaire (l'IMAG de Grenoble), ont dû se vendre au privé le condamnant à la stagnation, à l'entrave des développeurs et à une vente trop chère. Depuis, ils ont repris les rênes de leurs réalisations en créant leur propre société éditrice Cabrilog qui connaît des difficultés en France qu'elle a compensées à l'international.

À l'heure actuelle, on voit se développer de nombreuses offres de systèmes informatiques complets de gestion et d'aide pédagogique aux élèves en direction des établissements scolaires sous la forme de forfaits ou d'abonnements annuels payants comme Paraschool (un nom bien français !). Démarches empressées qui s'adressent, vu l'indigence financière des établissements, aux collectivités territoriales qui tiennent les cordons de la bourse. Certains

départements ont décidé ainsi d'équiper leurs établissements, en dehors de toute concertation avec les équipes pédagogiques ou leurs représentants, sans leur accord, ni leur engagement pour une efficacité douteuse.

Dans le domaine de l'incontournable bureautique, l'enseignement a payé un lourd tribut à la taxe à l'information dénoncée par Roberto Di Cosmo[2] perçue par Microsoft. Après Word II, puis Word 6 puis office 95, 97, 2000, XP, 2003, 2007, 2010, on n'en finit plus de payer les packs et les mises à jour au prix de la dernière édition[3]. Sans parler des systèmes d'exploitation Windows 3.1, 95, 98, 2000, XP, Vista, Windows 7 et 8 qui vont avec. Une vraie mine durable pour l'archi-milliardaire Bill Gates qui n'a cessé d'être renouvelée par le ministère.

Il serait temps de passer aux logiciels libres et gratuits tels Linux et Open Office pour libérer des moyens à la réalisation et l'édition de logiciels d'enseignement de qualité, pour lancer de grands projets nationaux créatifs, mobilisateurs.

L'élaboration

La synergie des IREM et des universités, initiée dans les années quatre-vingt, a été contrariée et stérilisée. Les IREM ont vu leurs moyens et leurs effectifs fondre et les laboratoires de recherche privés des ressources publiques condamnés à se vendre au privé. Un logiciel comme Cabri aurait du mal à surgir de nos jours ! Sous la houlette libérale, l'initiative et la réalisation des logiciels ont été pour l'essentiel abandonnées aux éditeurs privés qui au fil des temps se sont orientés vers la production de grands systèmes fermés. Certes ces grosses productions onéreuses se sont appuyées sur des progrès techniques réels dans l'organisation, la gestion, le suivi et la souplesse des applications. Mais malheureusement, leurs conceptions gnoséologiques restent fondamentalement béhavioristes. Leurs activités sont de type tutoriel et exerciseur. On est encore loin des apprenticiels, des imagiciels et des exerciseurs intelligents d'une véritable pédagogie informatique.

Heureusement, en réaction, des initiatives associatives autour d'IREM et d'autres activistes se sont organisées comme dans l'association Sésamath. Un travail d'élaboration mutuel et une collaboration a pris un essor national remarquable regroupant des centaines de professeurs. Ensemble, ils ont pu élaborer un ensemble d'activités libres, gratuites, adaptables, disponibles. Ainsi est né et prospère le projet universel du site Mathenpoche devenu Labomep.

[2] In Le Hold Up Planétaire la face cachée de Microsoft.

[3] Au collège B, pour régulariser le nombre de licences d'office 97 sur le réseau devant l'augmentation considérable du nombre de postes entre 1999 et 2004, il fallait acheter des licences 2003 !

Par ce mouvement de fond, des professeurs au service de leurs collègues entendent rétablir leurs droits et leur liberté en matière de pédagogie informatique dans l'élaboration de leurs activités, dans l'exercice de leur métier. L'enjeu est d'y gagner une authentique avancée dans le domaine de cette nouvelle technologie d'enseignement.

L'information, la documentation

Le problème avec la documentation sur les logiciels tient à la spécificité de ces œuvres. L'écrit, le livre (comme un manuel) peur se consulter facilement. Il est possible de s'en faire une idée en le parcourant rapidement, en diagonale, ou plutôt en allant directement voir le chapitre clé, le point sensible qui a valeur de test. Cette consultation est évidemment impossible avec un logiciel et surtout avec une application. Pour en prendre connaissance, il n'y a pas de raccourci. On est obligé de suivre le déroulement de l'activité du début jusqu'à la fin en répondant aux questions pas à pas. Ce qui est long, fastidieux. Pour connaître les dizaines d'activités de SMAO, par exemple, il faudrait des heures et des heures, voire des journées entières. La connaissance de tels ensembles comme les cédéroms ou les banques d'exercices en ligne demande des années d'expérience et de manipulation. La documentation en informatique n'est donc pas en soi facile et rapide.

De plus, il y a quelques années encore l'information sur les logiciels et leurs applications étaient un vrai goulot d'étranglement qui entravait l'essor du recours informatique. Les bases de données étaient rares et souvent incomplètes ou mal renseignées.

De nos jours, l'Internet avec ses moteurs de recherche a révolutionné l'information. De nombreux sites, ceux des IREM, de l'APMEP, de PUBLIMATH, les sites de mutualisation comme SESAMATH, les sites académiques et les sites des éditeurs renseignent sur tout ce qui peut exister comme logiciels et activités et apportent une documentation en ligne extrêmement riche et variée. Mais surtout, ce qui est nouveau et intéressant, la plupart de ces sites fournissent des démonstrations en ligne de leurs produits et permettent leurs téléchargements pour en prendre connaissance ou pour les utiliser.

Si bien, que de nos jours, l'inconvénient, le handicap, ce n'est plus le déficit ou la misère de l'information, mais son excèdent, sa surabondance, la pléthore et l'infinie diversité des sources. Choisir la bonne source d'information dans la jungle de la toile est un défi à chaque fois.

Heureusement, il y a les moteurs de recherche qui donne un accès facile et rapide aux principales informations en ligne. Mais leurs critères sont par nature plutôt conformistes et proposent les documents les plus demandés et pas forcément les plus pertinents. Cela dit même avec eux, la documentation prend du temps. La connaissance des bonnes adresses est

primordiale au point que la documentation sur Internet est en passe de devenir un métier, une métaconnaissance privilégiée, précieuse et décisive. Il paraît indispensable que cette connaissance aussi précieuse que renouvelée, rafraîchie sur les meilleurs sites, les ressources incontournables, fasse partie de la formation de base et continue des professeurs.

Sur la formation

La pédagogie informatique n'est pas plus naturelle ni spontanée pour un enseignant que la bureautique ne l'est pour une secrétaire. Au regard de tout ce qui vient d'être dit, on comprend sa difficulté et sa complexité. Les technologies nouvelles, fruit du développement scientifique, s'apprennent. Pour enseigner aussi.

Les formateurs IREM pensent qu'en formation initiale, il ne faudrait pas moins d'une semaine de formation pour étudier la didactique de l'informatique pédagogique, pour s'initier aux logiciels et applications les plus importants, apprendre à accéder et à partager l'information et élaborer un projet de séquence informatique. Cette formation devrait être obligatoire et une épreuve devrait être présentée à l'examen probatoire.

En formation continue, une formation planifiée devrait être engagée sur plusieurs années auprès de tous les professeurs en exercice apportant la qualification "nouvelle technologie" donnant droit à une bonification de carrière. Car il faut en finir avec cette formation continue facultative, voire dilettante. Si l'on est persuadé que l'informatique pédagogique peut apporter un plus, une amélioration des résultats, ce qui ne demande qu'à être vérifié auprès des professeurs actifs ou par des enquêtes comparatives, elle doit devenir une formation obligatoire et qualifiante. D'autant qu'en une douzaine d'années, déjà plus d'un tiers des professeurs de mathématiques ont participé volontairement à des stages de formation. Mais les ministères actuels préoccupés par la seule économie à courte vue n'investissent plus dans l'élévation du niveau de réussite et de connaissance des élèves ni d'ailleurs des compétences des professeurs. Ils préfèrent l'abandonner aux cours particuliers et la réserver au commerce et à l'aire privée où dominent de grands groupes privés.

Les problèmes des rémunérations hors service

Plusieurs problèmes sont posés par la rémunération des administrateurs et autres formateurs informatiques.

Conflit des prises en charge

Prenons le cas du professeur A qui est à la fois administrateur réseau, animateur IREM et formateur académique en formation continue. Autant de métiers complémentaires non reconnus par l'institution en tant que tels. Son engagement le plus important, en tant qu'administrateur réseau, pour environ 450 heures dans l'année[4] effectuées en plus de ses heures d'enseignement, lui était donc rémunéré en HSA d'enseignement valant chacune 36 HSE (heure supplémentaire effective) selon le principe qu'une HSE vaut deux heures de travail hors de la présence des élèves. Une rétribution donnée dans son établissement de l'ordre de 4 à 5 HSA soit 36 x 5 = 180 h correspondant à 360 h c'est-à-dire un quota de 360/450 soit 80 % du travail effectué. Une compensation qui n'est que partielle, mais déjà bien supérieure à celle de bien d'autres administrateurs d'autres collèges. Un montant relativement favorable qui peut s'expliquer par des capacités de négociation supérieure. Mais sa rétribution aurait pu se faire, comme cela se pratique dans d'autres établissements, notamment en lycée, sous forme d'une décharge de service d'enseignement. Sur les dix-huit heures de service obligatoires, il peut être accordé par le chef d'établissement un quart ou une demi-décharge horaire pour l'administration du réseau pédagogique. Cette formule est prisée par nombre d'enseignants administrateurs qui voient dans la réduction des heures de cours un avantage qui compense grandement le volume horaire consacré à la gestion technique de l'informatique. Mais cette offre généreuse n'est pas toujours possible en fonction de la dotation horaire globale de l'établissement (la DGH) qui peut se trouver trop faible pour octroyer une telle décharge dans une discipline sensible (comme les mathématiques par exemple) ou qui peut varier d'une année sur l'autre, remettant en cause la décharge accordée auparavant (ce qui a entraîné la démission des quelques administrateurs floués). Ces décharges ne sont donc pas un droit garanti. Et elles ont un autre inconvénient : l'obtention une décharge de cours interdit de percevoir des heures supplémentaires. Dans le cas du professeur administrateur A qui est également animateur IREM et rémunéré à ce titre par une à deux HSA, le choix d'une décharge lui était donc interdit : ou la décharge ou l'IREM. Son choix a donc été la rémunération en heures supplémentaires aboutissant à alourdir son temps de service effectif. D'autant, qu'en tant que professeur de mathématiques, pour assurer les quatre heures d'enseignement de mathématiques de la sixième à la troisième, suivant les décisions du CA du collège B[5], tous les enseignants de mathématiques effectuent deux heures supplémentaires pour assumer cinq classes, soit 4 x 5 = 20 = 18 + 2 heures d'enseignement.

[4] Voir le compte rendu des CA du collège B.
[5] Idem

Aberration des rigidités statutaires, que d'aboutir à rejeter les engagements informatiques hors temps de service et d'alourdir considérablement la charge professionnelle.

Le problème se posait également pour la rétribution d'un enseignant professeur d'école de la SEGPA, un administrateur réseau très investi, qui n'avait pas droit statutaire aux heures supplémentaires. Sa rémunération s'est donc effectuée d'une manière peu orthodoxe par le biais d'heures d'enseignement fictives intégrées à son service.

Dévalorisation de la rétribution

Du côté de l'IREM, la rétribution d'un responsable de groupe de recherche formation était de trois heures dans les années quatre-vingt. Elle a diminué graduellement de moitié en vingt ans pour un investissement grandissant. Dans les années deux mille, l'investissement au cours des dix journées annuelles et des travaux de développement d'activités ou d'applications informatiques en géométrie dynamique, tableur et calculs, a oscillé entre cent à deux cents heures de travail pour un animateur actif[6] pour une rémunération de une à une et demi HSA soit 36 à 54 HSE c'est-à-dire 72 à 108 heures effectives soit un taux de couverture de 50 %. À l'heure actuelle, le paiement est tombé à une vingtaine de HSE.

Du côté de la formation continue, le traitement des formateurs informatiques n'est guère plus reluisant. Dans le cadre du PAF, le responsable A a organisé chaque année pendant vingt ans trois à huit stages de formation à l'utilisation de l'ordinateur pour enseigner les mathématiques au collège. Trois types de stages distincts : un sur le soutien informatique, un sur l'utilisation de l'ordinateur en cours et un dernier sur l'usage du tableur, durant chacun deux ou trois jours et concernant de quinze à vingt professeurs de l'académie. Par expérience, l'organisateur A juge que pour être efficace en informatique, il faut un formateur pour cinq à six stagiaires ; un effectif d'encadrement nécessaire pour pouvoir travailler en groupe lors des travaux pratiques et prendre en charge les niveaux techniques différents. Ce taux d'encadrement a été toujours respecté dans ces stages, ce qui explique, pour partie, le succès de ses formations très appréciées[7] et très demandées. L'organisation rectorale, le SAFCO, rémunérait ces stages en fonction de leurs durées horaires : douze HSE pour un stage de deux jours et dix-huit HSE pour un stage de trois jours, soit une HSE pour une heure de stage, six HSE par jour. Une rétribution correcte pour un formateur unique faisant du frontal sans travaux pratiques, ni groupes de travail, méthode de travail impossible en informatique. Mais en divisant cette allocation par trois, elle devient indigente : deux HSE pour six heures de

[6] Voir les bilans présentés aux CA de l'IREM
[7] Voir les bilans de stage transmis au SAFCO chaque année

travail par jour pour chaque formateur ! Dans le temps, la MAFPEN accordait en informatique une majoration de plus 25 % qui a été abandonnée dans les années quatre-vingt-dix.

Le montant des rémunérations

Autre problème de la rémunération des travaux hors temps de service comme administrateur ou comme formateur, le taux de la HSA ou de la HSE. Il faut savoir que son montant dépend du grade de l'enseignant concerné, grade obtenu lors du concours du recrutement initial et qui vous suit toute votre carrière, à moins de passer les concours internes correspondants ou d'être promu par un IPR sur liste d'aptitude. La valeur d'une HSE varie du simple au double du PEGC à l'agrégé : environ 20 € pour un PEGC, 30 € pour un certifié et 40 € pour un agrégé. Une rémunération statutaire totalement indépendante en informatique, hors service d'enseignement, de la qualité du travail accompli, du niveau de responsabilité et de la compétence de l'intéressé. En l'occurrence, dans le groupe IREM PIMC, sont intervenus, comme formateurs, cinq PEGC, quatre certifiés et une agrégée. Et le groupe des cinq administrateurs du collège B était formé de trois certifiés, un PEGC et un professeur d'école. Le responsable et organisateur de ces deux groupes, le professeur A, était lui-même un PEGC. Cette rémunération statutaire différente pour un même travail, voire pour une qualité des travaux et des engagements inverses des grades (plus grande pour le PEGC A que pour l'agrégé), était manifestement un système organiquement inadapté et injuste. Au point que le responsable A, avec l'accord de tous les formateurs, a pondéré le nombre des HSE distribuées à l'issue des stages de formation pour égaliser et ajuster les rétributions : davantage d'heures aux PEGC et moins pour l'agrégée. Un système de compensation qui a été abandonné, du fait de l'évolution des carrières, à la fin des années quatre-vingt-dix. Trois PEGC sont devenus certifiés, les PEGC sont passés hors classe et classe exceptionnelle. L'agrégée s'est retirée. L'harmonisation des carrières a égalisé la rémunération statutaire.

Commentaire final du professeur-animateur-formateur-administrateur A sur la réalité des rémunérations informatiques : si l'on calcule le salaire horaire payé aux administrateurs réseau, aux formateurs et animateurs IREM, en divisant la rétribution accordée pour l'ensemble des travaux et formations informatiques effectués par leurs durées *réelles* totales, on trouve comme salaire horaire le SMIC ! Le salaire d'une femme de ménage ! Il n'y a pas de sot métier.

Sur les ressources humaines, l'organisation et les institutions

Au début de l'introduction de l'informatique dans l'enseignement, l'État a consenti des efforts importants dans la formation des professeurs volontaires, organisant des stages lourds d'une année d'abord puis de trois mois pour former par centaines un contingent de personnels qualifiés. Le résultat final a été déplorable. En fin de compte, seulement 25 % des professeurs formés ont continué à exercer une activité informatique au sein de leurs établissements. Les causes directes de cet énorme gâchis sont connues. La non-reconnaissance par leur chef d'établissement et par l'institution de leurs compétences acquises qui les a amenés à renoncer : aucune rémunération ou décharge accordée, aucune promotion, aucun droit, aucun statut particulier qui garantisse leurs nouvelles capacités. Autant de facteurs de désaffection, d'écœurement et d'abandon.

Par la suite, l'informatique pédagogique a été conçue à deux niveaux :

- un niveau académique institué avec le SIGAT et la mission TICE, s'occupant du déploiement et l'installation de l'informatique lourde des serveurs et de leurs logiciels système (Magret, Diderot, SLIS, site Internet, …). Depuis la disparition de son fondateur, M. Coulé, le SIGAT a été réformé en DIS et les zones d'intervention des AIDAT ont été redécoupée : les bassins ont disparu remplacés par des zones par exemple Toulouse Sud et Toulouse Nord.
- un niveau local de l'établissement pour la marche quotidienne du réseau, l'installation des logiciels d'enseignement, des imprimantes, de la maintenance… suspendu à l'existence, aux possibilités et à l'engagement de possibles administrateurs volontaires, souvent des professeurs de technologie, de sciences ou de mathématiques, premiers utilisateurs des ressources informatiques. Les établissements qui n'en disposaient pas se trouvaient en déshérence. D'autres bricolaient.

L'épisode des emplois jeunes, qui n'a duré que cinq ans, aura tout vu :

- depuis la prise de pouvoir par des activistes qui ont fait n'importe quoi sans concertation avec les professeurs, par exemple créer un réseau incompatible avec les préconisations académiques.
- à l'absentéiste le plus insouciant de dilettantes qui n'ont pas fait grand-chose. Seuls ceux qui étaient un tant soit peu dirigés et encadrés par des responsables locaux ont pu participer efficacement et encore.

Tels sont les résultats des inconséquences de l'éducation nationale qui sont au nombre de trois.

La non-reconnaissance du domaine informatique local

Quand, dans un collège, on compte, comme au collège B, un parc de 264 machines en réseau, avec sept serveurs, quarante imprimantes, concernant plus de sept cents comptes utilisateurs (il y a eu jusqu'à 1400 comptes en 2004) et qu'officiellement, il n'existe toujours pas de secteur informatique officiel reconnu dans l'établissement, on ne peut que s'interroger. Dans toute autre administration, entreprise ou société, un tel parc informatique serait reconnu comme un secteur à part entière, avec son personnel attitré d'un à deux techniciens réseau avec un ingénieur système de sécurité (dans le cas de données sensibles), dûment rémunérés, avec son organigramme, son règlement, ses attributions. Pas dans l'éducation nationale. Certes, il existe au niveau régional dans l'académie de Toulouse, le SIGAT ou DIS avec ses AIDAT et une mission TICE. Deux AIDAT pour les 33 établissements d'un bassin et quelques personnes ressources au rectorat. Mais rien d'institutionnalisé à la base dans chaque collège ou lycée au niveau de l'administration locale du réseau. Il existe un service d'intendance, de restauration, de nettoyage, mais pas de service local informatique ! Cette vénérable vieille institution n'a pas accordé toute leur place dans son institution aux technologies nouvelles.

La négation des compétences des personnels

Il en est de même des administrateurs réseau qui gèrent dans l'indifférence administrative la plus obscure ce domaine hors normes. Malgré leur formation pointue, leurs compétences acquises, ces professeurs ne bénéficient d'aucune promotion, ni reconnaissance statutaire officielle, ni d'aucun *droit* à rémunération en tant qu'administrateurs. Leur seule rétribution pour les centaines d'heures passées à gérer le "fantôme" technologique n'est obtenue, et de manière partielle, par exemple qu'à 80 % du temps effectif au collège B –ce qui est nettement supérieur à la norme-, qu'après négociations, parfois tendues, avec les autorités locales qui se débrouillent souvent de manière scabreuse pour trouver les HSA ou les décharges correspondantes. Et ce deuxième métier, car c'en est un, n'est pas retenu dans son service, ni pris en compte pour la retraite et les promotions. Que l'on cite comment ont pu être promus les professeurs détachés à la MAFPEN, qui, n'enseignant plus, ne pouvaient plus bénéficier de promotion de carrière, faute d'inspections. Ces collègues très qualifiés, endurant de lourdes responsabilités, voyaient leur carrière tourner au ralenti et rétrograder, en arrivant à toucher moins qu'un professeur ordinaire. Pour les remettre à niveau et leur accorder la promotion à laquelle ils pouvaient légitimement prétendre, il a fallu organiser des inspections bidon dans une classe lambda.

Le système statutaire des professeurs reposant sur le concours initial qui définit le grade, le service, les attributions et la carrière est incompatible avec la reconnaissance des formations et compétences acquises. Il rend impossible leur prise en compte par exemple par la définition statutaire d'un "professeur administrateur réseau", à la fois professeur d'une discipline et administrateur informatique[8], avec un service et des attributs spécifiques. Et l'évaluation des professeurs par la seule inspection en classe ne peut prendre en compte les réalisations et les compétences informatiques d'un administrateur comme d'ailleurs d'un formateur.

L'absence de législation

Contrairement à bien d'autres activités, qui sont l'objet d'une profusion de textes, par exemple sur le port du voile à l'école ou sur les sanctions et les punitions, comme, par exemple sur l'interdiction faite aux professeurs des punitions collectives –sujet d'une grande importance-, en vingt-cinq ans, aucune législation nationale, aucun article au BO, aucune préconisation ne sont parues sur l'organisation, le fonctionnement des réseaux informatiques pédagogiques, ni sur les attributions; ni sur le rôle et les droits des personnels qualifiés qui les administrent.

4 Conclusion

Une conclusion très marxiste de cette étude escollogique du recours informatique : le progrès des forces productives du savoir et de l'enseignement, notamment au travers de l'essor du recours à l'informatique, remet en cause et bouscule les rapports institutionnels traditionnels qui entravent leur développement. Citons les éléments contreproductifs :

→ la non-reconnaissance, la non-institutionnalisation du service informatique pédagogique local de l'établissement EPLE

→ l'absence de textes définissant son espace, son rôle, son organisation et le statut, le service, les droits et les devoirs des administrateurs et leurs rémunérations

→ la non-reconnaissance statutaire des compétences et des qualifications des personnels administrateurs du réseau informatique, la non prise en considération de l'administration informatique dans la carrière professionnelle, les grades et services, les promotions et les mutations.

[8] En raison de la décentralisation, les modalités de rémunération des administrateurs réseau diffèrent d'une académie à l'autre. Dans l'Académie de Versailles, les professeurs administrateurs réseau sont payés sous contrat de droit privé comme travailleurs indépendants d'une société de service personnelle !

Partie II

Épistémologie

1 La posture

2 Dialectique entre théorie et pratique

3 De la pratique

4 Genèse des connaissances

5 Sociogenèse des connaissances

Les conceptions, la position du chercheur jouent un rôle fondamental dans la découverte et l'élaboration d'une innovation scientifique. Affirmons le parti pris, le fondement à l'origine de nos propositions.

1 La posture

Dans le domaine des sciences de l'éducation, dans l'étude des pratiques de l'enseignement, autrement dit en éducologie, d'où viennent et comment s'élaborent les connaissances ? La réponse académique est d'en situer l'origine dans les travaux de recherche des différents laboratoires de l'université. Eux seuls satisfont aux critères épistémologiques, à la rigueur de la démarche scientifique et de la méthodologie indispensables à la production des connaissances étayées et consistantes, approuvées, contestées ou validées par leurs pairs. Une condition nécessaire qui est la raison d'être fondamentale des institutions savantes de l'Université. Mais cette raison institutionnelle académique est-elle exclusive et suffisante à la production des connaissances ? Une des raisons d'être de cette thèse est de contribuer à corriger une possible indigence structurelle et d'en désigner une limite gnoséologique générique.

Dans l'étude de l'enseignement, la recherche sur les pratiques peut être aveugle si elle ne s'appuie pas sur *l'expertise* du domaine détenue par les enseignants très expérimentés, les chercheurs-action et les formateurs.

Dans le domaine des pratiques sociales et humaines, contrairement aux sciences de la nature, l'étude scientifique ne peut être totalement extérieure à son domaine, ne serait-ce que parce que, comme tout universitaire, en tant que sujet des institutions scolaires, on a été ancien élève et l'on est enseignant soi-même. Le fait même de revendiquer un regard "estranger" sur les pratiques enseignantes, est l'aveu que l'on en est, d'une manière ou d'une autre, dans le passé comme dans le présent, tributaire de ces appartenances. À vouloir à tout prix s'en extraire, s'en abstraire peut comporter le risque de ne pas pouvoir, de ne plus pouvoir comprendre (au sens étymologique de "prendre avec"). Il peut, au contraire, y avoir un grand intérêt à s'immerger dans son objet d'étude en s'appuyant sur les enseignants experts du domaine qui en connaissent finement les expériences concrètes et les connaissances vives et qui maîtrisent les usages et les règles (notamment occultés) du milieu. **En éducologie, je choisis la posture du chercheur qui travaille de conserve avec les professeurs experts du domaine** en faisant en sorte que, de leur côté, pour leur part, ces experts puissent s'élever au

niveau de la recherche et contribuer aux études scientifiques. Cette synergie, cette collaboration, me semble assurément féconde non pour des raisons déontologiques, mais pour des raisons gnoséologiques.

Mon engagement a pu me permettre d'observer la naissance, le développement et l'essor et la généralisation d'une nouvelle pratique d'enseignement, celle du recours informatique pour enseigner les mathématiques en collège. Durant un quart de siècle, il m'a été possible d'en suivre le déroulement et d'explorer, d'identifier et de distinguer le processus de genèse des connaissances éducologiques de cette nouvelle façon d'enseigner.

2 Dialectique entre théorie et pratique

Réglons d'abord, autant que nécessaire, le problème philosophique de *l'objet* de la recherche. La réalité des pratiques enseignantes est-elle impénétrable ou primordiale ? La réalité est-elle une production de l'idée ou l'idée est-elle issue de la réalité ? Quelle conception avoir de la réalité ? Une conception positiviste, agnostique, idéaliste d'une réalité sublimée, finalement inaccessible ou une conception scientifique matérialiste ? Faut-il céder à ce paradoxe qui voit tant de scientifiques adeptes d'idées philosophiques idéalistes, religieuses ou positivistes, publier des travaux et des résultats qu'ils revendiquent comme objectivement établis et méthodologiquement et significativement étayés. Aporie de l'être et du faire !

Si l'on considère l'évolution des connaissances de la réalité d'un point de vue historique, il est un fait qu'en regardant le passé, il apparaît nettement que l'idée que se faisaient les hommes de la réalité dans le passé était limitée, partielle, fausse, obsolète et que les connaissances modernes révèlent l'écart entre ces conceptions dépassées avec ce que nous savons aujourd'hui. Le mouvement de la connaissance peut faire croire qu'à un instant "t" la connaissance de la réalité est imparfaite, incomplète, puisque, à l'avenir, les progrès de la connaissance en révèleront un aspect aujourd'hui inconnu. Mais il ne faut pas confondre le mouvement de la connaissance avec la connaissance elle-même. Elle progresse sans cesse et dévoile toujours davantage les mystères du réel. Ce n'est pas parce que demain la connaissance actuelle sera prise en défaut ou complétée, modifiée, enrichie ou contrariée, qu'il faille en conclure qu'aujourd'hui nous ne savons rien ou rien de sûr et que la réalité est hors d'atteinte, méconnaissable, inconnaissable. Il ne faut pas réduire la connaissance à sa dynamique, à son évolution historique qui s'effectue en un mouvement discontinu et asymptotique de dévoilement du réel.

Car comment faudrait-il, à notre époque, considérer la connaissance quand elle défie l'entendement et le sens commun et s'avère contre-intuitive comme, par exemple, le volume et la masse d'un solide d'un espace euclidien à n dimensions ou encore dans le cas de la théorie quantique avec ses propriétés d'intrication, de dualité et d'incertitude, du chat du Schrödinger à la fois mort et vivant, qui faisaient dire au prix Nobel de physique Richard Feynman : "Personne ne comprend la mécanique quantique". Et pourtant, ses applications sont nombreuses tels le laser, l'effet photovoltaïque, la supraconductivité ou la résonnance magnétique nucléaire. La réalité dans l'infiniment petit est donc quantique quand bien même nous avons humainement du mal à le comprendre.

Le réel est la connaissance que l'on a de la réalité *à un moment donné*, nimbée des problèmes ouverts concomitants. Comme Lakatos le définit à sa manière, le réel est connaissable en un corpus à la fois stabilisé, opérationnel, en un noyau dur environné, remis en cause par un ensemble de problèmes périphériques irrésolus ou en cours de recherche. Le réel est en permanence l'objet de la connaissance, mêlant certitude et incertitude. Celle-ci se développe dans son affrontement dialectique avec la réalité, entre ses affirmations et ses dénégations. La connaissance nouvelle est le produit de la confrontation de la connaissance ancienne avec le réel au travers de l'épreuve de la pratique ou de l'expérimentation. Une fois établie à l'issue du processus de recherche, après évaluation, vérification, la connaissance attestée devient la nouvelle vérité opérationnelle qui est mise en pratique jusqu'à ce que de nouveaux problèmes la mettent en défaut et réenclenche le processus de création d'une nouvelle connaissance. La connaissance englobe à la fois ce que l'on connaît, ce que l'on connaît mal et ce que l'on ne connaît pas encore. Toute idée arrêtée, hypostasiée, dogmatique, définitive, absolue de la réalité est inappropriée.

Dans l'action on recourt à ce qui est tenu pour certain. Pour progresser face à des obstacles on s'intéresse à l'incertain. Les deux travers erronés sont de prendre le certain de la connaissance comme un absolu, en une conception métaphysique, et l'autre relativiste, positiviste à surévaluer et ne considérer que l'incertain.

La *contradiction* entre la connaissance et le réel est le moteur de la connaissance. L'idée est confrontée au réel et le réel éprouve l'idée.

Ce réel est la connaissance à un moment donné à la fois certaine et incertaine, mais aussi passée et à venir. D'une certaine manière, la connaissance paraît n'être confrontée qu'à elle-même. Ce qui donne l'impression que le réel n'est que connaissance. Mais le réel se révèle à la connaissance par ses problèmes (par l'incertitude). Par ce processus dialectique le réel devient connaissance et la connaissance relate le réel.

Sur la base de cette affirmation fondamentalement matérialiste, mais aussi dialectique, on peut énoncer un certain nombre de principes fondamentaux :

Principe 1 : la réalité est première, la connaissance est seconde. Affirmation générique. Et la connaissance est elle-même une *réalité* abstraite et à ce titre objet de connaissance

Principe 2 : La pratique est la source de la connaissance de la réalité

Principe 3 : la réalité est révélée comme réel par la connaissance notamment scientifique

Principe 4 : la connaissance ne connaît la réalité qu'à travers la connaissance. Le réel n'est connu que sous forme de connaissance, certaine, incertaine, évolutive.

Principe 5 : Ce n'est pas parce que le réel n'est connu qu'au travers de la connaissance que la réalité n'existe pas indépendamment de la connaissance. Tout est réel et tout est connaissance.

En un temps considéré le réel est donc à la fois la connaissance stabilisé, opérationnelle et la connaissance instable du domaine de la recherche. Il n'y a rien d'autre. La conception rétroactive diachronique qui voudrait relativiser la connaissance du réel en confrontant diachroniquement ses développements historiques pour en conclure que la connaissance est toujours incomplète, qui considère donc la réalité comme inaccessible, cette conception est purement spéculative.

Cette position émane d'un positivisme qui nie la possibilité d'arriver à une connaissance certaine et ultime de la réalité. Il affirme qu'une part d'inconnu subsistera toujours et restera hors d'atteinte. Cette conception philosophique s'apparente au paradoxe de Zénon d'Achille et la tortue. Achille "aux pieds légers" ne rattrapera jamais la tortue parce qu'au fur et à mesure qu'il avance pour la rattraper et qu'il s'en rapproche, celle-ci, dans le même temps avance. Quand il arrive au point où se trouvait la tortue, celle-ci s'est déplacée et lui échappe. Quand il arrive à cette nouvelle position, la tortue s'est encore déplacée et Achille ne l'atteindra pas. Un processus qui se répètera ad infinitum. Achille n'atteindra donc jamais la tortue. Dans cette façon de voir la poursuite, la distance et le temps considérés se raccourcissent infiniment. Pourtant, en réalité, Achille rattrape la tortue. C'est la limite, aux deux sens du terme, philosophique et mathématique, du problème précédent. Dans le processus de la connaissance, la connaissance grandit et l'ignorance, l'inconnu diminuent selon un processus comparable. On peut penser de la même façon que la connaissance ne vaincra jamais l'ignorance, que la connaissance ne viendra jamais à bout de l'inconnu. Quand la connaissance arrive à résoudre un problème, de nouvelles questions apparaîtront à nouveau. Pourtant, à un moment donné, dans un contexte donné, dans un domaine et une problématique donnés, un problème considéré peut parfaitement avoir une solution valable. Concrètement, à

un moment donné, pour un problème considéré, la recherche produit des connaissances établies, robustes et opérationnelles.

La connaissance est par nature en mouvement. Considérer qu'elle est donc de ce fait toujours inachevée, jamais complète est un faux problème issue d'une conception idéaliste ou mécaniste, dogmatique, qui projette sur la réalité un absolu qui lui est étranger, qui est d'essence métaphysique ou religieuse. Autant ne pas reconnaître la vie d'un être parce qu'il nait et qu'il meurt ! On ne peut déconsidérer la connaissance parce qu'elle est en mouvement. On ne peut invalider la connaissance en procédant à une comparaison de deux de ses états diachroniques qui peuvent être contradictoires.

Personne ne reprocherait à un adulte la faiblesse de son enfance, ni à un enfant son déficit d'adulte. La connaissance du réel est en développement historique continu.

La connaissance est un processus sans fin qui produit des connaissances finies. La connaissance produit de la connaissance en agissant sur elle-même. Elle est par essence réflexive comme la conscience. On est conscient parce que l'on est conscient d'être conscient. On connaît parce que la connaissance produit de la connaissance.

La réalité se révèle par ce que l'on ne connaît pas encore ou mal, par les problèmes qu'elle pose à la connaissance que l'on en a et à travers elle.

Par exemple, le problème de la dérive du périhélie de la planète Mercure mettait en échec la théorie newtonienne de la gravitation et de la mécanique planétaire. La réalité transparaît au travers des connaissances que l'on en a. La mesure de ce décalage, ne pouvait être expliquée par la mécanique newtonienne. Il a fallu attendre l'arrivée d'une autre théorie, la théorie de la relativité einsteinienne pour expliquer ce phénomène. La théorie newtonienne est-elle limitée, fausse, incomplète. Oui dans ce cas. Mais elle est toujours valable pour lancer des sondes spatiales. Encore que, pour les satellites qui donnent la position sur terre (GPS) en calculant par triangulation les distances en fonction de la durée du signal mesuré par des horloges atomiques, il faut en permanence corriger la dérive relativiste du temps. Il s'écoule plus lentement sur les satellites que sur terre. Historiquement et dans un domaine d'application donnée, elle reste valable. Au niveau stellaire et galactique, elle ne l'est plus et la théorie de la relativité générale est pertinente. Aujourd'hui cette théorie de la relativité est prise au défaut avec le problème de la matière et de l'énergie noires qui n'ont pas encore été trouvées. Est-ce à dire que la connaissance est donc intrinsèquement vouée à l'incomplétude et la connaissance de la réalité à l'inaccessible ? Il n'y a pas de connaissance absolue, éternelle. Cette vision est extérieure à la science. La connaissance est mouvement et processus

dialectique, dans l'espace et dans le temps. Et elle est auto réalisatrice. C'est elle qui décèle ses propres faiblesses, qui discerne ses problèmes et les résout dans le temps.

« Mais elle sait au départ que la connaissance complète est impossible », dit le sceptique. Au départ ou à l'arrivée ? Au départ c'est un présupposé une nature positiviste, agnostique, qui confond et met en opposition connaissance et mouvement de la connaissance. À l'arrivée, c'est un problème scientifique. Déterminer ce que l'on ne sait pas encore expliquer, c'est le commencement de la connaissance scientifique, c'est réitérer la recherche en une boucle peut-être sans fin. La notion de l'infini n'est pas assimilable à l'incomplétude. S'il n'existe pas de limite à l'infini de la connaissance, comme à celle du monde, de la réalité, il n'y a rien là d'agnostique ou d'incertain ou d'incomplet. L'infini est une notion élémentaire en mathématique. Dit-on que les nombres n'existent pas vraiment, qu'ils sont incomplets parce qu'ils sont infinis ? Qu'on ne pourrait tous les compter ? Ou parce qu'on ne peut les écrire avec des chiffres comme le nombre π ? Absurde. Autant reprocher à un fleuve de ne pas avoir de consistance parce qu'il coule. Comme celui des nombres naturels ($\forall A$ un très grand nombre, $\exists$ un nombre $A + 1 > A$), la connaissance est un infini potentiel (tendanciel) : quelle que soit la connaissance $\mathcal{C}$, il existera une nouvelle connaissance $\mathcal{C}'$ "supérieure" à $\mathcal{C}$, qui remplacera $\mathcal{C}$.

3 De la pratique

C'est au cours de la pratique, celles du travail, des pratiques sociales et des recherches scientifiques, que les idées, les connaissances, les théories sont mises en œuvre et confrontées à la réalité qui en retour se manifeste par un résultat positif ou négatif ou plutôt les valide ou les invalide. Dans son "foudre" sont à l'œuvre les contradictions, l'antagonisme ou l'harmonie, entre la pensée et la réalité. Il y a trois sortes de pratiques sociales :

- Le travail productif des biens matériels et intellectuels
- Les activités sociales, culturelles et politiques où les hommes agissent sur les hommes comme, par exemple, dans l'enseignement
- L'expérimentation scientifique qui confronte la connaissance avec la réalité

La pratique et l'expérimentation sont l'interface active, opératoire entre la réalité et la connaissance.

À partir de la pratique et de l'expérience se bâtit le noyau fondamental de la théorie, s'élaborent dans son champ conceptuel les éléments constitutifs centraux qui sont authentifiés

et vérifiés par l'expérimentation ou la pratique. Par exemple la théorie de la relativité générale a été vérifiée dans ses prédictions.

Car, élaborée, la théorie se développe par ses prolongements logiques d'une manière purement intellectuelle. Ces nouveaux éléments doivent alors être confirmés par l'expérience ou la pratique. Par exemple le boson inventé en 1964 par Higgs a été découvert expérimentalement en 2012. Toute théorie éprouvée a cette capacité extensive d'augmenter son noyau rationnel par le jeu du raisonnement logique, des déductions et des applications. Car ces lois logiques et mathématiques sont en quelque sorte la quintessence des lois naturelles, leur structure essentielle fondamentale. Dans ces développements intrinsèques, la théorie se met en danger et s'expose à rencontrer des incertitudes, des contradictions ou des échecs. C'est dans cette zone de développement que la théorie peut être remise en cause en se heurtant à des problèmes irrésolus, insolubles ou conflictuels, contradictoires. Par exemple dans le modèle standard cosmologique l'hypothèse de la matière noire et l'énergie noire qui constitueraient 80% de la matière de l'univers. Ce qui peut amener à un renouvellement ou un changement complet de la théorie dans le champ de la connaissance.

4 Genèse des connaissances

Au cours et à l'issue de la pratique, les enseignements tirés de la mise en œuvre des connaissances et de l'application concrète des théories se rapportent à trois niveaux, particulièrement dans les sciences humaines :

▪ **Au premier degré**, la première étape que l'on peut qualifier de pragmatique, les idées premières, peu réfléchies, plus intuitives que rationnelles, charriant des préjugés et des présomptions, se forment spontanément dans l'action. Dans l'accomplissement des tâches, elles s'organisent sous la forme de savoir-faire, mettant en œuvre et formant des schèmes cognitifs. Un certain nombre de régularités et d'impératifs apparaissent, devenant des règles d'action ou de contrôle plus ou moins explicites. Leurs répétitions, leurs invariants et leurs affinages donnent naissance à des techniques plus ou moins conscientes. Ces idées premières, ces savoir-faire, ces règles et techniques élémentaires alimentent les investigations cognitives supérieures.

Les connaissances premières : elles viennent de l'expérience des acteurs et du sujet réflexif a posteriori, sous forme de savoir-faire, de méthodes ou de règles d'action, plus ou moins explicites ou exprimés sous forme d'idées pragmatiques.

▪ **Au deuxième niveau**, ces apports nourrissent la réflexion et les travaux des acteurs chevronnés, des formateurs et des experts qui élaborent et définissent d'une manière plus ou moins systématique une technologie générale synthétisant l'ensemble des savoir-faire, règles et techniques sous forme de principes guidant l'action, susceptibles d'être enseignés et transmis au sein d'une formation professionnelle.

Les connaissances expertes : élaborées à partir d'accumulations d'expériences et de synthèses, par des acteurs chevronnés, des formateurs et des spécialistes, elles forment un ensemble technologique de règles, de méthodes et de techniques éprouvées dans le temps, validées par les faits, offrant le contenu d'une formation professionnelle.

▪ **Au troisième niveau** de la recherche scientifique, les expériences pratiques et les propositions et formulations du premier et deuxième niveau sont passés au crible de l'analyse rationnelle selon un protocole et une méthodologie épistémologiquement éprouvés capable de les expliquer ou de les valider. Cette démarche scientifique est tout autant capable de mettre en évidence des éléments inédits, insoupçonnés, nouveaux, quelques fois contre-intuitifs. La science, par ses expériences propres, a la capacité de découvrir des connaissances imprévues, inattendues, d'inventer le nouveau. Elle peut ouvrir de nouvelles perspectives, voire transformer les pratiques. Elle représente la forme la plus élevée de la connaissance.

Les connaissances scientifiques : développées par des chercheurs sur la base d'observations, d'enquêtes ou d'audits et d'expérimentations, selon un protocole et une méthodologie rigoureuse se présentent sous la forme d'une théorie, d'un système d'idées rationnelles cohérentes qui pourront guider l'action ou transformer les pratiques.

Dans cette hiérarchie des connaissances découlant des pratiques, depuis la simple adaptation naïve jusqu'à la théorie scientifique, en passant par l'expertise, les différents niveaux de formation des connaissances ne sont pas purement linéaires et séquentiels, mais se conjuguent et interagissent selon des processus complexes.

Ainsi, de cette manière, s'accomplit la genèse des connaissances selon un processus analogue à celui que Chevallard a pu décrire par dans sa théorie anthropologique didactique des quatre "T" : des tâches naissent les techniques, des techniques engendrent des technologies et des technologies s'élabore une théorie.

5 Sociogenèse des connaissances

Mais cette formation des connaissances n'est pas un simple processus purement

gnoséologique. Il convient de considérer qu'elles sont également le produit d'une *sociogenèse*. À chaque niveau de connaissance s'activent des acteurs différents. Nous prendrons comme exemple la pratique du recours informatique dans l'enseignement des mathématiques :

▪ **Au premier stade** : ont agi au début *des acteurs individuels*, des enseignants formés en informatique, qui ont au début créé leurs propres applications pédagogiques à partir de leur connaissance des langages de programmation. On retrouve d'ailleurs toujours chez les professeurs débutants cette tendance à créer ses propres activités même s'il leur est possible d'utiliser des activités prêtes à l'emploi. À ce stade, la progression se fait par touches, par modifications successives au fur et à mesure des utilisations, par la maîtrise progressive des variables éducologiques et la découverte progressive et partielle des règles technologiques.

▪ **Au deuxième stade** : l'association spontanée des acteurs individuels les plus motivés dans des *groupes de recherche formation* avec la constitution de groupes de recherche informatique dans tous les IREM de France. Dans le processus de la sociogenèse de l'éducologie informatique, les groupes de recherche IREM ont joué un rôle important :

- Par la création collective en son sein et avec les professeurs stagiaires lors des nombreux stages de formation, d'activités informatiques en mathématiques.
- Par leurs relations incessantes avec les nombreux professeurs de terrain venus en stage, la prise en compte de leurs besoins, témoignages, contributions et expériences.
- En suivant une méthode résolument expérimentale consistant à mettre à l'épreuve en classe toute activité créée par un animateur, un groupe ou un stage par l'intermédiaire de ses membres ou des stagiaires.
- Par des discussions, les analyses des pratiques, des confrontations et mise au point et synthèses sur les expérimentations au sein des groupes, au sein de la commission nationale inter IREM et lors de colloques et universités d'été.
- Par la publication d'articles et de brochures didactiques.
- Par l'édition de nombreuses activités pédagogiques sous forme de supports numériques.

▪ **Au troisième stade** : quelques chercheurs universitaires, en liaison avec des groupes IREM, ont réalisé des synthèses et contribué à l'élaboration d'une théorie générale de l'éducologie informatique comme ARTIGUES, BALACHEFF et TROUCHE.

Ainsi, ces différents acteurs, aux différents niveaux, ont contribué, pour leurs parts, à la genèse des connaissances théoriques et au développement d'une éducologie informatique. Un processus qui n'est pas seulement cognitif, mais aussi collectif.

Cette thèse est l'exemple même de cette genèse, de cette production sociale à trois étages, de la succession, de l'articulation et de l'aboutissement créatif de ces trois niveaux.

Partie III

Les trois sources

1 L'apport de l'expérience, de la recherche-action et de la formation

2 L'apport des théories éducologiques

3 L'apport de l'enquête

En éducologie, l'épistémologie universitaire enseignée professe que les vérités scientifiques proviennent de l'observation empirique de la réalité éclairée par une vision théorique consistante et éprouvée appartenant à un certain noyau central d'un corpus théorique établi. Cette étude empirique est guidée par une méthodologie rigoureuse faisant appel notamment aux traitements mathématiques statistiques et probabilistes. On suppose que le noyau central de la théorie provient lui-même antérieurement d'un processus ancien récurrent. Cela se traduit pour les étudiants en formation à la recherche par l'exigence, en fonction des hypothèses de la recherche, du choix d'un cadre théorique existant et connu, pour l'appliquer à une étude empirique pour faire ressortir (pas toujours) un certain nombre de conclusions nouvelles intéressantes qui enrichissent la théorie ou, au contraire, l'interpellent et corrige ou contredisent certaines de ses thèses. Si cette façon de faire de la recherche, cette conception se comprend et s'impose pour de jeunes étudiants qui n'ont aucune expérience professionnelle de l'éducation, cette démarche univoque convient mal à un professionnel expérimenté qui arrive avec une somme d'expériences et, en tant que sujet réflexif, avec un ensemble d'idées initiales. Cette élaboration théorique pragmatique qui a pu être vérifiée et éprouvée dans la pratique professionnelle peut avoir aussi une certaine légitimité. Les connaissances viennent aussi de la pratique et pas seulement de l'étude empirique méthodologique. Et c'est particulièrement vrai quand il s'agit de définir une praxéologie didactique vue comme un ensemble de règles comportementales d'un sujet dans l'accomplissement d'une tâche professionnelle dans un environnement éducatif, en particulier dans un environnement informatique pour l'apprentissage humain comme dirait Balacheff. Ce qui est perdu en distanciation est gagné en compréhension. Le mépris ou la négation des apports théoriques fragmentaires du terrain élaborés par des praticiens est une erreur dommageable. Ils peuvent être innovants et créatifs. En tout cas, dans le but d'une mise à l'épreuve d'une étude empirique, cette protothéorie issue du terrain peut prétendre à une égale pertinence que toute autre référence théorique.

La théorie de l'éducologie informatique qui nous proposons a ainsi pour origine trois sources qui ont contribué à sa genèse et à son élaboration progressive :

1. L'apport de la pratique, de la recherche-action et de la formation
2. L'apport des théories des sciences de l'éducation, de l'éducologie
3. Les éléments descriptifs, extensifs et probatoires des enquêtes sur les activités informatiques des professeurs de mathématiques en collège et sur leur formation continue.

1 L'apport de l'expérience, de la recherche-action et de la formation

La partie fondamentale des propositions de l'éducologie informatique a été élaborée, au cours des *vingt-cinq années* d'expérimentation et de pratique menées en collège et réfléchies au sein du groupe de recherche formation "Pédagogie Informatique en Mathématiques au Collège" de l'IREM de Toulouse. D'une certaine manière elles sont l'œuvre collective de la quinzaine d'animateurs de ce groupe au cours :

→ De la création de plus de *150 activités* pédagogiques informatiques diverses, élaborées par les membres du groupe, individuellement et collectivement, notamment lors des stages de formation avec les professeurs stagiaires, activités pratiquées et expérimentées, critiquées, discutées, améliorées et éprouvées pour être finalement éditées et distribuées sous la forme de centaines de disquettes, puis de cédéroms et enfin de DVD-Roms (500 DVD-Roms diffusés dans les cinq dernières années) aux professeurs de l'académie de Toulouse.

→ Avec leurs répétitions dans les classes et au cours des vingt-cinq années de l'action du groupe, ces activités ont représenté un corpus expérimental collectif de *plusieurs milliers* de recours informatiques diversement distribué entre ses membres. L'implication inégale des membres est directement liée au degré d'investissement de chacun et à la durée d'appartenance au groupe : de 25 ans pour le responsable, l'expert A, 20 ans pour l'expert C, 10 ans pour l'expert B et trois autres membres, 5 ans pour quatre autres et quelques années seulement pour les derniers.

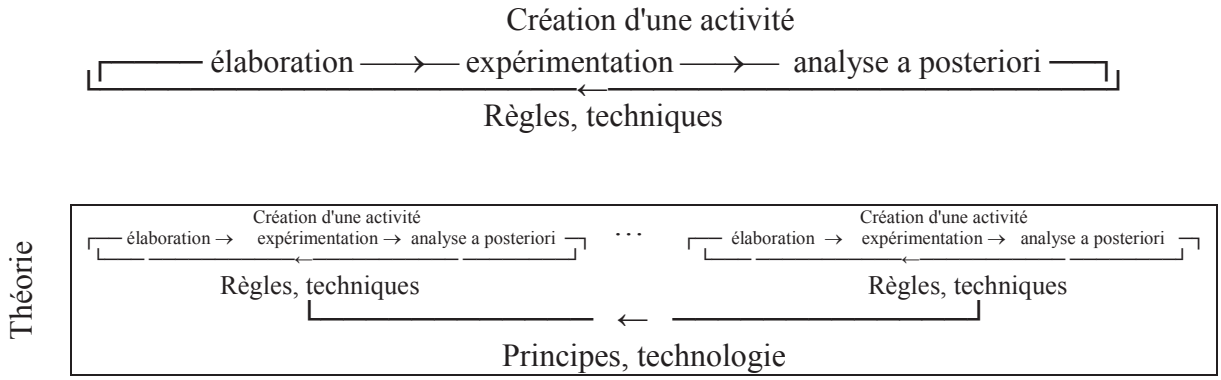
→ Le groupe a organisé et animé dans le même temps une *centaine* de stages de formation dans le cadre du plan de formation continue (PAF) académique organisée par la MAFPEN d'abord puis le SAFCO ensuite, auxquels ont participé **volontairement** *plus de mille* professeurs de mathématiques de l'académie. Au cours des dernières années précédant l'arrêt invraisemblable de la formation continue dans l'académie en 2010 par manque de moyens, quelque 80 professeurs participaient chaque année aux stages de formation triplés et doublés : quelque 240 professeurs en trois ans, plus de 15 % du corps enseignant concerné, surtout jeunes (37 ans en moyenne) et féminins (à 75 %). Ces stages étaient organisés sur trois thèmes distincts : utiliser l'ordinateur en cours, en soutien et aide aux élèves et sur le tableur (obligation du B2i). La participation à ces trois stages et leurs succès auprès des professeurs ne se sont jamais démentis au cours de ce quart de siècle, surement (si l'on se fie leurs évaluations) en raison de la qualité de l'animation, des activités proposées et, en particulier de

la pertinence des thèses théoriques exposées, des méthodes et des savoirs faire enseignés. À l'occasion des stages de formation organisés en deux sessions et une intersession (une première session de formation, élaboration et motivation, une intersession d'expérimentation et une deuxième session de bilan et enseignements), les professeurs témoignaient de leurs expériences positives et négatives. Un quart de l'ensemble des stagiaires (environ 250 professeurs) a rapporté des éléments significatifs de leurs expériences concrètes nourrissant la réflexion et la théorisation du groupe PIMC de l'IREM.

→ La formation au recours informatique en mathématiques lors des stages a conduit à élaborer et formuler les principes, les règles et les techniques de l'utilisation de l'ordinateur au sein du groupe de recherche-action en interaction avec les stagiaires. **On ne peut enseigner une pratique d'enseignement sans la théoriser**. C'est une exigence incontournable. C'est par sa théorisation que la pratique devient consciente et transmissible. La formation, qui est essentiellement un enseignement du savoir-faire, est un exigeant stimulant gnoséologique et, en retour, une redoutable mise à l'épreuve des théories qui prétendent guider l'action.

Du sujet réflexif et l'analyse a posteriori

La méthode d'élaboration a été celle du collectif réflexif et de l'analyse a posteriori des activités pratiquées. Les projets d'activités ont été instruits et menés collectivement au sein du groupe de recherche et également en stage avec les stagiaires. Ils ont ensuite été expérimentés plusieurs fois en classe. Puis collectivement analysés et modifiés en conséquence. Puis de nouveau expérimenté et ainsi de suite selon un processus récurrent selon le schéma suivant :



C'est au cours de ces travaux que les règles techniques et les différents principes technologiques sont apparus progressivement. C'est de cette manière que s'est élaborée en un quart de siècle d'expérimentation et de réflexion une théorie praxéologique de l'éducologie informatique.

Tâches, techniques, technologie et théorie (les quatre T)

Selon Chevallard, dans l'enseignement, l'exécution répétée des tâches engendre l'invention de techniques efficaces. L'ensemble des techniques professionnelles définit une technologie. L'étude des fondements, des conditions, des contraintes, de l'évolution et de la transmission de cette technologie fonde une théorie. C'est ce processus que le professionnel averti réflexif va parcourir au fil des ans, se hissant progressivement, par des propositions, essais-rectifications et conclusions récurrentes au niveau d'une théorie constituée plus ou moins élaborée et complète. En considérant que la validité d'une technique ou d'une technologie se vérifie dans la pratique par sa capacité à réaliser la tâche à accomplir de la manière la plus efficace. Ainsi s'est constituée cette praxéologie du recours informatique.

2 L'apport des théories éducologiques

Au cours de ce processus inventif, la réflexion et l'analyse ont été confrontées, éclairées et stimulées par quelques contributions connues de chercheurs en éducologie informatique. Parmi les travaux théoriques les plus avancés sur le recours informatique dans l'enseignement des mathématiques, citons les travaux de Balacheff et Trouche qui ont paru les plus proches des théories éducologiques informatiques du groupe PIMC. Ces deux universitaires procèdent d'une même approche convergente avec les conceptions du groupe, qui, du coup, s'en sont trouvées renforcée et confirmée, avec, cependant, des propositions qui peuvent différer du fait de leurs problématiques et des limitations provenant du niveau et de la singularité des pratiques étudiées.

L'apport théorique de Balacheff

La question centrale de la problématique est nettement affirmée : l'application des théories invoquées (théorie de l'activité, théorie des situations, approche instrumentale, théorie de l'étayage, approche constructiviste, etc.), "ne relève pas d'une simple migration vers l'informatique, mais c'est un problème de reconceptualisation beaucoup plus complexe".

Dans un article commun, "les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) à la lumière de la didactique" (BALACHEFF, LUENGO & VADCARD, 2006), les auteurs commencent par analyser les activités informatiques à la lumière de la didactique :

→ Sur le modèle constructiviste de Piaget, la didactique a mis en évidence que chaque connaissance induit un mode d'apprentissage particulier. L'interaction sociale et la médiation

d'un milieu porteur jouent un rôle décisif dans la construction des connaissances. La didactique cherche à définir les conditions de cette construction. L'enseignant organise la situation en gérant et en réajustant les interactions de l'apprenant avec ce milieu constitué par l'ensemble des éléments spécifiques tels que les connaissances préalables, le matériel, l'organisation, le contrat didactique… "Ce milieu va permettre que la situation produise des rétroactions intrinsèques aux actions de l'apprenant". Est ainsi agencé l'accès de l'apprenant à des situations adidactiques où il devient responsable de son propre apprentissage du savoir en jeu.

→ Dans un EIAH, l'artefact informatique fait partie du milieu didactique. Les différents types de connaissance seront contextualisés dans l'EIAH par une *transposition informatique*. La question à l'issue de ce processus d'adaptation est "de s'assurer que les caractéristiques de l'environnement sont telles… qu'il puisse conduire à la connaissance visée". La validation des apprentissages passe donc par la construction d'un contexte qui met à l'épreuve les connaissances et qui permet à l'enseignant de les observer. Un EIAH doit construire un contexte qui offre un domaine de validité capable de produire des interactions *pertinentes* vis-à-vis de la connaissance de son apprentissage.

→ Au cours de l'activité, dans la boucle des *interactions*, l'apprenant est impliqué dans un triple processus : actions, validation, formulation. Les retours doivent être intelligibles, didactiques, épistémiques. Par exemple, en géométrie, les invariants perceptifs au cours du déplacement d'une figure construite permettent la *visualisation des propriétés* de la figure.

En conclusion, pour l'analyse des EIAH, les auteurs soulignent que les concepts *de milieu et de situation adidactique* sont particulièrement efficaces. Et ils notent l'intérêt d'une autre approche complémentaire, l'approche instrumentale (Rabardel) utilisée par Trouche, avec les concepts d'instrumentalisation et d'instrumentation d'un EIAH.

L'apport théorique de Trouche

Trouche (2005) s'appuie sur un faisceau de théories comparable : théorie de Piaget sur la génération des connaissances, du champ conceptuel de Vergnaud (2002) et sur l'activité instrumentée de Rabardel (1995).

Il distingue et définit pour ses analyses trois objets technologiques en relation avec l'usager :

- *L'artefact* : l'objet technique en tant que tel
- *L'outil* : un artefact qui est utilisé, intégré
- *L'instrument* : une mise en œuvre particulière, finalisée de l'outil qui désigne une entité mixte composée de l'objet technique et de ses modes d'utilisation

Objets qu'il applique à l'utilisation de l'informatique pour enseigner.

Il tire des enseignements informatisés depuis 1980, en particulier de l'utilisation de calculatrices et des logiciels de calculs formels tels que Dérive, plusieurs assertions :

- Les possibilités de visualisation conduisent nécessairement à une meilleure compréhension des concepts.
- L'efficacité du logiciel est liée aux caractéristiques de la situation didactique.
- Les contraintes entre les *environnements informatisés* et le *contexte* didactique
- L'importance du choix et de la mise en scène de l'activité par le professeur
- Le problème des contradictions ou des dérives d'un enseignement informatisé par rapport aux programmes officiels.

À partir desquels, il met en lumière la question fondamentale de la problématique de *l'intégration* de l'informatique dans l'enseignement. Et il s'appuie sur la théorie conceptuelle de Vergnaud pour la notion de schème qu'il définit comme une organisation invariante de l'activité composée de :

- Un ou plusieurs buts
- Des règles d'action, de prise d'information et de contrôle
- Des invariants opératoires (concepts ou théorèmes en acte) pour le traitement de l'information
- Des possibilités d'inférence

Il articule ce cadre d'analyse avec la théorie de l'approche instrumentale de Rabardel sous la forme de *schèmes d'action instrumentée* pour étudier leurs fonctions épistémiques, pragmatiques et heuristiques dans l'action et la conceptualisation de l'enseignement informatisé. Deux composantes duales et dialectiques de cette genèse : l'*instrumentalisation* (production instrumentée de résultats) et *instrumentation* (adaptation de l'acteur aux contraintes de la machine).

Il développe une méthode d'analyse de *l'activité mathématique instrumentée* avec des outils de différents niveaux correspondant à trois niveaux d'artefacts :

- Des artefacts primaires (les outils)
- Des artefacts de deuxième niveau : représentations et modes d'action des artefacts de premier niveau
- Des artefacts de troisième niveau correspondant aux méthodes d'analyse cognitives mises en œuvre

Il définit la *transposition informatique* comme une représentation symbolique, mise en œuvre par un dispositif informatique en fonction de contraintes internes (matérielles), des commandes et de l'interface utilisateur

Dans la mise en œuvre d'une activité instrumentée, pour réaliser un *environnement informatisé d'apprentissage*, il convient d'insister sur la nécessité d'un *scénario d'usage* pour désigner les éléments de base des schémas d'organisation pédagogique de la classe, comme une mise en scène d'une situation standard avec ses modes de gestion des phases et des artefacts proposant une *orchestration instrumentale* d'un milieu didactique (Brousseau).

Il constate l'inadaptation des formations classiques des enseignants avec les TICE.

Il met en perspective la nécessité de recherches anthropologiques sur les pratiques, d'ingénierie didactique et d'étude instrumentale.

Les mises en garde de Michèle Artigue

En étudiant au lycée l'effet de l'utilisation de calculatrices évoluées capables d'effectuer des calculs formels avec un logiciel tel que "Dérive", pour l'étude des limites, Michèle Artigue a mis en évidence l'existence d'un *décalage cognitif* entre la notion telle qu'elle ressortait de l'usage de calculatrices et sa conception purement mathématique. Cette altération, cette déviation du sens étaient dues à un algorithme informatique différent de celui utilisé en mathématiques. De tels décalages cognitifs peuvent être trouvés en collège :

→ *L'arrondi automatique des calculatrices scientifiques :*

Au niveau du collège, on peut relever aussi des perturbations dues à la calculatrice scientifique simple utilisée de la sixième à la troisième. Le principal problème est celui de l'arrondi automatique qui donne sur la calculatrice l'erreur suivante qui fait problème notamment avec les élèves de sixième :

2 : 3 ↵ 0.6666666667 et en enchaînant 0.6666666667 x 3 ↵ 2

Une confusion qui altère le sens et fausse la distinction entre les nombres décimaux et rationnels ainsi que les notions de résultats exacts et approchés. Une erreur peut être judicieusement neutralisée en utilisant le tableur pour faire comprendre aux élèves la différence entre le calcul fractionnaire et décimal :

2 : 3 ≈ 0.6666666667 et 0.6666666667 x 3 = 2.000000001

différent de 2 : 3 = 2/3 et 2/3 x 3 = (2 x 3) / 3 = 6 : 2 = 2

→ *Les points de base d'une figure de géométrie dynamique :*

Avec tout logiciel de géométrie dynamique, Cabri, CaRMétal, Géogébra…, pour construire une figure un tant soit peu complexe, il faut bien définir et partir des points de base qui en assurent les fondations sur lesquelles repose la dynamique de la figure. Une erreur sur les points de base et la figure s'écroule lors de l'animation. Il faut souvent recommencer entièrement la construction de la figure en partant des bons points de base. Tous les praticiens de la géométrie dynamique le savent et en ont fait les frais. Il y a donc un algorithme spécifique de la construction de la figure informatique. Mais ce problème n'existe pas dans une construction papier crayon avec la règle et le compas. On peut corriger facilement, gommer et remplacer un élément par un autre. Dans le cas de la construction avec un logiciel, l'algorithme de la construction est inhérent à la figure. Il est la succession des opérations fonctionnelles et logiques de la construction dont la figure est le résultat, un programme séquentiel qui est enregistré dans le fichier de la figure. Dans la construction papier crayon, l'algorithme réside dans la pensée de l'élève. Il est extérieur à la figure dessinée sur la feuille qui n'en est que le résultat, souvent d'ailleurs pensé tout ou partiellement sous forme d'algorithme-action évènementiel (non impérativement séquentiel), plus ou moins acquis, conscient ou en cours d'élaboration. Dans le cas d'une erreur, il suffit de corriger, d'effacer, de rectifier l'élément erroné sans avoir tout à recommencer.

De fait, il y a là un décalage cognitif dans la construction informatique des figures. Il peut évidemment être compensé par une formation adéquate des élèves, par une instrumentation de l'apprenant. C'est d'ailleurs ce que proposent les nouveaux programmes que d'apprendre aux élèves à se servir d'un logiciel de géométrie. Mais la différence demeure.

→ *Histogramme et fréquence du tableur, notion de variable :*

Tous les tableurs, d'origine anglo-saxonne, disposent dans leurs fonctions résidentes statistiques d'une fonction "frequence". Sauf que dans l'acception anglaise, "frequence" désigne ce que nous appelons en français "l'effectif" d'une classe. Pour nous la fréquence est le pourcentage qui correspond à l'effectif partiel par rapport à l'effectif total. Il y a là une confusion grave qu'il convient de neutraliser en ignorant et en interdisant la fonction résidente "frequence" du tableur. De même, le tableur Excel appelle histogramme ce qui n'est qu'un simple graphique en barres. Les représentations ne sont pas proportionnelles aux données. Là encore, une mise en garde et un avertissement sont nécessaires. La notion de variable est également originale puisqu'elle est représentée par une cellule de la feuille d'un classeur, avec sa désignation (ses coordonnées ou un nom), son contenu (nombre, chaîne de caractères…) et ses propriétés (format, taille, couleur, cachée, protégée...).

Les apports de l'éducologie générale

En deçà des contributions spécifiques de ces théoriciens de l'éducologie informatique qui s'en inspirent, diverses théories éducologiques non numériques ont éclairé le champ de l'activité éducative informatisée et ont permis d'en définir et d'en expliquer les particularités, l'efficacité et les apports spécifiques :

→ La théorie de la *transposition* de Chevallard, notamment celle de la transposition interne

→ L'incidence de la théorie didactique des *trois genèses : mésogenèse, topogenèse et chronogenèse*

→ La théorie des *situations* de Brousseau avec ses notions de *contrat didactique* inhérent à l'activité informatique

→ La théorie des *champs conceptuels* de Vergnaud explorés par des *schèmes* opératoires pour découvrir les concepts scientifiques particulièrement explicative en géométrie dynamique

→ La théorie de *l'instrument* de Rabardel au sens où l'activité informatique représente bien un instrument d'enseignement-apprentissage original et singulier

→ La théorie de *l'activité* de Roglski particulièrement appropriée à l'activité informatique sui generis

→ La théorie *socioconstructiviste* de Vygostski de la génération des concepts par *généralisation* et énonciations significatives dans le *langage* au sein de la *zone de proche développement*

Autant de théories pertinentes qui ont été convoquées dans l'analyse éducologique du recours informatique.

3 L'apport de l'enquête

Troisième source de la théorie de l'éducologie informatique dans l'enseignement des mathématiques, comme mise à l'épreuve de ses concepts, les deux enquêtes sur la formation continue des professeurs en pédagogie informatique en 2008 et 2012 et surtout l'enquête sur les activités informatiques pratiquées en 2009 :

→ L'enquête de 2008 portait sur les professeurs participant aux stages de formation continue, sur leurs âges, genres et leurs attitudes, positionnement et conceptions vis-à-vis du recours informatique.

→ L'enquête en 2012 sur l'importance de la formation continue à l'utilisation de l'ordinateur pour enseigner les mathématiques en collège dans l'académie de Toulouse de 1999 à 2010.

→ L'enquête la plus importante, réalisée en 2009 auprès d'un certain nombre de professeurs de mathématiques de l'académie de Toulouse et hors académie pratiquant le recours informatique, avait deux buts :

1er Élargir le champ des activités pratiquées :

▪ Faire l'inventaire et synthétiser les apports de l'ensemble ou d'une grande partie des activités du groupe PIMC de l'IREM de Toulouse.

▪ Par-delà les contributions directes des professeurs stagiaires lors des stages de formation, s'informer de leurs activités réelles dans leurs établissements et de leurs appréciations sur leurs pratiques.

▪ Élargir le champ de connaissance des pratiques effectives au-delà du groupe PIMC de l'IREM de Toulouse et des stagiaires participant aux stages de formation en direction de professeurs actifs hors académie de Toulouse.

2e Explorer et recenser tous les différents aspects de l'ensemble de ces activités pratiquées sous l'angle des types, des notions traitées, des logiciels utilisés, des conditions, des durées, de leurs pertinences, qualités et valeurs…

L'enquête organisée en ligne par Internet et proposée par courriels, a obtenu la participation volontaire de quelque 64 professeurs, répartis en 18 débutants, 31 avertis, 9 expérimentés et 6 experts, renseignant quelque 226 activités distinctes représentant au total 2658 recours informatiques répétés dans le temps.

Un corpus ayant un double caractère complémentaire et compensatoire :

▪ Intensif et exhaustif auprès des 6 experts, formateurs du groupe PIMC, fournissant de 25 % à 100 % de leurs fonds d'activités pratiquées, soit 131 activités au total pour 1448 recours répétés au rythme de deux activités par semaine en moyenne.

▪ Extensif et exploratoire auprès des 58 autres professeurs témoignant de 1 à 5 activités, soit 95 activités au total, c'est-à-dire 2 activités environ, représentant en moyenne 1 activité sur 10 pour les débutants qui pratiquent une activité par quinzaine, 1 activité sur 25 pour les professeurs avertis à raison de trois activités par quinzaine et autant pour les professeurs expérimentés pour deux activités par semaine en moyenne.

D'une certaine manière, l'exhaustivité de la première contribution des experts compense la faible proportion de la seconde et l'extensivité de la seconde atténue, dilue l'intensité de la première en augmentant son étendue et en la complétant. D'un côté un contraste et une disproportion, mais d'un autre un rééquilibrage, un contrepoids.

D'aucuns pourront objecter et critiquer le manque d'homogénéité de l'enquête et mettre en doute ses résultats. Mais réaliser une enquête exhaustive aurait été hors d'atteinte. Se rendre dans les 40 collèges de l'académie en question et les 24 sur la France pour obtenir la réponse des professeurs sur la totalité de leurs activités pratiquées, une vingtaine chez les débutants, une quarantaine chez les avertis et une cinquantaine pour les expérimentés, à raison de 15 minutes environ par questionnaire par activité, aurait représenté un engagement respectif de 5 heures, 10 heures et 12 heures par professeur. Un objectif hors d'atteinte. Les professeurs n'y auraient pas consenti. Même les experts se sont fait prier. Et je ne suis pas sûr que ses résultats aient été très différents de l'enquête actuelle.

L'objectif principal de l'enquête était de confronter les thèses de l'éducologie informatique avec la réalité des pratiques au travers d'une première approche élargie en panachant les participations, afin d'en tester les propositions tout en précisant et nuançant ses conclusions.

Limites et constatations

D'un point de vue purement statistique, les échantillons de l'enquête pèchent en rapport à la population concernée. La population des professeurs de mathématiques qui utilisent l'ordinateur pour enseigner n'était pas véritablement connue ni dans l'académie de Toulouse, ni au plan national. À ma connaissance, aucune information véritable n'avait été établie par l'institution pour en évaluer l'importance. Seuls, les IPR en ont une approche pragmatique. En ce qui nous concerne, nous n'avons pu que nous en tenir qu'aux relevés de notre connaissance et de notre étude.

Sur les quelque 1800 professeurs de mathématiques en collège public de l'académie de Toulouse, nous avons repéré, à l'issue de leurs participations aux stages de formation de pédagogie informatique sur plusieurs années, quelque 210 professeurs engagés dans ce recours plus ou moins actifs, soit une proportion de 12 % de l'ensemble. Ils ont constitué, en tant que correspondants auxquels les courriels de sollicitation ont été envoyés, la population de référence de notre enquête dans l'académie. En obtenant 46 réponses, soit 22 % de la population, nous avons obtenu, en ce qui concerne le niveau de confiance que l'on peut accorder aux calculs statistiques, une marge d'erreur de ± 10 %. Encore que cet échantillon n'étant pas aléatoire, puisqu'il est constitué par ceux qui ont répondu à l'enquête en fonction de critères inconnus, ses caractéristiques ne sont pas véritablement représentatives de la population concernée. Les conclusions quantitatives sont donc à prendre avec précautions. Pour les 20 professeurs qui ont répondu sur les 1200 sollicités hors académie, le niveau de

confiance de leur représentativité est quasiment nul. Mais le but principal de cette enquête n'était pas de dresser un tableau quantitatif exact et robuste des activités pratiquées par les professeurs actifs. D'autres enquêtes plus larges et statistiquement irréprochables pourront s'y adonner à l'avenir. Notre objectif était plutôt de procéder à une approche qualitative consistant à confronter empiriquement les propositions de l'éducologie informatique théoriquement élaborée à partir de l'expérience réfléchie à une première investigation des réalités à notre portée.

En résumé, des trois sources de l'élaboration de la théorie de l'éducologie informatique, l'expérience pratique réfléchie et la formation ont apporté la conceptualisation, la compréhension, le contrôle et la mise à l'épreuve de ses propositions. L'analyse des activités selon des théories éducologiques ont apporté les explications fondamentales. Et l'enquête empirique la confirmation élargie de ses assertions. L'enquête n'a pas été conçue pour en être la source ou la vérification des concepts. C'est la pratique qui a essentiellement joué ce rôle. À défaut de pouvoir être pleinement significative en raison de ses limites objectives, il lui a été attribué d'être indicative, contributive, d'en attester plus largement la réalité.

Partie IV

Les apports de l'informatique

1 De grandes potentialités

2 Les spécificités des apports de l'informatique

Représentation, concrétisation
Simulation
Interaction
Itération
Intensification
Dévolution, individualisation
Motivation, confiance
Décontextualisation, égalisation
Gestion, mémorisation
Communication, mutualisation
Agrégation

3 Limites et illusion

4 En évolution permanente

1 De grandes potentialités

L'ordinateur, comme machine calculatoire, graphique et programmable à travers des matériels et des langages de plus en plus évolués et puissants, a offert des possibilités toujours plus grandes qui ne pouvaient qu'intéresser l'enseignement des mathématiques.

En calcul :

L'ordinateur apporte une formidable puissance de calcul. En particulier avec l'introduction massive et désormais acquise, normalisée des calculatrices constamment présentes tout au long de l'enseignement et à tous les examens. Mais c'est aussi le cas avec l'utilisation pédagogique des tableurs, des logiciels de calcul formel (Dérive, Maple V, Mathématica…).

En représentation graphique :

Puissant moyen de traceur de graphes et de courbes en tout genre et de représentations graphiques des données statistiques.

En géométrie :

Ses capacités graphiques matérielles et logicielles n'ont fait que se développer d'une manière incroyable au point de rivaliser avec la réalité. Il est capable de la recréer, de fabriquer une réalité virtuelle avec toujours plus de finesse et de réalisme notamment au cinéma. Il est certain que ses exploits graphiques intéressent et vont changer l'enseignement de la géométrie. Des logiciels tels que Cabri, Géogébra, CaRMétal, Géospace et Cabri3D, ont inventé la géométrie dynamique : l'animation de la figure fait apparaître ses invariants ou ses cas particuliers, c'est-à-dire ses propriétés intrinsèques. Un potentiel inestimable pour l'enseignement de la géométrie voire même la recherche.

En programmation :

Ainsi, il est possible de simuler une situation d'apprentissage, un raisonnement, un calcul. On ne compte plus les logiciels d'exercice, d'aide et de soutien, de séquences d'étude, même si leurs fonctionnalités restent très souvent limitées, voire frustes. Les progrès de l'intelligence artificielle avaient permis d'espérer un temps la réalisation de didacticiels experts, plus performants. Mais en dehors de quelques rares productions telles que Tigre en matière de démonstrations en géométrie, on est loin encore de l'EIAO, l'enseignement intelligemment assisté par ordinateur. Ce bond qualitatif tant espéré dépend en fait des progrès des sciences informatiques et cognitives elles-mêmes et surtout de l'implication des laboratoires universitaires qui n'ont pas été encouragés (financés) dans ces recherches.

En communication :

C'est avec le développement des réseaux d'établissement et de l'Internet devenu l'interface privilégiée et incontournable de *l'accès à l'information* universelle, qu'il est devenu possible d'accéder à une *documentation en ligne* utile aussi vaste qu'étendue dans tous les domaines. Mais, surtout, il permet désormais *l'échange et la mutualisation* des ressources pédagogiques entre institutions et entre enseignants et facilite la *communication* par courriels entre enseignants, parents et élèves. Il rend possible le *travail à distance*, déporté, rapprochant la maison de l'école. Il a rendu possible la création de serveurs de ressources pédagogiques en ligne, de didacticiels, d'exerciseurs, de documentation, facilement accessibles et disponibles, offrant une gestion aisée du travail et de l'évaluation. Une avancée technique qui a fait évoluer les formes et lieux du travail dans l'enseignement.

2 Les spécificités des apports de l'informatique en mathématiques

Mais, au travers de ces potentiels matériels, techniques et logiciels, l'informatique a mis à disposition pour l'enseignement des mathématiques des apports spécifiques particulièrement intéressants :

→ La <u>représentation</u>, la <u>concrétisation</u> et <u>l'objectivation</u> des concepts abstraits mathématiques rendant possible une <u>instrumentalisation expérimentale</u> de leurs apprentissages.

L'outil informatique a engendré, au travers des applications des logiciels de géométrie dynamique, des tableurs, des calculateurs formels et autres démonstrateurs, un nouveau *matériau* d'apprentissage mathématique (un artefact) que l'on pourrait qualifier de *pseudo concret* plutôt que de virtuel. Non pas virtuel en ce sens que les notions ou connaissances mathématiques demeurent abstraites par nature, indépendamment de leur représentation.

Au lieu d'être seulement traduites par l'écrit ou sommairement représentées par le dessin, les notions mathématiques peuvent, par le biais des potentialités informatiques, être *réifiées* et *manipulées*, prendre une *apparence concrète, visible, malléable, sur laquelle on peut agir*. Elles deviennent une *matière première* gnoséologique, un *objet* d'étude. C'est l'effet de *concrétisation, d'objectivation* et d'*activation expérimentale* des notions abstraites. Cette *chosification*, cette *représentation* de *l'abstraction* mathématique par l'informatique constituent un nouveau et puissant moyen de transposition didactique interne permettant la

réalisation d'activités, de situations instructives. Elles rendent possible la *découverte expérimentale* des mathématiques. L'*étude expérimentale* de leurs concrétisations révèle, dans le champ conceptuel de l'activité, les propriétés, la signification, la structure et la logique internes des notions mathématiques, à la façon dont les sciences expérimentales révèlent les lois de la nature ou de la connaissance. Ce qui n'a rien d'étonnant, puisque derrière cet artefact comme objet d'étude, il y a la notion mathématique elle-même, représentée, animée et mise en scène. (Voir les apprenticiels sur les symétries).

C'est d'ailleurs cette qualité qui est mise en avant dans le nouveau programme de mathématiques de seconde : « l'utilisation de logiciels (calculatrice, ordinateur), d'outils de visualisation et de représentation, de calcul (numérique ou formel), de simulation, de programmation développe la possibilité d'expérimenter, ouvre largement la dialectique entre l'observation et la démonstration et change profondément la nature de l'enseignement ».

→ La <u>simulation</u> cognitive

Par sa programmation, l'ordinateur permet de simuler un processus d'apprentissage ou un raisonnement :

→ Soit, au travers d'un logiciel d'intelligence artificielle, il peut guider un élève dans la résolution d'un problème pour trouver la solution, à découvrir les étapes du raisonnement, de la démonstration ou l'algorithme d'un calcul. Mais on a vu que cette branche de l'informatique, en vogue dans les années quatre-vingt, a décliné par la suite du fait de difficultés à la fois techniques (les limites des langages) et cognitives (les neurosciences).

→ Soit, il permet la monstration à l'élève du raisonnement, de la démonstration ou de l'algorithme pour qu'il en découvre lui-même la méthode ou le processus. C'est le cas, par exemple, de la découverte de l'algorithme de calcul du PGCD avec le tableur en classe de troisième.

→ Il permet aussi de simuler un processus d'apprentissage et de guider l'élève dans l'autoapprentissage d'une notion ou dans la remédiation d'un apprentissage. Ainsi, il est possible de simuler une situation d'apprentissage, un raisonnement, un calcul. On ne compte plus les logiciels d'exercice, d'aide et de soutien, de séquences d'étude… même si leurs fonctionnalités restent souvent limitées, voire rudimentaires.

→ L'<u>intensification</u>, la multiplication et la dynamique des <u>expérimentations</u>.

Au cours des activités expérimentales, par exemple avec un logiciel de géométrie

dynamique ou avec un tableur, les élèves peuvent réaliser un nombre considérable de cas de figure ou de calculs, par le jeu d'un simple glissement de la souris. Par cette répétition innombrable et cette intensification de l'expérience, inaccessible par des méthodes traditionnelles, l'élève découvre l'invariant des propriétés de la figure ou de la méthode de calcul, constate la généralisation qui engendre la prise de conscience du concept. Le recours informatique peut être un puissant facteur de généralisation.

→ L'interaction et rétroaction de l'action cognitive.

L'intérêt primordial, l'avantage fondamental d'une activité informatique, c'est qu'elle est *interactive*. Dans le cas de l'accomplissement d'une tâche, dans le cadre d'une expérimentation, d'un exercice, d'une recherche, l'action de l'élève provoque une rétroaction qui lui indique si l'objectif a été atteint ou pas. Effet en retour très utile pour signifier à l'élève l'échec ou le succès de sa tentative. Par l'expérimentation, la rétroaction oriente l'élève vers la découverte des propriétés intéressantes et l'élimination des autres. Dans le cas d'un exercice, il corrige l'élève ou le guide vers la bonne solution. Par cette qualité, l'activité informatique offre un milieu d'apprentissage proactif, structurellement organisé et programmé pour orienter vers une issue favorable. Elle permet de créer des situations d'apprentissage adidactiques où sur la base de consignes préalables, l'élève, en dévolution, en autonomie, est capable de découvrir par lui-même la notion mathématique ou de trouver le résultat.

→ L'itération, le contrôle algorithmique et les schèmes de l'action.

Autre spécificité de l'apport de l'informatique, la qualité des processus d'itération ou d'occurrence de l'action dans l'activité :

- L'intensification du nombre d'itérations dans un court laps de temps
- La fiabilité et la stabilité des répétitions et des processus récurrents qui ne dégénèrent, ni ne dérivent dans la durée
- L'absence de dégradation et d'épuisement dans le temps de l'activité

Beaucoup d'activités de recherche font appel au schème de l'algorithme-action "faire tant que condition non satisfaite" et mettent en œuvre, sous forme de théorème-action, des raisonnements directs et réciproques.

La plupart du temps, dans l'activité informatique, l'algorithme de l'action est programmé, imposé, régulé et contrôlé pour éviter les fuites, les déperditions et les pertes de contrôle. Des sécurités et des contrôles bornent l'activité et guident l'action dans certaines limites jugées acceptables ou propices. Les erreurs considérées comme probables ou utiles sont gérées.

→ La <u>dévolution</u> et l'<u>individualisation</u> de l'apprentissage.

Avec les apprenticiels, les exerciseurs et même les travaux pratiques, il est possible d'individualiser l'enseignement, de permettre à chaque élève de suivre un itinéraire personnel, de travailler à son rythme, de faire, en dévolution, sa propre expérience de la découverte des nouvelles notions, d'accomplir sa génération intime des concepts. De la même façon, il est possible à l'élève de s'entrainer, de parfaire ses exercices en fonction de ses difficultés. Le professeur peut proposer à l'élève un parcours adapté pour remédier à ses lacunes et corriger ses échecs lors de séances d'aide ou de soutien.

→ La <u>neutralisation</u>, la <u>décontextualisation</u>.

Dans la relation entre le professeur et l'élève, l'ordinateur est perçu par l'élève comme une machine neutre, indépendante, indifférente du contexte. Quel que soit l'état du contentieux ambiant des relations entre l'élève et le professeur, le travail individuel sur poste informatique est jugé plus favorable, plus propice à l'accomplissement d'une recherche ou d'un exercice. En général, l'élève s'approprie l'ordinateur comme un allié, une machine bénéfique ou pour le moins neutre qui a la vertu d'apaiser la relation pédagogique. Avec une activité *appropriée* (une condition impérative), qui amène l'élève à la réussite, ce travail est toujours considéré positivement. L'expert A, qui a travaillé longtemps dans des classes difficiles, a constaté qu'aucun élève, même le plus négatif, n'a refusé de travailler sur ordinateur. Ce n'est pas un hasard si, en zone difficile, des enseignants de mathématiques commencent par installer les élèves sur ordinateurs en rentrant en classe pour les prendre en main et les mettre au travail. Évidemment, cet avantage a ses limites. Ce recours peut être également impossible avec des élèves en révolte scolaire grave notamment si les conditions matérielles sont défavorables.

→ La <u>motivation</u>, le renouvellement, la <u>mise en confiance</u> et la <u>réussite</u> de l'apprentissage.

L'utilisation d'une machine moderne, innovante, d'avant-garde, socialement reconnue comme telle, est assurément motivante en soi. Ce facteur est un avantage pédagogique a priori. Mais il ne peut suffire en tant que tel. Le recours informatique offre deux avantages déterminants. Il permet de travailler autrement, de manière autonome et active et il permet de travailler davantage, de mieux réussir. Il se consacre et s'établit véritablement par le fait que les activités informatiques sont créées et proposées pour faire travailler l'élève

individuellement et pour l'amener à la réussite. L'autonomie et la réussite sont les facteurs clés de l'activité informatique. Toutes les activités informatiques sont conçues sur ce principe de l'éducabilité positive, sur une anticipation et un scénario de la réussite de l'élève. Elles sont prévues et organisées en conséquence. Cette réussite autonome sur ordinateur, même relative, entretient et renforce une image très positive du recours informatique chez les élèves, et du même coup fortifie leur motivation et finit par les mettre en confiance dans leurs apprentissages. Il ne faut pas s'y tromper, la représentation bénéfique de l'ordinateur chez les élèves est une construction pédagogique.

→ Un facteur d'égalité

Dans le procès de formation de concepts scientifiques à travers la généralisation, le passage de la pensée préscientifique par complexe au concept scientifique s'opère dans le champ sémantique des connaissances et des savoir-faire déjà acquis et de leur proche développement. Il est grandement favorisé par la richesse du champ conceptuel et par le fait de posséder les schèmes opérationnels indispensables. Une des inégalités entre les enfants des classes instruites (de l'élite) et les enfants des classes populaires sous-culturées dans l'enseignement réside précisément dans l'inégal héritage du corpus des concepts et des schèmes transmis familialement. Plus l'enseignement est transmissif et scolastique, appuyé implicitement sur le capital culturel des élèves, plus il est socialement ségrégatif. Par son caractère expérimental, méthodologique, constructiviste et éducatif, le recours informatique peut être un facteur de réduction de l'inégalité scolaire.

Par exemple, lors des apprenticiels sur la symétrie axiale, des élèves échouent dans l'activité de la construction du fait de la défaillance des deux schèmes indispensables notamment celui de l'algorithme action "tant que". L'expérience a montré qu'avec l'aide du professeur, la simulation informatique pratique de cet algorithme était capable d'organiser et de générer ce schème chez l'élève qui en était dépourvu au départ. On a pu constater que, dans des situations comparables, ces élèves ainsi initiés étaient capables, par la suite, d'agir selon ce schème algorithmique. Par un effet dialectique, l'instrument informatique qui exige la mise en œuvre de certains schèmes est également susceptible de les enseigner aux élèves qui en sont dépourvus. Par rétroaction de la simulation, l'exigence peut se transformer en formation. L'instrument qui doit accomplir, dans l'activité, la tâche par itération peut initier également, si nécessaire, l'algorithme-action du sujet.

→ La planification, la programmation, le suivi, l'évaluation et la gestion des activités.

Le recours informatique fournit, particulièrement dans les ensembles d'exerciseurs d'entrainement ou de soutien, des moyens puissants et commodes pour planifier, suivre, évaluer et gérer les activités des élèves. Comme on l'a vu, le professeur, avec des logiciels tels que SMAO ou LaboMEP, peut organiser le travail de la classe de manière globale et individuelle dans le temps. Il est facile d'importer la base élève de l'établissement dans la base du logiciel, de programmer des séances collectives ou individuelles, en fonction de l'emploi du temps, au collège ou à domicile, selon une progression dans le temps adaptée à chaque élève, suivant le niveau de difficulté. Le logiciel se charge d'évaluer le travail de chacun. Ces évaluations formatives sont en général paramétrables : niveau de réussite exigible ou non, par exemple 75% ; progression libre ou impérative pour passer d'un exercice au suivant. Le système enregistre et transmet les résultats à un tableur pour des traitements particuliers ou des pondérations adaptées permettant de donner une évaluation institutionnelle (une note). La gestion d'un devoir maison en ligne est grandement facilitée. Il est même possible de suivre à distance le travail de l'élève en direct lors des séances.

Avec le déploiement des ENT, ces possibilités sont largement décuplées et banalisées.

Dans le même ordre d'idée, les moyens bureautiques offrent à l'enseignant une batterie de moyens puissants pour gérer le travail et les résultats scolaires des élèves permettant des traitements statistiques significatifs. Les bases de données en ligne académiques ou en réseau d'établissement, interconnectées ou transférables, gèrent élèves, absences, notes, bulletins trimestriels, B2i, ASSR et socle des compétences et examens.

→ La communication, l'archivage, l'externalisation, la mutualisation.

Réseaux informatiques d'établissement, ENT et L'Internet rendent possibles l'archivage des données, des ressources et des réalisations, et la communication entre élèves, parents d'élève, professeurs et administrations. Et l'apparition et la montée en puissance des sites Internet des établissements, des centres de ressources académiques et nationaux ainsi que des organismes de recherche-action tels que les IREM et les associations actives comme Sésamath mettent à disposition des enseignants d'innombrables ressources gratuites et libres de droits dans tous les domaines, à tous les niveaux.

▪ La création des comptes informatiques des professeurs et des élèves sur les réseaux d'établissement a permis de conserver leurs travaux personnels et les activités pédagogiques numériques tout en les rendant immédiatement accessibles et transmissibles.

▪ Si les communications entre les élèves ont été interdites dans les collèges pour des raisons disciplinaires, les élèves ont pu être mobilisés pour transmettre par la messagerie interne de l'établissement les travaux numériques que les professeurs leur avaient demandés.
▪ Les sites de travail en ligne comme Mathenpoche et LaboMEP conservent à l'année[1] et communiquent directement aux professeurs les résultats des travaux de leurs élèves
▪ Grâce à l'extranet des ENT, les ressources collectives et personnelles des élèves et des professeurs sont mises à disposition à l'extérieur de l'établissement, tout comme le cahier de textes de la classe pour les parents d'élève.
▪ Mais le bénéfice le plus important de cette connexion est sans conteste la possibilité pour les professeurs de s'échanger leurs réalisations pédagogiques, de mutualiser les activités jugées les plus intéressantes et opérationnelles, de contribuer à alimenter, pour les plus expérimentés, les sites des IREM, des académies, de l'association Sésamath…, voire leurs propres sites. Ainsi s'est constituée progressivement une communauté enseignante basée sur la créativité, l'échange, la mutualisation et l'entraide. Un vivier actif d'où émergent spontanément, hors hiérarchie et institutions académiques, professeurs expérimentés, formateurs, chercheurs-action et experts du recours informatique.

→ L'agrégation des actions professionnelles

Un des derniers avantages, et non des moindres, de l'extension de l'informatique pédagogique est l'agrégation de l'ensemble des actions professionnelles du professeur de mathématiques. Désormais, depuis l'élaboration de son cours, de ses activités, des exercices, des corrigés, des contrôles, des évaluations, de la gestion des résultats…, une part dominante et croissante de son travail est réalisée au format numérique et est donc intégrée dans un *ensemble informatique personnel* qui forme un *bureau professionnel* accessible et ouvert sur le monde de l'éducation. Matériellement, il repose sur son compte d'établissement et académique et ses ordinateurs privés reliés par les réseaux. Le manuel de mathématique est numérisé, avec ses activités, ses exercices et problèmes et leurs corrigés. Un nombre croissant d'activités pédagogiques sont informatisées. Les notes sont gérées par un logiciel spécialisé compatible avec son tableur, tout comme les appréciations des bulletins trimestriels. La correspondance avec l'institution, les parents, les élèves passe de plus en plus par courriels. À toutes fins utiles, ces différents éléments peuvent être mobilisés en classe au vidéoprojecteur (ou avec la caméra) ou transmis à volonté. La base matérielle du métier du professeur de

[1] La CNIL interdit de conserver sur un serveur informatique les évaluations des élèves au-delà de l'année scolaire.

mathématique, liée à son activité purement intellectuelle, a été largement informatisée et de ce fait intégrée, agrégée dans ce format existentiel numérique. Cette agrégation des actions, des travaux, des évaluations et des communications a joué un rôle important dans la généralisation du recours informatique parmi les professeurs de mathématiques.

3 Mais des limites techniques et une illusion

Ce formidable potentiel connaît néanmoins quelques limites et problèmes propres à la technique informatique, en plus des décalages cités, qu'il convient de connaître et maîtriser :

▪ la gestion des nombres "réels" par un nombre de décimales limitées qui, au-delà d'un certain degré devient aberrant (cf. l'activité sur la réciproque du théorème de Pythagore)

▪ la définition des points de base et la gestion de l'infini en géométrie

▪ le problème du format de l'affichage sur l'écran qui donne le pas de la souris. Ainsi, il est impossible de pointer directement à la souris la position exacte de points correspondant à des transformations géométriques. Ce qui a imposé de créer pour pouvoir gérer ces manipulations avec la souris la construction de structures de contrôle logiques avec Cabri basée sur un disque d'accrétion[2] et l'intégration d'une fonction résidente "Point magnétique" dans le logiciel de géométrie dynamique CaRMétal.

Dans un autre ordre d'idées, il faut faire attention à ne pas tomber dans l'illusion du spectaculaire, du virtuel, à croire que l'animation seule peut suffire. Pour comprendre, pour conjecturer, pour s'approprier l'apport spécifique de la figure dynamique, de la simulation ou du calcul, il faut que l'élève agisse sur le processus, sur cette réalisation numérique, qu'il expérimente, qu'il modifie ou transforme l'objet d'étude informatique.

4 En évolution permanente

Le propre de l'informatique est son évolution incessante et rapide sur le plan matériel et logiciel. Les ordinateurs deviennent de plus en plus puissants suivant la loi de Moore qui voit leur puissance doubler tous les dix-huit mois. Les langages évoluent aussi et deviennent à la fois plus complexes dans leur conception et plus faciles à manipuler. Ce qui n'était pas envisageable hier le devient demain. La base matérielle de l'éducologie informatique change et évolue en permanence, déplaçant ses lignes et bougeant ses règles.

[2] Mattiussi, C.(2007).Constructions logiques avec Cabri. *L'Autan (bulletin de l'IREM de Toulouse)*, 1, 45-49

Partie V

Les Usages

1 Dans la deuxième phase de la synthèse ?

2 Dans la première phase de découverte

3 Dans la phase d'application

4 Dans la phase d'évaluation

5 Dans la remédiation et l'aide

Avoir recours à l'ordinateur pour profiter de ses immenses possibilités et ses apports irremplaçables, mais pour quoi faire exactement ? C'est la question simple, première que va se poser tout enseignant motivé. Ce qui suppose que l'on sache parfaitement ce que l'on fait quand on enseigne les mathématiques. Un sujet sur lequel se sont penchés les didacticiens depuis plus d'un quart de siècle. Pour faire simple, la conception, qui imprègne depuis 1985 l'esprit des nouveaux programmes, distingue dans la transposition des savoirs à l'école et leurs contextualisations, suivant les instructions qui ont pu varier dans le temps suivant les ministres successifs, au moins cinq phases dans la mise en œuvre de la transmission des connaissances :

→ *La phase première de l'expérimentation* : à partir d'une situation problème, des activités de découverte des propriétés du sujet d'étude doivent permettre la formulation de conjectures, de définitions plus ou moins élaborées et de preuves plus ou moins complètes. C'est la phase active, déterminante de l'apprentissage, de la génération des concepts, depuis qu'ont été abandonnées les méthodes purement transmissives et scolastiques. Différents degrés et formes de dévolution sont accordés aux élèves dans cette genèse.

→ *La deuxième phase de la synthèse et de l'institutionnalisation* : qui partant des conjectures, formulations et propositions de la première phase doit déboucher sur l'institutionnalisation du savoir. Une étape délicate, qui, par la maïeutique de la confrontation des conjectures et des formulations partielles avec la logique et les connaissances établies, doit distinguer par le raisonnement le vrai du faux et apporter la preuve incontestable de la vérité de la notion nouvelle en regard de l'épistémologie mathématique, nouvelle notion qui est alors dûment authentifiée et consacrée.

→ *La troisième phase de l'application de cette nouvelle connaissance* : au travers d'une batterie d'exercices divers et gradués, d'entraînement, d'approfondissement et de transfert.

→ *La quatrième phase de l'évaluation* par un contrôle de la maîtrise de l'acquisition de ce savoir et savoir-faire qui peut s'interpréter sous forme de compétence.

→ *La cinquième phase de la remédiation* pour les élèves qui sont en échec partiel ou total. Une aide et un soutien qui s'apparentent à une action récurrente qui va parcourir autrement les quatre premières phases du cours initial.

Comme dans toutes activités humaines, le besoin naît des difficultés à mener à bien son action. C'est la règle d'or de l'essor de toute nouvelle technologie : son développement découle de l'impérieux besoin de mieux faire, d'être plus efficace, plus performant, de surmonter les difficultés et éviter les échecs.

Précisément, où, dans quel travail, dans quelle action les enseignants de mathématiques éprouvent-ils des difficultés ou aspirent-ils spontanément à de meilleurs résultats ? De ces cinq phases ou actions fondamentales de l'enseignement, dans quel cas peut-on éprouver le besoin de recourir à une technologie salvatrice comme celle que pourrait apporter l'ordinateur ? Dans quelle activité précise un besoin avéré se fait-il sentir ?

1 Dans la deuxième phase de la synthèse ?

La phase cruciale de l'élaboration scolaire du savoir qui se joue dans le cadre d'une discussion collective sous la direction de l'enseignant. Une pédagogie étudiée depuis longtemps avec Platon, Rousseau, etc. La plupart des enseignants en maîtrisent bien la maïeutique et la dialectique. C'est la partie la plus vivante du cours, la plus appréciée, celle qui donne le plus de satisfactions. Ce n'est pas dans cette phase que les professeurs ont besoin d'aide. L'ordinateur ne serait pas d'un grand secours dans ce débat vivant, critique, qui peut être confus, tortueux, imprévisible, où la majorité a rarement raison. Malgré les progrès de l'intelligence artificielle et de la compréhension des langages naturels, cette machine est parfaitement incapable de jouer un rôle décisif dans ce jeu intellectuel complexe du dégagement collectif de la vérité. Il n'est pas à la hauteur des exigences méthodologiques et sémantiques d'un tel travail de synthèse. Donc, dans cette phase, l'ordinateur ne peut d'une manière générale nous être utile autrement que comme générateur de conjectures ou vérificateur d'hypothèses.

2 Dans la première phase de découverte

Dans cette phase de la découverte la demande pédagogique s'avère la plus pressante quel que soit la pédagogie pratiquée, qu'elle soit plus ou moins active ou constructiviste.
Dans cette activité de recherche, l'ordinateur apparaît comme un facteur nouveau et puissant d'expérimentation. Là où l'enseignement traditionnel n'apporte qu'un nombre limité d'exemples, qu'une ou deux illustrations avant d'*extrapoler* et de généraliser trop vite (ce que seuls les bons élèves sont capables de faire aisément), l'ordinateur peut les multiplier par cinq, dix ou cent fois. Il est un *intensificateur* d'expériences. Mais surtout, on l'a dit, comme puissant moyen de transposition, par la simulation ou la concrétisation, il peut présenter la notion à étudier, qui fait problème, comme une *réalité pseudoconcrète* qui se prête à son étude

expérimentale. Et par le biais de son interactivité, l'ordinateur permet d'intervenir sur cet objet d'étude, de le modifier, de le transformer, de le faire accoucher de ses secrets. L'action est la source de la connaissance. De plus, par l'autonomisation du travail, en respectant les rythmes et les démarches singulières, il assure une meilleure participation à l'expérimentation de chacun. Et il peut fournir, au cas par cas, de l'aide à la demande.
Cet apport supérieur à toute pratique traditionnelle, inégalable, a pu être vérifié par exemple dans l'enseignement des transformations en géométrie au collège où des apprenticiels ont fait leurs preuves. Ou encore dans l'étude des théorèmes de Pythagore et de Thalès où des apprenticiels permettent leurs découvertes avec un gain de temps et d'efficacité incontestable.

Mais toutes les notions de mathématiques ne se prêtent pas à la découverte en pédagogie active et à l'aide d'apprenticiels. Par exemple, comme on l'a vu, l'étude de la réciproque du théorème de Pythagore. Les élèves n'arrivent pas à réinventer ce raisonnement réciproque dont la logique les dépasse. D'ailleurs, il est remarquable de constater que les manuels de quatrième sont très discrets sur cette question difficile, et, fait notable et révélateur, ils ne proposent aucune activité traditionnelle ou autre.

Dans ce cas, le professeur peut utiliser l'ordinateur en pédagogie magistrale à l'aide d'imagiciels appropriés. Ce recours simple et pratique peut s'avérer très performant.

3 Dans la phase d'application

Pour accomplir l'indispensable entraînement à la maîtrise des notions apprises, l'ordinateur peut-il aider et fournir un ensemble d'exercices autocorrectifs ? Assurément, il l'a beaucoup fait et même trop avec un bonheur inégal puisque c'était le contenu de la valise du plan IPT en 1985. L'expérience a montré que ces exercices assistés par ordinateur étaient d'une efficacité variable et souvent faible. En concurrence avec l'exercice traditionnel corrigé en classe trois faiblesses sont apparues qui ont relégué un temps ce recours aux oubliettes :
<u>Une perte de temps</u> : traditionnellement, les exercices sont pour l'essentiel donnés à faire à la maison. L'élève peut y passer, à tête reposée (c'est-à-dire dans le calme, à son rythme et sans la pression du professeur et du groupe classe) un temps variable avec certes un succès inégal (qui dépend beaucoup de l'aide qu'il peut recevoir à la maison). Si tous les exercices sont faits en classe, ils vont manger un temps précieux au détriment des activités de recherche et de synthèse du cours proprement dit. Et l'on reviendrait à un enseignement transmissif.
<u>Une faiblesse méthodologique</u> : traditionnellement donc seules les corrections des exercices

sont faites en classes, occasion de revenir et d'insister sur les méthodes et sur les erreurs typiques commises. C'est justement, dans leur conception behaviouriste[1], le point faible de la plupart des logiciels d'exercices qui se bornent à corriger de manière globale le seul résultat sans suivre ni corriger la démarche et les erreurs classiques. Il faut espérer que les logiciels d'exercices évolueront à l'avenir pour devenir plus intelligents, qu'ils deviendront plus méthodologiques.

Une lourdeur organisationnelle : Ces exercices sont conçus pour être pratiqués en pédagogie active et autonome donc en salle informatique. L'organisation matérielle n'est pas toujours simple. La salle n'est pas toujours libre. Le nombre de machines est limité. Les déplacements dispersent et font perdre du temps.

Mais de nouvelles possibilités : cependant, avec l'essor de l'Internet, il est dorénavant possible de donner à faire les exercices sur ordinateur à la maison dans les mêmes conditions que le travail traditionnel avec en plus de l'interactivité, la correction et une aide. Et de surcroît, ce travail peut être suivi à distance par le professeur. Une nouvelle façon de faire les devoirs.

Et il est un recours qui grandit au fur et à mesure que les établissements s'équipent de vidéo projecteurs ou de caméra, c'est l'utilisation magistrale de l'ordinateur pour *corriger* les exercices en classe. Dans ce travail, l'ordinateur peut apporter une aide intéressante par le biais d'imagiciels qui permettent de corriger les figures de géométrie au moyen du super rétroprojecteur qu'il représente, fournissant toutes les ressources de la géométrie dynamique ou de la géométrie dans l'espace sans oublier les représentations graphiques en statistiques.

4 Dans la phase d'évaluation

Dans cette étape, il y aurait un besoin pressant et énorme, celui des contrôles et de leurs corrections, véritable tâche écrasante des professeurs. Si l'ordinateur était capable de poser et surtout de corriger les contrôles, il est sûr que 95 % d'entre eux y recourraient ! Mais évidemment, pour les raisons données plus haut (pour la phase de synthèse), il en est tout à fait incapable. Sauf à concevoir un enseignement au rabais du type QCM sans réponses ouvertes. Ce qui n'est pas le cas pour le moment en France. Sauf dans quelques opportunités limitées qui s'y prêtent bien en calcul comme, par exemple, les QCM avec le tableur sur les

[1] Seul compte le résultat sans s'intéresser à la démarche.

identités remarquables en 3e, les multiplications et divisions par 10, 100, 1000 en 6e, les conversions d'unités et le calcul mental.

5 Dans la remédiation et l'aide

À la fin de l'étude peut s'enclencher, suivant la nécessité et la possibilité, l'action récurrente de la remédiation. Mais seulement si le nombre d'élèves en échec est suffisamment important ou si les horaires en fonction du programme d'enseignement le permettent (ce qui n'est guère possible en classe de 4e et 3e).

Ces actions d'aide et soutien aux élèves sont lourdes à organiser pour l'enseignant qui se voit confronter à un deuxième travail laborieux et malaisé. Dans ce domaine, le besoin d'aide est considérable, à la mesure des difficultés de sa mise en œuvre.

Les expériences menées au cours des années quatre-vingt et quatre-vingt-dix et développées dans les années deux mille l'attestent : le recours informatique dans le soutien aux élèves en difficulté apporte incontestablement une aide appréciable. Son efficacité et sa performance découlent d'un certain nombre d'avantages spécifiques, irremplaçables, hors d'atteinte des méthodes traditionnelles.

La nouveauté

À l'évidence, dans le soutien, le recours à l'ordinateur innove dans tous les sens du terme sur la nième répétition de l'enseignement traditionnel. Il apporte cette nouveauté et cette différence qui sont, en soi, des facteurs décisifs pour la réussite d'une activité de remédiation. Mais ce renouveau n'est pas seulement technique et accessoire. Il renouvelle surtout la substance du contrat didactique et la démarche cognitive.

Le transfert didactique

La pédagogie informatique excelle dans la modification du rapport enseignant enseigné. Elle évacue tout le contentieux psychologique de l'échec accumulé entre l'élève en difficulté et le professeur ou plutôt avec son image de censeur autoritaire détenteur du savoir. La relation est distancée et objectivée. L'élève se retrouve avec une machine apparemment neutre et l'aborde en confiance. Il s'enferme dans son dialogue avec elle en ayant l'impression qu'il n'a, à travers elle, de comptes à rendre qu'à lui-même (un effet miroir). De plus, il n'est plus mesuré à l'aune redoutable et impitoyable du groupe classe qui éclate en autant de postes de travail. Seuls quelques rares élèves s'en trouvent au départ décontenancés et insécurisés.

L'ordinateur n'est pas vu, par l'élève, comme une machinerie magistrale ou une excroissance

du professeur. L'élève le considère, en tant que machine moderne qu'il utilise pour jouer, communiquer, plutôt comme un allié, un ami, que comme un auxiliaire du professeur (dont l'image traditionnelle était encore plus proche du tableau noir que du micro-ordinateur, même si elle évolue rapidement). Il devient *son* outil de travail personnel. L'ordinateur bénéficie chez l'élève d'un préjugé favorable.

Une pédagogie de la réussite

L'ordinateur (avec ses logiciels) est doué d'une infinie patience. Il n'intervient pas dans le domaine de la discipline scolaire. Il ne fait pas de remontrances, ni ne punit. Au contraire, il aide, corrige, encourage sans se lasser. Son mode d'évaluation du travail de l'élève est en général plutôt de type *formatif*. C'est un type d'éducation positive, optimiste, insensible aux états d'âme. Si le didacticiel a été bien choisi, il finit toujours par amener l'apprenant à atteindre son objectif au bout d'un cheminement et d'un temps variable. Il a été programmé pour cela. Au contraire du principe moteur de l'enseignement traditionnel qui juge de la réussite par le non-échec à un niveau et à un moment donnés, la méthode informatique se développe sur la base d'une réussite progressive, étalée, modulée, adaptée en fonction de l'apprenant, partant de l'état d'esprit que tout finit par s'apprendre. Il procède de ce postulat de l'éducabilité positive. Son problème avéré n'est que celui de l'expertise du domaine de l'apprentissage qui doit guider la programmation du didacticiel. Cette pédagogie de la réussite inhérente à l'informatique pédagogique est particulièrement bien adaptée au soutien scolaire. Certains d'ailleurs peuvent lui tenir rigueur de ne pas être une machine sélective. Cet aspect antisélectif est antagonique des pratiques courantes de l'enseignement traditionnel. C'est un des freins de l'introduction de l'ordinateur dans l'enseignement.

L'individualisation du travail

Tous les praticiens le disent : les élèves en difficulté forment un groupe de niveau très hétérogène. Les profils d'élèves y sont variés et complexes. Chaque élève est un cas particulier, ayant une histoire propre, un itinéraire singulier et des problèmes psychologiques, familiaux et sociaux originaux. Même s'il relève du même ensemble de difficultés sociales et culturelles connues, chaque individu est un cas d'espèce singulier et complexe non réductible à des généralités. C'est pourquoi l'individualisation du travail est le principe clé du succès d'une activité de remédiation. "The Personnal Computer", le PC est, comme l'indique son nom commun, par nature, une machine qui a été créée pour un travail de type individuel. Sa vocation est bien celle de l'enseignement individualisé. En tant que machine programmable, capable de simuler et de modéliser un processus d'apprentissage, il rend donc possible de traiter les problèmes particuliers de chaque élève et de permettre à chacun de résoudre ses

propres difficultés, de suivre son cheminement personnel et d'avancer à son rythme. Avec l'ordinateur, l'activité de soutien peut donc être adaptée à chaque élève. L'ordinateur est l'outil par excellence de l'individualisation de l'enseignement. D'autant que l'ordinateur et ses ersatz numériques, tablettes ou Smartphones, sont devenus les instruments existentiels des adolescents.

L'interactivité

Dans son travail traditionnel, l'élève n'obtient la correction de son travail qu'après l'avoir terminé, souvent même de manière très décalée dans le temps. Dans une activité informatique, la correction, l'aide et l'évaluation peuvent être immédiates, au cours du travail même, permettant une remédiation à chaud. Un avantage considérable. Et cette correction peut être progressive, au fur et à mesure de la résolution du problème, à chaque étape, accompagnée d'une aide adéquate circonstanciée.

L'aide au travail personnel

Ainsi le travail sur ordinateur développe-t-il spontanément, chez les élèves, l'autonomie et la confiance en soi, capacités souvent défaillantes chez les élèves en difficulté, fragilisés et démoralisés par l'échec répété. Guidé patiemment vers plus de réussite, l'apprenant reprend confiance en lui-même, se réconcilie avec l'effort scolaire et intellectuel. Au-delà de l'apport cognitif et méthodologique spécifique, l'élève y gagne en capacité de travail, en ténacité, en volonté et en équilibre.

Il arrive que certains élèves s'énervent devant leur machine quand ils ne parviennent pas au résultat requis. Mais ce genre de réaction apparaît dérisoire et déplacée pour l'entourage comme pour lui-même. L'élève excité se calme assez vite. Et comme il finit par réussir, l'inanité d'un tel comportement caractériel s'impose à lui. L'ordinateur est capable de provoquer et d'aider à une auto ré éducation psychologique salutaire.

Et, contrairement à l'esprit de compétition qui sévit généralement en classe, notamment face aux contrôles, les élèves, portés par cet engouement de la pédagogie de la réussite, en arrivent à s'entraider facilement d'un poste à l'autre.

La remotivation

Dans certaines disciplines de l'écrit, l'utilisation de cet outil moderne, avec un traitement de texte ou la PAO, apporte une grande souplesse et une puissance de travail considérable. Le traitement de texte permet de modifier et de corriger un écrit sans avoir à tout recommencer, et autant de fois que l'on veut. Une aubaine pour la rédaction, la recomposition de texte ou l'élaboration d'exposés. Une aide appréciable pour les travaux toujours lents et laborieux des élèves en difficulté. De plus, l'impression immédiate d'un document de bonne ou même

d'excellente qualité typographique, qu'il est possible d'éditer ou de photocopier facilement, est très stimulante et valorisante pour l'élève. Le travail ou la remédiation de l'écrit sur ordinateur est capable de réconcilier ces élèves avec l'expression écrite; en tout cas de les remotiver. Le traitement de texte c'est l'imprimerie idéale d'une pédagogie de type Freinet. L'inconvénient, et il n'est pas mince, c'est qu'il demande une formation des élèves au traitement de texte, opération qui peut prendre un peu de temps - mais n'est-ce pas, en elle-même, une formation qualifiante. Et la frappe peut-être lente. La valeur du recours dépend donc de l'enjeu ou de la durée envisageable. Il en est de même avec le calcul. L'élève peut faire ses gammes sur un logiciel d'entraînement ou un tableur programmé du type QCM, et se réconcilier avec le calcul jugé fastidieux.

Une meilleure efficacité et productivité

L'utilisation d'ordinateurs démultiplie et assiste le travail du professeur dans son action de soutien. Il permet de pouvoir suivre et aider en soutien un groupe d'élèves plus nombreux. En fait, d'en doubler le nombre. L'expérience montre que si un professeur ne peut s'occuper, en général, en soutien, que d'une dizaine ou d'une douzaine d'élèves maximum, avec un didacticiel performant, le soutien informatique permet de doubler ce nombre et de soutenir sans trop de mal un groupe ou une classe d'une vingtaine d'élèves.

De plus, l'efficacité de l'action est largement supérieure du fait que le traitement des difficultés est immédiat, plus systématique, et plus fin. Le professeur est libéré des corrections et des aides simples, de niveau élémentaire, qui bloquent souvent ces élèves. Il lui est possible de se consacrer à des interventions plus lourdes, plus approfondies, plus conséquentes et plus longues avec les quelques élèves qui subissent un échec plus sévère. En fait, son rôle dépend de la qualité du logiciel, de sa capacité à aider les élèves. Si le logiciel est bien conçu, bien adapté et que le professeur a fait le bon choix, son rôle sera d'autant réduit.

L'évaluation faite par le logiciel aide et libère partiellement le professeur de cette tâche ingrate et lourde et d'autant plus complexe que l'individualisation du travail est poussée. En outre, elle est faite instantanément, pour chaque élève, ce que ne peut faire un professeur.

De surcroît, l'informatique gère le suivi, la progression et les résultats du travail de chaque élève. Le système mémorise, restitue et imprime l'ensemble de ces données et offre de larges possibilités de paramétrage et d'ordonnancement du travail. L'organisation du soutien en est grandement facilitée et son efficacité largement accrue.

Et si l'on dispose d'un panel de didacticiels suffisamment riche et diversifié, le recours informatique enrichit la palette des possibilités. Il permet de varier les activités, les méthodes et les approches. À l'aide d'un assortiment de logiciels appropriés, il rend possible, à peu de

frais et avec un minimum de préparation et d'investissement de la part de l'enseignant, le traitement spécifique du problème particulier de chaque élève.

La révolution de l'aide

Le recours informatique pour le soutien aux élèves en difficulté ou en échec sous la forme de séances organisées en salle informatique de manière systématique ou ponctuelle est une pratique répandue qui a fait depuis longtemps la preuve de son utilité, de son efficacité et de sa supériorité. En utilisant des logiciels du type SMAO, il a été possible de combiner judicieusement et à la carte un petit apprenticiel de redécouverte de la notion, un tutoriel de révision du cours, une batterie d'exercices de remédiation évalués de manière formative par un score sous la forme d'un pourcentage de réussite (plus de 75 %), et des jeux cognitifs d'attente pour les plus rapides. Au fil des nouvelles versions, ces activités se sont améliorées et affinées et sont devenues plus pertinentes.

Mais désormais, l'essor du réseau des réseaux, l'Internet, avec l'équipement des établissements et des familles en accès haut débit, la disponibilité de serveurs et de sites associatifs libres et gratuits, a inauguré une nouvelle façon de faire travailler et d'aider les élèves. Il est maintenant possible d'envisager la continuité du travail informatique de l'élève de l'établissement à son domicile.

D'ores et déjà, ont été organisés avec des logiciels en ligne comme Mathenpoche de l'association Sésamath des devoirs maison en ligne sur une série d'exercices ou de problèmes judicieusement choisis à effectuer pendant une période donnée, avec une date butoir, à faire à la maison pour ceux qui sont équipés ou en salle informatique pour les autres lors de séances spéciales en dehors des cours sous la surveillance d'un adulte. Le devoir maison y gagne tous les avantages du recours informatique : interactivité, aide, correction immédiate, évaluation et gestion des résultats. Plus quelques autres : travail depuis n'importe quel point d'accès, n'importe quand et à son rythme. À partir de la base de données des résultats, le professeur n'a plus qu'à donner l'évaluation à sa convenance, par exemple sous la forme d'une note comme pour tout devoir maison.

Il a été également, de la même façon, organisé un soutien individualisé, particulier pour des élèves en difficulté, en leur donnant tout au long de l'année des séries d'exercices de remédiation appropriés, suivis et évalués de la même manière.

Ainsi, ont été inscrits des élèves sur le site de L'ASP de la MAIF qui donne un accès gratuit au site « Rue des écoles » pour pouvoir bénéficier d'une aide à la révision des cours et surtout une assistance à la résolution des exercices de tous les manuels de mathématiques. Une aide intéressante, mais qui reste limitée aux élèves de niveau moyen.

Partie VI

Disponibilités informatiques et incitations officielles

1 Un potentiel informatique en développement continu

2 Les incitations et l'obligation des nouveaux programmes

3 Un nouveau critère d'inspection

4 Le rôle de la formation

À la fin des années quatre-vingt-dix, en 1998, il était estimé par les IPR et les formateurs que le recours informatique dans l'enseignement des mathématiques n'était pratiqué peu ou prou que par seulement 5 % des enseignants. Une douzaine d'années plus tard, notre étude montre (voir plus loin) que cette proportion a atteint désormais entre 30 à 40 % des professeurs de mathématiques de collège de l'académie de Toulouse. Un essor considérable qui s'est développé sous l'effet de plusieurs facteurs :

⇨ *La généralisation des équipements* en quantité et en qualité dans les collèges, même dans les départements pauvres comme le Gers, avec, en particulier, la dotation en nombre de vidéoprojecteurs, le matériel idoine du recours informatique en classe.

⇨ *La progression*, même chaotique et fragile, *de l'administration des réseaux informatiques* des collèges.

⇨ *L'arrivée de logiciels libres et gratuits performants* tels que les logiciels de géométrie dynamique, ainsi que des ensembles d'exerciseurs en ligne.

⇨ *La généralisation progressive de l'Internet haut débit* donnant accès aux serveurs et aux ressources et applications disponibles en ligne.

⇨ *Les incitations officielles dans les nouveaux programmes de mathématiques* en collège de 1998, de 2003 et 2008 à utiliser l'ordinateur avec, en particulier, l'obligation faite aux professeurs de mathématiques d'enseigner le tableur aux élèves dans le cadre de la formation au B2i (Brevet Informatique Internet).

⇨ *La progression spectaculaire de la formation continue* à l'utilisation pédagogique des matériels et des logiciels en deux vagues, de 1999 à 2004 et de 2005 à 2010. Entre 1999 et 2010, année de l'arrêt brutal des formations, environ 730 des professeurs de mathématiques des collèges publics de l'académie de Toulouse sur 1800 ont participé en douze ans à des stages de formation du PAF (Plan Académique de Formation) portant la proportion des professeurs ayant suivi cette formation à un tiers environ du corps professoral dans la période.

⇨ *La disponibilité des ressources pédagogiques informatiques* offerte par les sites des IREM, des Académies, des associations mutuelles des professeurs impliqués (comme Sésamath) et de quelques activistes prolifiques (comme Ami Collège) ainsi que par la diffusion de leurs supports numériques en Cédéroms, Dvdroms accompagnant les nouveaux manuels et les stages.

Un essor de la formation et des pratiques informatiques dans l'enseignement des mathématiques qui ne peut qu'interpeller le scepticisme concomitant de la recherche universitaire, et qui mérite que l'on examine en détail ces différents facteurs de cette expansion spectaculaire.

1 Un potentiel informatique en développement continu

Si l'ordinateur, d'un côté, avec son système d'exploitation et ses langages, est la base matérielle et logicielle de l'informatique, les logiciels applicatifs, d'un autre côté, représentent la base intellectuelle et cognitive de ses utilisations éducatives. Ces deux ressources ont fonctionné et évolué de pair dans le temps avec un décalage pour les logiciels qui s'adaptent et s'améliorent en fonction de l'augmentation de la puissance de la machine et de son système progressant par palier environ tous les cinq ans. Ainsi des générations de logiciels ont crû et ont opéré leurs mutations au fur et à mesure des progrès techniques dans leurs trois caractéristiques essentielles, les fonctionnalités, l'ergonomie et l'affichage, passant du DOS à Windows 8, du clavier à la souris et au doigt, de l'écran monochrome textuel à l'écran graphique haute résolution, des langages impératifs interprétés aux langages objet et évènementiels, de la commande écrite, au menu déroulant et à l'icône. Des générations de logiciels d'enseignement sont ainsi passées en un quart de siècle de la version DOS monochrome à la version Windows couleur haute définition. En particulier en géométrie où on est passé de la construction laborieuse des figures par lignes de commandes à la gestion directe des objets graphiques.

D'un autre côté, la puissance a amené la rapidité et l'instantanéité qui ont permis et favorisé l'interactivité. Le développement continu de l'informatique a créé des applications de plus en plus performantes. *Cette montée en puissance de la base technique et cognitive est incontestablement un des facteurs fondamentaux de l'essor de l'informatique pédagogique*. Avec cependant un phénomène négatif corolaire paradoxal qui est cette croyance toujours vivace que le seul développement technique suffirait à en assurer mécaniquement la progression pédagogique. Une illusion qui a pris la forme d'une fuite en avant technologique ignorant l'importance décisive de la maîtrise éducologique. Les merveilles et les promesses des nouvelles générations des logiciels d'enseignement allaient emporter l'adhésion massive spontanée des enseignants. À cette fin, on a multiplié les formations techniques à l'utilisation des nouveaux "outils". Un terme qui n'est pas neutre, "outils" et non "instruments" d'enseignement. Déception à chaque fois ! Passé le feu de paille des mobilisations techniques, le nombre des pratiquants allait s'amenuisant avec le temps. Une issue prévisible. Croire que le recours informatique n'est qu'un problème technique alors qu'il est essentiellement un problème pédagogique. Il faut comprendre que l'informatique pédagogique repose bien sûr sur

une base technique, mais que celle-ci doit être considérée comme un potentiel qu'il faut savoir utiliser et maîtriser pour en faire un instrument d'enseignement ou d'apprentissage.

De la privatisation de l'édition logicielle et l'assèchement budgétaire…

Jusqu'au ministre Monory en 1995, l'État avait mené une politique volontariste de soutien, d'aide et de promotion à la création et à l'achat des logiciels d'enseignement. Le ministère avait initié et soutenu le développement de logiciels éducatifs et publiait chaque année une liste de logiciels retenus et proposés à prix réduit aux établissements scolaires, les fameuses "licences mixtes". Pour ces logiciels choisis, le ministère payait à l'éditeur une partie du coût du produit qui était vendu ensuite à prix réduit aux établissements. Une politique efficace qui a permis à de nombreux collèges de s'équiper de logiciels tels que Cabri et de la suite bureautique Microsoft Office entre autres. D'un autre côté, le ministère avait commandé à un institut universitaire, le CREM, un logiciel de géométrie dans l'espace, "Géospace", qui a été diffusé à un prix modique par les CRDP. Au cours de ces années quatre-vingt-dix, les licences mixtes ont fini par disparaître. La ligne budgétaire des collèges n'en avait pas progressé pour autant. Au contraire, elle a diminué régulièrement pour disparaître complètement dans les années 2000 ruinant du coup tous les éditeurs privés qui vendaient du logiciel d'enseignement comme Chrysis. Avec Monory, la création logicielle pédagogique avait été abandonnée au secteur privé. Les projets et les éditions publiques avaient été démantelés tuant quasiment la création institutionnelle. Les éditeurs privés, comme Nathan, ont vite perçu l'indigence du marché des 7000 collèges désargentés et se sont tourné vers les familles des millions d'élèves en sortant pour la Noël des logiciels de révision mathématiques aussi pauvres sur le plan didactique que riches en effets graphiques. Des ventes qui se sont vite épuisées abandonnées au fond de quelques placards. Seul l'éditeur Vuibert Magnard fit paraître des cédéroms d'assistance aux devoirs des élèves, "Réussir en 4e" par exemple, apportant une aide didactique et méthodologique dans la résolution des exercices de tous les manuels de mathématique d'un niveau. Une réalisation d'une certaine qualité, avec des animations géométriques dynamiques, un rappel du cours et des méthodes, à laquelle le groupe IREM PIMC de Toulouse avait collaboré, regrettant néanmoins le format étriqué et insuffisant retenu par l'éditeur de 25 lignes de 40 caractères correspondant à l'écran du Minitel puisque le cédérom était également mis en ligne par télématique sur abonnement. Un succès momentané qui a été balayé par la révolution technique de l'Internet.

En définitive, dans les années quatre-vingt-dix, la création et l'édition publique avaient été démantelées au profit des éditeurs privés qui ont été ensuite ruinés par l'austérité budgétaire.

En vingt ans on est donc passé de la commande et de la promotion étatiques à l'abandon au privé du logiciel d'enseignement que les restrictions budgétaires ont anéanti.

Au salut par les logiciels libres et gratuits

Le salut de la création et de la diffusion du logiciel d'enseignement, et par voie de conséquence du recours informatique, est venu du milieu enseignant lui-même, de ses activistes regroupés en particulier autour des IREM. Abandonnés et ignorés par l'institution et les éditeurs, sans ressources budgétaires, ces professeurs engagés depuis une vingtaine d'années dans l'informatique pédagogique ont pris l'initiative de concevoir et de fabriquer les logiciels et les applications dont ils avaient besoin. Dans les IREM et de ses groupes de recherche informatiques, au sein d'associations de professeurs utilisateurs comme Sésamath et avec quelques francs-tireurs, auteurs et créateurs individuels passionnés, bénévoles et militants, comme Éric Hakenholz, l'auteur de CaRMétal, ont relevé le défi. Un phénomène qui a concerné les logiciels et leurs applications les plus utilisés dans l'enseignement des mathématiques :

- Les logiciels de géométrie dynamique
- Les ensembles d'exerciseurs
- Les logiciels de bureautique en particulier le traitement de texte et le tableur
- Les logiciels spécifiques et les applications pédagogiques.

Les logiciels de géométrie dynamique dans le plan et l'espace

Du temps du Nanoréseau, de 1985 à 1994, le logiciel de géométrie utilisé par les pionniers du recours informatique autour des IREM était le logiciel libre écrit en Logo, "Euclide", développé par le groupe PIMC de Toulouse en "Euclide+". C'est avec cette application que les premiers apprenticiels élève en salle informatique sur les symétries et la translation faisaient leurs premières expériences laborieuses, mais non dénuées d'efficacité didactique. Pourtant, dès 1988, le logiciel Cabri avait été mis au point par les universitaires de l'IMAG de Grenoble avec Laborde qui travaillaient sur la gestion directe des objets graphiques sur écran. Mais la première version était implantée sur MAC, restant du coup inaccessible pour les professeurs en collège travaillant sur PC. La version PC fut diffusée peu de temps après, mais les établissements scolaires n'étaient pas encore équipés de PC encore trop chers. Avec la dotation des collèges à partir de 1994, les établissements achètent la version Dos de Cabri en licence mixte. Ils feront la mise à niveau de la version II, mais ne pourront suivre avec la version Cabri II+ en raison des restrictions et de l'annihilation

budgétaires. Quant au logiciel de géométrie dans l'espace des mêmes auteurs, Cabri 3D, qui aurait pu avantageusement succéder à Géospace, il n'obtiendra qu'un succès d'estime et ne sera que rarement implanté dans les collèges en raison de son coût élevé de sa version établissement hors de portée pour des collèges exsangues.

Pour les nombreux professeurs utilisateurs, les formateurs, les créateurs d'applications notamment des IREM, il ne restait plus que la solution du logiciel libre et gratuit. C'est ainsi que sont apparus les logiciels libres et gratuits de géométrie dynamique tels que Géogébra et CarMétal capables également d'émuler une figure 3D qui ont pris la relève de Cabri en lui apportant quelques compléments et améliorations.

Les ensembles d'exerciseurs et de didacticiels d'aide et de soutien

Tout au long des années quatre-vingt-dix, l'éditeur Chrysis, émanation de l'IREM de Poitiers, diffuse un ensemble de logiciels de soutien SMAO couvrant tout le programme de mathématique du CM2 à la seconde et le LEP fonctionnant en réseau. À chaque niveau, il propose une quarantaine d'activités correspondant à chaque notion mathématique des programmes sous la forme d'une révision didactique du cours et d'un panel d'exercices progressif. L'évaluation et la gestion du travail des élèves sont intégrées, enregistrant les sujets traités, les résultats, leurs progressions, évaluations et niveaux de réussite. Cependant, ces activités numériques n'étaient pas accompagnées par de fiches d'accompagnement papiers. Implanté au départ sur Nanoréseau, les SMAO sont passés sous DOS puis sous Windows avec des améliorations didactiques et graphiques à chaque version qui se sont succédé en fonction des évolutions des programmes et des systèmes d'exploitation. Dans les années quatre-vingt-dix, SMAO sera l'application la plus populaire et la plus pratiquée par les professeurs de mathématiques des collèges en raison du caractère obligatoire du soutien intégré dans les horaires de service des professeurs jusqu'en 1994 et du maintien de cette activité optionnelle dans nombre de collèges jusque dans les années deux mille. Malheureusement, avec le tarissement des crédits d'achat de logiciels, Chrysis n'a pu vendre ses dernières versions de SMAO, de sixième notamment, suivant les changements de programme en 1998. Pourtant cette dernière version était nettement enrichie et améliorée avec de meilleures activités de remédiation et d'attente. Son fonds a disparu après avoir été racheté par un grand groupe multimédia Lagardère.

Parallèlement, dès le Nanoréseau, de vaillants activistes de l'IREM de Lille avaient créé un ensemble d'applications comparables, MAC5 et MAC6, qui avait l'avantage de proposer, avec les activités, des fiches d'accompagnement. La batterie d'exerciseurs et

d'applications sera implantée sous DOS comme l'ensemble diffusé librement et gratuitement, sous la forme de "Lilimath", contenant de véritables pépites comme son solveur d'équation. Ce sont quelques transfuges de cette équipe qui, en s'appuyant sur l'association de professeurs de mathématiques bénévoles Sésamath, créeront avec le soutien d'une collectivité territoriale, le Conseil Général du Val de Marne, l'ensemble "Mathenpoche" qui, de fait, a pris la relève des SMAO obsolètes dans les années deux mille. Mathenpoche est, à la différence des SMAO, une application Internet en ligne, libre et gratuite, diffusée depuis un serveur en Haute-Savoie, qui s'appuie sur la montée en puissance de l'accès haut débit des collèges dans les années deux mille. Elle associe par niveau, de la sixième à la seconde, suivant les différents chapitres et notions des programmes de mathématique, une batterie d'exercices bénéficiant d'une aide variable, et des instruments à disposition du professeur, "Instrumentenpoche", fournissant également, sous forme d'outils numériques, une calculatrice, une règle, un compas et rapporteur, un petit logiciel de géométrie dynamique et un petit tableur.

Mathenpoche permet d'inscrire automatiquement les élèves de l'établissement, d'enregistrer leurs travaux et leurs évaluations, de créer des séances programmées permettant le travail différé et même à domicile. Remarquons qu'initialement, il avait été conçu pour l'enseignement des mathématiques avec rétroprojecteur en collèges "difficiles" où le professeur ne devait pas tourner le dos aux élèves. Il a été progressivement accompagné par des cahiers d'exercices correspondant aux exercices en ligne et par des manuels scolaires au format à la fois papier et numérique, fournissant aux professeurs des activités de cours complémentaires et tous les corrigés. Sa dernière version, plus évoluée, LaboMep est désormais, succédant à SMAO, le standard des logiciels d'aide, d'entrainement voire de soutien dans les collèges largement utilisés par nombre de professeurs.

D'un autre côté, les cédéroms de la fin des années quatre-vingt-dix, tels les cédéroms "Réussir" de Vuibert-Magnard, auxquels des membres du groupe PIMC de l'IREM avaient collaboré, qui proposaient sur PC ou sur Minitel par abonnement payant une révision des notions de mathématiques pour préparer des contrôles avec quelques exercices, des imagiciels et des animations de qualité sur les constructions et les propriétés des figures géométriques, les solides et leurs patrons, et surtout, le point le plus fort, une assistance aux devoirs sur tous les exercices de tous les manuels de mathématiques du collège, ces cédéroms ont été dépassés par l'arrivée d'Internet, ses capacités graphiques et ses innombrables ressources. Dans un premier temps, ils ont été transférés sur le site "Ruedesecoles" qui a été repris ensuite par la MAIF qui a mis ces ressources gratuitement à la disposition de ses membres sur son site dans

le cadre de l'ASP (Assistance Scolaire Personnalisée). Les professeurs adhérents pouvant y inscrire leurs élèves pour qu'ils puissent accéder en ligne à cette aide dans toutes les disciplines, du CP à la terminale.

Pour être complet, citons deux autres ensembles comparables de logiciels d'aide et d'exercices, Ami Collège et TDmath. Ami collège est l'œuvre d'un seul professeur de mathématique autodidacte partisan fou du tout informatique dans son enseignement. TDmath, ensemble de didacticiels et d'exerciseurs en réseau, a été produit par une équipe d'informaticiens de l'éditeur Odile Jacob couvrant tout le programme mathématique du collège conçu, en utilisant la théorie des graphes, comme un ensemble de révisions et d'exercices de toutes les notions en suivant un parcours de type skinnérien. Ce gros projet n'a pu se vendre, dans la situation de désolation des crédits des établissements, qu'à quelques conseils généraux qui en ont équipé leurs collèges.

En conclusion, le logiciel libre et gratuit a sauvé et amplifié le recours aux ensembles d'exercices pour l'aide et le soutien des élèves dans l'enseignement public. Mais la réduction d'année en année des horaires de soutien intégrés dans les temps de service des professeurs a ouvert la voie au privé pour répondre aux demandes des parents de soutien scolaire en ligne avec l'apparition de site payants comme Paraschool.

La suite bureautique

Les premières suites bureautiques, en fait celle de Microsoft Office avec surtout le traitement de texte Word et son tableur Excel, avaient été achetées bon marché dans les années quatre-vingt-dix en licence mixte. Mais ces avantages ayant disparu, elles ont été remplacées par des offres promotionnelles de Microsoft. Le problème est venu de la montée en puissance des réseaux pédagogiques. Au collège B, on comptait 70 ordinateurs en 1998, puis 110 en 2003, 180 en 2006 pour attendre plus de 250 en 2010. À chaque saut, se posait de manière aiguë le problème de la régularisation des licences d'utilisation de Word et Excel pour les nouveaux ordinateurs ajoutés au réseau. Dès les années 2000, un plan pluriannuel avait été adopté au collège B pour effectuer cette mise en conformité légale dans le temps. Mais la difficulté venait de la politique de Microsoft. Sur le réseau, la suite installée sur toutes les machines est celle d'Office 97, même sur les tout derniers ordinateurs. Mais pour en régulariser la licence, il a fallu à chaque étape acheter les licences successives d'Office 2003, XP et 2007, 2010 au tarif standard sans pour autant bénéficier des améliorations de ces versions récentes. Une opération quelque peu violente qui frise l'escroquerie imposée par la société monopoliste. Vendre au prix de la dernière version une licence d'utilisation d'une

version ancienne de 13 ans ! La fameuse taxe à l'information qu'a dénoncée en son temps Moréno. On comprend que nombre d'établissements n'aient pas voulu se laisser prendre à ce jeu et qu'ils aient basculé dans la suite bureautique libre et gratuite d'Open Office. Un moment le Conseil général de la Haute-Garonne installait sur les nouveaux ordinateurs en dotation Star Office de Sun qui nécessitait l'achat d'une licence globale bon marché. Mais avec Open Office, la liberté et la gratuité sont totales. Les petits collèges ont pu ainsi bénéficier pour leurs enseignants et leurs élèves d'une suite bureautique gratuite : un traitement de texte "Texte" et un tableur "Calc". Encore une fois, face au désastre de la pénurie budgétaire, le logiciel libre et gratuit a sauvé la mise.

L'abondance et la mise à disposition des applications pédagogiques

Au cours des années 2000, à partir de ces progiciels libres, de multiples applications pédagogiques de qualité variable ont été créées et mises à disposition en ligne ou diffusées sous forme de cédéroms ou de dévédéroms en particulier par les groupes de recherche IREM et des équipes rectorales proches des IPR, ainsi que par quelques professeurs activistes.

En particulier, dans l'académie de Toulouse, les groupes PIMC et MathInternet de l'IREM ont produit ou développé des dizaines d'activités pour l'apprentissage ou l'enseignement des notions sensibles du programme de mathématique du collège. Des activités élaborées au sein des groupes de recherche ou collectivement, en coopération (comme travaux pratiques de la formation) avec les professeurs stagiaires des nombreux stages de formation. Toutes ces applications, didactiquement réfléchies, expérimentées, améliorées et éprouvées ont été mises en ligne au fur et à mesure sur le site de l'IREM et éditées parallèlement. Au cours des six dernières années, de 2005 à 2010, quelque 500 exemplaires de cédéroms et dévédéroms ont été diffusés dans l'académie de Toulouse.

Ces activités ont été conçues d'une manière globale, suivant les principes et les règles de la didactique informatique en mathématiques, en fournissant non seulement les fichiers principaux correspondant aux applications des logiciels utilisés, mais aussi la documentation générale de l'activité, la présentation de ses objectifs, ses choix et variables didactiques, son scénario indicatif ainsi que les fiches d'accompagnement élève. Un ensemble complet, prêt à l'emploi tel quel ou modifiable, adaptable à volonté.

Évidemment, toutes ces activités mises à disposition traitaient des questions plus particulièrement didactiquement délicates de la géométrie dans le plan et dans l'espace à l'aide des logiciels de géométrie dynamique en passant de Cabri aux logiciels libres et gratuits. De

même, avec le tableur, les traitements et les représentations statistiques, mais également des QCM d'entraînement ou d'évaluation en calcul ou en géométrie (figures et trigonométrie).

Notons, comme une de ces applications exemplaires, la trajectoire historique de l'apprenticiel, apprécié pour son efficacité, de l'apprentissage du théorème de Pythagore. Il a été élaboré à l'origine dans les années quatre-vingt sur le Nanoréseau en Basic Thomson par l'IREM de Nancy et utilisé comme tel, complété de fiches de travail d'accompagnement, jusqu'en 1994. Dans les années quatre-vingt-dix, il a été adapté sous Windows par le groupe PIMC de Toulouse sous Toolbook, un progiciel multimédia, pour enfin être revisité, affiné sur le plan didactique et refondu sous Flash au format Internet de Mathenpoche pour en faire une activité en ligne.

Toutes ces applications ont constitué un panel de plus en plus riche d'activités à disposition des enseignants susceptible de favoriser leur entrée ou leur progression dans le recours informatique en réponse aux sollicitations des nouveaux programmes.

2 Les incitations et l'obligation des nouveaux programmes

En collège, les programmes de mathématiques sont renouvelés à peu près tous les cinq ans. Les nouveaux programmes de mathématiques mis en œuvre de 2004 à 2008 ont constitué une évolution notable, en progression par rapport à ceux de1998. L'introduction de l'informatique dans l'enseignement a commencé en 1985, mais, sans conteste, en 2005, on assiste à un saut institutionnel qualitatif, marquant le passage historique du recours informatique militant minoritaire à une utilisation normalisée et généralisée concernant l'ensemble du corps professoral. Pour s'en convaincre, il suffit de considérer les nombreuses incitations à l'utilisation des ressources informatiques pointées dans le libellé du programme ainsi que l'obligation à la formation des élèves à l'usage du tableur dans le cadre du B2i.

Dans les programmes de 1998 à 2005 (extraits)

En 5e, dans les travaux géométriques :

Prismes droits, cylindre et révolution : "*L'usage d'outils informatiques (logiciels de géométrie dans l'espace) peut se révéler utile pour une meilleure visualisation des différentes représentations d'un objet.*"

En 4e, dans l'étude des statistiques : "*Les tableurs grapheurs, utilisés dès la 5e en technologie, introduisent une nouvelle manière de désigner une variable : par l'emplacement de la cellule où elle se trouve dans un tableau. Cette nouveauté est un enrichissement pour des utilisations dont on pourra donner des exemples. Pour les graphiques des choix successifs sont proposés, ils conduisent naturellement à examiner leur pertinence pour l'illustration d'une situation donnée.*"

En 3e dans l'initiation à l'utilisation de tableurs-grapheurs en statistique : "*Les tableurs que l'on peut utiliser sur tous les types d'ordinateurs permettent, notamment en liaison avec l'enseignement de la technologie, d'appliquer de manière rapide à des données statistiques les traitements étudiés.*"

En 3e dans l'étude des diviseurs communs à deux entiers et des fractions irréductibles : "*On construit alors un algorithme, celui d'Euclide ou un autre, qui donnant le PGCD de deux nombres entiers, permet de répondre à la question dans tous les cas… Les tableurs et les logiciels de calcul formel peuvent, sur ce sujet, être exploités avec profit.*"

Paradoxalement, ces premiers recours proposés ne correspondaient pas vraiment à la pratique dans les classes où ce sont plutôt les logiciels de géométrie tels que Cabri et surtout les logiciels de soutien tels que SMAO ou Mathenpoche qui étaient les plus utilisés plutôt que le tableur. Ces incitations se sont développées et précisées avec les derniers programmes.

Dans les programmes de 2005 à 2008

En témoignent les extraits surlignés en jaune pour les incitations et en bleu pour l'obligation :

Le B2i collège

Les technologies de l'information et de la communication sont présentes dans tous les aspects de la vie quotidienne : une maîtrise suffisante des techniques usuelles est nécessaire à l'insertion sociale et professionnelle. Les mathématiques, les sciences expérimentales et la technologie contribuent, comme les autres disciplines, à l'acquisition de cette compétence. Elles offrent, avec les outils qui leur sont propres, de nombreuses opportunités de formation aux différents éléments du référentiel du B2i collège, et participent à la validation.

Organisation des apprentissages et de l'enseignement

L'utilisation d'outils logiciels est particulièrement importante et doit être privilégiée chaque fois qu'elle est une aide à l'imagination, à la formulation de conjectures ou au calcul. Cette utilisation se présente sous deux formes indispensables, notamment dans le cadre des compétences du socle commun : l'usage d'un vidéoprojecteur en classe et l'utilisation par les élèves d'ordinateurs « en fond de classe » ou en salle informatique.

Le travail en classe proprement dit doit être complété par des séances régulières en salle informatique où l'élève utilise lui-même les logiciels au programme (tableur, grapheur, logiciel de géométrie). Ces séances de travaux pratiques sur ordinateur doivent toujours avoir pour objectif l'appropriation et la résolution d'un problème mathématique. Tout travail en salle informatique doit aboutir à la production d'un écrit, manuscrit ou imprimé.

En classe de sixième

Organisation et représentation de données Représentations usuelles : - diagrammes en bâtons, - **diagrammes circulaires ou demi-circulaires*, - graphiques cartésiens.	- Lire, utiliser et interpréter des informations à partir d'une représentation graphique simple.	Dès la classe de 6e, l'utilisation de calculatrices et de logiciels permet de familiariser les élèves avec le passage d'un type d'organisation, d'un type de présentation à un autre.
Propriétés et construction des triangles usuels.	- Connaître les propriétés relatives aux côtés et aux **angles* des triangles suivants : triangle isocèle, triangle équilatéral, triangle rectangle. - Utiliser ces propriétés pour reproduire ou construire des figures simples. - Construire une figure simple à l'aide d'un logiciel de géométrie dynamique.	On travaillera à la fois les constructions sur papier par les outils de dessin traditionnels et les constructions sur écran à l'aide d'un logiciel de géométrie.
Parallélépipède rectangle : patrons, représentation en perspective	- Reconnaître un parallélépipède rectangle de dimensions données à partir - du dessin d'un de ses patrons, - d'un dessin le représentant en perspective cavalière.	L'usage d'outils informatiques permet une visualisation de différentes représentations d'un même objet de l'espace.

En classe de cinquième

Tableau de données, représentations graphiques de données	- Lire et interpréter des informations à partir d'un tableau ou d'une représentation graphique (diagrammes divers, histogramme). - Présenter des données sous la forme d'un tableau, les représenter sous la forme d'un diagramme ou d'un histogramme (dans ce cas les classes sont toujours de même amplitude).	Le choix de la représentation est lié à la nature de la situation étudiée. L'utilisation d'un tableur permet d'enrichir ce travail en le prolongeant à des situations plus complexes que celles qui peuvent être traitées « à la main ».

Prismes droits, cylindres de révolution	*- Fabriquer un prisme droit dont la base est un triangle ou un parallélogramme et dont les dimensions sont données, en particulier à partir d'un patron.* *- Fabriquer un cylindre de révolution dont le rayon du cercle de base est donné.* - Dessiner à main levée une représentation en perspective cavalière de ces deux solides. - Reconnaître dans une représentation en perspective cavalière d'un prisme droit les arêtes de même longueur, les angles droits, les arêtes, les faces parallèles ou perpendiculaires.	*l'objectif est d'entretenir et d'approfondir les acquis : représenter, décrire et construire des solides de l'espace, en particulier à l'aide de patrons. Passer de l'objet à ses représentations (et inversement) constitue encore l'essentiel du travail. L'observation et la manipulation d'objets usuels sont des points d'appui indispensables.* L'usage d'outils informatiques (logiciels de géométrie dans l'espace) peut se révéler utile pour une meilleure découverte de ces solides.

En classe de quatrième

Organisation et gestion de données, fonctions :

Les tableurs-grapheurs, dont l'usage a été introduit dès la classe de cinquième, donnent accès à une façon particulière de désigner une variable : par l'emplacement de la cellule où elle se trouve dans le tableau. Cette nouveauté est un enrichissement pour le travail sur la notion de variable, effectué sur des exemples variés.

Objectif : • d'organiser des calculs ou créer un graphique avec un tableur. (B2i)

Traitement des données *Moyennes pondérées.*	- Calculer la moyenne d'une série de données. - Créer, modifier une feuille de calcul, insérer une formule. - Créer un graphique à partir des données d'une feuille de calcul.	Les élèves doivent savoir calculer, pour de petits effectifs, une moyenne par la procédure de leur choix. Pour des effectifs plus grands, cette procédure est basée sur l'usage du tableur ou de la calculatrice

Géométrie :

La résolution de problèmes a pour objectifs : • d'entretenir en l'enrichissant la pratique des constructions géométriques (aux instruments et à l'aide d'un logiciel de géométrie dynamique) et des raisonnements sous-jacents

Configurations dans l'espace *Pyramide et cône de révolution*	*- Réaliser le patron d'une pyramide de dimensions données.*	L'observation et la manipulation d'objets constituent des points d'appui indispensables. Ces activités doivent être complétées par l'observation et la manipulation d'images dynamiques données par des logiciels de géométrie.

En classe de troisième

Dans le domaine des TICE : utilisation d'un tableur-grapheur et d'un logiciel de construction géométrique
L'étude et la représentation d'objets usuels du plan et de l'espace se poursuivent ainsi que le calcul de grandeurs attachées à ces objets. Les travaux sur les solides permettent de mobiliser largement les résultats des classes antérieures. À ce titre, il convient d'aborder la géométrie dans l'espace suffisamment tôt dans l'année scolaire. L'étude des configurations usuelles est enrichie en particulier de la réciproque du théorème de Thalès et de l'étude de l'angle inscrit. Le recours à des logiciels de construction géométrique (par les élèves ou de manière collective) est intégré aux séquences d'enseignement, dans l'approche d'une notion ou dans la résolution de problèmes.
Entretenir la pratique des constructions géométriques (aux instruments et à l'aide d'un logiciel de géométrie dynamique) et des raisonnements sous-jacents qu'elles mobilisent

Statistique Caractéristiques de position *Approche de caractéristiques de dispersion.* [Thèmes de convergence].	- Une série statistique étant donnée (sous forme de liste ou de tableau ou par une représentation graphique) : • *déterminer une valeur médiane de cette série et en donner la signification;* • *déterminer des valeurs pour les premier et troisième quartiles et en donner la signification ;* • *déterminer son étendue.* - Exprimer et exploiter les résultats de mesures d'une grandeur.	Le travail est conduit aussi souvent que possible en liaison avec les autres disciplines dans des situations où les données sont exploitables par les élèves. L'utilisation d'un tableur permet d'avoir accès à des situations plus riches que celles qui peuvent être traitées « à la main ».
Nombres entiers et rationnels Diviseurs communs à deux entiers, PGCD.	*- Connaître et utiliser un algorithme donnant le PGCD de deux entiers (algorithme des soustractions, algorithme d'Euclide).* - Calculer le PGCD de deux entiers. *- Déterminer si deux entiers donnés sont premiers entre eux.*	*Plusieurs méthodes peuvent être envisagées.* La connaissance de relations arithmétiques entre nombres – que la pratique du calcul mental a permis de développer – permet d'identifier des diviseurs communs de deux entiers. Le recours à une décomposition en produits de facteurs premiers est possible dans des cas simples, mais ne doit pas être systématisée. Les tableurs, calculatrices et logiciels de calcul formel sont exploités.
Figures planes Configuration de Thalès	*- Connaître et utiliser la proportionnalité des longueurs pour les côtés des deux triangles déterminés par deux parallèles coupant deux droites sécantes.* *- Connaître et utiliser un énoncé réciproque.*	Il s'agit de prolonger l'étude commencée en classe de quatrième qui, seule, est exigible dans le cadre du socle commun. La réciproque est formulée en tenant compte de l'ordre relatif des points sur chaque droite, mais, dans le cadre du socle

		commun, les élèves n'ont pas à distinguer formellement le théorème direct et sa réciproque. L'utilisation d'un logiciel de construction géométrique permet de créer des situations d'approche ou d'étude du théorème et de sa réciproque
Configurations dans l'espace Problèmes de sections planes de solides.	- Connaître et utiliser la nature des sections du cube, du parallélépipède rectangle par un plan parallèle à une face, à une arête. - Connaître et utiliser la nature des sections du cylindre de révolution par un plan parallèle ou perpendiculaire à son axe. - *Connaître et utiliser les sections d'un cône de révolution et d'une pyramide par un plan parallèle à la base.*	L'utilisation de logiciels de géométrie dans l'espace permet de conjecturer ou d'illustrer la nature des sections planes. C'est aussi l'occasion de faire des calculs de longueur et d'utiliser les propriétés rencontrées dans d'autres rubriques ou les années antérieures. Les élèves sont également confrontés au problème de représentation d'objets à 3 dimensions, ainsi qu'à celle de la représentation en vraie grandeur d'une partie de ces objets dans un plan (par exemple : section plane, polygone déterminé par des points de l'objet…).

Extraits copiés depuis le site du Ministère de l'Éducation

3 Un nouveau critère d'inspection

Conséquemment aux instructions des nouveaux programmes, à leurs respects, le recours aux activités informatiques pour enseigner est devenu un critère d'évaluation du travail des enseignants par les Inspecteurs Pédagogiques Régionaux de mathématiques. Dans leurs rapports d'inspection, le recours informatique est maintenant mentionné en plus ou en moins et participe de la notation. Les IPR ont invité les inactifs à se mettre à l'œuvre et à respecter les obligations du programme et les ont vivement incités à participer aux stages de formation continue en particulier sur le tableur. Le recours informatique est donc maintenant devenu un critère officiel de valorisation de la carrière d'un enseignant de mathématiques et bénéficie, de ce fait, d'une forte incitation institutionnelle.

4 Le rôle de la formation

Ressources disponibles et accessibles, incitations ou obligations administratives ne peuvent suffire pour engager et conforter un professeur à pratiquer au long cours le recours informatique. Encore faut-il qu'il ait été formé à cette technique et à cette nouvelle façon d'enseigner. Les professeurs de mathématique doivent l'avoir compris si l'on se réfère à leurs demandes de formation, notamment à leurs inscriptions aux stages de formation du PAF. Au cours des années de 1999 à 2010, ils ont été 997 à s'inscrire à ces stages dans l'académie, soit, pour un corps de 1800 professeurs de mathématique, en tenant compte des répétitions, quelques 40 % d'entre eux, jusqu'à 125 inscriptions par an ! En deux vagues, de 1999 à 2005 marqué par une diminution progressive de l'offre : de 8 stages en 1999 à deux stages retenus et proposés au PAF en 2004 et 2005, entassant jusqu'à 21 participants par stage. Puis un envol de 2006 à 2010 à 7 stages jusqu'à l'incroyable suppression de la formation continue pour des raisons budgétaires. À cet important facteur de l'essor des pratiques, nous consacrerons le chapitre suivant.

Partie VII

La formation continue

1 Les sources

2 L'importance

3 Les stagiaires

4 Évaluation de la proportion des professeurs de mathématiques actifs

5 Comparaison avec les autres disciplines

1 Les sources

Dans l'Académie de Toulouse, le groupe PIMC de l'IREM de Toulouse a organisé de 1986 à 2010 une centaine de stages de formation continue à l'utilisation de l'ordinateur pour enseigner les mathématiques au collège formant plus de mille professeurs. Dans les années quatre-vingt et jusqu'en 1998, ont été animés deux stages différents de trois jours organisés en deux sessions, la première de deux jours de formation, une intersession de mise en pratique et la deuxième d'une troisième journée de bilan et d'approfondissement. À partir de 1999, avec l'explosion des demandes, ces stages ont été doublés ou triplés :

- Un stage généraliste [PIM] pour l'utilisation de l'ordinateur en cours, en calcul et géométrie, développant collectivement des applications pédagogiques sous forme d'apprenticiels et d'imagiciels édités et diffusés aux stagiaires.
- Un stage [SOUT] de soutien et d'aide aux élèves s'appuyant sur les ressources des SMAO de Chrysis. Le soutien est très actif dans les années quatre-vingt-dix, obligatoire en 6e et 5e. Dans les années deux mille, le stage "Aide et soutien" périclite en même temps que le soutien en raison des réductions des horaires d'enseignement.
- Il a été supplanté par le stage "Tableur" [TAB], pour la formation technique et pédagogique de ce progiciel introduit dans les nouveaux programmes en 1998 et comme compétence dans le B2i.

Ces deux ou trois stages organisés par le groupe IREM ont perduré un quart de siècle sans connaître de désaffection ni d'obsolescence, avec un succès et une réputation qui ne s'est jamais démentie. Ils ont connu une participation soutenue durant toutes ces périodes en dépit des aléas de la variation des moyens rectoraux affectés à la formation continue en 2004-2005 jusqu'à l'arrêt de toute formation continue en 2010.

L'enquête de 2008 [ANNEX1]

L'enquête effectuée sur les professeurs stagiaires en 2008 menée par l'auteur à l'université de Toulouse Le Mirail dans le cadre de précédents travaux de recherche en M1.

L'enquête a porté sur l'ensemble des professeurs de mathématique des collèges de l'académie de Toulouse qui ont participé aux deux stages de formation continue en pédagogie informatique « Enseigner les maths avec l'ordinateur au collège » et « Utiliser le tableur en math au collège » du plan académique de formation 2007-2008 qui se sont déroulés au collège de Montastruc (31) au cours du deuxième trimestre. Chaque stage ayant été triplé en trois groupes : un groupe du grand Toulouse, un groupe du nord de l'académie et un groupe du sud.

Sur 104 professeurs retenus sur 200 demandes et convoqués, 81 ont été présents (78 %), suivant une participation variable suivant les groupes (de mauvaise 64 % à très bonne 92 %), meilleure pour le grand Toulouse, à proximité et en début de période scolaire et moins bonne pour les départements éloignés et en fin de période scolaire. Sur les 81 participants, 6 stagiaires ont participé aux deux stages. 75 professeurs ont donc répondu au questionnaire, c'est-à-dire l'intégralité des professeurs concernés constituant la population totale soumise à l'enquête. Les résultats de cette enquête d'une année ne sauraient être généralisés, mais ils représentent une photographie édifiante des stagiaires. Enquête intégrale en annexe 1.

L'étude de 2010 [ANNEX3]

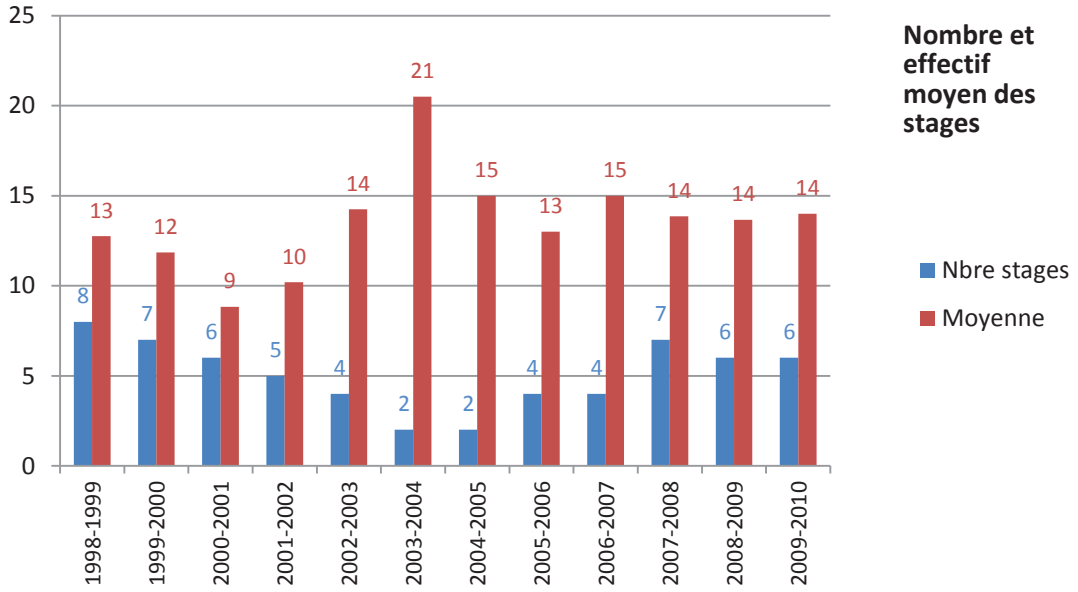
Une confortable opportunité se présentait pour l'étude de la formation continue dans la mesure où l'on pouvait disposer des archives à l'IREM des stages de cette période et notamment des précieuses fiches de renseignement sur les stagiaires collectionnés par le groupe de recherche formation "Pédagogie Informatique en Mathématiques en Collège" [PIMC] organisateur de ces stages. Ces informations pouvaient compléter et croiser celles de l'enquête de 2008. Nous avons plus particulièrement utilisé les informations disponibles sur les fiches de renseignement de la dernière période de 2005 à 2010 devenues, au fil du temps, de plus en plus précises et complètes. Leurs résultats peuvent être considérés comme significatifs. Étude complète en annexe 3.

2 L'importance

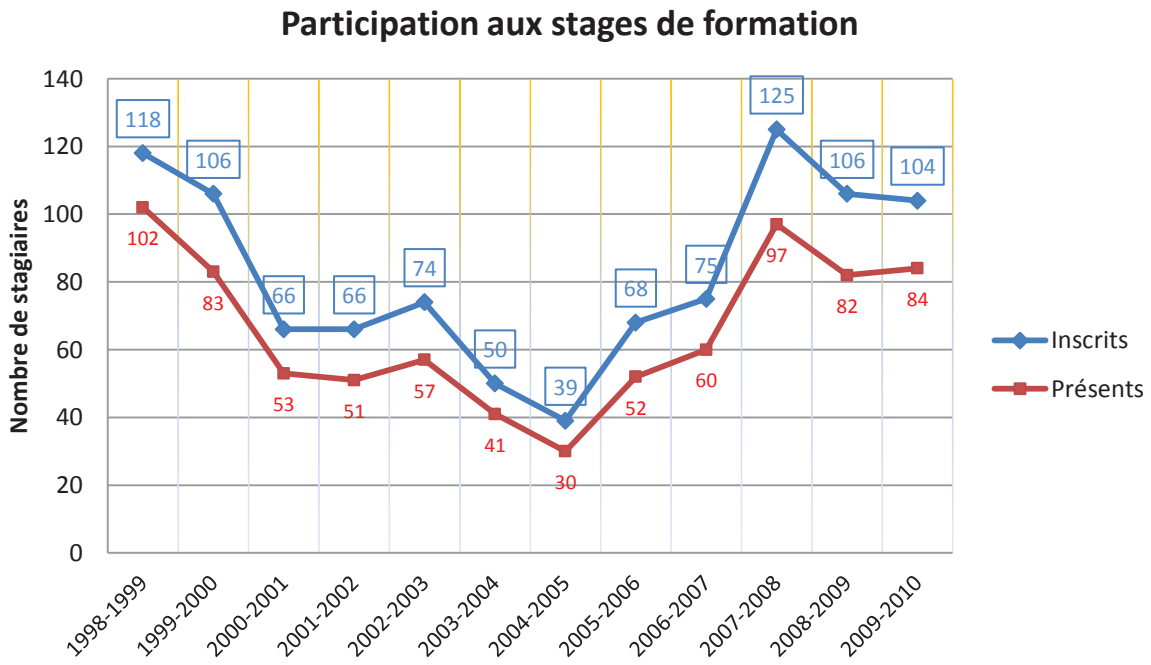
Pour la do-décade retenue de 1999 à 2010, deux périodes apparaissent nettement :

⇨ La période de 1999 à 2004 où l'introduction du tableur et les nombreuses dotations en matériels font exploser la demande de formation. Des 3 ou 4 stages annuels de la période 1994-1998, on passe en un an à 8 stages ! Cette forte demande et participation s'étiole au début des années 2000 avec une présence qui faiblit. Ce recul correspond à la fin de la formation de la génération du baby-boom et coïncide avec une forte restriction des moyens. Le nombre de stages accordé par le rectorat passe de huit à deux. Le stage PIM est même carrément supprimé et l'on assiste à la tentative de bourrage des stages à plus de vingt stagiaires posant de gros problèmes d'organisation, de matériels et d'encadrement.

⇨ La deuxième période, de 2005 à 2010, marquée par les besoins engendrés par les nouvelles incitations des nouveaux programmes et le rétablissement des moyens affectés à la formation continue rétablit l'offre de stages en nombre et en qualité.



De 1999 à 2010, il est remarquable de constater que quelque 792 stagiaires ont participé à ces 61 stages, soit 79 % de présents sur les 997 inscrits (55 % du corps professoral). Un taux de participation à peu près constant qui s'explique par les défections dues à divers empêchements de dernière heure comme des sorties scolaires, d'autres convocations et obligations diverses, changement de classe ou d'établissement, problèmes personnels (maladies…), renoncement...



3 Les stagiaires

Pour la période de 2005 à 2010, sur les 405 stagiaires (401 fiches) correspondant à 311 professeurs (17 % du corps professoral de mathématiques) :

Genre

Professeurs en formation : hommes 28 % et femmes 72 %.

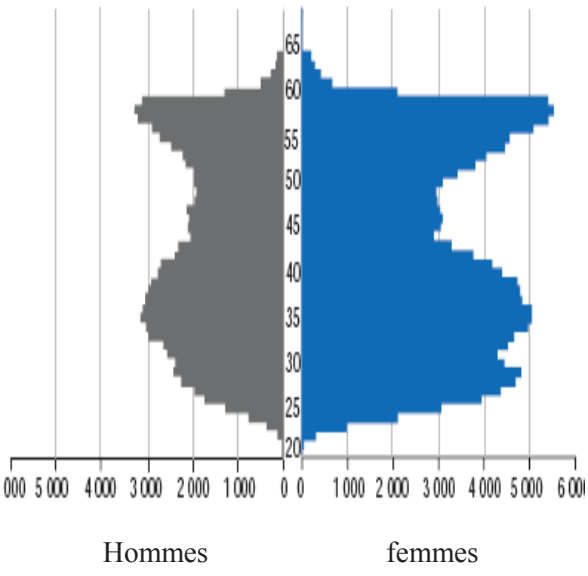
2005-2010	Effectifs	Pourcentage
Homme	87	28,0
Femme	224	72,0
Total	311	100,0

Une répartition en genre donnant une nette majorité féminine très supérieure à celle de l'académie de Toulouse donnant en 2008 pour 1000 professeurs de mathématiques en collège 60,5 % de femmes pour 39,5 % d'hommes.

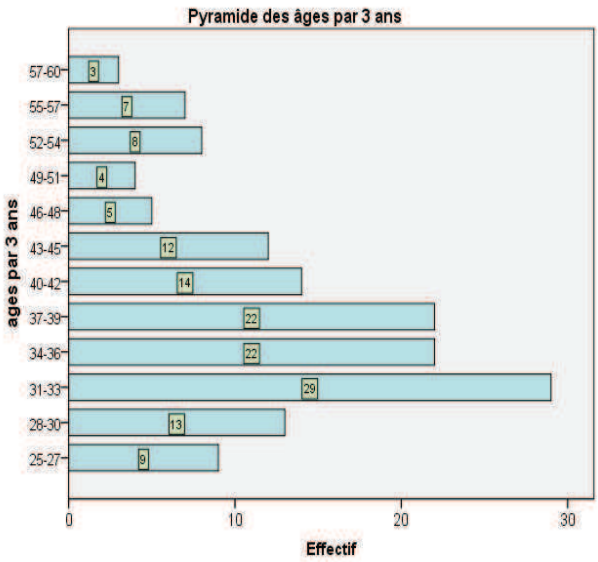
Alors que dans les années quatre-vingt-dix, les stages étaient fréquentés par une majorité d'hommes entre 35 et 50 ans et une minorité de femmes, dans la période des années deux mille, cette proportion s'est inversée au profit d'une population féminine rajeunie. Le stagiaire dominant des stages 2005-2010 est donc une professeure trentenaire.

Âge

La distribution des âges des professeurs stagiaires correspond à l'important recrutement entre 1995 et 2005 pour remplacer la cohorte du baby-boom partant à la retraite et compenser l'augmentation des effectifs. La queue de la cohorte des années soixante qui apparaît entre 52 et 57 ans disparaît au-dessus. On ne vient plus guère en stage après 57 ans.



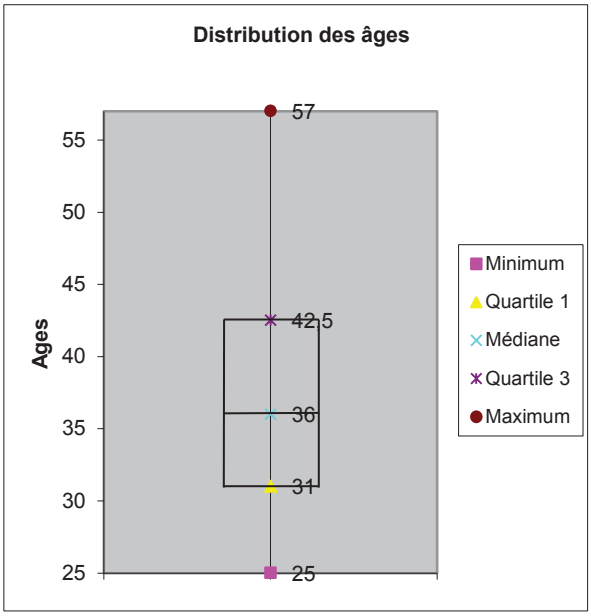
Pyramide nationale des âges des professeurs en 2008

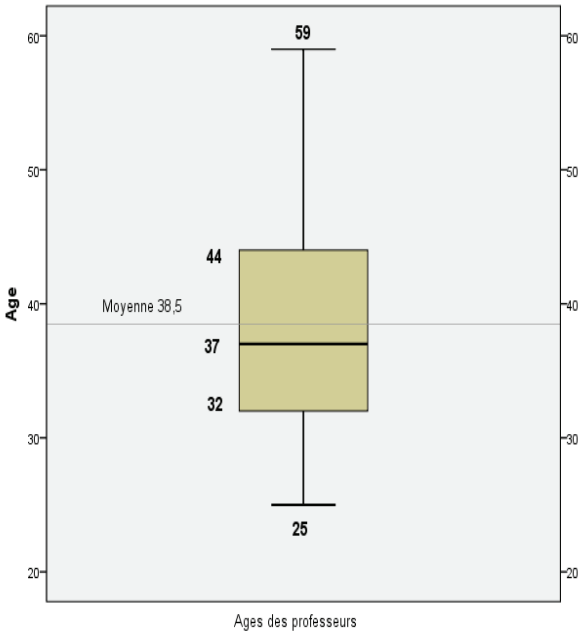


Pyramide des âges des professeurs stagiaires en 2009 et 2010

- *La moitié des professeurs stagiaires* ont *moins de 36 ans* en 2008 ou *37 ans* en 2009-2010
- La moitié des professeurs stagiaires ont entre 31 - 32 ans et 43 - 44 ans (sur 12 années) et *les trois quarts ont moins de 44 ans*, dans la première moitié de la carrière
- Seulement un quart des stagiaires ont plus de 44 ans, dans la deuxième moitié de carrière

Distribution des âges des professeurs en formation





En 2008 En 2009 - 2010

Les deux photographies de 2008 à 2010 donnent une moyenne et une médiane des professeurs stagiaires plus jeunes que l'ensemble des professeurs du national ou de l'académie.

	Nationale 2008	Stagiaires 2008	Académique 2009	Stagiaires 2009-2010
moyenne	42,2	38	41	38,5
médiane	39	36	38,5	37

Origine

La moitié des stagiaires viennent des collèges des grandes villes 50 % et autant des collèges ruraux ou des petites villes 50 %, proportions sûrement proches de la démographie scolaire de l'académie. De même sûrement pour l'effectif des collèges d'origine :.

Effectifs de collèges	<200	200-450	451-700	701-900	>900
Pourcentage des stagiaires	5 %	31 %	37 %	13 %	13 %

Cette répartition donnée par l'enquête 2008 est tout à fait représentative de l'ensemble des stages.

Les pratiques informatiques professionnelles

De nos jours, l'utilisation de l'ordinateur comme instrument de travail professionnel pour éditer les sujets de devoirs et contrôles et autres activités s'est banalisée. La très grande majorité des professeurs utilise habituellement un traitement de texte avec un éditeur mathématique. 75 % d'entre eux produisent ainsi tous leurs documents pédagogiques (2008). Rares sont ceux qui ne l'utilisent pas du tout. Après Word, OpenOffice est le plus pratiqué.

Les accès Internet ont fortement augmenté tout au long des années 2000 avec les équipements haut débit des collèges et à domicile. Tous les stagiaires ont une adresse électronique active. Ils y gèrent leur courrier et se procurent et partagent des ressources informatiques pédagogiques. En 2008, 93 % se connectaient plusieurs fois par semaine et 60 % tous les jours.

Pratiquement tous les collèges gèrent informatiquement les notes des élèves et les bulletins trimestriels avec des logiciels extranet tels que Pronotes. C'est le cas de 97 % des stagiaires en 2008. Seuls 2 sur 75 (3 %) y échappaient encore. Et 52 % géraient en outre toutes leurs notes à l'aide d'un tableur Excel ou Calc.

Attentes, motivations et incidence de l'obligation du B2i

Les motivations et les attentes indiquées sur les fiches de renseignements en début de stage pour l'ensemble professeurs sont dans l'ordre des priorités décroissantes :

1er Découvrir des activités pertinentes

2e Apprendre à élaborer et organiser des activités, des séances informatiques

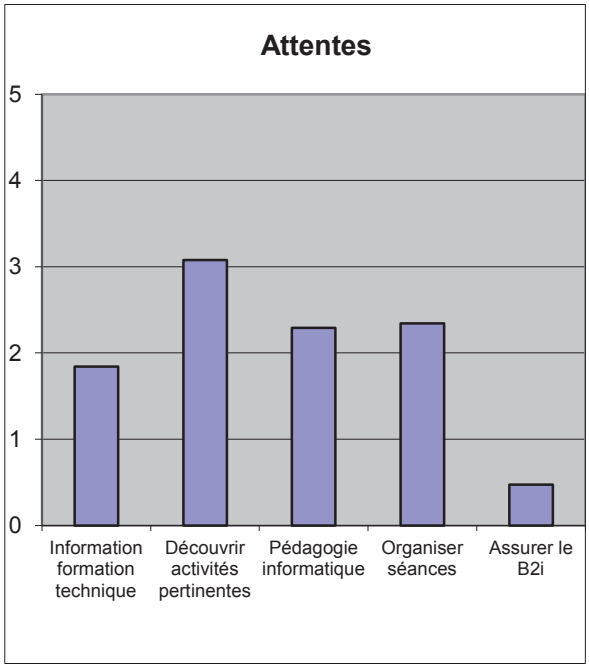
3e (ou ↓4e) Connaître, maîtriser la pédagogie informatique

4e (ou ↑3e) Acquérir une formation technique (pour le tableur↑3e) sur les logiciels

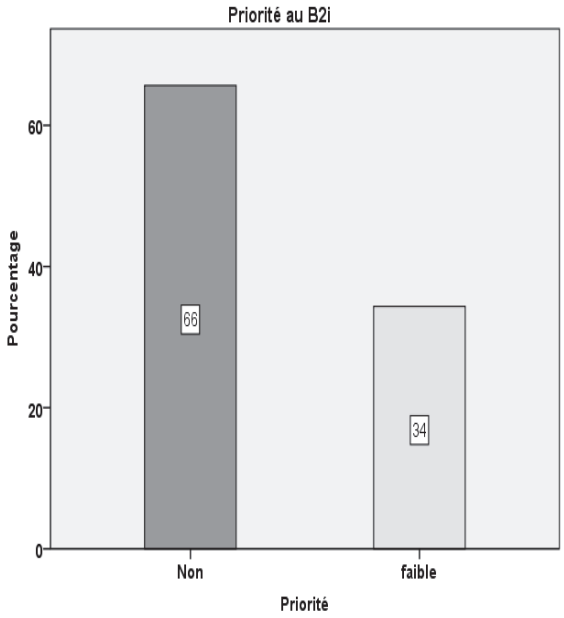
5e Assurer le B2i

L'incidence du B2i et ses obligations à former les élèves au tableur viennent en dernier dans les motivations des professeurs dans les trois stages y compris celui sur le tableur. Seulement une minorité, un tiers, n'y accorde qu'une faible priorité (avant dernière).

Priorités stages PIM 2010 (moyennes)



Attentes stages 2009-2010



Ce désintérêt relatif à l'égard des contraintes institutionnelles du B2i est assez étonnant et se vérifie pour tous les stages, pour toutes catégories de stagiaires des débutants aux expérimentés, indépendamment de l'âge et du genre.

Disponibilité du matériel informatique

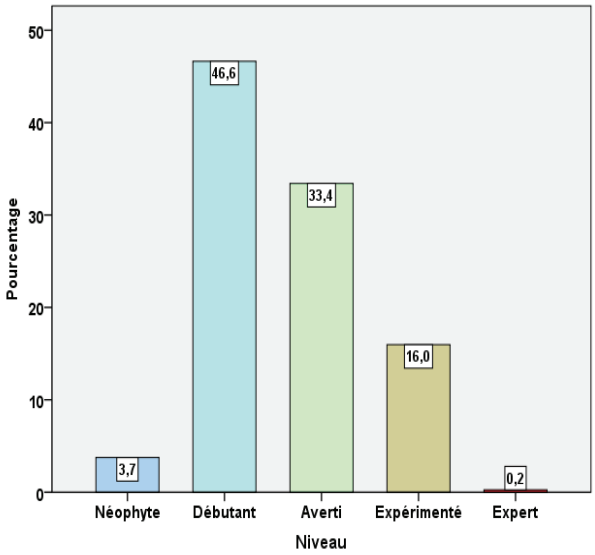
Depuis 1999, les fiches signalent que pratiquement tous les stagiaires disposent de matériels informatiques dans leurs établissements, plus ou moins accessibles, sous forme de salles informatiques. Dans cette architecture, l'utilisation de l'ordinateur y est plus lourde et difficile et donc moins fréquente. Mais dans les années 2000, les vidéoprojecteurs se généralisent dans les salles de classe permettant un recours magistral plus facile et courant en cours. Ce nouveau dispositif va considérablement accroître le nombre de professeurs actifs.

Activité informatique pédagogique

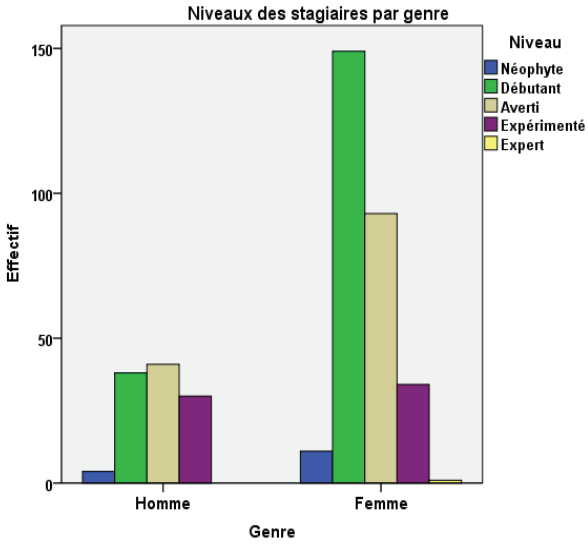
Il est remarquable de constater que 90 % des professeurs qui viennent en stages de formation avaient déjà une activité pédagogique informatique plus ou moins importante. Seulement 10 % de professeurs n'avaient aucune expérience, et se trouvaient en phase d'initiation. Ils ont demandé une attention particulière, un suivi plus soutenu, et mobilisé un formateur qui leur était exclusivement consacré.

Catégories, niveaux de compétences

Peu de néophytes en technique ou pédagogie informatiques ont participé aux stages de formation (3,7 %). Une large majorité était constituée de débutants, 46,6 %, et de professeurs avertis, 33,4 %, soit 80 % des stagiaires. Les expérimentés sont 16 % et les experts rares (un seul). Une différence notable cependant : les hommes sont plus avertis et expérimentés et les femmes plus débutantes.



Niveaux des stagiaires

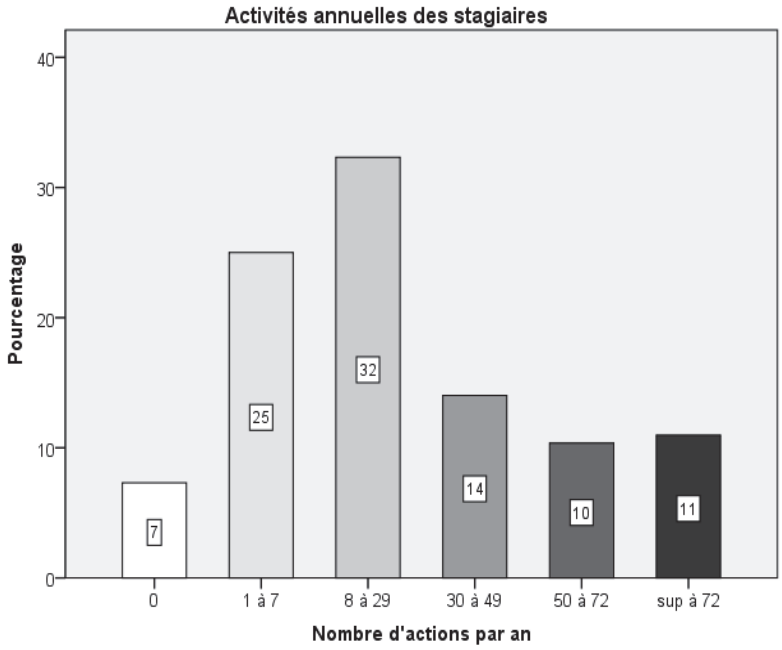


Niveaux par genre

Nombre d'activités annuelles :

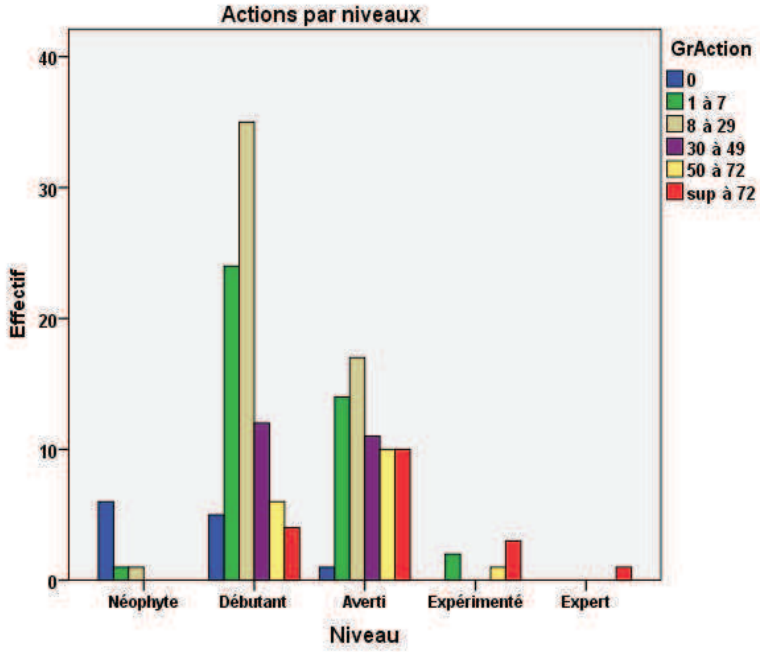
Fréquences annuelles des activités informatiques déclarées :

- 7 % aucune activité
- 25 % occasionnelle
- 32 % une fois par quinzaine
- 14 % une fois par semaine
- 10 % deux fois par semaine
- 11 % plus de deux fois par semaine dont quelques-uns tous les jours.



Trois groupes à peu près d'égales importances apparaissent : un groupe peu actif, moins de 7 fois par an ou pas du tout (32 %), un groupe moyennement actif, de 8 à 29 fois par an (32 %), et un groupe plus actif, une fois par semaine et plus (35 %).

Évidemment, le nombre d'actions annuelles dépend du niveau de compétence : plus on est compétent, plus on pratique et inversement, plus on pratique et plus on est ou l'on devient compétent. Les plus actifs sont les avertis et expérimentés. Les moins actifs sont les débutants et les néophytes.



Il faut noter qu'une proportion remarquable des stagiaires est constituée par des professeurs qui ont une activité en informatique pédagogique importante et une expérience non négligeable acquise de manière pragmatique qui viennent en stage pour se perfectionner sur les plans informationnels, techniques et didactiques. Ce facteur a joué un rôle appréciable

dans la réussite des stages. Dans la dialectique de la formation des compétences, si la théorie permet de guider et d'améliorer la pratique, l'expérience permet de comprendre la théorie.

Représentations professionnelles de la pédagogie informatique :

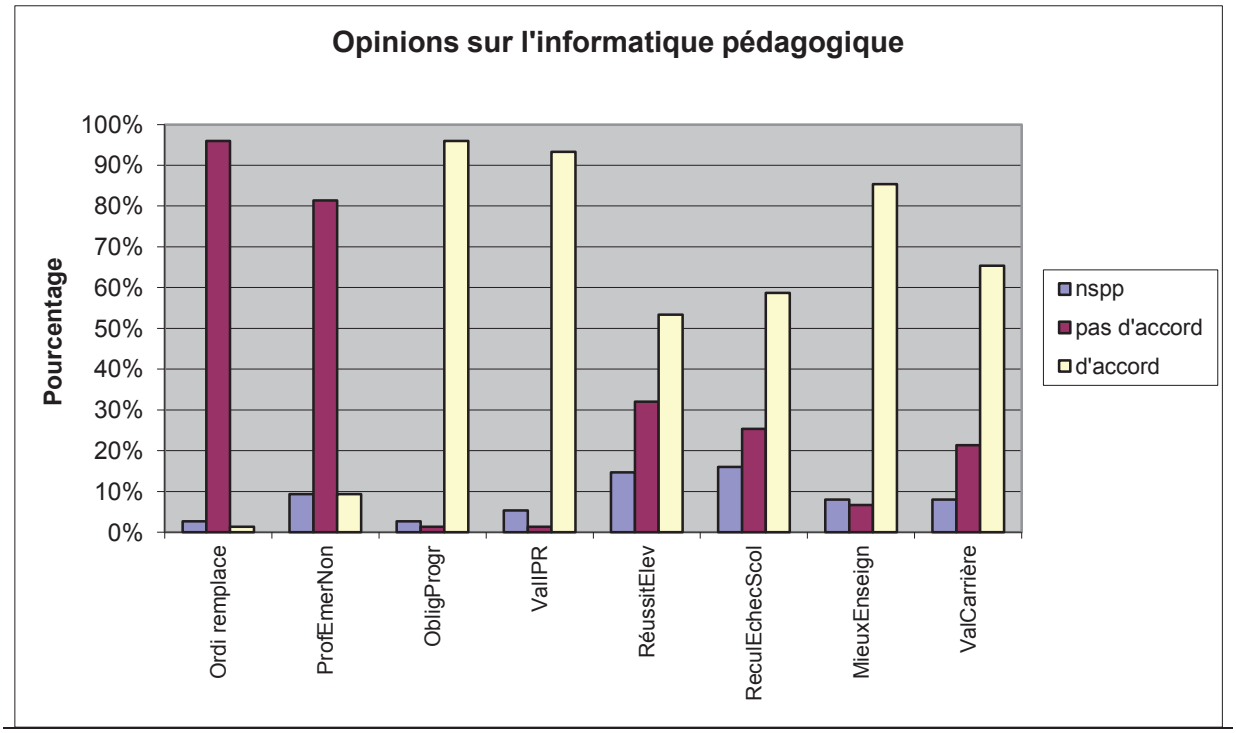
L'enquête 2008, qui a comporté également un volet psychosocial, s'est intéressée aux opinions et aux représentations professionnelles des professeurs stagiaires.

L'étude de leurs opinions a priori, au tout début du stage avant la formation, a fait ressortir en partie la représentation que ces professeurs avaient des TICE.

Les opinions ont été regroupées en quatre rubriques :

- leur positionnement idéologique sur l'informatique pédagogique au sujet d'un éventuel remplacement des professeurs par l'ordinateur et du professeur émérite
- leur réponse à l'incitation et l'obligation institutionnelle d'utiliser l'ordinateur inscrites dans les programmes et sa valorisation par les inspecteurs
- Leur opinion sur l'efficacité de l'informatique pédagogique concernant la réussite des élèves et le recul de l'échec scolaire
- L'effet attendu sur le métier de l'enseignant pour mieux enseigner ou se promouvoir dans la carrière

Résultats d'ensemble :



Position sur deux aspects idéologiques :

L'ensemble des stagiaires, pratiquement unanimes (97 %), a repoussé l'idée que les

ordinateurs pourraient remplacer les professeurs à l'avenir (prévisible). En revanche, même si une grande majorité (81 %) pense qu'un professeur émérite ne peut se dispenser d'utiliser l'ordinateur, 9 % sont d'un avis contraire. Ce qui montre que l'image de l'excellent professeur de mathématique traditionnel, artiste savant planant au-dessus des vils artifices didactiques, résiste encore à la marge. Mais son prestige immaculé est pour beaucoup confronté imparablement à l'évolution technique actuelle du métier. Les 9 % témoignent d'une hésitation, d'une incertitude à remettre en cause le caractère immanent et intemporel du professeur émérite et la suprématie imperturbable de son art indicible. Mais les 89 % affirment que même *un excellent professeur ne peut plus se passer du recours informatique ou qu'il lui faille aussi y recourir pour le demeurer ou pour le devenir.*

Réponse aux incitations et obligations officielles :

Résultat inattendu. À l'issue de l'introduction notable des TICE dans les nouveaux programmes de mathématique du collège (2005-2008), après les dernières vagues d'inspections, les stagiaires considèrent le recours informatique comme une obligation officielle et que les IPR y accordent de l'importance lors de leurs inspections.

- 96 % sont d'accord avec l'idée que « Les nouveaux programmes font obligation d'utiliser l'ordinateur ».
- 93 % considèrent que « Les IPR valorisent l'utilisation de l'ordinateur ».

Cette obéissance institutionnelle, cette idée de l'obligation à faire, est un fait nouveau de la formation à la pédagogie informatique.

Une meilleure réussite des élèves ; le recul de l'échec scolaire :

En ce qui concerne le rôle de l'ordinateur favorisant une meilleure réussite des élèves et le recul de l'échec scolaire, les avis apparaissent plus contrastés et partagés :

L'idée que « les élèves réussissent mieux en travaillant sur ordinateur » est approuvée par une petite majorité 53 %, mais 32 % sont d'un avis contraire et 15 % ne se prononcent pas.

L'opinion que « Le recours à l'ordinateur fait reculer l'échec scolaire » recueille 59 % d'avis favorable pour 25 % d'un avis contraire avec 16 % qui ne se prononcent pas.

Cette échelle d'opinions relatives peut paraître paradoxale pour des professeurs qui ont décidé de participer volontairement à des stages de formation à l'utilisation pédagogique de l'ordinateur. L'indice d'approbation est nettement plus bas que dans les autres domaines. En fait, si l'on raffine l'analyse des réponses en fonction de la pratique c'est à dire de l'expérience pratique informatique des stagiaires, les avis sont plus probants et intéressants.

- Les professeurs qui n'ont aucune pratique informatique, ni en cours ni en soutien, sont les plus nombreux à ne pas se prononcer : à 36 % et 43 %. Ce sont eux qui sont les plus

sceptiques (36 % et 29 % en désaccord) et les moins favorables (29 %). Mais on constate que le degré d'approbation augmente en fonction de l'importance de la pratique informatique :

- Les professeurs utilisateurs de l'ordinateur en cours ou bien en soutien sont d'accord à 62 % et 69 %.
- Les professeurs qui pratiquent le plus, en cours et en soutien, approuvent à 72 % et 80 %.

Plus les professeurs ont d'expérience pratique informatique surtout en cours et plus ils sont d'accord avec le caractère bénéfique du recours informatique pour la réussite des élèves et le recul de l'échec scolaire.

Amélioration du métier et de la carrière :

85 % des stagiaires estiment que l'utilisation de l'ordinateur améliorera leur enseignement. Ces professeurs qui ont choisi de venir en formation sont optimistes et considèrent donc que la maîtrise de la pédagogie informatique leur permettra de mieux enseigner. Ce qui peut s'interpréter de deux manières. D'un côté, cette nouvelle capacité leur permettra de satisfaire aux exigences en matière des TICE des nouveaux programmes, ce qui est un progrès en soi, d'un autre côté, on peut penser aussi qu'ils espèrent également une amélioration de leurs performances pédagogiques et que leur enseignement gagnera en qualité et en résultats.

Les avis sont moins positifs et plus partagés en ce qui concerne l'idée que « l'utilisation de l'ordinateur valorisera sa carrière ». 65 % le croient, mais 21 % sont d'un avis opposé et 13 % ne se prononcent pas. On peut retrouver là la reconnaissance du rôle des IPR et de leur valorisation du recours informatique. Mais il est intéressant de comparer les espérances différentes des professeurs suivant leurs âges. Manifestement les jeunes professeurs (<37 ans) ont tendance à espérer davantage (72 %) d'entre eux pour leur promotion sociale que les plus âgés (58 %) des plus de 37 ans. Rappelons que chaque groupe d'âge de ± 37 ans représente la moitié de l'ensemble des stagiaires.

La très grande majorité des stagiaires pense que l'utilisation de l'ordinateur améliorera leur enseignement et les jeunes professeurs surtout espèrent que cela valorisera leur carrière.

Profils culturels professionnels

Lectures et centres d'intérêt :

« Dis-moi ce que tu lis et je saurai quels sont tes centres d'intérêt » ; il a été demandé aux stagiaires d'indiquer le nombre de lectures, de revues, magazines ou livres, sur des sujets professionnels (mathématiques et pédagogiques, didactiques), culturels (sciences et littérature, philosophie) et politiques, syndicaux, depuis aucune lecture (désintérêt), d'un à cinq ouvrages (intérêt) ou plus de cinq (fort intérêt) par an.

Pour l'ensemble des stagiaires des résultats contrastés : chacun des centres d'intérêt est ignoré par un tiers environ des stagiaires, de 30 % à 40 %. Les lectures les plus répandues concernent les mathématiques et le syndicalisme et la politique. Les moins lues sont les sciences (tendance contemporaine répandue) et la pédagogie. Même répartition pour les lectures plus suivies.

La distinction hommes, femmes : on retrouve des différences connues de la distinction sexuée des centres d'intérêt :

▰ *Chez les hommes* : un très fort intérêt pour le syndicalisme et la politique à 79 % dont 37 % très fort. Les autres lectures sont notables pour les mathématiques et les sciences à 79 % également, un intérêt nettement plus faible pour la pédagogie (68 %) et surtout pour la littérature avec 52 % avec quelque 47 % de désintérêt.

▰ *Chez les femmes* : L'intérêt le plus grand pour la littérature avec 72 % dont 18 % de fort, puis les mathématiques (68 %), le syndicalisme politique (68 %) et la pédagogie (66 %). L'intérêt le plus faible concerne les sciences avec 45 % de désintérêt et seulement 56 % d'intérêt.

Mais à part le syndicalisme-politique, les autres centres d'intérêt ne dépendent pas du sexe, y compris la littérature qui paraissait pourtant distinctive. Une tendance, mais non significative même si, en France, 65 % des lecteurs de romans sont des femmes[1].

Cinq groupes caractéristiques

L'étude multivariée a fait ressortir cinq regroupements intéressants des stagiaires :

⇨ Le groupe des néophytes : 1 stagiaire sur 6 (en 2008). Il concerne des professeurs (dont quelques femmes plus âgées qui ont pu le revendiquer expressément lors des stages), qui n'ont *aucune pratique* des TICE (il correspond aux stagiaires inactifs), *peu de formation informatique* seulement acquise en formation continue, qui viennent plutôt de grands collèges (>900 élèves) des grandes villes, plus particulièrement *férues de littérature et de pédagogie* et qui ne *se prononcent pas* sur toutes les questions de la pédagogie informatique : *réussite des élèves, recul de l'échec scolaire, mieux enseigner, valoriser sa carrière, le cas du professeur émérite*. Un groupe qui répond, malgré tous ses handicaps, aux *injonctions officielles*, qui a fini par se soumettre aux incitations institutionnelles.

C'est une classe homogène fortement constituée, avouant son ignorance, qui a tout à apprendre. Cette catégorie de stagiaires, inquiète, mais de bonne volonté, qui veut progresser au cours du stage espère être à la fois convaincue, motivée, mise en confiance, initiée, formée et entraînée dans l'action.

[1] Cité dans l'émission « Vol de nuit » du 17 juin 2008.

⇨ Le groupe des sceptiques : 1 stagiaire sur 4 (en 2008). Il s'agit de professeurs, plutôt femmes, jeunes de moins de 43 ans, *enseignant en cycle central* (5e et 4e), *en petits collèges* (<200 élèves), qui ne lisent aucun *ouvrage de mathématiques ni de pédagogie ni de sciences* et qui pensent que *l'ordinateur ne permet pas une meilleure réussite des élèves*, ni de *faire reculer l'échec scolaire*, qui *ne croient pas qu'il leur permettra de mieux enseigner*. Elles ont des conjoints de catégorie supérieure (pour moitié), au service réduit (15 à 18h), ne faisant pas d'heures supplémentaires, d'ancienneté de 0 à 20 ans, qui ont une *pratique limitée* de la pédagogie informatique.

Des idées a priori surprenantes et paradoxales pour des enseignants qui ont délibérément choisi de participer à un stage de formation à la pédagogie informatique. On peut penser que ces professeurs obéissent surtout aux injonctions institutionnelles, comme la très grande majorité des stagiaires (97 %), mais sans illusions et même au départ avec un certain scepticisme. Ou bien, dans une vision élitiste fataliste ou conservatrice, que l'informatique ne changera rien au destin prédéterminé des élèves, ni à l'ordre des choses.

Cette classe, d'une homogénéité moindre, un peu déculturée, regroupe des professeurs confortablement installés qui ont une idée défavorable de la pédagogie informatique (ce qui les distingue nettement des 4 autres groupes). Cependant leur présence volontaire aux stages atteste, qu'au-delà de leurs doutes, ils manifestent une certaine bonne volonté et qu'ils sont prêts à reconsidérer leurs positions. Un défi relevable que de convaincre et dynamiser ces participants. Les résultats des stages, leurs évaluations et leurs bilans, rassurent et montrent que ce groupe nombreux (1/4 des effectifs globaux) ne constitue nullement un obstacle ni une gêne pour l'accomplissement des stages. Car, dans l'ensemble, à part quelques rares exceptions, *en fin de stage,* il ne subsiste pas d'éléments réticents ou négatifs lors du bilan si l'on se réfère à leurs fiches d'évaluations individuelles. Leur scepticisme semble avoir nettement reculé ou disparu.

⇨ Trois groupes optimistes : ils constituent la majorité des stagiaires (en 2008), 57,5 %, soit plus de la moitié qui pensent que l'ordinateur *peut améliorer son enseignement*, *faire mieux réussir les élèves* et *reculer l'échec scolaire*.

→ Un groupe activiste pédagogue : 1 stagiaire sur 5. *Faire mieux réussir les élèves et reculer l'échec scolaire, mieux enseigner*. Des professeurs *en début de carrière* (ancienneté 6-10 ans) pour moitié, *qui lisent des ouvrages de pédagogie et de didactique*, mais *aucun de mathématiques et de science*, qui ont une *bonne expérience de l'informatique pédagogique* (plus de 20 actions par an), et sont impliqués dans des *actions de soutien*.

Un groupe relativement homogène qui vient sûrement pour progresser, approfondir la pédagogie informatique et trouver des activités efficientes.

→ Un groupe scientifique : 1 stagiaire sur 5. *Meilleure réussite des élèves, recul de l'échec scolaire, mieux enseigner*. Des professeurs au profil *plutôt scientifique* , qui lisent des mathématiques et des sciences, impliqués dans des actions de *soutien du type PPRE*, qui ont pour moitié *un conjoint de catégorie socioprofessionnelle inférieure* et qui voient l'informatique pédagogique comme une obligation officielle et une possibilité de *valoriser sa carrière*.

Un groupe d'activité inégale qui veut sûrement progresser en efficacité et se promouvoir.

→ Un groupe expérimenté : 1 stagiaire sur 7. *Meilleure réussite des élèves, recul de l'échec scolaire*. Le groupe le moins homogène, qui rassemble des professeurs éclectiques, qui lisent *sciences* comme *pédagogie*, qui rassemble des stagiaires d'une ancienneté de plus de 20 ans, impliqués dans des actions qui les amènent à faire plus de 20 heures de service par semaine, situés en collèges importants (700-900 élèves) de la campagne, *très actifs en pédagogie informatique,* mais qui n'en espère *aucune valorisation carrière*.

Le groupe le plus expérimenté et le plus actif qui veut vraisemblablement approfondir sa démarche et rechercher des activités nouvelles tout en obéissant aux injonctions officielles.

Deux classes sont apparues ainsi nettement opposées : la classe des néophytes et la classe des expérimentés.

Évaluation de la proportion des professeurs actifs

À partir de la participation aux stages de formation, il a été possible d'évaluer, dans l'académie de Toulouse, la proportion des professeurs de mathématiques de collège qui pratiquent peu ou prou le recours informatique pour enseigner.

Dans les années quatre-vingt-dix, les évaluations nationales donnaient un pourcentage de 5 % de professeurs utilisant l'ordinateur. En 2010, dans l'académie de Toulouse, la participation aux stages de formation dans les années 2000 et les informations qui en ressortent permettent de se faire une idée actualisée, réaliste et étayée de cette proportion.

De 1999 à 2010, 792 stagiaires ont suivi dans le cadre du PAF les stages de formation à l'utilisation de l'ordinateur de L'IREM, ce qui représente, en considérant le nombre de professeurs correspondant au nombre de stagiaires, soit 75,6 % de professeurs (en considérant que le taux de 311 professeurs/401 stagiaires de 2004 à 2010 peut s'appliquer également aux stagiaires de 1999 à 2004), soit 599 ≈ 600 professeurs. On doit ajouter ceux qui ont participé

aux quelques stages non IREM de l'ordre d'un ou deux stages par an soit, au minimum, 13 x 12 = 156 stagiaires (estimation); c'est-à-dire, en appliquant le même coefficient, 118 ≈ 120 professeurs supplémentaires. Donc au total 600 + 120 = 720 professeurs ont participé aux formations en douze ans. En tenant compte des départs à la retraite des plus de cinquante ans, peu nombreux soit 6 % environ des professeurs venus en stage (43 ≈ 50), il reste environ 670 professeurs.

Deux hypothèses :

1e On considère qu'à la suite de la formation la proportion des actifs ne change guère et reste ce qu'elle était avant le stage soit 90 % des professeurs stagiaires, alors le nombre de professeurs actifs serait donc de 670 x 0,90 = 603 ≈ 600, ce qui nous donnerait un pourcentage de 33,3 % soit 1/3 des 1800 professeurs de mathématiques des 247 collèges publics de l'académie. Les professeurs venant de l'enseignement privé, qui bénéficient d'une formation spécifique par ailleurs, ont été très rares.

2e Soit l'on considère que tous les stagiaires sont devenus actifs et dans ce cas, les 670 donnent 37,2 % de professeurs actifs.

On peut donc raisonnablement estimer qu'un tiers **(entre 30 % à 40 %) des professeurs de mathématiques de l'académie utilisent l'ordinateur pour enseigner** en 2010. Sans compter le nombre inconnu des enseignants pratiquants qui ne seraient jamais venus en stage.

On peut donc considérer que la pratique du recours informatique est désormais importante et répandue même si, à cause de son caractère dispersé et encore minoritaire dans l'ensemble des collèges, on aurait tendance à la mésestimer. Incontestablement, aujourd'hui, *elle représente un phénomène significatif, irréversible et massif parmi la population enseignante de mathématique*.

Après un démarrage lent dans les années quatre-vingt-dix, les années 2000 ont marqué l'envolée historique du recours informatique dans l'enseignement des mathématiques portée par la nouvelle génération des jeunes professeurs. Et on peut penser que la formation continue a pu jouer, par le nombre et la proportion des professeurs qu'elle a mobilisés au fil du temps, un rôle important et décisif dans la promotion, l'entraînement, la consolidation, le développement et l'essor de cette pédagogie numérique.

Comparaison avec les autres disciplines

Cet engagement des professeurs de mathématiques en comparaison avec celui des enseignants des autres disciplines pourrait surprendre. En technologie, en sciences, en langues, en arts plastiques, musique et histoire géographie, pratiquement tous les professeurs utilisent en cours l'ordinateur couplé au vidéoprojecteur. Cette différence, ce décalage est tout à fait explicable. Comme outil pédagogique, dans toutes ces disciplines, l'ordinateur-vidéoprojecteur a remplacé le projecteur de diapositives pour *l'illustration et la documentation*. En langue, il a suppléé le magnétophone. Son utilisation didactique est la même que celle de ces anciens appareils enrichie des immenses possibilités d'accès à des ressources imagées, sonores et vidéo en ligne à partir des sites Internet documentaires ou des CEDEROM et DVDROM. Mentionnons cependant les utilisations spécifiques de l'ordinateur en technologie comme outil des *productions* bureautique et technologique et en sciences comme *instrument de mesure et de contrôle* en EXAO (expérimentation assistée par ordinateur). Le recours informatique en mathématique est d'un autre ordre. L'ordinateur est un *instrument d'enseignement-apprentissage*, d'une didactique plus complexe et exigeante à mettre en œuvre comme on le verra plus loin. Comme nous l'avons vu, une formation s'avère indispensable. Il n'est donc pas étonnant qu'il soit spontanément moins pratiqué. Mais ce n'est peut-être qu'une question de temps.

Partie VIII

Les activités informatiques

1 Les sources

2 Le cadre-action

3 Les dispositifs matériels

4 Les dispositifs pédagogiques

5 Les dispositifs organisationnels

6 Les notions mathématiques

7 Les logiciels utilisés

8 L'origine des activités

9 La documentation

10 La durée

11 La répétition des activités

12 La classification des activités

13 Le cas du B2i

14 L'évaluation des activités

15 Les enseignements de l'enquête

16 Des exemples

Analyser les activités du recours informatique dans l'enseignement des mathématiques au collège et leurs pratiques effectives pour en définir leurs différentes caractéristiques (types, notions, durées…) nous conduit à étudier les différents dispositifs qu'elles utilisent, matériels, logiciels, pédagogiques et organisationnels, dispositifs qui sont en fait leurs conditions d'existence même.

1 Les sources

Les éléments d'information et d'analyse proviennent de deux sources :

⇨ L'expérience, les contributions et les éditions du groupe PIMC de l'IREM de Toulouse, notamment compilées dans son DVD-Rom diffusé dans les années deux mille. Sans recouvrir totalement l'ensemble des activités possibles de cette nouvelle technologie d'enseignement des mathématiques, ce fonds constitue un corpus suffisamment vaste et riche pour servir de base à l'étude systématique de ce domaine, d'autant qu'il a été largement diffusé, expérimenté et éprouvé à l'issue des nombreuses formations continues.

⇨ L'enquête en ligne sur les pratiques effectuée en 2009 dans le cadre des travaux de M2R en sciences de l'éducation à l'UTM effectuée auprès

– des professeurs de mathématiques de l'académie de Toulouse ayant participé aux divers stages de formation à la pédagogie informatique ("Enseigner les mathématiques avec l'ordinateur au collège" ; "Aide et soutien en mathématiques avec l'ordinateur" ; "Le tableur en mathématique au collège") organisés dans le cadre du Plan Académique de Formation par le Service de la formation continue du Rectorat de Toulouse des trois années (2007, 2008, 2009), soit environ 180 enseignants

– des professeurs de collège animateurs à l'IREM de Toulouse utilisant l'ordinateur pour enseigner (une dizaine)

– de membres de l'association nationale de professeurs de mathématiques Mathdiscut.

– de quatre enseignants formateurs-chercheurs en pédagogie informatique, considérés comme experts, membres de l'IREM de Toulouse, qui ont présenté tout ou partie importante des activités informatiques d'enseignement qu'ils ont élaborées et intensément pratiquées.

Un corpus présentant un amalgame entre deux sous-ensembles hétérogènes :

▪ le premier comprend les activités renseignées par les 61 professeurs de l'académie ou du pays qui n'ont déclaré qu'une à cinq activités (95 au total) qu'ils ont choisies parmi sûrement bien d'autres

▪ le second, la contribution de trois formateurs-expert de l'IREM qui ont déclaré un nombre important ou exhaustif de leurs activités pratiquées, de 15 à 90 activités chacun.

Soit un total pour l'ensemble de **226** activités différentes, représentant quelque **2658** activités effectivement pratiquées (estimation) en tenant compte de leurs répétitions déclarées dans le temps.

D'un côté un échantillon étroit, extensif, aléatoire et singulier. De l'autre un échantillon systématique, intensif et presque complet. Un double caractère qui a permis de croiser une recherche en largeur, horizontale (avec, pour l'essentiel, une activité par auteur pour soixante et un participants) et une recherche en profondeur, verticale pour (quasiment) toutes les activités des trois experts. Une vision en largeur et en profondeur. Cet aspect dual devait permettre d'offrir aussi une diagonale, une vision dans le temps. Les trois experts sont plus âgés et plus expérimentés que les autres enseignants. Ils pratiquent des activités nouvelles, plus avancées et d'avant-garde. En quelque sorte, ils représentent une projection dans le temps, dans le futur des autres acteurs.

L'enquête comportait deux questionnaires, l'un sur les professeurs (genre, âge, fonction, ancienneté, effectif du collège, ZEP ou non, catégorie, nombre d'actions par an, formation) et l'autre sur les activités déclarées (notion mathématique, origine, niveau, type, cadre-action, B2i, pédagogie, logiciel souche, documents, fiche [O/N], matériel, organisation, problèmes organisationnels, complexité, évaluation, nombre de fois, valeur comparative, intégration, pertinence, performance, maîtrise technique et pédagogique, durée, durée comparative, appréciation intrinsèque et globale, incidence sur les résultats scolaires, à réutiliser [O/N], à modifier [O/N]).

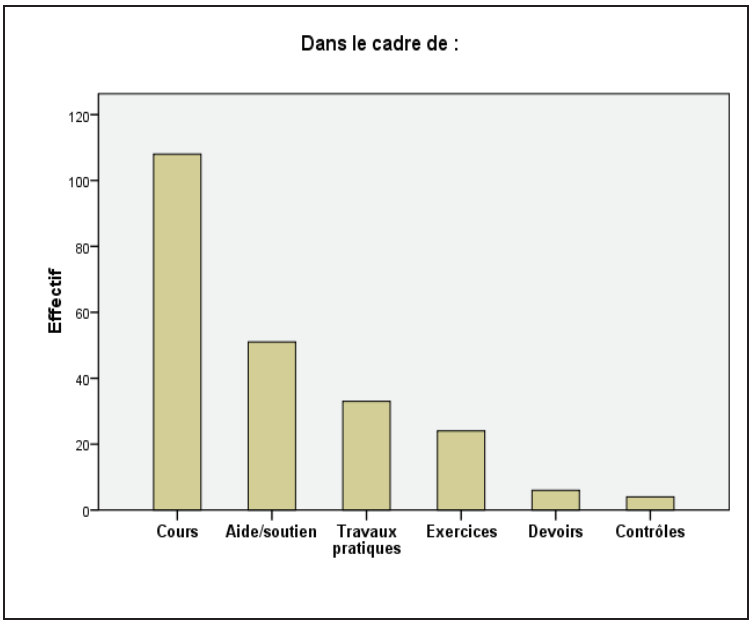
Cette enquête n'avait pas la prétention de donner une vision générale, intégrale et significativement exacte des pratiques informatiques dans l'enseignement des mathématiques au collège. Sa population est trop restreinte et elle est trop étroite et limitée dans l'espace et le temps pour prétendre atteindre cet objectif. Mais elle en donne néanmoins une idée réaliste et relativement indicative de ce phénomène, une photographie intéressante. Voir l'enquête complète en [annexe2].

2 Le cadre-action

Dans le cadre des travaux de mathématiques pratiqués en classe, nous avons distingué six cadres-actions au sein desquels peut être pratiquée une activité informatique : le cours, les exercices, les travaux pratiques ou dirigés, les devoirs, les contrôles et l'aide ou soutien.

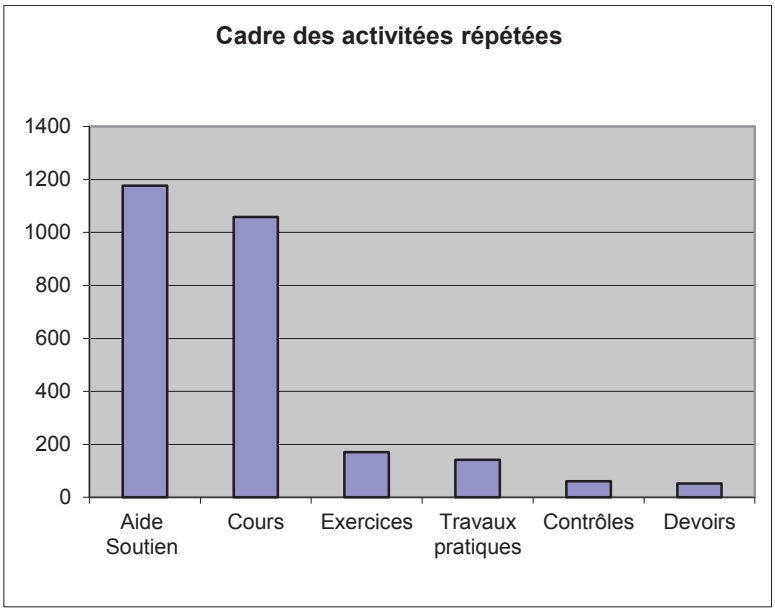
En 2009, pour les 64 professeurs qui ont répondu à l'enquête, leurs 226 activités informatiques *distinctes* se déroulaient **principalement en cours à 48 %**. L'aide et le soutien

arrivait en second avec 23 % puis les travaux pratiques 15 % et les exercices 11 %. Quelques devoirs et contrôles rares.



	Effectifs	Pourcentage
Cours	108	47,8
Aide soutien	51	22,6
Travaux pratiques	33	14,6
Exercices	24	10,6
Devoirs	6	2,7
Contrôles	4	1,8
Total	226	100,0

Cependant pour les 2658 *activités déclarées répétées* dans le temps, l'ordre change : **l'aide et le soutien viennent en tête avec 44 %** des activités répétées et le cours juste derrière avec 39 % des activités pratiquées. Très loin derrière, les autres cadres d'activités minoritaires en volume, mais aussi plus récentes et donc moins répétées.



Aide Soutien	1177	44.3%
Cours	1058	39.8%
Exercices	170	6.4%
Travaux pratiques	141	5.3%
Contrôles	60	2.3%
Devoirs	52	2.0%
Total	2658	100.0%

Une répartition fortement marquée par le poids des 136 activités des experts qui pratiquaient beaucoup plus le recours informatique en cours que les autres catégories des professeurs. Un déséquilibre qui indiquait la tendance à venir du recours. Voir supra.

3 Les dispositifs pédagogiques

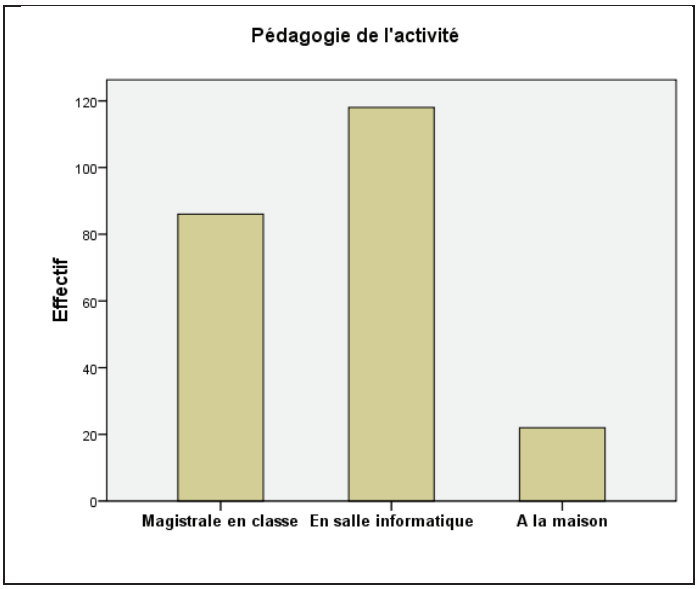
Nous avons distingué différents aspects et caractéristiques des méthodes pédagogiques pratiquées qui représentent autant de variantes didactiques des trois genèses scolaires des connaissances, de la *mésogenèse* (l'organisation, la connexion et l'interaction des différents objets matériels et des processus cognitifs du milieu éducatif dans l'élaboration des connaissances), de la *topogenèse* (le rôle respectif de l'enseignant et des élèves dans cette production) et la *chronogenèse* (l'évolution, la temporalité de la gestation) :

- un enseignement en présentiel [PRES], ou à distance [DIST]
- un enseignement magistral [MAGIS] activité exclusive ou principale du professeur, collaboratif entre professeur et élèves [COLLAB], ou en dévolution [DEVOL], activité exclusive ou principale de l'élève dans l'élaboration des connaissances
- un enseignement transmissif [TRANS], dirigé [DIRG], en autonomie [AUTO] ou libre [LIBR]
- un enseignement frontal [FRONT], conjoint [CONJN] ou indépendant [INDEP] à domicile, rôle respectif de l'enseignant ou de l'élève dans cette production
- un apprentissage plutôt passif [PASS] ou actif [ACTI] de l'élève
- un enseignement en classe entière [CLASS], en groupe [GROUP] ou individualisé [INDIV]
- un enseignement en continu [CONT], ou différé [DIFF] dans le temps

Avec toutes les combinaisons possibles et constatées comme, par exemple, un cours professoral traditionnel, en présentiel, magistral, frontal, transmissif, passif, en classe entière, en continu [PRES-MAGIS-FRONT-TRANS-PASS-CLASS-CONT], une monstration imagée pour conjecturer en cours magistral [PRES-COLLAB-DIRG-CONJN-ACTI-CLASS-CONT], un devoir fait en ligne par un élève à la maison [DIST-AUTO-INDEP-ACTI-INDIV-DIFF] ou un apprenticiel en salle informatique pour la découverte d'une notion mathématique [PRES-AUTO-DEVOL-CONJN-ACTI-(CLASS,GROUP,INDIV)-DIFF].

Lors de l'enquête de 2009, l'étude des variations pédagogiques des activités informatiques pratiquées avait été plus sommaire distinguant seulement trois configurations simples : le recours magistral en classe, le recours en salle informatique et le travail de l'élève à la maison. Les résultats faisaient apparaître que **le travail en salle informatique dominait encore à 52 %**. Tous les professeurs de mathématiques n'avaient pas encore un vidéoprojecteur dans leur salle de classe. Mais ce recours magistral s'est développé

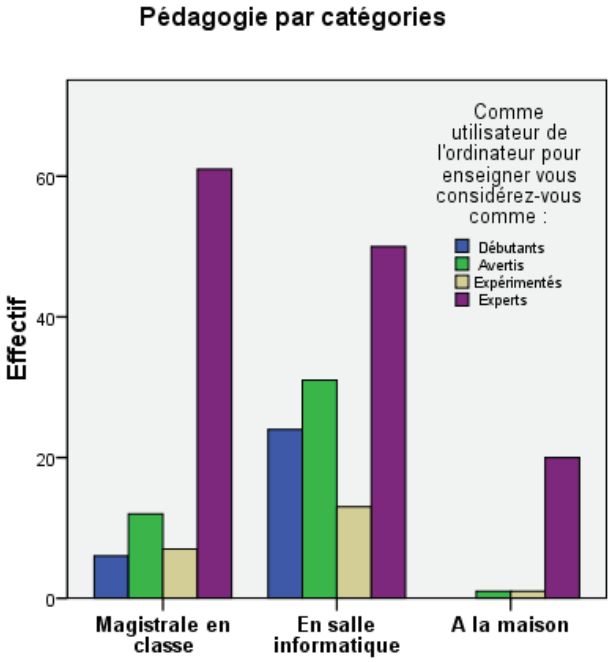
rapidement depuis les 38 % constatés comme également le travail donné aux élèves sur Internet à la maison ≈10 %.



Des trois dispositifs pédagogiques des activités informatiques

	Effectifs	Pourcentage
Magistrale en classe	86	38,1
En salle informatique	118	52,2
À la maison	22	9,7
Total	226	100,0

Et par catégories des capacités informatiques des professeurs :



Un résultat très net : **les débutants et les avertis travaillent surtout en salle informatique alors que les experts utilisent le vidéoprojecteur en classe**. Les expérimentés se situent entre ces deux pratiques. Cette tendance est nettement accusée par le fait que les experts ont déclaré beaucoup d'activités, particulièrement des imagiciels. Le travail donné aux élèves sur ordinateur à la maison est pour les mêmes raisons le fait des experts qui donne la tendance évolutive future du recours informatique.

4 Les dispositifs matériels

Dans l'enseignement des mathématiques, le recours informatique s'appuie, dépend et correspond à une base matérielle et logicielle qui en retour en détermine les possibilités, la forme et le type. D'un côté, le progrès, les performances accrues des ordinateurs et des réseaux ainsi que des logiciels associés plus performants ont permis le développement d'applications pédagogiques plus variées, plus ambitieuses, plus adaptées et plus efficaces.

D'un autre côté, les besoins insatisfaits, les espérances pédagogiques inassouvies, les attentes précises découlant des imperfections, des limites et des défauts des logiciels existants ont stimulé la recherche et la mise au point de moyens informatiques, matériels et logiciels, plus fonctionnels. Dans cette relation dialectique, le dispositif matériel et logiciel demeure la base et est essentiel, déterminant, et le dispositif pédagogique correspondant joue le rôle opératoire, décisif. Le second n'est pas concevable sans le premier, mais le premier ne peut se réaliser qu'au travers du second.

Les infrastructures matérielles

⇨ *Les dispositifs collectifs à la disposition des élèves :*

● La salle informatique : historiquement le premier dispositif collectif, hérité de l'informatique historique avec le Nanoréseau en 1985. Installée dans une salle unique ou double avec un sas d'accueil, comprenant depuis 1994 des PC, d'abord monopostes puis câblés en réseau branché sur un serveur de fichiers et Internet. Leurs installations varient de dix ordinateurs pour certains collèges mal équipés à trente machines pour les mieux dotés (cela a pu dépendre du choix des établissements). En général de 15 à 20 postes de travail. Pour les établissements qui ont pu suivre les recommandations initiales, une deuxième salle sert d'antichambre pour accueillir les élèves, donner les consignes, déposer les cartables et les affaires personnelles. La salle informatique permet à un groupe d'élèves ou une classe entière, pendant une heure ou une fraction d'heure, de travailler selon une organisation d'un élève ou deux élèves par poste selon la répartition possible suivante :

> → Pour *n postes* disponibles pour *x élèves* de la classe ou du groupe,
> si $x > n$ alors $x - n$ élèves travailleront par groupe de deux,
> le reste, $n - (x - n)$ élèves travailleront individuellement
> → Par exemple dans une salle de 20 postes pour une classe de 4e de 28 élèves, 16 élèves travailleront en doublettes sur 8 postes et le reste des 12 élèves travailleront individuellement.

La pédagogie qui pourra y être pratiquée est forcément du type présentiel (le professeur est bien présent) pour un travail actif, individuel ou en doublette, autonome et en dévolution des élèves d'une classe entière ou d'un groupe, dont les résultats seront évalués ou exploités conjointement en différé [PRES-AUTO-DEVOL-CONJN-ACTI-(CLASS,GROUP,INDIV)-DIFF].

Dans un collège, l'utilisation d'une salle informatique nécessite l'organisation d'un *planning* d'occupation pour sa réservation, l'établissement d'une *charte* d'utilisation paraphée par les

professeurs et les élèves (et leurs parents) en fixant les règles de fonctionnement, de sécurité et de responsabilité.

● Le chariot mobile de 9 portables en réseau WIFI : autre dispositif collectif déployé plus récemment, particulièrement pour les salles de sciences, permet le travail individuel ou par groupe de deux des élèves *en salle de classe*, par exemple avec deux chariots offrant 18 postes. Donc $x - 18$ portables pour deux élèves et $x - (x - 18)$ portables individuels.

● Le lot de tablettes : cas d'un collège équipé d'un lot de 30 tablettes pouvant être mise à disposition des élèves d'une classe, une tablette par élève, pour un travail donné.

● Autre variante de dispositif collectif a pu être le cas (rare) de la dotation d'un ordinateur portable par élève dans les collèges des départements des Landes et des Bouches-du-Rhône. Une opération onéreuse qui n'a connu aucune généralisation.

Dans ces derniers dispositifs informatiques matériels collectifs, la pédagogie est de type présentiel, dirigée et en dévolution, conjointe, active, continue, en doublette ou individualisée [PRES-DEVOL-COLLAB-CONJN-ACTI-(GRP,INDIV)-CONT]. L'avantage de ce système par rapport à la salle informatique est de pouvoir travailler en classe dans l'heure, en continu, sans déplacement, ni réservation, en passant séquentiellement et alternativement du travail des élèves sur ordinateur à la synthèse collaborative classe entière.

⇨ *Les dispositifs frontaux du professeur :*

● Le vidéoprojecteur : le dispositif magistral en classe permettant de projeter sur un grand écran ou sur tableau blanc (pour pouvoir écrire sur l'image) l'écran d'un ordinateur.

● Le tableau blanc interactif TBI : il permet d'écrire à la main sur le tableau avec un stylet un texte automatiquement converti en caractères d'imprimerie, de l'enregistrer et l'archiver pour le rappeler ultérieurement, de réaliser des figures de géométrie avec des instruments virtuels ou à l'aide d'un logiciel de géométrie dynamique, de lancer une animation, une vidéo, d'accéder à tout document pédagogique numérisé, à la documentation en ligne ou aux ressources Internet. L'inconvénient, outre une certaine complexité et lourdeur d'utilisation qui demande un apprentissage, est que le professeur est constamment dans le faisceau lumineux nocif du vidéoprojecteur. L'expert B de l'IREM qui l'a expérimenté intensément et continument pendant un mois dans toutes ses classes a ainsi perdu un dixième à sa vue. Ce défaut peut être corrigé si le vidéoprojecteur est proche du tableau, juste au-dessus, comme les derniers modèles.

● La caméra : dispositif nouveau de rétroprojection du bureau du professeur capable de rétroprojeter en direct tous documents achevés ou en cours de réalisation en apportant les

avantages suivants :

- le professeur dispose d'un tableau à plat pour écrire son cours en direct ou le projeter
- le professeur fait face à la classe et ne tourne plus le dos pour écrire au tableau ; il peut suivre le travail des élèves simultanément
- facilité d'utilisation, d'accessibilité, de simplicité, de l'écriture et du dessin traditionnel
- visualiser tout document de travail: fiche, livre, cahier, classeur, brouillon, copie d'élève, exercice, figure, schéma …
- partager immédiatement les travaux de recherche, les contributions écrites ou graphiques de n'importe quel élève, permet la collectivisation d'une production individuelle
- corriger directement un travail écrit, une copie, un exercice, une construction
- gain de temps considérable par rapport au tableau noir et même par rapport au TBI

Dans ces dispositifs informatiques matériels, la pédagogie est en présentiel, magistrale (ou collaborative), transmissive (dirigée), frontale, passive (active), en continu, classe entière [PRES-MAGIS-(COLLAB)-TRANS-(DIRG)-FRONT-PASS-(ACTI)-CLASS-CONT].

⇨ *Les dispositifs en réseau :*

Au réseau local de l'établissement qui raccorde tous ces dispositifs internes, il faut adjoindre les ressources externes accessibles par le réseau des réseaux Internet. Tous les collèges y sont raccordés en haut débit, certains même dans les cités scolaires, à la fibre optique. Leur architecture a évolué en multipliant les serveurs (Proxy, DMZ, SECUR) pour offrir un accès sécurisé bidirectionnel à Internet.

● <u>Internet</u> :

→ création d'un site du collège mettant en ligne diverses informations et certaines ressources en mathématiques : cours, animations, devoirs, corrigés, documents…

→ accès à des sites d'exercices comme Mathenpoche pour des exercices d'entrainement ou des devoirs donnés à faire en ligne au collège ou à la maison

● <u>Extranet</u> :

→ possibilité de l'élève d'accéder à son compte et à certaines ressources de l'établissement depuis son domicile

● <u>Espace Numérique de Travail ENT</u> :

→ cahier de textes accessible en ligne, ainsi que le relevé des absences et des notes par les parents et les élèves

→ accès à certaines ressources du collège

→ communication avec l'administration et les professeurs

Pour tous ces travaux en ligne, les formes pédagogiques du recours informatique sont plutôt du type à distance, autonome ou libre, indépendant, actif, individuel et différé [DIST-AUTO-(LIBR)-INDEP-ACTI-DIFF]

⇨ *À domicile :*

Avec un PC connecté à l'Internet haut débit.

● Du professeur :

→ accès à LaboMep de l'association Sésamath pour organiser des séances de travail sur Mathenpoche pour les élèves avec la gestion le suivi du travail et des évaluations : exercices ou devoir maison ou à tout autre site équivalent.

→ accès à l'ENT pour la gestion des notes et des bulletins scolaires trimestriels ; communication avec les familles et les élèves

→ accès aux sites des IREM, des académies pour trouver des ressources et des activités pédagogiques

→ production d'activités informatiques personnelles avec les logiciels de bureautique ou de géométrie dynamiques notamment à l'aide de logiciels libres et gratuits

→ échanges avec ses collègues de documents pédagogiques, mutualisation des ressources

→ communications entre professeurs par courriels par listes de diffusion

● De l'élève :

Au collège B, en 2006, 75 % des élèves disposaient d'un ordinateur à la maison. Actuellement, d'après les dernières statistiques nationales 96 % des 12-17 ans en sont équipés et 94 % sont connectés à Internet (CREDOC 2010).

Pour faire ses devoirs, exercices, révisions, préparations, communications, informations :

→ accès aux sites comme Mathenpoche (ou autre) pour faire des exercices et des devoirs donnés à faire en ligne à la maison par le professeur.

→ accès libre aux sites gratuits (Mathenpoche, Ruedesecoles, ASP de la Maif) ou payants comme Paraschool pour un soutien personnel ou des cours particuliers

→ accès au site du collège

→ accès à l'ENT du collège

→ communications avec les professeurs et ses camarades

On peut remarquer que ce travail personnel de l'élève est parfois organisé au CDI notamment pour les élèves qui n'ont pas d'ordinateurs à la maison.

L'enquête de 2009 fait ressortir les éléments d'appréciation suivants sur les différents dispositifs matériels :

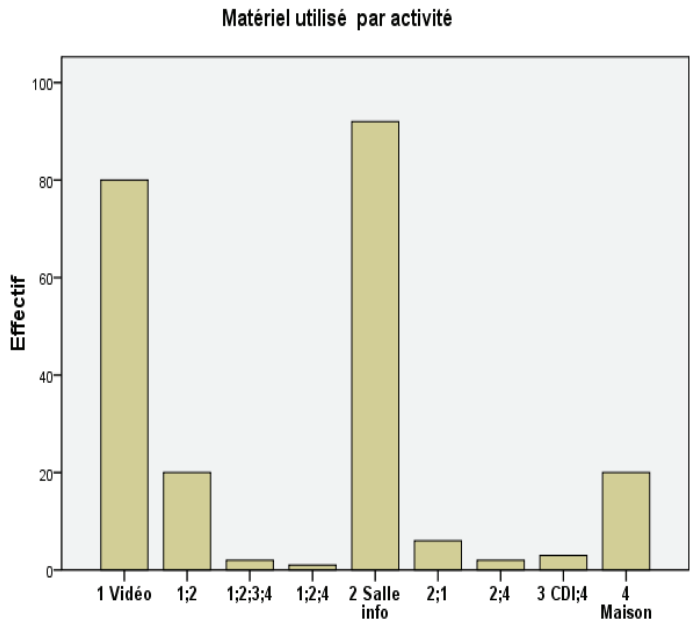
Les pourcentages des utilisations des différents matériels par rapport aux différents cadres d'actions donnent en pourcentage des 226 activités informatiques déclarées :

Pourcentages	En cours	Exercices	Soutien	Devoir	Contrôle	T.P.	Total
Vidéo projecteur	71	27	9	33	0	21	43
Salle informatique	26	70	59	0	100	79	47
CDI	2	3	0	17	0	0	2
À la maison	0	0	32	50	0	0	8
Total	100	100	100	100	100	100	100

On observe que *dans l'ensemble*, que **la salle informatique est encore le dispositif le plus pratiqué 47 %, suivi par la montée régulière du vidéo projecteur 43 %. Les travaux à la maison démarrent à 8 %.**

Mais *pour le cours*, **le vidéoprojecteur détrône la salle informatique avec 71 %** d'utilisation pour 26 % en salle informatique. C'est évidemment l'inverse pour les exercices 70 % pour 27 % et les travaux pratiques 79 % pour 21 %. Le soutien, qui régresse dans l'emploi du temps, s'effectue toujours en salle informatique (59 %), mais se déplace à la maison (32 %) sur Internet comme les devoirs (50 %) dont le CDI en accueille 17 %. Ces devoirs utilisent aussi le vidéoprojecteur pour les aides et les corrections en classe. Tout comme les exercices qui se pratiquent en classe particulièrement les exercices de calcul mental. Les contrôles, rares (4) se déroulent en salle informatique.

Notons que les différentes activités déclarées pouvaient utiliser successivement plusieurs dispositifs matériels comme le montrent les résultats suivants :



	Effectifs	Pourcentage
1 Vidéoprojecteur	80	35,4
1;2	20	8,8
1;2;3;4	2	,9
1;2;4	1	,4
2 Salle informatique	92	40,7
2;1	6	2,7
2;4	2	,9
3 CDI ;4	3	1,3
4 A la maison	20	8,8
Total	226	100,0

Les dispositifs principaux apparaissent nettement, vidéoprojecteur (en classe), la salle informatique et la maison. Les combinaisons les plus remarquables concernent, par exemple, les activités de découverte (codé 2,1 ; 20 occurrences), qui commencent en salle informatique (code 2) et se poursuivent et se terminent en salle de classe avec le vidéoprojecteur (code 1), ou, pour des séances de travaux pratiques (codées 1,2 ; 6 occurrences), sur le tableur par exemple, qui commencent en salle de classe (2) pour la formation, et, se poursuivent et s'achèvent en salle informatique (1) pour les travaux pratiques des élèves.

5 Les dispositifs organisationnels

L'organisation des élèves au cours des activités informatiques, en salle de cours ou en salle informatique, en classe entière ou en groupe, relevée lors de l'enquête de 2009 montre la relation et la dépendance du cadre action et de l'infrastructure matérielle utilisée. L'organisation du travail de la classe en salle informatique est fonction du nombre de postes disponibles et se traduit par différentes solutions plus ou moins lourdes :

- deux demi-classes : avec 1 ou 2 élèves par poste, la moitié sur ordinateur, l'autre sur un travail traditionnel dans la salle attenante ou ailleurs, alternant à la mi-temps. Cas où le nombre d'ordinateurs est insuffisant, inférieur à 15 postes.
- classe entière : à deux élèves par poste, un ou deux élèves par poste, classe entière à un élève par poste. Cas typique déjà traité plus haut.
- un groupe d'élèves : un élève par poste, le nombre d'élèves est inférieur ou égal au nombre de postes ; aucun problème d'organisation. Par exemple en groupe de soutien.

Organisation	Pourcentage des activités	Interprétation
Classe entière Les élèves ne sont pas sur les postes informatiques	41,2%	*En classe, au vidéoprojecteur* à rapprocher des : → 38 % des cadres actions magistrales en classe → de la pédagogie magistrale 38,1%
Demi-classes alternées 1-2 élèves par poste 9,6% **Classe entière** 2 élèves par poste 11% **Classe entière** 1-2 élèves par poste 4,9% **Classe entière** 1 élève par poste 6,9%	32,4%	*En salle informatique*, concernent les activités de découverte en autonomie, les travaux pratiques et des exercices
Groupe d'élèves avec 1 élève par poste en travail individuel	21,6%	*En salle informatique*, à rapprocher des actions de soutien 22,6%
Total concerné	95,2%	

On peut remarquer la correspondance entre le cumul des activités en salle informatique (32,4 + 21,6 = 54 %) avec la déclaration de la pédagogie en salle informatique de 52,2 %

À l'opposé, autre dispositif d'organisation, le travail sur ordinateur à la maison :

→ Un devoir donné à faire en ligne : une organisation technique assez complexe pour enregistrer les élèves, parcourir et choisir les exercices, programmer la séance, fixer ses paramètres et sa durée. Par exemple, au collège B, en 2006 et 2007, deux devoirs de révisions, l'un sur les calculs sur les nombres relatifs et l'autre sur les fractions ont été donnés à faire en ligne à la maison au deuxième trimestre aux élèves de toutes les classes de 5e. Tous les élèves ayant été inscrits sur le serveur de Mathenpoche (devenu depuis Labomep), une séance de travail a été planifiée sur une durée de trois semaines, avec suivi du travail des élèves et enregistrement et relevés des résultats gérés automatiquement par le système. Les élèves (en fait une vingtaine) qui n'avaient pas d'ordinateur accessible connecté en haut débit à Internet ont pu travailler au collège en salle informatique lors de séances spéciales organisées sur leurs heures creuses sous la surveillance d'un personnel d'éducation. Les trois professeurs, qui ont pu contrôler au fur et à mesure l'avancement du travail et stimuler les traînards, ont récupéré à l'échéance les enregistrements de ces travaux et leurs évaluations, qu'ils ont converties en notes à l'aide d'un tableur, afin de les rendre aux élèves comme un devoir traditionnel.

→ Le travail d'entrainement et de soutien personnel de l'élève : les élèves, à l'instigation de leur professeur qui les a enregistrés pour l'année par exemple sur le site de l'ASP (Assistance Scolaire Personnalisée) de la MAIF, peuvent librement, à leur convenance, à l'aide de leur identifiant et leur mot de passe, se connecter sur le site RueDesEcoles pour effectuer des révisions ou préparer leurs contrôles. Le professeur peut suivre le travail des élèves. Ils peuvent aussi travailler librement sur le site Mathenpoche, par exemple pour préparer en 3e le BEPC, sans suivi possible dans ce cas. Dans ce cas l'organisation est nulle pour Mathenpoche et légère pour l'ASP, avec une inscription de ses élèves en début d'année.

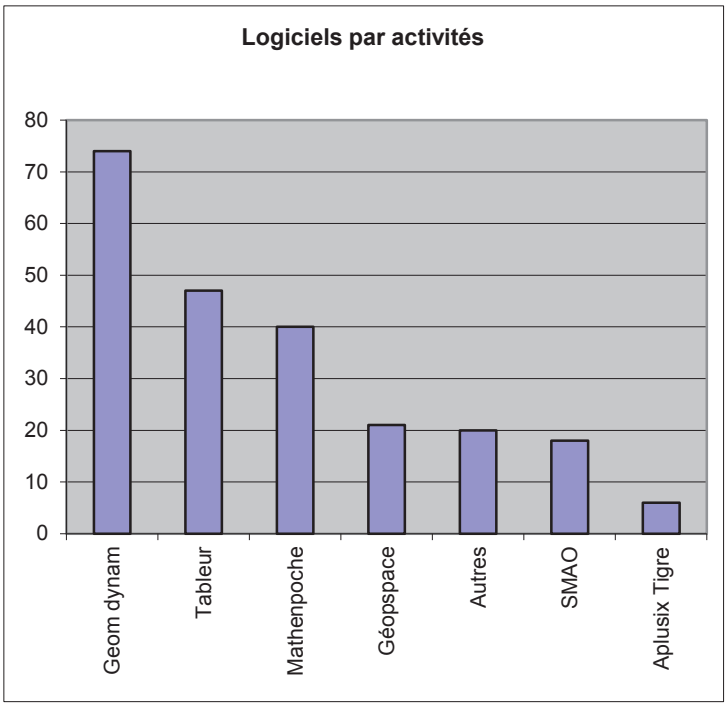
6 Les logiciels utilisés

L'enquête de 2009 fait apparaître que les logiciels (principaux) les plus utilisés sont les logiciels de géométrie dynamique 32,4 % (Cabri 25,7 %, Géogébra[1] 5,8 %, CaRMétal 1,3 %), les tableurs 20,8 % (Excel 11,5 %, Calc 9,3 %) et les logiciels d'exercice 17,7 %. Ensuite les logiciels de géométrie dans l'espace 9,3 % et de soutien (en régression) 8 %. Parmi les autres logiciels totalisant 8,8 % : Géoplanw, Cabri3D, Tracenpoche, WIMS, Géonext, Matou

[1] De nos jours, Géogébra est largement le plus utilisé.

Matheux et surtout une utilisation combinée de Mathenpoche, des tableurs et de Géospace. Enfin Aplusix, logiciel d'entrainement et de contrôle en calculs algébriques du laboratoire IMAG de Grenoble et Tigre, logiciel de démonstration géométrique de l'IRISA de Rennes.

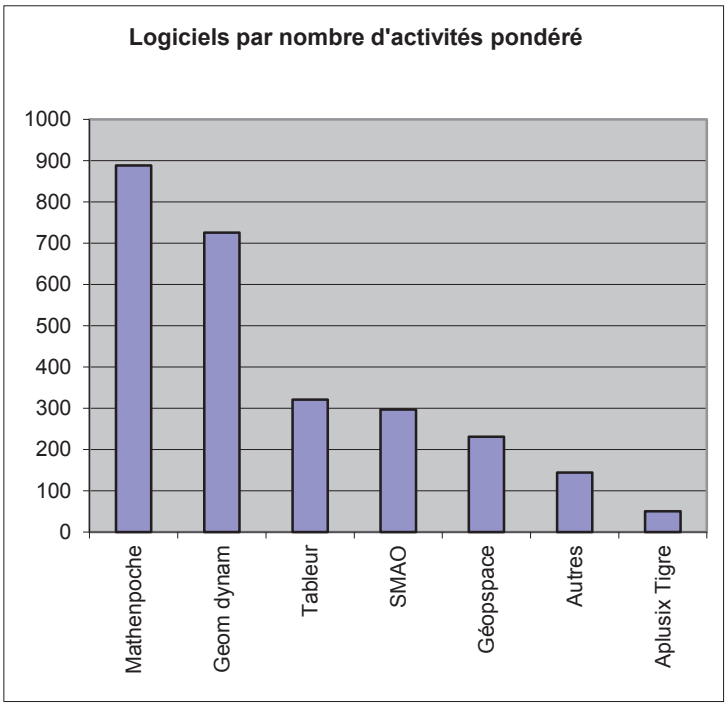
Activités distinctes



Geom dynam	74	32.7%
Tableur	47	20.8%
Mathenpoche	40	17.7%
Géopspace	21	9.3%
Autres	20	8.8%
SMAO	18	8.0 %
Aplusix Tigre	6	2.7%
Total	226	100.0%

Pondérées, répétées

Concernant les activités pondérées par les répétitions l'ordre change : les logiciels d'exercices passent en premier 33,4 %, puis les logiciels de géométrie dynamique 27,3 %, les tableurs 12,1 %, SMAO 11,2 %, Géospace 8,7 %, autres 5,4 %…



Mathenpoche	889	33.4%
Geom dynam	726	27.3%
Tableur	321	12.1%
SMAO	297	11.2 %
Géopspace	231	8.7%
Autres	144	5.4%
Aplusix Tigre	50	1.9%
Total	2658	100.0%

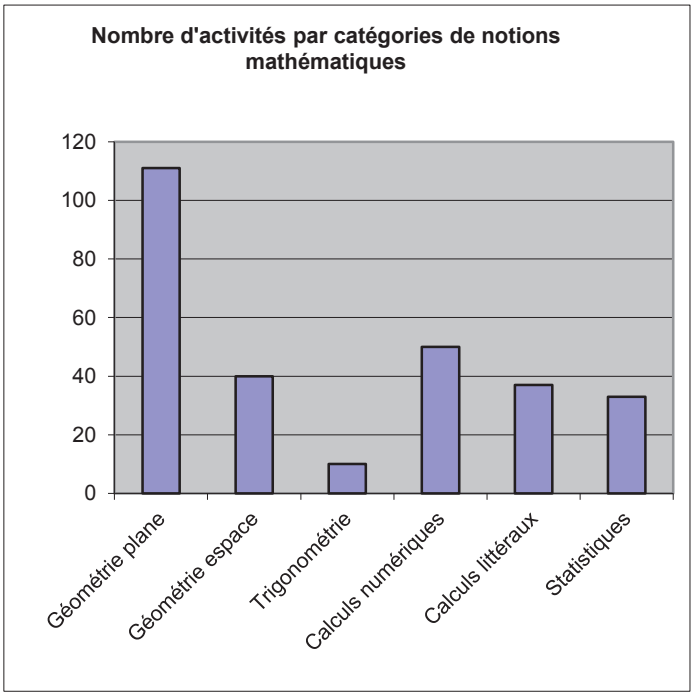
7 Les notions mathématiques

Dans l'enquête, on a distingué dans l'enseignement des mathématiques au collège différentes rubriques correspondant aux six différentes disciplines des mathématiques suivantes : la géométrie plane et dans l'espace, la trigonométrie, les calculs numériques et algébriques, littéraux, et les statistiques. Leurs proportions varient dans les activités déclarées.

Selon les activités qualitatives

En fonction des activités déclarées, en tenant compte des activités globales de soutien ou d'entraînement qui balayent toutes les rubriques sur l'ensemble des notions d'un niveau, le total des activités qualitatives a augmenté de 226 à 281.

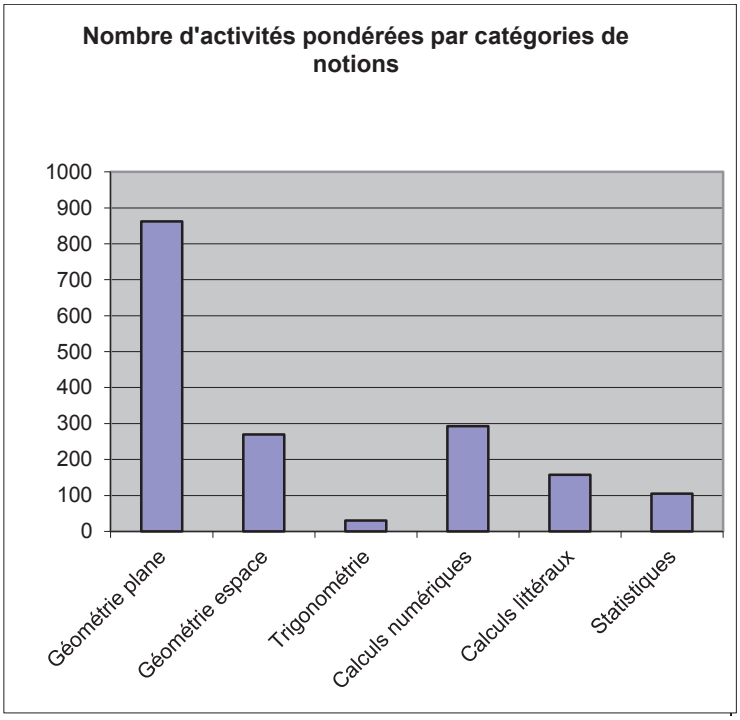
Le résultat est net : **40 % des activités concernent la géométrie plane**, puis loin derrière, dans l'ordre décroissant, les calculs numériques (18 %), et très proches, la géométrie dans l'espace (14 %),les calculs algébriques (13 %), les statistiques (12 %) et enfin la trigonométrie (4 %). À mettre en rapport avec les incitations informatiques des nouveaux programmes.



Géométrie plane	111	40%
Géométrie espace	40	14%
Trigonométrie	10	4%
Calculs numériques	50	18%
Calculs littéraux	37	13%
Statistiques	33	12%
Total	281	100%

Selon le volume des activités répétées (pondérées)

En fonction *des activités répétées*, sans tenir compte des activités globales (difficile d'apprécier la répétition d'une catégorie dans une année), la tendance est la même, avec des variations plus contrastées : **géométrie plane (50 %)**, les calculs numériques (17 %), la géométrie dans l'espace (16 %), les calculs algébriques (9 %), les statistiques (6 %) et enfin la trigonométrie (2 %). Sans les activités globales, le total des activités répétées est de 1717 seulement au lieu de 2658.



Géométrie plane	862	50%
Géométrie espace	270	16%
Trigonométrie	30	2%
Calculs numériques	293	17%
Calculs littéraux	157	9%
Statistiques	105	6%
Total	1717	100%

Tous les professeurs sont actifs en géométrie plane. De même en calculs numériques et littéraux où les expérimentés paraissent en retrait, mais ils sont en fait impliqués dans leurs nombreuses activités globales. Suivant leurs capacités et le genre, quelques points forts apparaissent :

→ les experts sont plus actifs en géométrie dans l'espace, les activités numériques et les activités globales en 5e et 4e. Les débutants dans les statistiques (l'obligation du tableur).

→ trois différences significatives entre professeurs hommes et femmes : l'implication nettement plus marquée des hommes dans la géométrie dans l'espace, affirmée par les experts hommes et les calculs numériques ; inversement, l'investissement plus marqué des professeurs femmes dans les statistiques en particulier pour satisfaire les exigences du B2i.

Quelques notions clés

De l'ensemble des notions particulières, nous avons mis en évidence et extrait 16 notions clés du recours informatique.

Des activités qualitatives

Sur les 226 activités qualitatives, 120 activités seulement soit 53 % ont été retenues pour les 16 notions clés extraites des programmes de la 6e à la 3e, notions qui étaient formulées de manière explicite. Ces notions ont été choisies en fonction de leurs fréquences dans les activités déclarées. Elles fournissent donc un inventaire réaliste, un panorama des notions qui sont l'objet d'un recours informatique.

Sur le tableau suivant, la liste des 16 notions clés et les effectifs et pourcentages correspondants par rapport aux 226 activités totales et les 120 activités retenues :

Les codes des notions sont arbitraires. À comparer avec les incitations du programme.

Codes et notions	Effectifs	Pourcentage sur 226 activités	Pourcentage sur 120 activités
Solides, patrons, dessin	21	9,3	17,5
Fonctions, graphiques	15	6,6	12,5
Théorème de Thalès	13	5,8	10,8
Droites du triangle	12	5,3	10,0
Transformations : symétries, agrandissement…	12	5,3	10,0
Théorème de Pythagore	7	3,1	5,8
Proportionnalité	7	3,1	5,8
Fractions, comparaison, opérations…	6	2,7	5,0
Équations	5	2,2	4,2
Inégalité triangulaire	5	2,2	4,2
Nombres relatifs, opérations	4	1,8	3,3
Réciproque du théorème de Thalès	3	1,3	2,5
PGCD	3	1,3	2,5
Probabilités	3	1,3	2,5
Réciproque du théorème de Pythagore	2	,9	1,7
Démonstration géométrique	2	,9	1,7
Total	120	53,1	100,0
Activités manquantes	106	46,9	
Total	226	100,0	

Des activités pondérées

En tenant compte du nombre de répétitions déclarées et donc du volume correspondant par ordre décroissant sur les 916 activités concernées et les 2628 totales :

Solides, patrons, dessin	218	23.8%	8.3%
Transformations : symétries, agrandis	98	10.7%	3.7%
Théorème de Thalès	91	9.9%	3.5%
Droites du triangle	90	9.8%	3.4%
Fonctions, graphiques	81	8.8 %	3.1 %

Théorème de Pythagore	53	5.8 %	2.0 %
Fractions, comparaison, opérations…	52	5.7%	2.0%
Inégalité triangulaire	44	4.8%	1.7%
Nombres relatifs, opérations	44	4.8%	1.7%
Proportionnalité	43	4.7%	1.6%
PGCD	25	2.7%	1.0%
Équations	23	2.5%	0.9%
Démonstration géométrique	22	2.4%	0.8%
Réciproque du théorème de Thalès	15	1.6%	0.6%
Réciproque du théorème de Pythagore	14	1.5%	0.5%
Probabilités	3	0.3%	0.1%
Total	916	100.0%	34.9%
Total général	2628		100.0%

Les deux analyses font apparaître des tendances dominantes : *solides, théorèmes de Thalès et de Pythagore, transformations, droites du triangle et fonctions sont les plus pratiquées* et les réciproques, les probabilités (nouvelle notion), la démonstration, les moins pratiquées. Entre les deux, les calculs numériques, littéraux, la proportionnalité… Mais ces notions sont minorées par la non-prise en compte des activités globales d'aide et de soutien.

Il convient de considérer cette photographie avec circonspection en ce qui concerne l'ordre et l'importance de chacune des notions citées en fonction de la constitution du corpus des activités. Néanmoins, la liste des notions enseignées par un recours informatique est tout à fait réaliste et correspond, en gros, aux recommandations des nouveaux programmes.

8 L'origine des activités

Paradoxalement, les professeurs pratiquants recourent davantage à des activités personnelles alors que les plus expérimentés utilisent et adaptent des activités éditées.

Origine des activités pratiquées selon l'enquête 2009 :

De l'ensemble des 226 activités

Personnelle	101	44.7%
IREM	74	32.7%
Sésamath	50	22.1%
Adaptation	46	20.4%
Éditeur	32	14.2%
Échange	13	5.8%
Site académique	1	0.4%
Activités	226	

Sans les activités des experts de L'IREM

Personnelle	101	59.8 %
Sésamath	50	29.6%
Adaptation	46	27.2%
Éditeur	32	18.9%
IREM	17	10.1%
Échange	13	7.7%
Site académique	1	0.6%
Activités	169	

Dans l'ensemble, *la création* d'activités personnelles est largement dominante avec **45 % des activités**. Puis viennent les activités de Sésamath 22 %, les adaptations d'une activité existante souvent tirée d'un manuel 20 %, des éditions 14 % et les échanges entre collègues 6 %. Cependant, dans cet ensemble, les réalisations des formateurs experts de l'IREM, créateurs de nombreuses activités, pèsent 33 %. Si l'on soustrait du corpus ces activités réalisées par les trois formateurs experts de l'IREM au nombre de 57, les pourcentages deviennent respectivement : personnelles 60 %, Sésamath 30 %, adaptées 27 %, éditions 19 %, de l'IREM 10 % et échangées 8 %. Mais les origines peuvent être aussi plurielles. Par exemple l'adaptation d'une activité d'un éditeur comme Chrysis par les experts.
Des nuances sont apparues suivant l'expérience et le genre :
→ les débutants et les avertis déclarent plus d'activités personnelles, adaptées ou échangées ; les expérimentés plutôt des activités adaptées ; les experts, en dehors des activités IREM, utilisent davantage des activités d'éditeurs privés tels Chrysis. Tous recourent à Mathenpoche.
→ les professeurs femmes plus que les hommes développent des activités personnelles ou adaptent des activités.
→ mais les résultats des hommes sont faussés par le poids des activités des trois formateurs experts de l'IREM qui ont élaboré des activités IREM, utilisent des activités IREM et se servent davantage de productions d'éditeurs privés. Si l'on enlève ces activités originales des experts, l'origine des activités pour les hommes se rapproche de celui de leurs collègues féminines.
→ cependant, de manière globale, il faut tenir compte que l'apport des experts a pour intérêt d'enrichir et d'élargir le champ des origines.
Une conclusion : **plus on est expérimenté et plus on est capable d'utiliser et d'adapter des activités existantes.**

9 La documentation

Dans bien des cas une fiche explicative est associée à l'activité informatique et une ou plusieurs fiches d'accompagnement sont fournies comme support au travail de l'lève comme le relève l'enquête 2009 :
→ pour l'ensemble des activités, 73 % environ d'entre elles (les ¾) sont documentées d'une manière ou d'une autre avec une seule fiche ou plusieurs soit cinq fiches au maximum.

→ les cinq fiches documentaires : les fiches *d'accompagnement* élève dominent avec 38 % avec les fiches *objectifs-méthode* des activités (notamment les fiches des imagiciels IREM) ; plus loin derrière, des fiches *figure* 12 %, *scénarios* et fiches *de synthèse* 8 %.

→ 27 % des activités n'ont aucune fiche de documentation, notamment les exercices de Mathenpoche ou de SMAO que seuls l'usage et le temps permettent de connaître.

Dans cette documentation, les fiches uniques dominent à 51 %. Les documentations présentant plusieurs fiches 21 % diminuant suivant leurs nombres (voir tableau).

Nombre et pourcentages d'activités documentées

Objectifs méthodes	83	37%	1 document	116	51.3%
Scénario	18	8%	2 documents	29	12.8%
Fiche accompagnement	85	38%	3 documents	13	5.8%
Fiche synthèse	19	8%	4 documents	5	2.2%
Fiche figure	26	12%	5 documents	1	0.4%
Aucune documentation	62	27%	Total 2 3 4 5	48	21.2%
Total	293	226	ensemble	164	72.6%

Une répartition différente du type de documentation suivant la compétence :

%	Objectif méthode	Scénario	Fiche accompagnement	Fiche synthèse	Fiche figure	Aucune	Total
Débutants	13%	23%	57%	30%	13%	27%	100%
Avertis	14%	9%	52%	11%	5%	32%	100%
Expérimentés	29%	10%	43%	19%	5%	29%	100%
Experts	53%	2%	29%	4%	15%	26%	100%
total	38%	7%	38%	10%	12%	27%	100%

→ Les experts sont les champions des activités avec fiches objectifs-méthodes. C'est dû au nombre des imagiciels IREM qu'ils utilisent. Les débutants et les avertis utilisent beaucoup de fiches d'accompagnement en raison de leur investissement en travaux dirigés et leurs utilisations d'activités bien documentées.

→ Les activités présentant des fiches objectifs-méthodes sont de plus en plus utilisées depuis les débutants jusqu'aux experts de 13 à 53 %, corrélativement à l'expérience en pédagogie informatique. Inversement, les fiches d'accompagnement sont plus utilisées par les débutants et moins par les experts de 57 % à 29 % tout comme les fiches scénario de 23 à 2 %. Cela est dû à l'investissement des experts en activités d'aide et de soutien qui n'ont pas de fiche d'accompagnement et de scénarios.

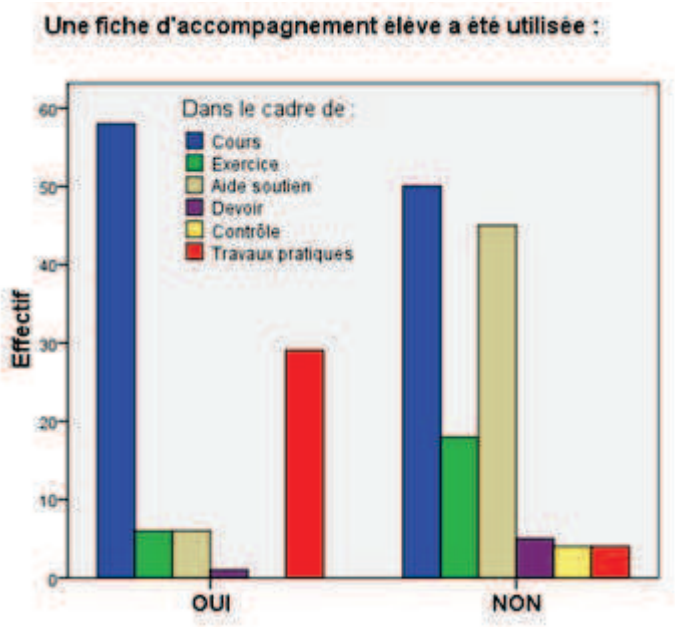
→ Les femmes, plus débutantes, utilisent davantage de fiches d'accompagnement élève à l'occasion de travaux dirigés en salle informatique. Les hommes utilisent surtout des activités

documentées (avec fiches multiples) en fiches objectifs méthodes, notamment dans le cas des experts avec leurs imagiciels IREM, des fiches d'accompagnement et des fiches figure.

→ La formation à la pédagogie informatique a une nette incidence puisque les auteurs qui n'ont pas suivi de formation n'ont utilisé de documentation que pour 55 % de leurs activités, 18 sur 33, alors que ceux qui en ont suivi une l'ont fait à 76 %, 146 sur 193. Les professeurs formés sont plus utilisateurs de la documentation.

La fiche d'accompagnement élève :

Au cours de l'activité, **une fiche d'accompagnement élève a été utilisée dans 44,2 % des cas**. Le degré d'utilisation d'une fiche d'accompagnement élève varie dans le cadre des actions :



→ Fiche très utilisée en travaux pratiques : oui à 88 % ce qui correspond exactement aux travaux dirigés.

→ Dans le cadre du cours à seulement 54 %. *Beaucoup d'imagiciels (78 %) n'ont pas besoin de fiche d'accompagnement*. Ils s'intègrent directement dans le cours. Mais elle est indispensable pour des activités de découverte en salle informatique.

→ Pas de fiche (non) pour les actions d'exercices (non à 75 %), d'aide et soutien (non à 88 %), de devoir (non à 93 %) et de contrôle (non à 100 %). Les contrôles comme les devoirs ont été effectués et évalués informatiquement.

10 La durée

Dans l'ensemble, il ressort de l'enquête 2009 trois pics de la durée des activités : autour de 15 minutes, 30 minutes et une heure. Une durée moyenne globale 44 minutes avec une médiane à 40 minutes qui ne signifient pas grand-chose, mais avec une étonnante régularité : 1er quartile 0 à 20 min, 2e quartile 20 à 40 min, 3e quartile 40 à 60 min et 4e quartile >60 min, typiques d'activités différentes.

→ des activités magistrales de monstration en classe d'une durée moyenne de **13 min** allant de 1 min à 20 min

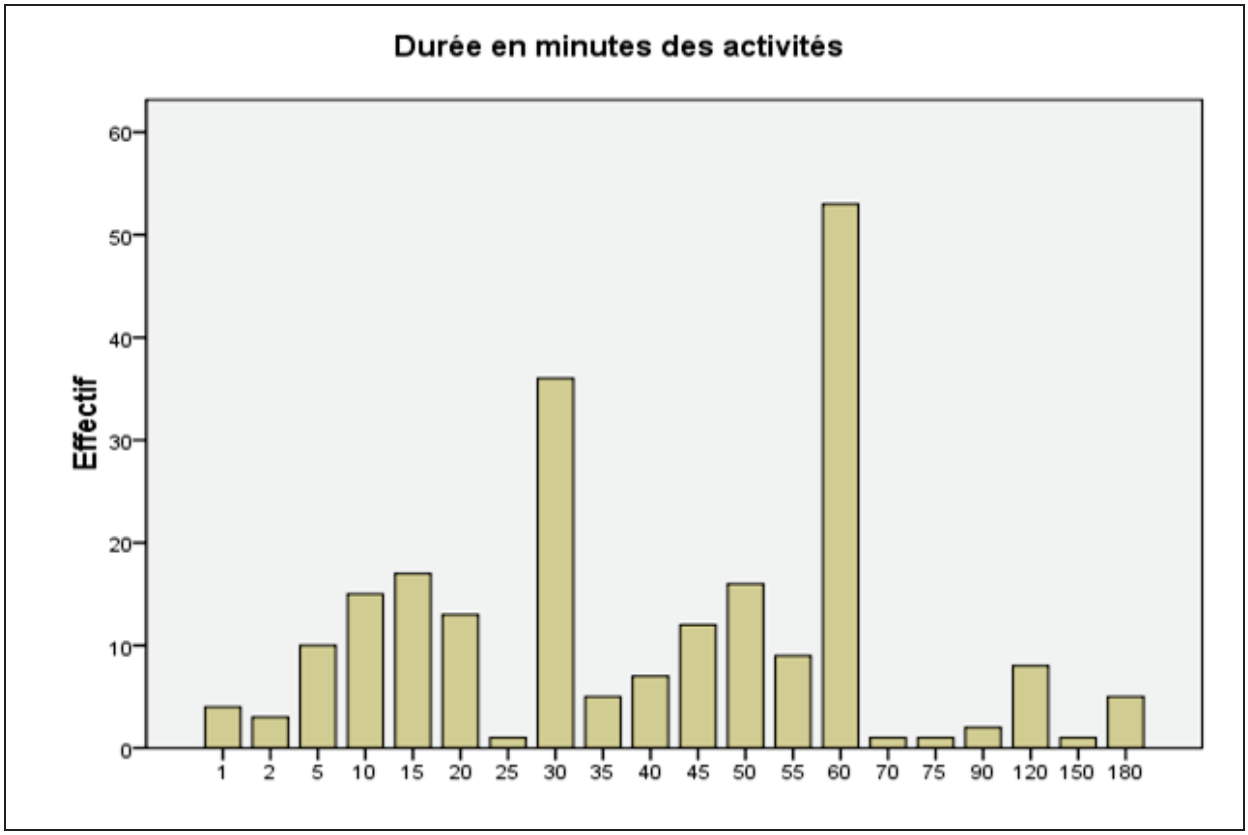
→ des **activités de découverte** d'une durée moyenne de **45 min** avec deux temps caractéristiques de l'ordre de 20 min pour les activités en classe et d'environ une heure pour les activités en salle informatique.

→ des **exercices** d'une durée moyenne de **50 min** allant de 20 à 180 min (3 x 1h) avec un maximum autour de la demi-heure et de l'heure.

→ des **activités de soutien** d'une durée moyenne de l'ordre d**'une heure**, ou de deux heures (2 x 1h).

→ des **travaux dirigés** d'une durée moyenne de **56 min** de durées très variables de 20 min à 3 heures (3 x 1h) soit par fréquences décroissantes : 30, 60, 45, 50, 180, 40, 120, … minutes.

Ensemble des activités



11 La répétition des activités

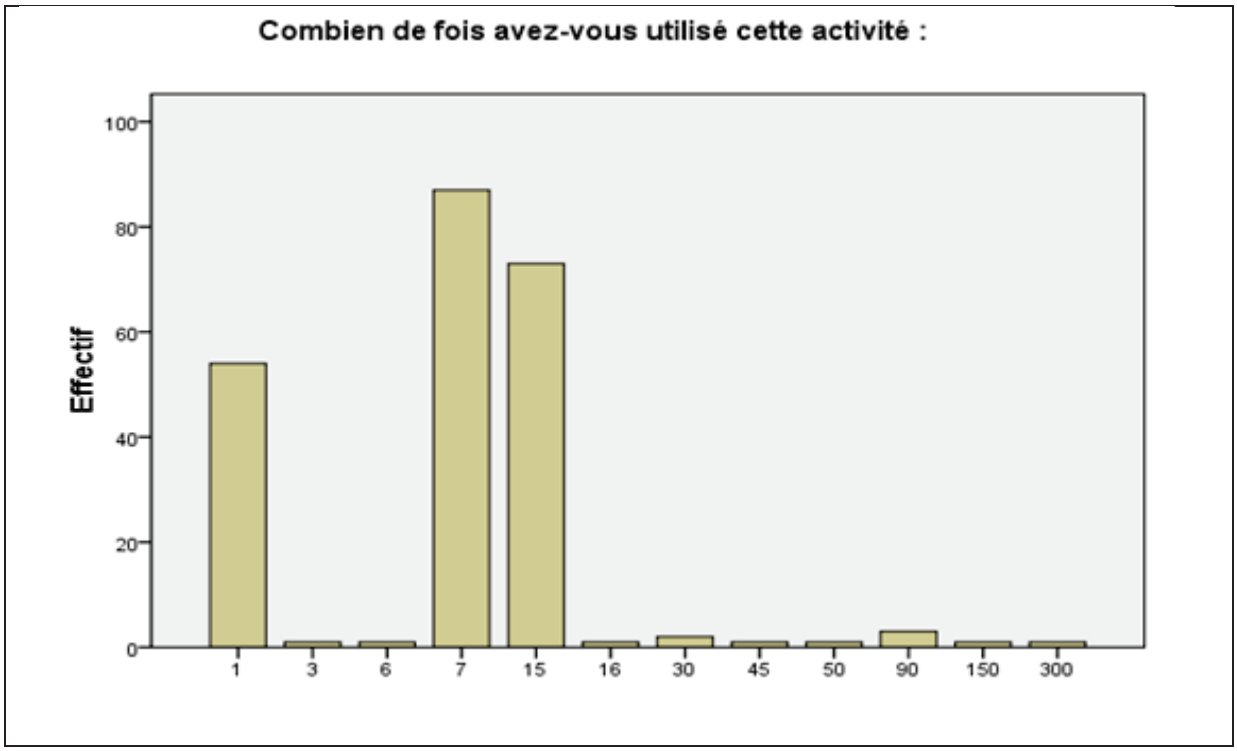
Dans l'ensemble, trois niveaux principaux de répétitions ont été déclarés lors de l'enquête de 2009, pour 95 % des activités :

→ <u>une seule fois</u> : 24 % des activités (1/4)

→ **<u>sept fois environ</u>** : 39 % des activités, le nombre le plus important (2/5)

→ <u>quinze fois</u> : 32 % des activités (1/3)

Le reste, pour une dizaine d'activités seulement, représente des répétitions d'activités allant de 16 à 300 fois avec deux nombres les plus fréquents 30 fois et 90 fois qui concernent des exercices d'entrainement et de soutien menés dans plusieurs classes de nombreuses années.



Une distribution sans surprise des répétitions selon les catégories des professeurs :

▪ une seule utilisation essentiellement pour les débutants.

▪ un maximum de 7 répétitions pour les avertis

▪ les expérimentés se distribuent sur l'ensemble des répétitions

▪ même distribution pour les experts avec un maximum à 15 répétitions.

Les femmes sont surtout utilisatrices *une seule fois* à 38 % et *7 fois* à 52 % soit un total de 90 % de leurs activités. Les hommes *15 fois* à 44 %, *7 fois* à 33 % et *1 fois* à 18 % de leurs activités (total 96 %). Mais leurs résultats sont faussés par le poids des experts.

Le nombre de répétitions augmente avec la compétence et l'expérience (dans la durée).

12 L'évaluation de l'activité

Certaines activités informatiques sont évaluées, d'autres pas.

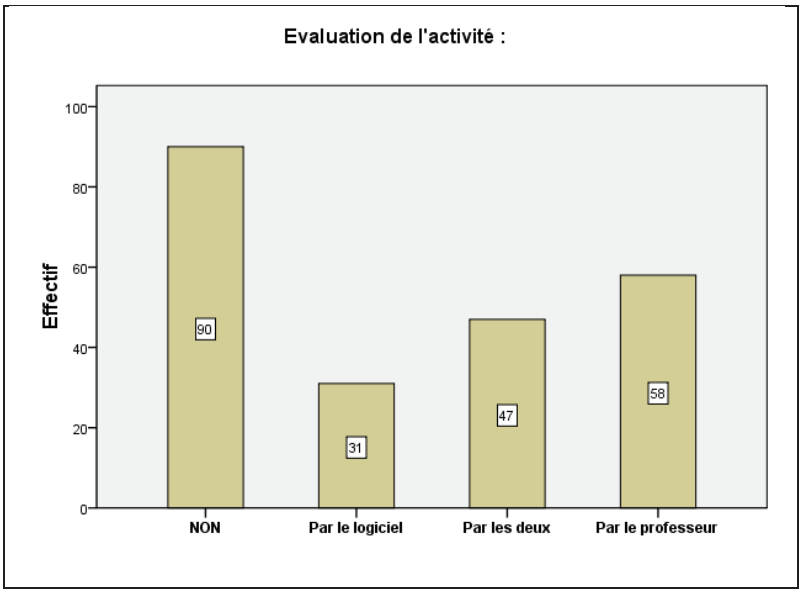
Citons des témoignages d'experts :

● L'expert A de l'IREM évaluait ainsi les activités de découverte en dévolution, différées, en salle informatique, durant une heure, par exemple pour découvrir en 6e et 5e les symétries. Il donnait une note lettrée valant devoir maison à partir du taux de réussite calculé en fonction du nombre de réponses justes sur les 32 items obligatoires sur 40 possibles de la fiche

d'accompagnement correspondant aux travaux demandés sur ordinateur : "Pour une fois, vous serez notés non pas sur ce que vous avez appris, mais sur ce que vous avez su découvrir". En général la *moyenne* variait entre 13 et 15 / 20, c'est-à-dire "B", suivant les classes pour 26 à 30 réussites avec un minimum de 20 à un maximum de 36. Il notait également à l'aide d'un tableur les devoirs maison en ligne, mais aussi les activités d'entrainement ou de soutien *systématiques* (à l'année) en salle informatique à partir du score donné par le logiciel pondéré par le nombre d'exercices effectués et de tentatives infructueuses. Pour les activités de remédiation *ponctuelles*, suivant par exemple un contrôle sur les calculs des nombres relatifs ou des fractions, l'évaluation se faisait au cours du contrôle suivant sous la forme d'une *partie rappel* d'exercices correspondants notée sur 4 ou 5 points sur 20. Mais l'expert A n'évaluait pas les activités de découverte ou de monstration en classe.

● L'expert C de l'IREM, spécialiste du tableur Excel, auteur de nombreux QCM sur ce progiciel, évaluait automatiquement d'une note sur 20, à l'aide de l'application, les *exercices* et les *contrôles* effectués sur ordinateur en salle informatique, par exemple sur les identités remarquables en 3e.

L'enquête sur les activités de 2009 indique les résultats suivants pour les 226 activités :



	Effectifs	Pourcentage
NON	90	39,8
Par le logiciel	31	13,7
Par les deux	47	20,8
Par le professeur	58	25,7
Total	226	100,0

40 % des activités ne sont pas évaluées et 60 % le sont. Et pour ces activités évaluées, 34,5 % sont évaluées par le logiciel et 46,5 % par le professeur dont 21 % par les deux.

Plus il est expérimenté, plus le professeur évalue : débutants 43 %, avertis 59 %, expérimentés 67 % (en cumulant les évaluations "professeur" et "par les deux").

De la même façon, on note une augmentation des évaluations "par les deux" des activités de soutien en fonction de l'expérience : débutants 3 %, avertis 16 %, expérimentés 19 %, experts 27 %.

Les experts sont à part étant donné qu'ils ont déclaré beaucoup ou toutes leurs activités. Leurs évaluations tombent à 40 %, mais pour 52 activités alors que les autres catégories (58 professeurs) évaluaient en tout que 53 activités. Leur score est abaissé par le nombre important de monstrations sans évaluation (56) déclarées soit 43 %. Leur profil donne une répartition tendancielle. Il faut noter le score élevé des évaluations doubles 27 % en raison de leur engagement dans les activités de soutien.

13 Le cas du B2i

Obligation des nouveaux programmes de l'apprentissage du tableur et condition à la réussite au brevet des collèges, la formation au B2i et son évaluation devraient être un objectif important et une des raisons d'être du recours informatique. Dans quelle mesure les activités informatiques en mathématiques y contribuent-elles ? L'enquête 2009 apporte quelques données sur les activités qui ont servi *à évaluer* le B2i.

Sur les 226 activités déclarées 22,6 % servent à évaluer le B2i !

	Effectifs	Pourcentage
OUI	**51**	**22,6**
NON	175	77,4
Total	226	100,0

Pour de l'ensemble des 2628 activités répétées l'évaluation du B2i augmente à 31,2 %.

OUI	**819**	**31.2%**
NON	1809	68.8%
Total	2628	100.0%

Avec des différences suivant les niveaux :

Classes	OUI	NON	Total	% de oui
6e	13	36	49	**27%**
5e	7	41	48	15%
4e	10	60	70	14%
3e	24	47	71	**34%**
Total	54	184	238	23%

C'est en 3e (34 %) pour le tableur et en 6e (27 %) pour les manipulations informatiques de base et l'utilisation de la géométrie dynamique que l'évaluation du B2i est la plus pratiquée. Et les professeurs femmes semblent plus impliquées dans cette évaluation que les hommes, mais ce décalage est surement un effet du déséquilibre provoqué par les experts. Mais si l'on compare l'importance les taux des activités déclarées (23 %, une sur cinq) et plus répétées (31 %, une sur trois) concernant le B2i avec les pourcentages des logiciels utilisés, de la géométrie dynamique, respectivement (33 % déclarées et moins répétées 27 %) et du tableur

(21 % déclarées et moins répétées 12 %), on peut penser que ces activités servant à l'évaluation du B2i ne sont pas forcément spécifiques lors de travaux pratiques spécialement destinés et que les professeurs s'appuient également sur des activités courantes répétées comme le soutien, les exercices, voire les apprenticiels pour procéder à cette évaluation.

14 La classification des activités

Une différenciation des activités informatiques apparaît nettement suivant les fonctions et leurs caractéristiques qui ressortent de l'enquête comme de l'expérience. Une définition synthétique de chacune donne une classification qui distingue huit types d'activités numériques dans l'enseignement des mathématiques en collège.

Typologie des activités informatiques

Les imagiciels

L'imagiciel est une *activité instrumentée de monstration et de conjecture*. Par le moyen d'une rétroprojection, à partir d'une monstration ponctuelle, le professeur, par une interrogation dirigée (modification, questions, formulations), amène les élèves à découvrir et proposer une conjecture pertinente. Par exemple, à partir d'une figure géométrique animée réalisée à l'aide d'un logiciel de géométrie dynamique, il permet, par des manipulations variées (modification, déformation, mesures, constructions complémentaires), de faire apparaître des invariants et les propriétés de l'objet d'étude. Cette figure pertinente et féconde a été pensée et élaborée en conséquence pour révéler ces propriétés et atteindre le but recherché. L'imagiciel est utilisé surtout en pédagogie magistrale en classe, mais il est aussi utilisé autrement en pédagogie active dans un travail autonome. Il est très souple d'utilisation et facile à mettre en œuvre. Il a la particularité, dans son exécution, de ne pas exiger de réponse impérative au clavier. Il procède par la gestion directe des objets graphiques. Il fonctionne essentiellement avec la souris. Exemples, la définition de la notion de distance en 5e ou l'étude des transformations géométriques.

Les apprenticiels

Pour l'étude de notions délicates ou difficiles à traiter traditionnellement ont été élaborées des activités informatiques de découverte appelées apprenticiels. L'apprenticiel est une activité informatique qui combine un ensemble d'imageries dynamiques avec un questionnement capable de dégager des conjectures et des formulations en vue d'une synthèse décalée.

De deux types, apprenticiels magistraux et élèves.

● *L'apprenticiel magistral* : il a pour but de découvrir une notion mathématique *en frontal en classe* à l'aide d'un vidéoprojecteur ou du TNI ou d'une caméra, en utilisant un ou plusieurs imagiciels pour conjecturer. Le professeur dirige la séance en s'aidant ou non d'une fiche d'accompagnement pour guider le travail des élèves et noter les résultats. Par exemple, la découverte du cosinus en 4e.

● *L'apprenticiel élève* : même objectif de découvrir une notion mathématique, mais à partir d'une séance en dévolution en salle informatique.

Dans l'étude d'une notion, un apprenticiel élève se présente sous la forme une séquence informatique de découverte en *pédagogie active autonome en salle informatique* suivie par une synthèse en classe. Il met en œuvre une série d'activités élémentaires utilisant l'ordinateur en conjuguant l'observation et l'action sur des imagiciels et l'interrogation, le questionnement sur une fiche d'accompagnement pour produire des formulations, des conjectures plus ou moins élaborées et rigoureuses qui seront ensuite exploitées pour l'institutionnalisation du savoir lors de la séance de synthèse. Dans sa substance sont contenues les notions, les connaissances à étudier comme autant d'implicites. Par l'observation, la modification, le questionnement, la construction, l'élève doit les rendre explicites et trouver, au travers de propositions, leurs formulations, édicter leurs signifiants. Ces éléments découverts par l'élève sont traduits par écrit sur une fiche d'accompagnement pour pouvoir être mémorisés et évalués de manière formative par le professeur. Ils sont ensuite exploités et élucidés lors de la phase de synthèse en classe entière.

Les élèves travaillent sur ordinateur de manière autonome, en dévolution, individuellement ou par deux, à l'aide de plusieurs fiches d'accompagnement, de figures, en différé, pendant une demi-heure ou une heure. La synthèse de ce travail est réalisée en classe dans un deuxième temps, dans la même heure ou le cours suivant (le lendemain) de manière magistrale ou avec la contribution active de groupes d'élèves.

Inconvénient, outre la lourdeur de l'organisation, la rupture temporelle entre la séance en salle informatique et la synthèse ultérieure en classe avec la reprise d'un travail déjà accompli. Avantage, le bénéfice et l'intérêt d'un travail actif de découverte effectué par l'élève en dévolution, en autonomie et individuellement.

L'apprenticiel élève s'articule donc en deux phases. D'abord la mise en œuvre, l'intensification et l'approfondissement d'une activité de découverte menée par l'élève de façon individuelle, subjective, rendue possible par les possibilités interactives graphiques ou programmables du travail sur ordinateur lors de la première heure. Ensuite, la nécessaire mise

en scène, la dramatisation, la confrontation et l'approbation collectives des savoirs, de leurs définitions, de leurs formulations, sous l'autorité du professeur, indispensable à leur intelligence et compréhension et à leurs consécrations collectives et institutionnelles l'heure suivante. Par exemple les apprenticiels sur les symétries en 6e et 5e.

Variantes possibles :

▪ *l'apprenticiel mixte* mené en classe à l'aide de chariots de portables permettant de passer au fur et à mesure du travail autonome des élèves à la synthèse magistrale, en continu, pas à pas.

▪ *l'apprenticiel élève en salle informatique d'une demi-heure* permettant de revenir en classe pour faire la synthèse dans la foulée dans l'heure de cours. Par exemple l'apprenticiel sur la découverte du théorème de Pythagore en 4e.

Les exerciseurs :

L'exerciseur est un exercice de mathématiques au format numérique, interactif et autocorrectif. Suivant la qualité de son élaboration didactique et informatique, il suit le travail de l'élève pas à pas (comme Aplusix) ou évalue seulement le résultat final. En cas d'erreur, il peut accorder une aide sous la forme d'un rappel du cours ou de la technique concernée. Il est utilisé pour les séances de soutien ou d'aide aux élèves en difficulté ou pour des devoirs et autres travaux personnels.

Le recours informatique pour le soutien aux élèves en difficulté ou en échec sous la forme de séances organisées en salle informatique de manière systématique ou ponctuelle est une pratique répandue qui a fait depuis longtemps (l'activité informatique principale dans les années 90) la preuve de sa facilité, de son efficacité et de sa supériorité par rapport au difficile et délicat soutien traditionnel. Avec des logiciels du type SMAO ou Mathenpoche, ses pratiquants ont utilisé ou combiné judicieusement et à la carte un apprenticiel de redécouverte de la notion, un tutoriel de révision du cours, une batterie d'exercices de remédiation évalués de manière formative par un score sous la forme d'un pourcentage de réussite (plus de 75 %), et des jeux cognitifs d'attente pour les plus rapides. Au fil des nouvelles versions, ces activités se sont améliorées et affinées et sont devenues plus efficaces.

Mais désormais, l'essor d'Internet avec l'équipement des établissements et des familles en accès haut débit, la disponibilité de serveurs et de sites associatifs libres et gratuits a rendu possible une nouvelle façon de faire travailler et d'aider les élèves. Il est maintenant possible d'envisager la continuité du travail informatique de l'élève de l'établissement à son domicile.

D'ores et déjà, on voit s'organiser avec des logiciels en ligne comme Mathenpoche de l'association Sésamath des devoirs maison en ligne sur une série d'exercices ou de problèmes judicieusement choisis à effectuer pendant une période donnée, avec une date butoir, à faire à

la maison pour ceux qui sont équipés ou en salle informatique pour les autres lors de séances spéciales en dehors des cours sous la surveillance d'un adulte. Le devoir maison y gagne tous les avantages du recours informatique : interactivité, aide, correction immédiate, évaluation et gestion des résultats. Plus quelques autres : travail depuis n'importe quel point d'accès, n'importe quand et à son rythme. À partir de la base de données des résultats, le professeur n'a plus qu'à donner l'évaluation à sa convenance, par exemple sous la forme d'une note comme pour tout devoir maison.

Il s'organise aussi, de la même façon, un soutien individualisé, particulier pour des élèves en difficulté, en leur donnant tout au long de l'année des séries d'exercices de remédiation appropriés, suivis, évalués de la même manière.

Les tutoriels

Un tutoriel sert à la révision d'une notion mathématique ou d'un cours suivi par quelques exercices modèles et d'entrainement pour préparer des contrôles. Un exemple type est l'ASP de la MAIF qui donne un accès gratuit au site " Rue des écoles " pour pouvoir bénéficier d'une aide à la révision des cours et surtout une assistance à la résolution des exercices de tous les manuels de mathématiques. Une aide intéressante, mais qui reste limitée aux élèves de niveau moyen. En dehors du cadre scolaire, an assiste à la montée en puissance de sites de soutien mathématique payant comme le plus important Paraschool qui concurrencent les cours particuliers.

Les praticiels

Ils concernent surtout les travaux dirigés ou travaux pratiques sur l'utilisation du tableur en statistiques qui fait l'objet d'une obligation dans le programme de 4e. À la suite de l'étude de la répartition des effectifs d'une série de données en classes d'égale amplitude, il est préconisé de former les élèves à utiliser le tableur pour automatiser des calculs sur un grand nombre de données et obtenir leurs représentations graphiques. Cette compétence fait l'objet d'une évaluation du B2i désormais obligatoire pour obtenir le BEPC. À cette fin, les professeurs de mathématiques, en charge de cette évaluation, amènent leurs élèves en séances de travaux pratiques sur le tableur sur ces notions.

Les activités de production des progiciels

C'est l'utilisation première de l'ordinateur pour obtenir un résultat ou une réalisation :

Un calcul : avec la calculatrice, un tableur ou un logiciel de calcul formel comme Dérive pour obtenir le résultat d'une opération, d'une fonction, d'une réduction, d'un développement, d'une factorisation ou la résolution d'une équation ou le traitement statistique de données.

Une représentation graphique (grapheur) : tracer une courbe ou la représentation graphique d'une fonction avec un traceur de courbes ou un grapheur ou aussi pour dessiner une représentation graphique d'une série de données en statistiques avec les tableurs.

Une construction de figures géométriques : avec un logiciel de géométrie dynamique dans le plan ou dans l'espace. Instruments utilisés par le professeur pour construire les figures géométriques de ses documents pédagogiques (devoirs, exercices, contrôles), ou les imagiciels des activités informatiques mis en œuvre en classe ou en salle informatique, mais utilisés aussi par les élèves en classe ou chez eux pour dessiner des figures pour faire ses devoirs. Les professeurs forment les élèves à l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique en 6e.

Dans ces différents cas, l'ordinateur (ou la calculatrice) avec ses progiciels est utilisé essentiellement comme un *outil de production*.

Notons, enfin, le caractère pluriel de nombreuses activités informatiques qui présentent plusieurs caractéristiques typiques, qui peuvent être à la fois un apprenticiel, mais aussi un instrument productif, un imagiciel ou encore un instrument productif au cours de travaux pratiques. Cependant, dans ces cas complexes, un caractère est dominant et les autres secondaires. Par exemple, dans un apprenticiel en salle informatique ou en cours, on aura besoin de l'instrument calcul apporté par l'ordinateur ou par une calculatrice (autre ordinateur).

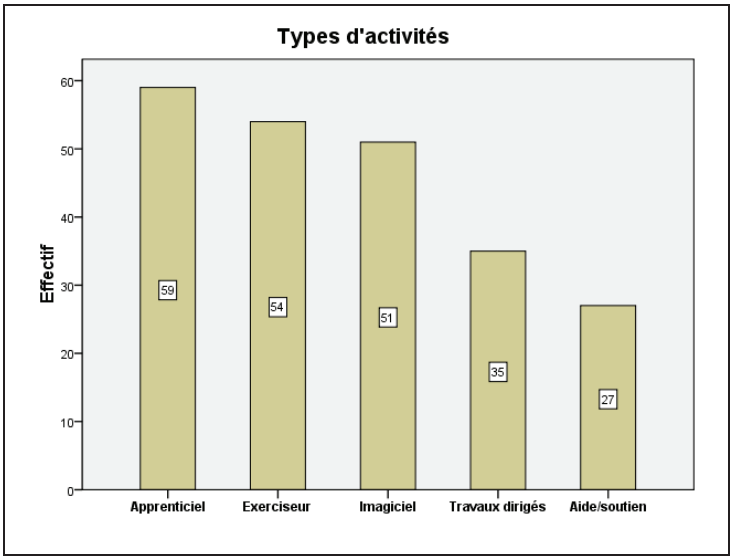
Tableau général de synthèse des activités (page suivante)

Activité informatique	**Cadre actions**	**Objectifs pédagogiques**	**Acteur principal**	**Matériel**	**lieu**	**Temporalité**
Imagiciel	Cours	Monstration	Professeur	Vidéoprojecteur caméra TNI	Classe	Continu
Apprenticiel magistral	Cours	Enseignement apprentissage	Professeur	Vidéoprojecteur TNI caméra	Classe	Continu
Apprenticiel Élève	Cours	Découverte apprentissage	Élève	. n postes en réseau . chariot portables	. Salle informatique . Classe	. Différé . Continu
Exerciseur	Exercices	Entrainement Soutien	Élève	n postes en réseau	Salle informatique	Différé
	Devoirs	Révision approfondissement		Internet ENT	Domicile	Différé
	Contrôle	Évaluation		n postes en réseau	Salle informatique	Continu
Tutoriel	Soutien aide	Remédiation Révision		. n postes en réseau . Internet ENT	. Salle informatique . Domicile	différé
Praticiel	Travaux pratiques ou dirigés	Savoir faire B2i	Professeur Élève	. Vidéoprojecteur TNI caméra . n postes en réseau	. Classe . Salle informatique	. Continu . Différé
Production	Fiches Calculs figures	Edition Représentations Constructions	Professeur	Internet	Domicile	Différé
			Élève	. n postes en réseau . Internet ENT	. Salle informatique . Domicile	Différé
Gestion	Cahier texte Résultats bulletins B2i socle	Saisie Traitements communication	Professeur	Internet Extranet ENT	Domicile	Différé

Les enseignements de l'enquête

Cette classification a été avalisée par les résultats de l'enquête 2009. Voir [annexe 2]

→ *Types d'activités* :



	Effectifs	Pourcentage
Apprenticiels	59	26,1
Exerciseurs	54	23,9
Imagiciels	51	22,6
Travaux pratiques	35	15,5
Aide/soutien	27	11,9
Total	226	100,0

La répartition des types d'activités indique celle du recours informatique:

- En premier : 26 % les apprenticiels magistraux en classe ou en salle informatique
- En second : 24% les exerciseurs pour de séances d'exercices, d'entraînement, de devoir ou de contrôle
- En troisième : 23% les imagiciels en cours
- les travaux pratiques 16%, en particulier en statistiques sur le tableur pour le B2i
- L'aide et le soutien 12% seulement, l'activité la plus fréquente dans les années 90 qui disparaît peu à peu du fait de la suppression, par économie de moyens en horaires professeur, des heures de soutien dans les collèges.

→ *Types d'activités par niveaux* :

Les apprenticiels sont plus pratiqués en 4e et 3e, les imagiciels en 5e et 4e, les exerciseurs en 6e et 3e, l'aide et le soutien plutôt nettement en 6e et 5e, les travaux pratiques surtout en 3e.

Types de l'activité par niveau

	Type de l'activité :					Total
	Apprenticiels	Imagiciels	Exerciseurs	Aide/soutien	Travaux pratiques	
3ème	29%	12%	35%	3%	22%	100%
4ème	31%	31%	14%	7%	16%	100%
5ème	22%	24%	14%	22%	16%	100%
6ème	20%	18%	29%	22%	10%	100%

→ *D'une manière générale, les types d'activités correspondent aux cadres d'action* :

- Les apprenticiels et les imagiciels sont utilisés en cours
- Les exerciseurs (comme Mathenpoche) sont utilisés en exercice, soutien, contrôles voire en travaux pratiques (certains exercices de construction peuvent s'y prêter)
- Les logiciels de soutien (comme SMAO) sont utilisés en aide et soutien
- Les travaux dirigés se déroulent en séances de travaux pratiques

Quelques utilisations atypiques minoritaires apparaissent néanmoins :

- Exerciseur utilisé en cours comme avec Tigre pour apprendre la démonstration
- Travaux dirigés développés en cours comme apprenticiels avec le tableur
- Imagiciels réalisés en travaux pratiques

→ *Des résultats conformes aux réalités en matière de supports pédagogiques* :

- Les apprenticiels se déroulent en salle de classe ou informatique ; mais avec l'équipement en vidéoprojecteur, la tendance est au recours magistral en classe (53%)
- Les imagiciels sont essentiellement utilisées en classe par le professeur
- Exerciseurs, logiciels de soutien et travaux dirigés se déroulent en salle informatique
- Exerciseurs, logiciels de soutien et travaux dirigés travaillés ou terminés à la maison

→ *Correspondance entre logiciels et types d'activités* :

- Apprenticiels, avec Cabri (41%), Géospace (12%), Excel, Calc, Géogébra, CaRMétal
- Imagiciels avec Cabri (59%), Géospace (24%), Géogébra (10%), Excel
- Exerciseurs avec Mathenpoche (61%), Excel (22%), Aplusix, Tigre
- Soutien avec SMAO (67%), Mathenpoche (15%)
- Travaux dirigés avec Calc (46%), Excel (17%), Cabri, Géogébra, Géospace

→ *Utilisations des différents matériels par rapport aux différents types d'activités* :

Pourcentages	Apprenticiel	Imagiciel	Exerciseur	Soutien	Travaux dirigés	Total
Vidéo projecteur	58%	94%	11%	4%	27%	42%
Salle informatique	42%	6%	56%	81%	73%	48%
CDI	0%	0%	3%	0%	0%	1%
A la maison	0%	0%	30%	15%	0%	9%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

· Signe d'une évolution matérielle et pédagogique, **les apprenticiels se font majoritairement au vidéoprojecteur 58%** pour 42% en salle informatique ce qui confirme la pédagogie magistrale en classe dominante (53%).

· **Les imagiciels au vidéoprojecteur évidemment à 94%.**

· Les **exerciseurs et le soutien** dérivent **vers la maison sur Internet** à 30% et 15%.

· Les travaux dirigés sont conformes aux **travaux pratiques à 73% en salle informatique** pour 27% d'utilisation du vidéo projecteur.

→ *Documentation par types d'activités* :

	Documents	Aucun	Total	Documents	Aucun	Total
Apprenticiel	47	12	59	80%	20%	100%
Imagiciel	38	13	51	75%	25%	100%
Exerciseur	29	25	54	54%	46%	100%
Soutien	19	8	27	70%	30%	100%
Travaux dirigés	31	4	35	89%	11%	100%
Total	164	62	226	73%	27%	100%

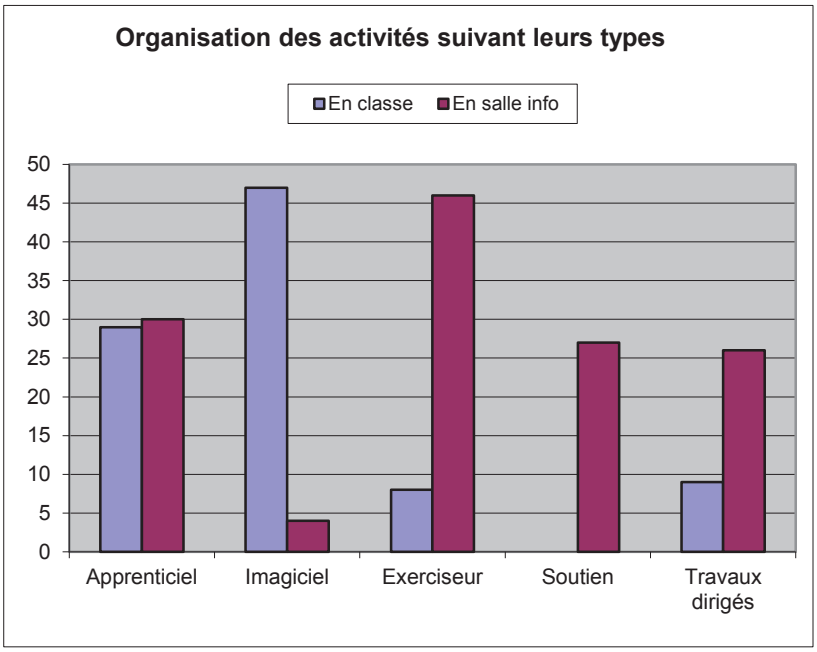
Ce sont les travaux dirigés qui sont les mieux documentés avec 89% de ses activités suivis par les apprenticiels 80%, les imagiciels 75% et le soutien 70%. Un exerciseur sur 2 seulement est documenté 54%.

→ *Selon le mode d'organisation* :

	En classe	En salle info	Total	En classe	En salle info	Total
Apprenticiel	29	30	59	49%	51%	100%
Imagiciel	47	4	51	92%	8%	100%
Exerciseur	8	46	54	15%	85%	100%
Soutien	0	27	27	0%	100%	100%
Travaux dirigés	9	26	35	26%	74%	100%
Total	93	133	226	41%	59%	100%

· La moitié des apprenticiels sont magistraux et se passent en classe, l'autre moitié se déroulant en salle informatique.

· 92% des imagiciels sont montrés en salle de classe, et 8% sont réalisés en salle informatique.

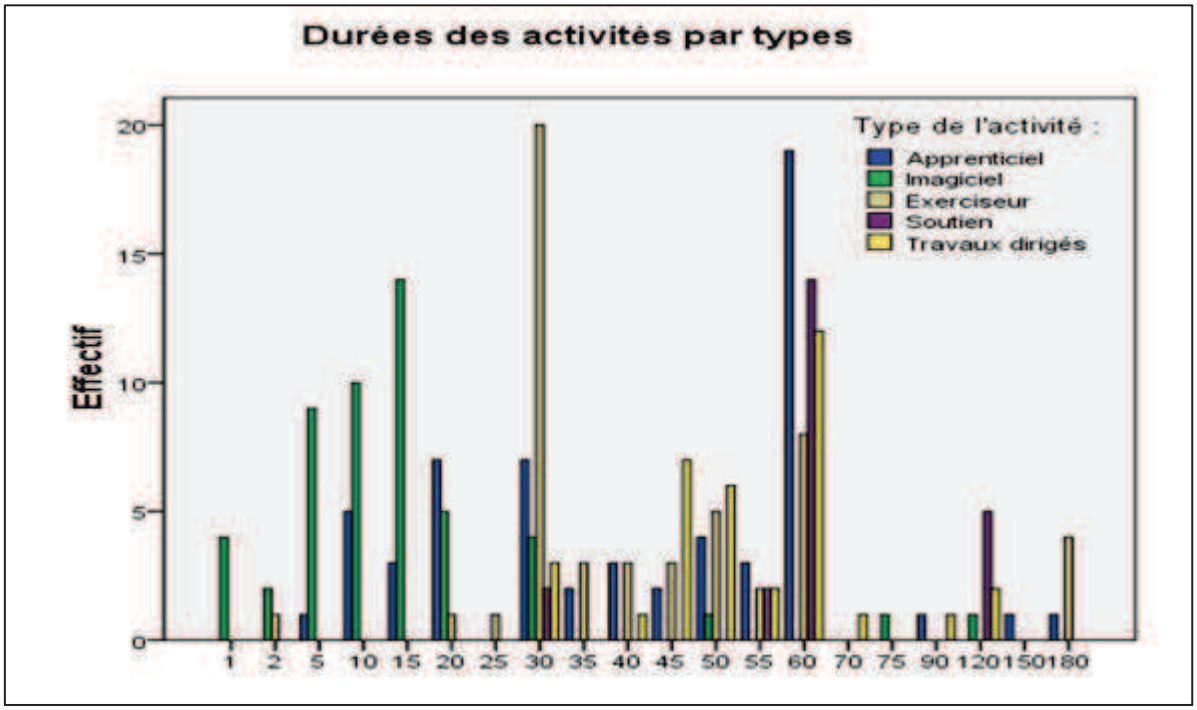


· 85% des exerciseurs se pratiquent en salle informatique. Quelque 15% se déroulent en classe comme décrits supra en cours (détournement).

· 100% du soutien s'effectue en salle informatique.

· Les ¾ des travaux dirigés se déroulent en salle informatique, 26% en classe.

→ *Selon la durée* :



· Les imagiciels ont une durée qui s'étale de 1 à 30 minutes avec un maximum de 15 minutes.

· Les apprenticiels magistraux de 5 à 35 min, maximum de 15 et 30 min

· Les apprenticiels élèves de 30 à 60 min ; maximum de 60 min

· Les exerciseurs de 25 à 180 min ; maximum de 30, 45 et 60 min

· Le soutien de 30, 60 et 120 min

· Les praticiels, travaux dirigés de 30 à 120 min ; maximum de 60 min

→ *Selon leurs répétitions* :

· Les apprenticiels se répètent également de 1, 7 et 15 fois

· Les imagiciels de 7 à 15 fois surtout

· Les exerciseurs surtout une fois et 7 fois

· Les travaux dirigés surtout 1 et 7 fois

Un grand nombre de répétitions concernent des exercices et logiciels de soutien utilisés en aide et soutien de manière systématique durant l'année scolaire dans des classes sur plusieurs années.

· *Selon l'évaluation* :

Imagiciels **:** En général les imagiciels ne sont pas évalués en tant que tels à 77%. Dans 21% des activités, ils sont déclarés évalués notamment avec une fiche d'accompagnement. Il s'agit manifestement d'une confusion avec un apprenticiel ou un travail dirigé.

Apprenticiels **:** Pas d'évaluation pour 54% des apprenticiels, essentiellement pour les apprenticiels magistraux. Évaluation par le professeur de 36% des apprenticiels notamment pour les apprenticiels en autonomie en salle informatique.

Exerciseurs **:** Pour 85% des exerciseurs, le logiciel donne une évaluation des résultats et dans la moitié des cas, le professeur en donne une évaluation complémentaire institutionnelle sous la forme d'une note. Quand le logiciel ne fournit pas d'évaluation, le professeur évalue l'activité de l'élève dans 11% des cas.

Soutien **:** Le logiciel de soutien (comme SMAO) donne toujours une évaluation formative sous la forme d'un pourcentage de réussite. Dans les 2/3 des cas, logiciel et professeur donnent une évaluation conséquente sous la forme d'une note institutionnelle notamment pour le soutien systématique tout au long d'une année dans une classe.

Praticiels, travaux dirigés **:** C'est le professeur qui évalue l'activité qu'il a organisée à 54% des cas, particulièrement pour les activités tableur qui servent à évaluer le B2i. Aucune évaluation dans 37% des travaux dirigés, ce qui traduit après vérification une confusion encore avec un apprenticiel semi-magistral semi-autonome.

15 Des exemples

Parmi les activités déclarées dans l'enquête de 2009 et figurants sur le DVD-Rom du groupe IREM PIMC, on peut trouver maints exemples de ces différents types d'activités informatiques. Voir sur le site de L'IREM de Toulouse l'ensemble des documents correspondants.

Des imagiciels

Quatre imagiciels de géométrie dynamique:

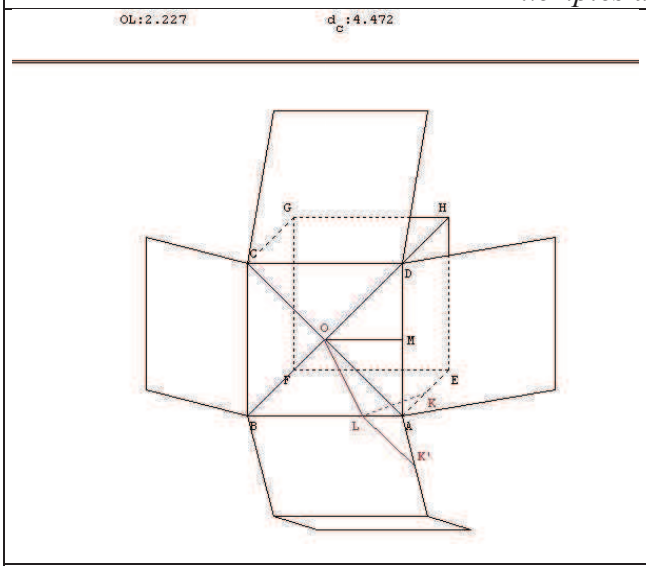
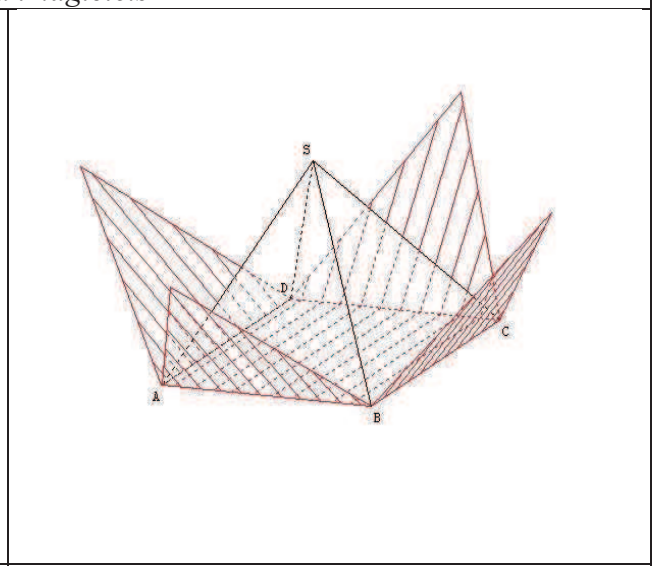
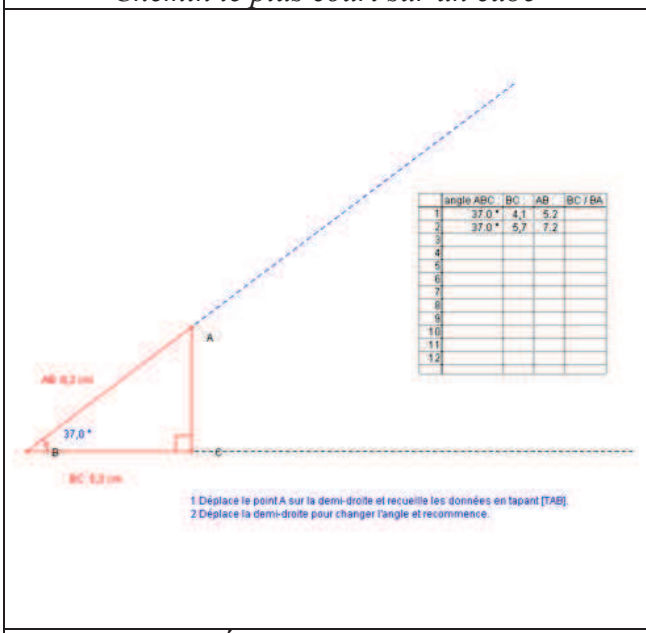
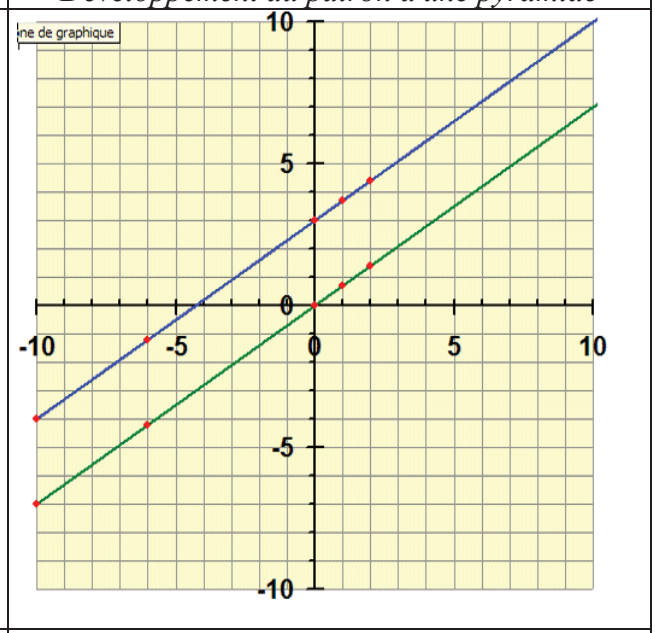
→ Pour l'aide et la correction d'un devoir maison en 4e demandant de déterminer et calculer le chemin le plus court du milieu d'une arête verticale d'un cube au centre de la face supérieure, visualisation du chemin le plus court sur le cube grâce au développement de ses faces réalisé avec le logiciel de géométrie dans l'espace "Géospace"

→ Toujours avec le logiciel "Géospace", monstration du développement d'une pyramide régulière à base carrée, pour en réaliser le patron en calculant ses dimensions

→ Imagiciel réalisé avec Cabri géomètre servant à découvrir le cosinus en 4e dans le cadre d'un apprenticiel magistral

→ Imagiciel graphique réalisé avec le tableur Excel permettant de mettre en évidence la différence entre une fonction linéaire et affine en 3e ou de montrer l'incidence de la variation

de l'ordonnée à l'origine b dans la fonction y = ax + b utilisé en cours magistral ou en aide et correction d'exercice

Exemples d'imagiciels	
	
Chemin le plus court sur un cube	*Développement du patron d'une pyramide*
	
Étude du cosinus	*Fonctions linéaire et affine*

Des apprenticiels

<u>Apprenticiel Magistral</u> :

→ *Découverte du développement et réalisation du patron du cylindre en 5e* avec le calcul de sa surface latérale et totale. Apprenticiel magistral au rétroprojecteur d'une durée de 15 minutes environ mené en classe en présentiel frontal, dirigé, actif et continu.

Documenté sur la page suivante :

Patron et aire latérale et totale du cylindre en 5e

Scénario :

0 Prérequis : dessin du cylindre en perspective cavalière (avec Géospace ou Cabri)

1 Pour réaliser le patron d'un cylindre de rayon 1,5 cm et de hauteur 5 cm et calculer son aire totale

2 Demander aux élèves de trouver le croquis du développement du cylindre ; critiquer les propositions, faire des essais (*en général, ils n'y arrivent pas*)

3 S'aider de l'imagiciel de Cabri rétro projeté sur tableau blanc pour écrire dessus

4 Procéder par étape et répéter plusieurs fois l'animation pour mettre en évidence et faire trouver :

→ la surface latérale développée est un rectangle

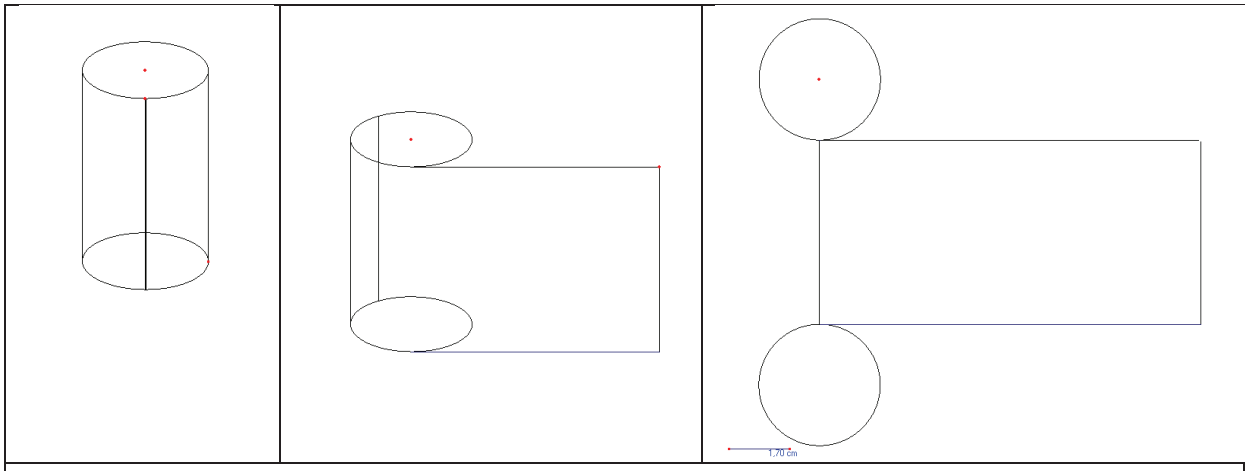
→ les dimensions du rectangle, le périmètre du disque de base $2\pi R$ soit 9,4 cm et la longueur de la génératrice h = 5 cm

→ construire le patron, le découper et l'assembler pour obtenir le cylindre ; vérifier l'assemblage

→ Le coller sur le cours par un disque de base

→ Calculer l'aire de la surface latérale et l'aire totale $2\pi Rh$ et $2\pi Rh + 2\pi R^2$

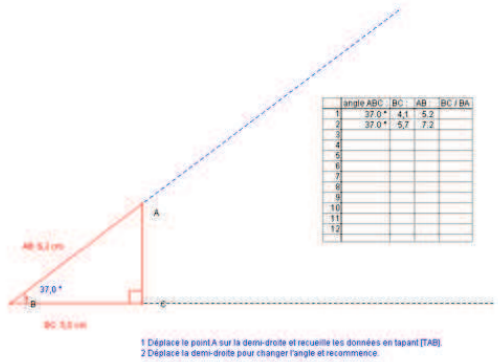
Développement du cylindre : fiche de l'imagiciel



Avec Cabri II
Fichier : Cylnpadv3.fig
5e
Cours
Le patron du cylindre
Le patron du cylindre est fait d'un rectangle de longueur égale au périmètre du disque de base et de largeur égale à la génératrice et de deux disques de base.
Mettre en évidence le patron à partir de la vue en perspective en développant la surface latérale et les deux disques de base et inversement.
Tirer le point rouge vers la droite pour développer la surface latérale et tirer le centre du disque supérieur vers le haut pour développer les deux disques de base; la surface latérale peut se déplacer.

→ *Découverte du cosinus en 4e :*

Un apprenticiel très utilisé de découverte *expérimentale* du cosinus en classe de 4e avec le logiciel de géométrie dynamique Cabri. Dans un triangle ABC rectangle en C, en fixant l'angle B, le quotient de la longueur du côté adjacent, BC, sur la longueur de l'hypoténuse, BA, est constant quand on fait varier la position du sommet C sur [BC). Cette propriété est conservée quand on change l'angle B ; le quotient prend une autre valeur constante entre 0 et 1. L'expérimentation est menée au tableau (écran) par le professeur. Les quotients sont calculés à la calculatrice puis par le logiciel et enregistrés. Les élèves participent et conjecturent en suivant sur leurs fiches d'accompagnement. La démonstration de la propriété est faite individuellement puis collectivement avant de définir le cosinus de l'angle B. *La présentation de l'activité et un extrait de la fiche d'accompagnement* :

Cosinus en 4e		
Notion :	*Étude du cosinus*	
Niveau :	**4°**	
Type :	***Apprenticiel***	
Fichiers :	• *Imagiciel ci contre* • *Fiche accompagnement*	
Version :	*2002*	
Pédagogie :	*Magistrale ou active*	
Durée :	*Environ 30 min*	Imagiciel pour la découverte des caractéristiques du cosinus en liaison avec la fiche d'accompagnement.
Objectifs :	• *Découverte du cosinus.* • *Utilisation des ressources de la géométrie dynamique de Cabri II.* • *Travaux en pédagogie magistrale ou active.*	
Méthodes :	• *Les élèves découvrent avec le professeur ou par eux-mêmes la définition du cosinus.* • *L'observation et la modification de figures animées, l'imagiciel Cabri, guidées par le professeur ou par le questionnaire de la fiche d'accompagnement, révèlent la propriété du cosinus.* • *Ils établissent d'abord une conjecture pour ensuite trouver la démonstration.* • *Leurs travaux sont retranscrits sur une fiche d'accompagnement éventuellement relevée et évaluée par le professeur.* • *Le professeur donne en conclusion la définition du cosinus.*	
Documents :	*Fichiers au format Word : scénario, fiche d'accompagnement*	
Voir les imagiciels avec Cabri II installé sur ce poste		

2. Prouve - le *Extrait de la fiche élève*

Construire les triangles BAC rectangle en C et BA'C' rectangle en C' tel que B, A et A' d'une part, et B, C, et C' d'autre part, soient alignés .

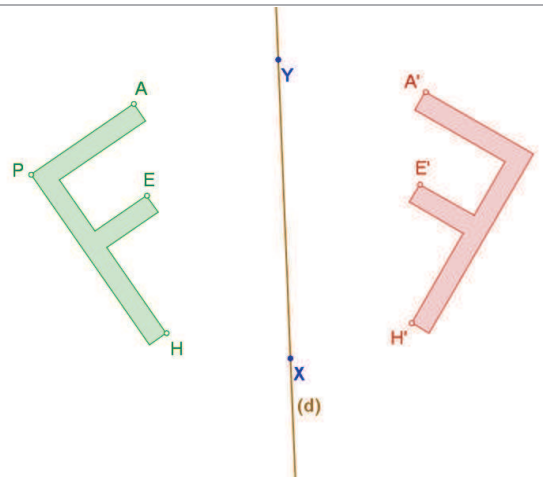
- Que peux-tu dire des droites (AC) et (A' C') ? Justifie-le :
- Justifie les égalités suivantes :

$\frac{BA}{BA'} = \frac{BC}{BC'}$: ……..

$BA \times BC' = BA' \times BC$: …… $\frac{BC}{BA} = \frac{BC'}{BA'}$: ……

Des apprenticiels élève : → *Découverte de la symétrie axiale en 6e.*

Fiche de présentation sur le site IREM (ou du Dvdrom) et fiche Objectifs-méthodes :

Symétrie axiale		
Notion :	*Étude de la symétrie orthogonale*	
Niveau :	***6°***	
Type :	***Apprenticiel***	
Fichier :	*Imagiciel ci contre* *Fiche accompagnement*	
Version :	*2010*	
Pédagogie :	*Active , en autonomie*	Imagiciel pour la découverte des caractéristiques de la symétrie axiale en liaison avec la fiche d'accompagnement.
Durée :	*Environ 50 min*	
Objectifs :	*Découverte de la symétrie axiale.* *Utilisation des ressources de la géométrie dynamique de CaRMetal* *Travaux en pédagogie active.*	
Méthodes :	*Les élèves découvrent par eux-mêmes les caractéristiques, la définition et les propriétés de la symétrie axiale.* *L'observation et la modification de figures animées, les imagiciels CaRMetal, guidées par le questionnaire de la fiche d'accompagnement, révèlent les caractéristiques, la définition, la construction et les propriétés de la symétrie.* *Ils établissent un ensemble de conjectures et de formulations qui seront exploitées en classe entière ensuite.* *Leurs travaux sont conservés sur une fiche d'accompagnement relevée et évaluée par le professeur.* *Le professeur fait ensuite la synthèse en classe.*	
Documents :	*Fichiers au format Word : Objectifs et méthodes, fiche d'accompagnement, fiche synthèse , fiche pliage*	
Voir le diaporama des imagiciels au format Web		
Copier les fichiers enzipés sur votre disque dur		

OBJECTIFS et METHODES	**SYMÉTRIE AXIALE avec CaRMétal**	**niveau 6e**

1. Conception didactique

L'étude de la **symétrie axiale** s'appuie sur l'utilisation d'un **apprenticiel** sous CaRMétal pour la **découverte** de ses caractéristiques, de sa définition, de sa construction et de ses propriétés. A partir d'**imagiciels** (figures dynamiques), la symétrie axiale est présentée à l'élève comme un objet d'expérimentation. L'observation et la modification de ces figures, guidées par le questionnaire de la **fiche d'accompagnement** *(adaptable*), révèlent les propriétés de la symétrie. Par le jeu d'action et d'interactions, l'élève est incité par généralisation à faire des **conjectures** et à formuler des propositions qui seront exploitées ensuite en classe.

2. Objectifs

Trouver une **définition** de la symétrie axiale *(au choix du professeur)* : selon la distance et l'orthogonalité (fiche : fichaccsymax1), ou par la médiatrice (fiche : fichaccsymax2) ou avec les seules propriétés (fiche : fichaccsymax3). Travailler sur les **formulations** et la nécessité d'une verbalisation rigoureuse et sur le codage.

Découvrir la **construction** et les **propriétés** de la symétrie axiale.

3. Pédagogie et méthodes

Les élèves découvrent par eux-mêmes les caractéristiques, la définition et les propriétés de la symétrie axiale

L'activité informatique est conçue comme un apprenticiel **en pédagogie active et autonome**. Elle constitue la **première partie du cours** avant de passer ensuite à une synthèse des propositions des élèves l'heure suivante.

En agissant sur les imagiciels, l'élève fait apparaître les propriétés de la symétrie.

Les consignes des actions sont données à l'écran. Les questions sont posées sur la fiche de travail.

La symétrie par pliage s'effectue de préférence sur papier (fiche fournie) plutôt que par simulation à l'écran.

Pour la **formulation** des conjectures, il est demandé aux élèves de compléter des **phrases à trous** à remplir à partir d'une liste de mots, d'expressions ou de symboles.

Les travaux des élèves sont notés par écrit ou codés sur leurs fiches de travail qui sont relevées et **évaluées** de manière **formative** par le professeur à l'issue de la séquence informatique pour avoir une idée exacte et précise de leur travail et de l'atteinte des objectifs en vue de la synthèse ultérieure en classe.

Ces fiches leur sont restituées lors de **la synthèse** qui s'organise en **groupe de travail par thèmes** et par niveaux. Chaque groupe nomme un rapporteur qui contribue à l'élaboration du cours en s'aidant du **vidéoprojecteur** sous la supervision et avec l'aide du professeur.

Les élèves peuvent se servir de la **fiche des figures** qui reprend sur papier les figures écran.

Le cours se poursuit par des travaux classiques de construction au compas et des exercices traditionnels.

4. Prérequis *adaptables*

La symétrie axiale par pliage, l'égalité des longueurs et des angles, la perpendiculaire, la médiatrice, l'angle droit, le codage des figures et les symboles géométriques.

5. Organisation, déroulement

1. L'activité informatique :

Elle se déroule **en salle informatique**, classe entière, un ou deux élèves par poste.

Après un rapide **exposé des consignes** par le professeur, les élèves peuvent démarrer l'activité de manière autonome, à leur rythme. Le travail de chacun est alors guidé par la fiche**.** Dans le cas où plusieurs élèves travaillent ensemble, il est souhaitable qu'ils alternent le travail informatique et que chacun d'eux remplisse sa propre fiche.

Il sera demandé aux élèves de traiter obligatoirement les **questions 1, 2, 3 et 4** de la **fiche Elève**.

Les plus rapides pourront faire la **question 5** prévue comme **activité d'attente**.

La durée de la séquence informatique devrait être de 50 minutes environ.

2. La synthèse :

La **synthèse** en classe entière devrait pouvoir s'effectuer l'heure suivante en **pédagogie semi active par groupes** ou **en magistral**, en utilisant un **vidéoprojecteur**.

Chacun pourra adapter cette activité en fonction de ses conditions matérielles et de ses choix pédagogiques.

6. Technique

CaRMétal ayant été installé sur chaque poste avec Java, l'apprenticiel peut utiliser les fichiers figures natifs de CaRMétal préalablement installés sur le **bureau d'un atelier**, ou sur un espace commun du réseau d'établissement.

Il est possible également d'utiliser l'apprenticiel sans installation du logiciel à partir du **diaporama** réalisé par CaRMétal (fourni). Les figures au format Web s'affiche dans un navigateur. Le fichier de démarrage est le fichier **index** du dossier SymaxWeb. Attention, en cas de recopie, à disposer dans ce répertoire tous les fichier natifs correspondants (.zir) et le fichier émulateur CarMetal.jar. Ainsi l'apprenticiel peut être mis en ligne sur un site de travail en intranet ou extranet.

Une activité informatique organisée en deux phases : une première phase qui se déroule en salle informatique en pédagogie active, autonome, en dévolution, individuelle ou en groupe, en différé, d'une heure, suivie, dans une deuxième phase, d'une synthèse magistrale en action conjointe s'appuyant sur la contribution de groupes d'élèves collaboratifs. Cet apprenticiel sur la symétrie axiale est ancien. Sa première mouture date des années quatre-vingts. Il a été à plusieurs reprises amélioré sur le plan didactique et modernisé sur le plan graphique et dynamique avec les versions successives de Cabri et dernièrement avec CaRMétal. Comme les autres, cette dernière version a été élaborée collectivement, expérimentée et diffusée lors des derniers stages de formation [PIM] des années 2008 à 2010. On remarque les nombreux documents numériques associés aux figures écran : la fiche "objectifs- méthodes" qui tient lieu de scénario, les "fiches d'accompagnement", la "fiche synthèse" et une "fiche pliage".

→ *L'apprenticiel sur la découverte du théorème de Pythagore en 4e* (version Toolbook 1996) est intéressant en ce sens qu'il se déroule dans la même heure de cours. Il est organisée en deux temps : 20 à 30 minutes sur ordinateurs avec sa fiche d'accompagnement en salle informatique puis le reste de l'heure sous forme de synthèse collective en classe au vidéoprojecteur aboutissant à la démonstration du théorème, son énonciation et ses premières applications au calcul de la longueur de l'hypoténuse à partir des côtés de l'angle droit voire du calcul d'un côté de l'angle droit connaissant les deux autres dimensions.
Sur la fiche de travail (ci-après), les questions encadrées sont obligatoires et les autres facultatives ou plutôt conçues, comme activités d'attente, pour les élèves plus rapides. La fiche des figures reprend les figures affichées à l'écran (sans les animations) pour la suite du travail en classe et comme documents du cours. Malgré quelques défauts didactiques (voir ci-dessous), cette activité a toujours eu une efficacité reconnue par tous les professeurs qui l'ont utilisée pendant de nombreuses années. Cet apprenticiel se déroule en présentiel, en passant, sans trop de difficulté, d'un travail autonome en dévolution et actif, individuel ou en groupe, des élèves, à la synthèse magistrale en classe entière, en frontal conjoint, en collaboration des élèves et du professeur.
Le problème didactique de cette version réside dans l'existence de deux figures distinctes pour mettre en évidence l'égalité des aires des carrés. Cette faiblesse a été corrigée dans la dernière version Web au format flash de Mathenpoche qui joue sur l'animation d'une seule et même figure pour montrer l'égalité des aires des surfaces blanches des carrés.
Ci-après, la fiche d'accompagnement élève et la fiche des figures :

Découverte du théorème de Pythagore	Apprenticiel	1996
Nom: .....Prénom: ....Classe: 4	date:	

Questions: Recopie tes réponses dans les parties encadrées

Pour valider ta réponse clique sur le bouton VALIDER pas sur ENTREE

⇒ **Clique sur l'icone Pythagore**

⇒ **Clique sur l'avion**

1. Figure 1 page 2

- Comment appelle-t-on le côté de longueur c ?
- Dans le triangle ABC, complète:

  mes[ACB] =

  mes[BAC] + mes[ABC] =

2. Figure 2 page 3

21.

- Quelle est la longueur du côté du carré MNOP ?
- Quelle est la longueur du côté du carré QRST ?

22. On affirme que QRST est un carré. Il faut le démontrer en répondant aux questions suivantes:

- Que peux-tu dire des longueurs des côtés du quadrilatère QRST ?
- Que peux-tu en déduire pour QRST ?
- Démontre que l'angle RST est un angle droit.
- Que peux-tu en conclure pour QRST ?

3. Figure 3 page 4

- Quelle est la longueur du côté du carré HKLP ?
- Quelle est la longueur du côté du carré INJK ?

4. Figure 4 page 5

Compare l'aire du carré QRST à la somme des aires des carrés HKLP et INJK ? Qu'en penses-tu ? Elles sont :

- Que vaut l'aire du carré QRST ?
- Que vaut l'aire du carré HKLP ?
- Que vaut l'aire du carré INJK ?

Que valent ensemble les aires des carrés HKLP et INJK ?

Pour taper c^2 taper c*c

Conclusion : + = .

La fiche reproduisant les figures écran (sans animation)

Découverte du théorème de Pythagore	Nom:	Prénom:	Classe:	date

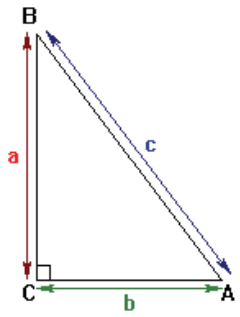


Figure 1

Triangle rectangle

ABC

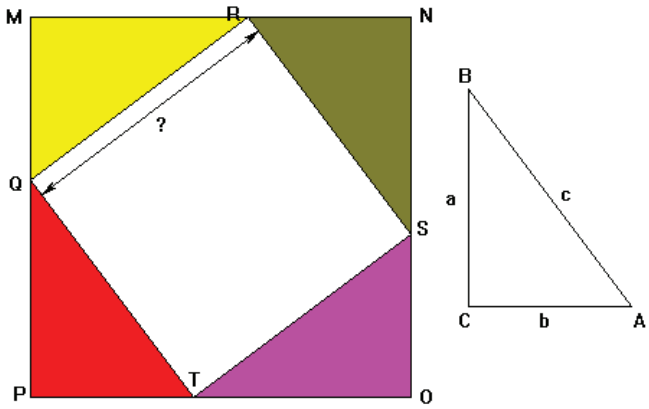


Figure 2

Il faut prouver que

le quadrilatère QRST
le quadrilatère HKLP
le quadrilatère INJK

sont des carrés

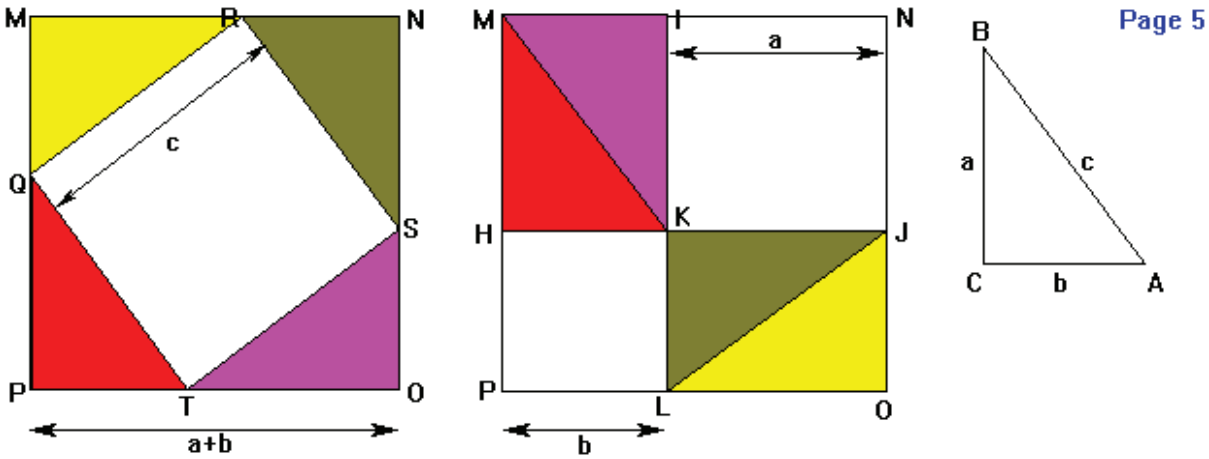


Figure 4

Un didacticiel

Un exemple intéressant peut en être donné sur le site "Rue des écoles' de l'Assistance Scolaire Personnalisée de la MAIF qui offre gratuitement aux élèves inscrits par leur professeur, l'accès à des ressources en ligne *de révision des cours,* illustrés par des *clips d'animation graphiques sonorisés* pertinents, présentant quelques *exercices types d'application* dans toutes les disciplines à tous les niveaux du primaire jusqu'en terminale, et apportant *une aide à la résolution de tous les exercices de tous les manuels scolaires*. Ainsi en mathématiques au collège. Ci-après une copie du rappel de la méthode de calcul d'une dimension dans le triangle rectangle avec le théorème de Pythagore en 4e.

ASP Assistance Scolaire Personnalisée *Rue des écoles* **MAIF** Fiche Exercices Clip

http://www.assistancescolaire.com/eleve/4e/maths/reviser-une-notion/appliquer-la-propriete-de-pythagore-4myt01

Appliquer la propriété de Pythagore

La propriété de Pythagore permet de calculer la **longueur d'un côté** d'un triangle rectangle quand on connaît les longueurs des deux autres côtés.

Exemple

On veut calculer l'hypoténuse BC d'un triangle ABC rectangle en A.

On connaît : AB = 12 et AC = 5.

D'après la propriété de Pythagore, on a :

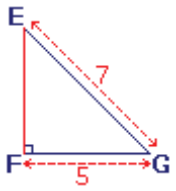
$BC^2 = AB^2 + AC^2$.

$BC^2 = 144 + 25 = 169$;

BC = 13.

Autre exemple

Dans EFG rectangle en F, on veut calculer EF.



On connaît :

EG = 7 ; FG = 5.

On écrit :

$EG^2 = EF^2 + FG^2$.

Donc :

$49 = EF^2 + 25$.

$EF^2 = 49 - 25 = 24$

Avec la touche $\sqrt{x}$ de la calculatrice, on obtient : **EF ≈ 4,9** (arrondi à 0,01 près).

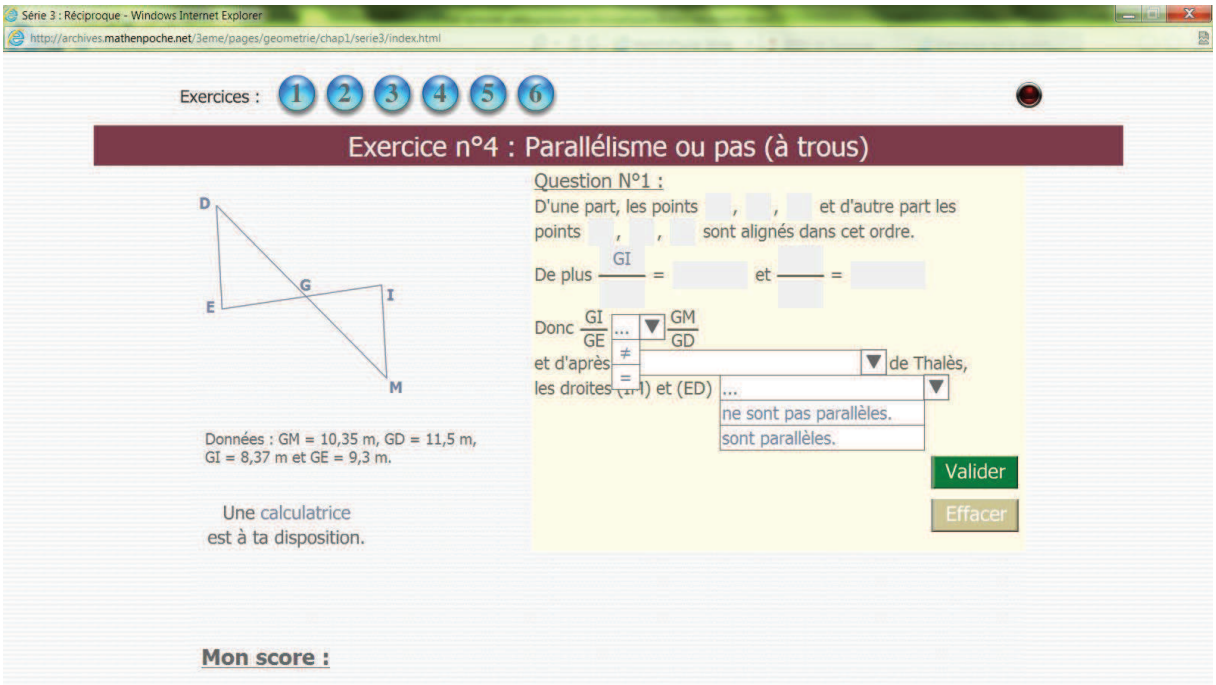
Le professeur peut suivre le travail accompli librement par ses élèves. Une pédagogie à distance, libre et active, individuelle et indépendante, en différé. L'expert A inscrivait chaque année tous ses élèves à l'ASP de la MAIF. Parmi ceux-ci, un nombre variable, minoritaire, s'y connectait occasionnellement, de manière non systématique.
On doit souligner que ces didacticiels (comme celui sur le théorème de Pythagore) ne sont pas des activités informatiques *d'apprentissage initial autonome* de l'élève, tel un enseignement automatique qui a pu être rêvé par quelques décideurs inspirés pour remplacer les professeurs (suprême illusion technocratique), et, mais une activité de *révision* de notions préalablement apprises en classe, y compris avec un apprenticiel (comme ce pouvait être justement le cas pour le théorème de Pythagore). En aucun cas, un didacticiel ne peut se substituer à un apprenticiel.

Des exerciseurs

Activités parmi les plus usitées, les exerciseurs servent à de multiples utilisations. Ils sont employés intensivement dans le cadre d'actions d'entrainement, de soutien, d'aide ou de remédiation, plus rarement en contrôle, mais aussi sous la forme d'exercices collectifs en classe. Leurs qualités dépendent du degré de suivi, d'évaluation et d'aide qu'il apporte à l'élève. Depuis les exerciseurs élémentaires et frustres, qui ne contrôlent que le résultat final sans aucun suivi, ni évaluation, ni aide intermédiaires (largement répandus dans le commerce), jusqu'aux exerciseurs qui suivent et oriente le travail de l'élève pas à pas, apportant une aide contextuelle en fonction des erreurs commises sous la forme d'une révision des notions, méthodes ou techniques concernées, employant des ressources de l'intelligence artificielle comme le faisait le logiciel d'aide à la démonstration Tigre et le prévoyait la version III du logiciel de calculs algébriques Aplusix de l'IMAG de Grenoble. Dans cette échelle de valeurs, les exerciseurs de SMAO et de Mathenpoche varient entre ces deux extrêmes suivant les versions et l'évolution dans le temps des exercices.
<u>Exerciseurs d'entrainement et de révision</u> :

L'ensemble des exerciseurs en ligne de Mathenpoche du niveau CM2 à la seconde est à disposition gratuite et libre pour tout élève. Par le site Labomep, les professeurs peuvent inscrire tous leurs élèves et organiser des séances de travail programmées avec suivi, évaluation et enregistrement des travaux accomplis et de leurs résultats récupérables sur un tableur. Le professeur peut rajouter des exercices de son cru développés avec les ressources telles que Intrumentenpoche, le petit tableur ou le logiciel de géométrie dynamique associés

ou utiliser des exercices élaborés par des collègues et mutuellement partagés. Voir une page-écran ci-après. *Exercice à trous sur la réciproque du théorème de Thalès en 3e*



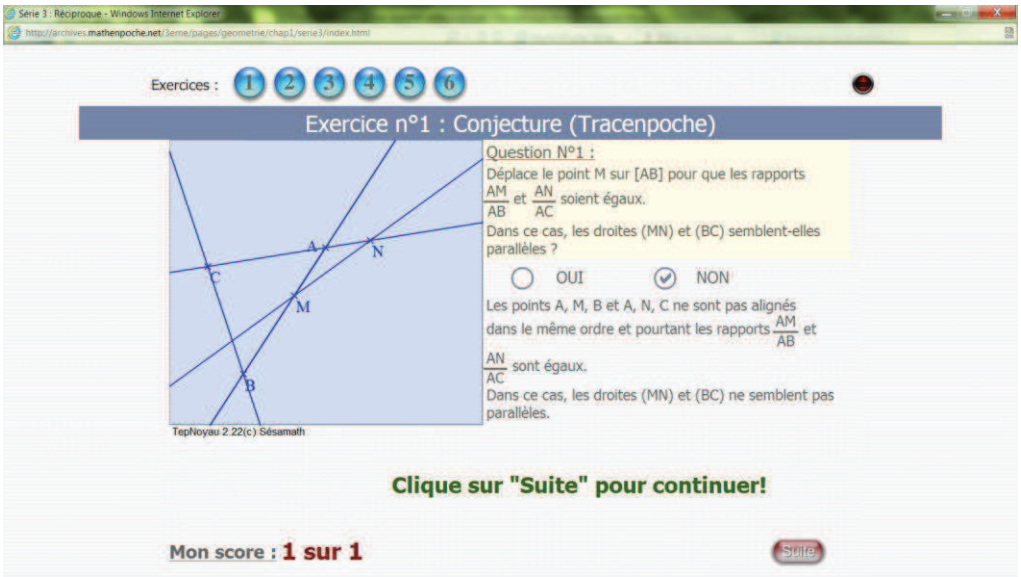
Exerciseurs de soutien ou de remédiation :

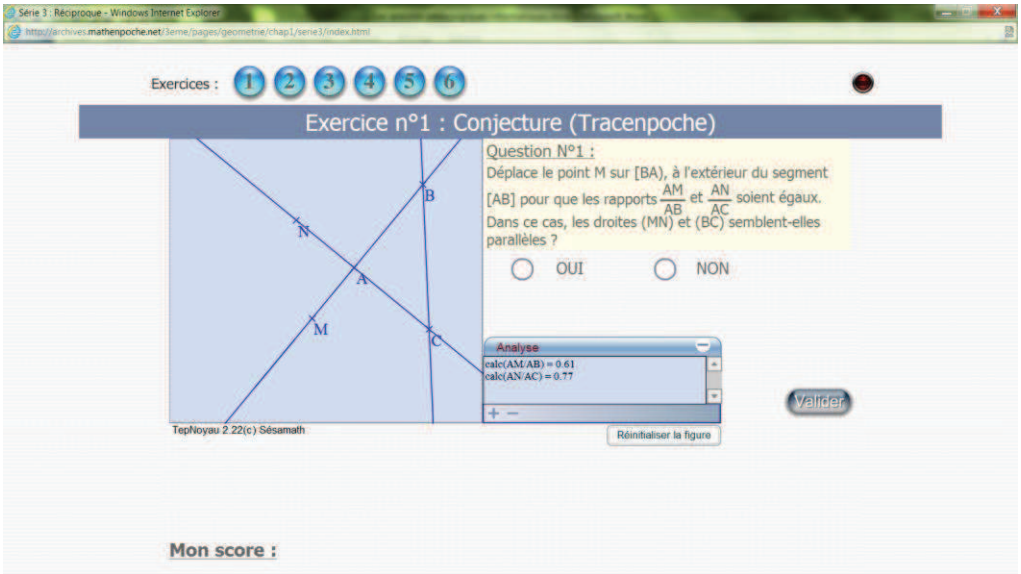
Le plus utilisé et le plus abouti en son temps furent les ensembles SMAO de Chrysis du CM2 à la seconde et le CAP, alliant un petit didacticiel de révision du cours, une batterie d'exercices progressifs avec une aide rudimentaire et un jeu terminal d'attente pour les élèves rapides. Paramétrable, il donnait un score en pourcentage de réussite fixé par défaut à 75% autorisant à passer à l'exercice suivant (ou sans contrainte suivant le choix). Logiciel réseau, les élèves ayant été inscrits, il enregistrait le travail et les résultats des élèves, récupérables sur tableur. SMAO (payant) qui fut abondamment utilisé n'a plus été mis à jour depuis 1998 en fonction des évolutions des programmes et est aujourd'hui obsolète, remplacé par Mathenpoche (gratuit) qui a progressivement intégré à sa collection d'exercices des rappels, des redécouvertes des notions de mathématiques. Un exemple ci-dessous :

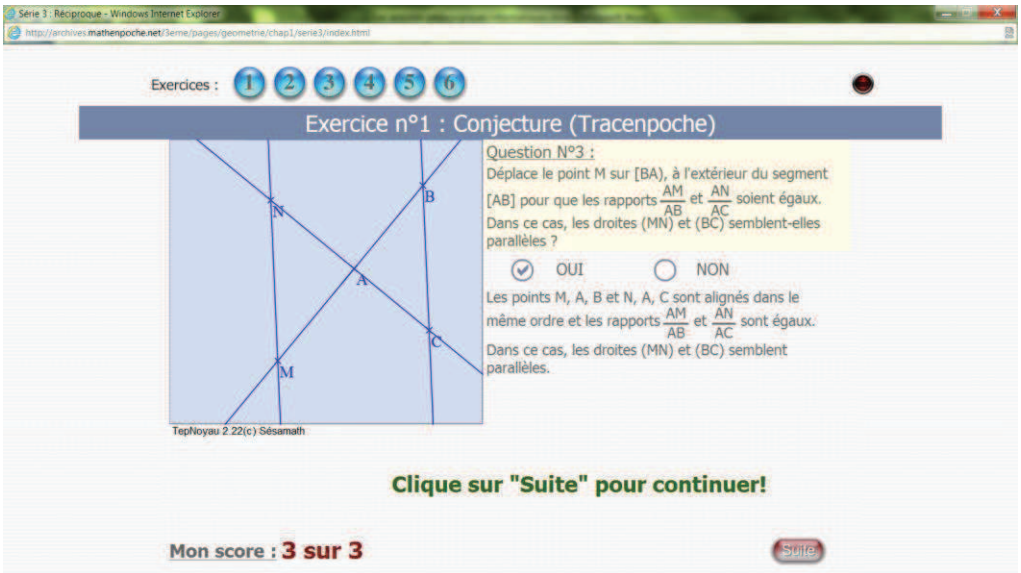
→ *Au menu : conjecture et démonstration de la réciproque du théorème de Thalès en 3e avant les exercices d'application en* 1 et 2 :

Conjectures avec Tracenpoche pour trouver les conditions du théorème réciproque de Thalès

L'égalité des rapports et l'alignement des points dans le même ordre





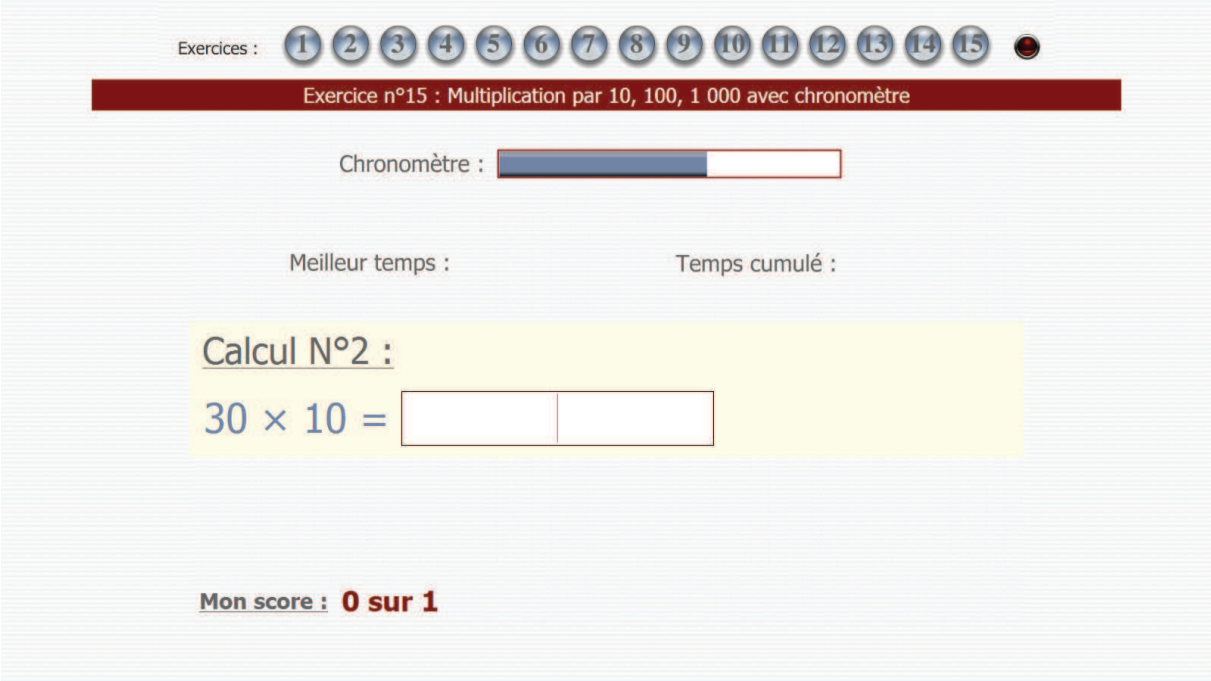


Le soutien systématique :

Le soutien informatique en mathématique a pu être organisé de manière systématique jusqu'au milieu des années deux mille, par exemple dans le cadre des IDD sous la forme d'une heure par semaine pendant un semestre pour les élèves volontaires ou en difficulté en 5e donnant lieu à une évaluation globale (une exigence institutionnelle) en fin de période. Voir l'exemple suivant fourni par l'expert A. On remarque l'ensemble des notions révisées, le nombre d'élèves, 20 égal au nombre de postes informatiques, leurs progressions, leurs scores donnés par SMAO et le traitement pondéré à l'aide d'un tableur aboutissant à des notes conventionnelles plutôt favorables de 11 à 20 sur 20, en moyenne 14,3 sur 20, réparties en quatre intervalles, de 4 élèves en [10-12[, 6 en [12-15[et 10 en [15-20]. Voir page suivante.

Exerciseurs de calcul mental :

Mathenpoche offre des exerciseurs de calcul mental paramétrables en 6e permettant des séances d'exercices en salle informatique (ou en classe avec charriot de mobiles) ou plus facilement d'exercice collectif frontal en classe au rétroprojecteur en début ou à la fin d'un cours. La durée du chronomètre peut être modifiée à volonté. Exemple ci-dessous :



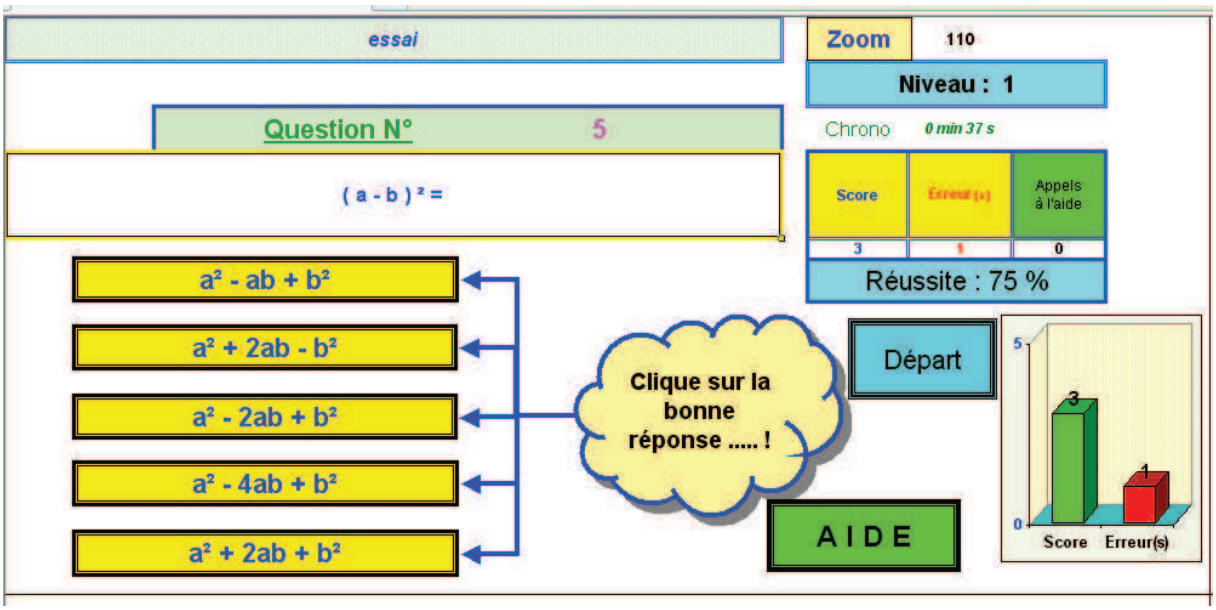
Selon la méthode de la Martinière, les élèves notent leurs réponses et le professeur demande et saisit la réponse d'un élève choisi au hasard avant la fin du temps écoulé. Les quinze exercices proposés portent sur tous les calculs, de l'addition, la soustraction, la multiplication et la division des entiers et des décimaux classés selon une progressivité de la difficulté. Il est aussi possible de créer ses propres exercices utilisant la même présentation et mise en scène.

Itinéraire de découverte					**5e**		2003-2004			2e semestre															
		Fractions				Relatifs				Équations		Symétrie			Solides										
	Classe	Simplification	Comparaison	Addition soustraction	Multiplication	Comparaison	Addition	Soustraction	Somes algébriques	Notion	Addition Soustraction	Centre de symétrie	Angles	Parallélogramme	Conversions d'unités	Volume prisme	Volume cylindre	Moyennes pondérées	Moyenne	Activités	Note sur 16	Note sur 17	Note sur 18	Note sur 20	**Notes**
Coefficients		1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1								
Nom prénom																					4+16	3+17	2+18	0+20	
ALI	51	93	88	84	79	79	89	71	73	84		80			91			82.2	82.8	11	15.7	15.4	15.1	14.6	**14.5**
BOUS	51	78	94	86		91	94	100	75	96		53	96			100		89.1	87.5	11	16.3	16.1	15.9	15.4	**15.5**
BO	51	95	100	100	100	84	100	100	80	100		100	96	100	94			96.4	96.1	13	20.0	20.0	20.0	20.0	**20.0**
COU	51	93		96			86	92				80	100	100	96			93.1	92.9	8	13.5	13.1	12.7	11.9	**12.0**
DI	51	88	100	92		100		92	70			100	96	100	93			92.1	93.1	10	15.9	15.7	15.4	14.9	**15.0**
LAU	51	81	89	93	77	92	89	92	71						90			85.7	86.0	9	13.9	13.5	13.2	12.4	**12.5**
LLA	51	91	82	87	100	78	90	100	58	84	70	76			95			84.8	84.3	12	17.0	16.8	16.6	16.2	**16.0**
RAP	51	93	93	100	92	96	100	100	73	84	95	96	95		89			92.5	92.8	13	19.4	19.4	19.4	19.3	**19.5**
VIGN	51	100	88	97	77	86	84		84	84	88		86		83			86.5	87.0	11	16.3	16.0	15.8	15.3	**15.5**
														Maxi=					96.1	13					
FRE	52	79	82	97	62			100	76	92					87			84.6	84.4	8	13.0	12.5	12.1	11.2	**11.0**
GAG	52	100	100	94	100	96	95	10	19	100					96			78.1	81.0	10	14.8	14.4	14.1	13.4	**13.5**
GRA	52	80	100	93	92	96	100			88								93.5	92.7	7	12.6	12.2	11.7	10.8	**11.0**
MEU	52	95	25	83	85	88	70	77	60	88		100	61	71	69			72.4	74.8	13	16.9	16.7	16.5	16.1	**16.0**
SOU	52	93	100	71			75	77	75	81		100	68		65			79.5	80.5	10	14.7	14.4	14.0	13.4	**13.5**
TRY	52	100	100	87	100	71	95		59	66	100	80			71			84.5	84.5	11	16.3	16.1	15.9	15.4	**15.5**
CZE	53		73	87	100	59	78	77	52	76			40		89			73.0	73.1	10	13.7	13.3	12.9	12.1	**12.0**
KAV	53	89	83	96	92	81	95	85	74	92		100			90			88.6	88.8	11	17.0	16.8	16.6	16.2	**16.0**
RIV	53		55	65	62	76	80	62	64	71			46		70			64.2	65.1	10	12.6	12.2	11.7	10.8	**11.0**
SIM	53	88	85	93		96	90	100	80	88			92		80			89.4	89.2	10	15.8	15.6	15.3	14.8	**15.0**
TES	53	62	64	71	50	86	89	85	56			75			64			69.8	70.2	10	13.3	12.9	12.5	11.6	**11.5**
		89	84	89	85	86	89	84	67	86	88	87	80	93	84	100	86	84	84.89						
			Répartition		[0;7[	[7;10[	[10;12[	[12;15[	[15;20]																
Nombre d'élèves	20		Effectifs		0	0	4	6	10					Maxi=					92.7	13	**15.4**	**15.2**	**14.9**	**14.3**	**14.3**

Exerciseurs de contrôles :

Plus rares et beaucoup moins pratiqués par les professeurs. On trouve l'expérience originale et intéressante de l'expert C du groupe IREM, spécialiste du tableur Excel et auteur de nombreux QCM programmés avec ce progiciel. Dans l'ensemble de ses classes, il a utilisé de manière systématique ces exerciseurs QCM en salle informatique attenante à sa classe, et donc facilement accessible, pour organiser des séances d'entrainement aboutissant à un contrôle. Paramétré en conséquence, le QCM procède de manière automatique à l'évaluation du travail de l'élève sous la forme d'une note sur 20 tout en fournissant une copie du travail accompli et un bilan imprimable servant à la correction des erreurs commises. Cette application est en fait un véritable système auteur qui permet de programmer soi-même son propre QCM sur différentes notions et techniques de calcul y compris en géométrie.

QCM sur les produits remarquables en 3e :



Exerciseurs pour devoirs maison en ligne :

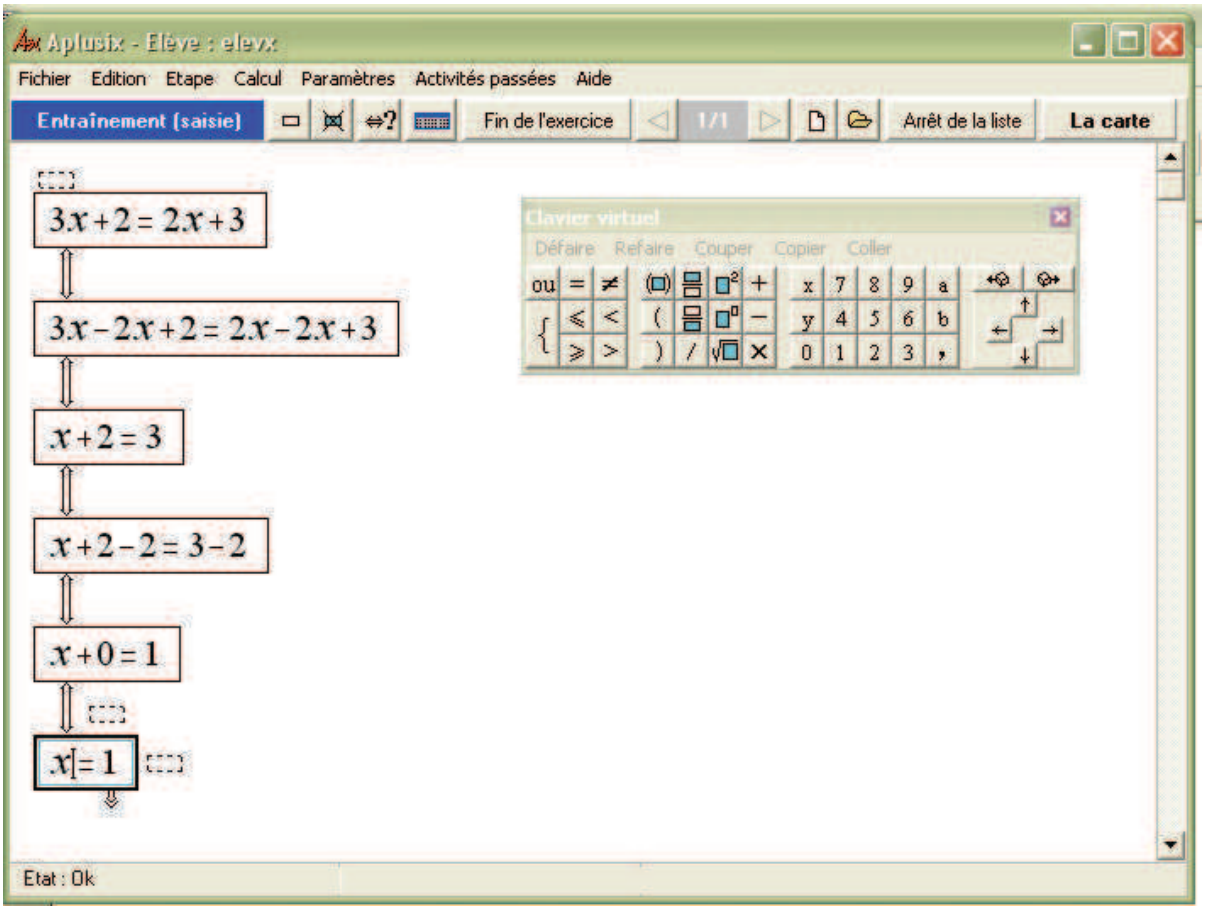
Rendu possibles par l'équipement des familles et par les serveurs Internet d'exerciseurs comme Mathenpoche, des devoirs de révision ont été organisés à domicile en ligne sur une période de trois semaines pour tous les élèves de 5e du collège B. Leurs travaux et leurs évaluations automatiques ont été suivis, enregistrés et récupérés sur tableur afin de donner une note institutionnelle et de dresser un bilan pour chaque élève.

Ci-après, un extrait du bilan et de la notation en chiffres sur 20 et en lettres (de A à E) qui a été donné à chaque élève :

Bilan de la séance Devoir Internet 2 2007 relatifs 54									
	Menu 1 :	5N3s5ex8 5N3s7ex2 5N3s7ex3 5N3s7ex4							
	v, V	Réussite		f	échec		X	non répondu	
	Nombres d'élèves :	24							
	Exercices/élèves	4							
	Exercices effectués								
		5N3s7ex2	Entre deux abscisses	moyenne	5 sur 5	mini	4	Maxi	5
		5N3s5ex8	Succession d'additions et de soustractions	moyenne	8 sur 10	mini	0	Maxi	10
		5N3s7ex4	Durées	moyenne	5 sur 5	mini	2	Maxi	5
		5N3s7ex3	Entre deux abscisses (bis)	moyenne	10 sur 10	mini	5	Maxi	10
	A ALEXIA	4 exos	moyenne	9.5	Réussite	95%	Temps moyen	00:11:38	
		5N3s5ex8	Succession d'additions et de soustractions	10 sur 10	100%	00:16:37	VVVVVVVVvV		
19	**A**	5N3s7ex2	Entre deux abscisses	5 sur 5	100%	00:03:30	VvVVV		
		5N3s7ex3	Entre deux abscisses (bis)	10 sur 10	100%	00:06:58	VvVVVVVVVV		
		5N3s7ex4	Durées	4 sur 5	80%	00:19:29	VfVvv		
	B KELLIAN	5 exos	moyenne	10	Réussite	82%	Temps moyen	00:04:05	
		5N3s5ex8	Succession d'additions et de soustractions	10 sur 10	100%	00:07:07	VVVVVVVVVV		
20	**A**	5N3s7ex2	Entre deux abscisses	5 sur 5	100%	00:02:20	VVVVV		
		5N3s7ex3	Entre deux abscisses (bis)	10 sur 10	100%	00:03:45	VVVVVVVVVV		
		5N3s7ex4	Durées	5 sur 5	100%	00:05:00	VVVvV		
	B LAURE	4 exos	moyenne	10	Réussite	100%	Temps moyen	00:05:11	
		5N3s5ex8	Succession d'additions et de soustractions	10 sur 10	100%	00:11:56	vVVVvvVVVV		
20	**A**	5N3s7ex2	Entre deux abscisses	5 sur 5	100%	00:04:21	vVVvV		
		5N3s7ex3	Entre deux abscisses (bis)	10 sur 10	100%	00:02:46	VVVvVVVVVV		
		5N3s7ex4	Durées	5 sur 5	100%	00:01:42	VVVVV		

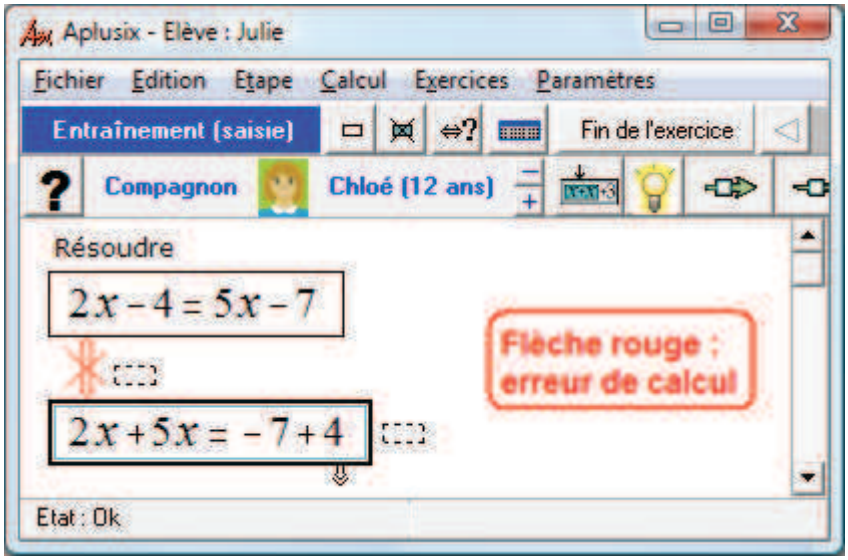
Un exerciseur avancé Aplusix :

Produit par L'IMAG de Grenoble qui a voulu faire l'équivalent de Cabri pour le calcul, organisé en modules, administrateur, professeur, auteur et élève, Aplusix est un système d'exerciseurs pour le calcul arithmétique et algébrique du CM à la classe de 1ère. En collège, il traite des notions de développement, factorisation, résolution d'équations, d'inéquations et de systèmes. En réseau, le professeur y inscrit ses élèves pour leur ouvrir un compte identifié et protégé pour conserver leurs travaux. Les élèves peuvent également installer le logiciel et travailler à domicile. Il comporte 1000 exercices couvrant tous les niveaux et de difficultés croissantes, mais permet également de résoudre tout exercice tiré d'un manuel ou créé par l'enseignant selon deux modes d'utilisation, entrainement et test. Sa particularité réside dans le fait que, dans le mode entrainement, le calcul de l'élève est suivi et évalué pas à pas avec l'aide possible d'un compagnon. Le mode test sert à effectuer un contrôle noté et enregistré. Dans les deux cas, un "magnétoscope" permet de revoir l'intégralité de la résolution. Il est utilisable en cours avec un vidéoprojecteur ou un tableau interactif, en salle informatique, en libre-service ou à la maison avec une licence achetée par l'établissement ou les parents. Seraient en projet des versions futures au format WEB et douées d'intelligence artificielle. L'expert C du groupe IREM a expérimenté Aplusix un an dans ses classes.

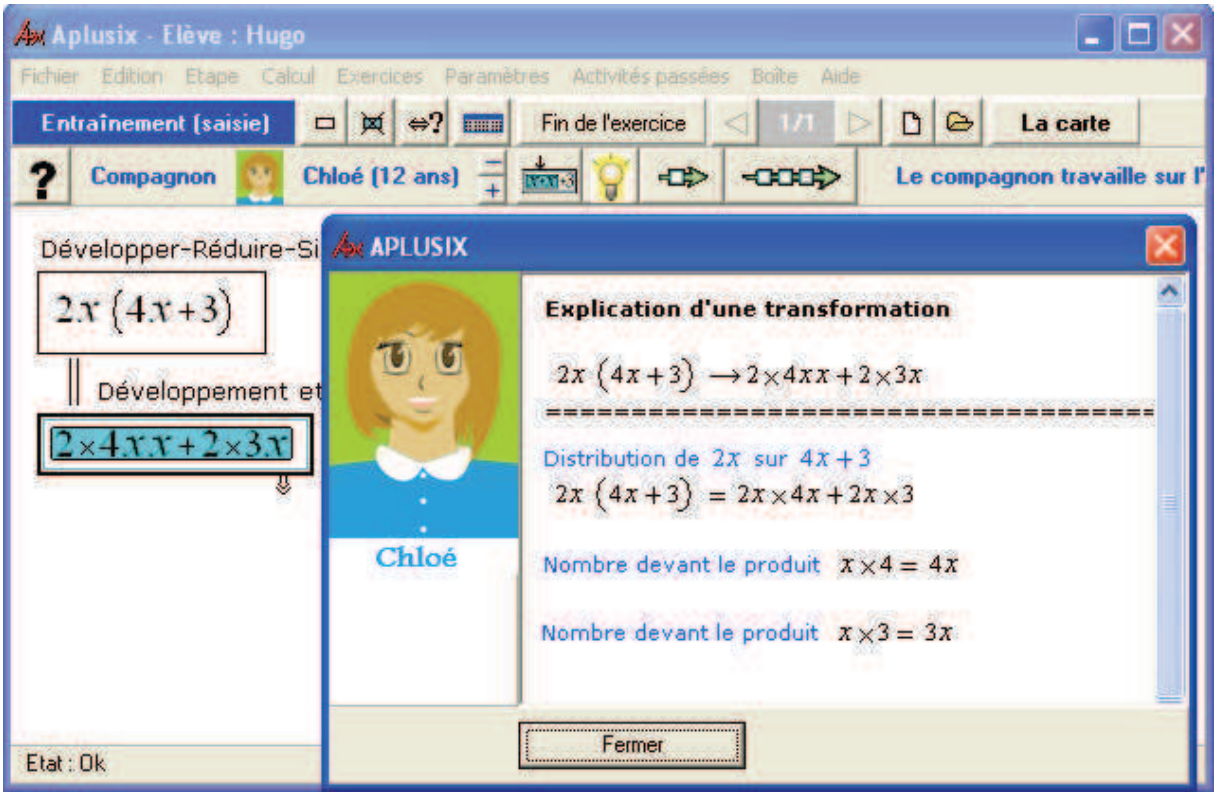


Les modes d'Aplusix 3.1

→ En mode **entraînement**, l'élève résout les exercices en produisant ses propres calculs. S'il ne sait pas quoi faire, il fait appel à un compagnon en demandant de suggérer une action ou d'effectuer un pas de calcul. Aplusix vérifie les calculs de l'élève et vérifie la fin de l'exercice
→ En mode **test**, l'élève travaille pendant 30 minutes sans rétroaction. À l'issue du test, il obtient un score et peut passer en autocorrection.
→ En mode **autocorrection**, l'élève revoit son travail, avec les indications de calculs corrects ou erronés, d'exercice terminé ou non. Il peut modifier ses calculs avec l'aide des rétroactions du mode entraînement et faire appel aux compagnons.
→ En mode **observation**, l'élève revoit son travail avec les indications de calculs corrects ou erronés, d'exercice terminé ou non. Il peut activer un magnétoscope pour le rejouer action par action.



L'élève demande au compagnon de faire un pas de calcul



Des praticiels

Ce sont les activités informatiques correspondant aux travaux pratiques et dirigés qui sont menés en classe et en salle informatique, organisées notamment pour répondre aux sollicitations des nouveaux programmes. Les travaux dirigés se déroulent plutôt en classe en présentiel frontal, en transmissif ou en action conjointe du professeur et de la classe, en continu, au moyen du vidéoprojecteur, du tableau numérique ou de la caméra. Les travaux pratiques se déroulent en général en deux phases. Une première séance en classe de formation, de préparation en magistral transmissif et une seconde active en salle informatique en autonomie individuelle ou par petits groupes (de deux). Ces travaux pratiques sont évalués et notés. Trois exemples :

Apprentissage d'un logiciel de géométrie dynamique :

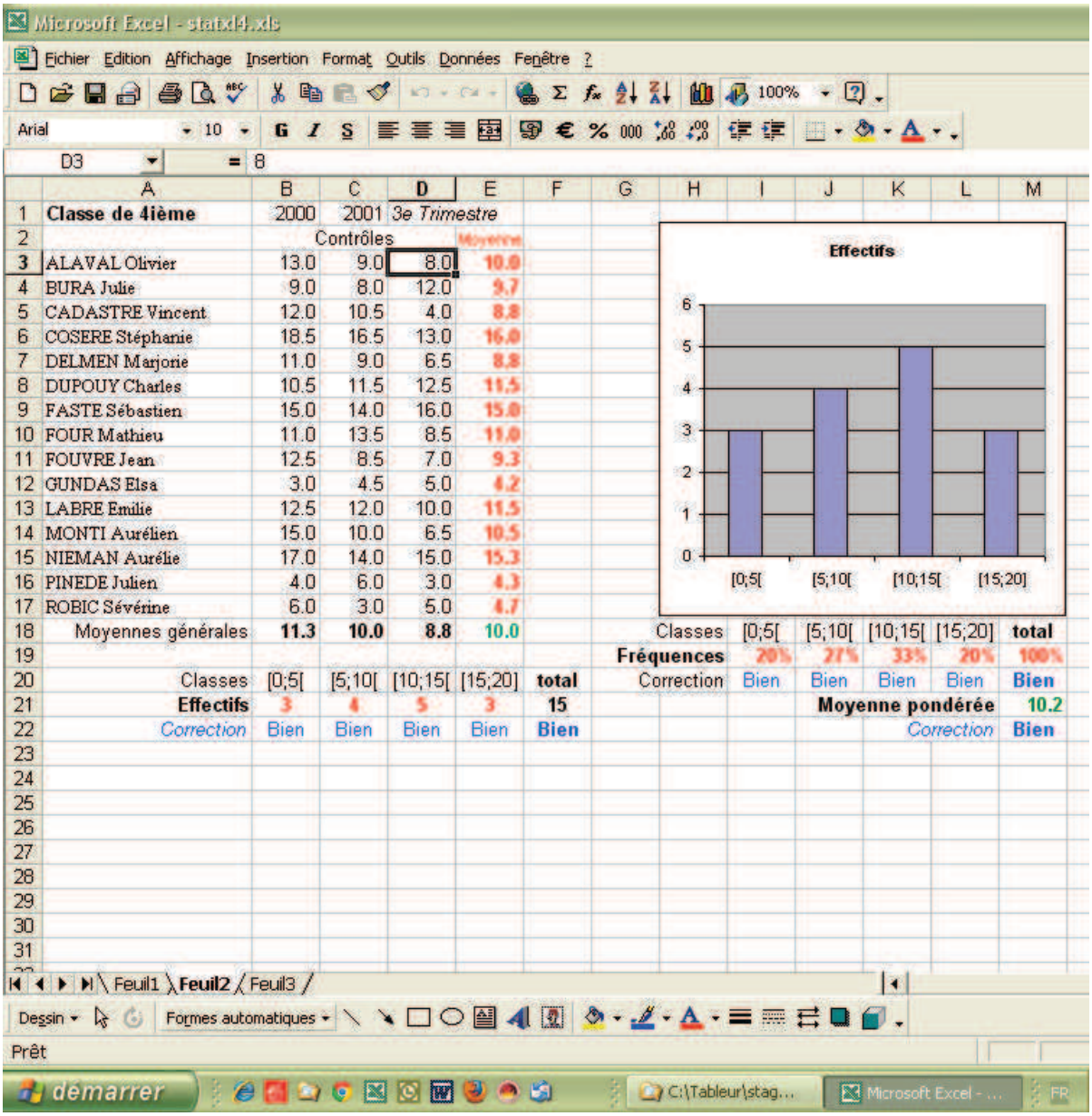
Comme vus supra, les programmes de 2008 demandent au professeur de former les élèves de 6e au maniement d'un logiciel de géométrie dynamique tel que Cabri, Géogébra ou CaRMétal. Des professeurs y consacrent un cours d'une ou deux séances de une heure de travaux pratiques, précédés ou non d'une séance magistrale de formation. Évidemment, l'organisation préalable d'une telle formation favorise nettement la réussite et le bon déroulement de la seconde. Il est demandé aux élèves de construire des figures simples, vues en cours ou proposées par le manuel, comportant des quadrilatères, des triangles ou des cercles, en respectant certaines exigences. Un des objectifs est d'apprendre aux élèves les particularités de tels outils numériques : leurs fonctions, le cas de l'appartenance des points aux objets géométriques et l'existence de points de base de la figure, contraintes qui n'existent pas dans la construction au papier crayon. Lors de l'activité en salle informatique, le professeur est obligé de valider les travaux des élèves. Il n'y pas de correction automatique possible. Mais la validation est souvent simple et rapide. Elle consiste à mettre la figure à l'épreuve de la dynamique qui révèle instantanément les erreurs de construction. Ces corrections et les aides sont lourdes et difficiles à assumer si elles sont nombreuses. L'expérience montre qu'il apparaît un grand décalage dans le temps entre les élèves avertis, habiles et rapides et d'autres, plus lents, maladroits ou inexpérimentés. Un problème que le professeur gère par l'ajout d'un travail supplémentaire d'attente pour les plus rapides.

Travaux pratiques sur le tableur en statistiques :

L'autre obligation des programmes de former à l'utilisation de tableur en 4e ou 3e amène également à organiser des travaux pratiques en salle informatique ou des travaux dirigés en classe. Dans un premier temps, il s'agit d'initier les élèves au tableur, à la gestion des cellules, des lignes et des colonnes, aux calculs des sommes, des moyennes, des effectifs,

des fréquences, à rentrer des conditions, à éditer des formules, à savoir les recopier et à réaliser des graphiques. L'activité utilise un fichier tableur préparé accompagné d'une fiche de travail rappelant les instructions et les fonctions à utiliser. La formation préalable en classe est ici incontournable avant la séance en salle informatique (à moins de disposer de charriots de mobiles). La séance de travail des élèves en autonomie, plus complexe et technique est facilitée par l'introduction sur la feuille de calcul tableur préparée de cellules de correction automatique comme le montre l'exemple suivant en 4e demandant de calculer les cellules affichées en rouge et vert, jusqu'au calcul de la moyenne pondérée par classes d'égale amplitude ; les corrections automatiques étant affichées en bleu au fur et à mesure. À la fin, l'élève enregistre son travail et imprime sa feuille de calcul achevée.

Statistiques en 4e avec le tableur Excel (élèves et notes fictifs):



	A	B	C	D	E	F
1	**Classe de 4ième**	2000	2001	*3e Trimestre*		
2			Contrôles		Moyenne	
3	ALAVAL Olivier	13.0	9.0	8.0	10.0	
4	BURA Julie	9.0	8.0	12.0	9.7	
5	CADASTRE Vincent	12.0	10.5	4.0	8.8	
6	COSERE Stéphanie	18.5	16.5	13.0	16.0	
7	DELMEN Marjorie	11.0	9.0	6.5	8.8	
8	DUPOUY Charles	10.5	11.5	12.5	11.5	
9	FASTE Sébastien	15.0	14.0	16.0	15.0	
10	FOUR Mathieu	11.0	13.5	8.5	11.0	
11	FOUVRE Jean	12.5	8.5	7.0	9.3	
12	GUNDAS Elsa	3.0	4.5	5.0	4.2	
13	LABRE Emilie	12.5	12.0	10.0	11.5	
14	MONTI Aurélien	15.0	10.0	6.5	10.5	
15	NIEMAN Aurélie	17.0	14.0	15.0	15.3	
16	PINEDE Julien	4.0	6.0	3.0	4.3	
17	ROBIC Sévérine	6.0	3.0	5.0	4.7	
18	Moyennes générales	**11.3**	**10.0**	**8.8**	10.0	
19						
20	Classes	[0;5[	[5;10[	[10;15[	[15;20]	**total**
21	**Effectifs**	3	4	5	3	**15**
22	*Correction*	Bien	Bien	Bien	Bien	**Bien**

	G	H	I	J	K	L	M
		Classes	[0;5[	[5;10[	[10;15[	[15;20]	**total**
		Fréquences	20%	27%	33%	20%	100%
		Correction	Bien	Bien	Bien	Bien	**Bien**
				Moyenne pondérée			10.2
						Correction	**Bien**

Travaux dirigés sur la médiane en 3e :

Elle opère sur un fichier du tableur Excel ou Calc accompagné d'une fiche de travail. C'est une activité multifonctionnelle. D'un côté, elle est un apprenticiel magistral en classe en action conjointe ou un apprenticiel en salle informatique en autonomie, pour faire découvrir la médiane, sa construction graphique et sa définition. Mais d'un autre côté, elle peut également servir de travaux dirigés en salle informatique pour former à l'utilisation du tableur, en éditant et recopiant des formules de calcul. La partie informatique est autocorrective et le graphique des fréquences cumulées est réalisé automatiquement au fur et à mesure du calcul des réponses. Une aide est possible sous la forme de feuilles cachées révélées par le professeur.

La fiche de présentation de l'activité

Médiane d'une série statistique

Notion :	*Calcul de la médiane.*
Niveau :	*3°*
Type :	*Activité*
Fichier :	• Fiche élève • Activité
Version :	*2003*
Pédagogie :	*autonome ou collective*
Durée :	*Environ 40 min*
Objectifs :	• *Découverte de la notion de médiane.* • *Utilisation du tableur et de ses fonctions opérations: + ; * ; / , pour calculer des cumuls et des fréquences.* • *Utilisation d'un référencement absolu à une cellule (celle de l'effectif total).* • *Lecture graphique, détermination de la médiane.*
Méthodes :	• *Les élèves traitent une série de 511 montants de commandes passées à une boutique.* • *Ils calculent les effectifs cumulés, les fréquences et les fréquences cumulées. La correction est automatique.* • *Le graphique des fréquences cumulées croissantes se créé automatiquement dans la feuille "graphique".* • *L'élève complète son graphique "papier" et l'utilise pour lire la médiane.* • *Pour les élèves les plus lents ou pour la correction, le professeur peut faire apparaître les feuilles cachées "correction" et "corr. graph.".*
Documents :	*Fichiers au format Word : Fiche Élève ; Activité* *Fichiers au format OpenOffice : Fiche Élève ; Activité*

	A	B	C	D	E	F
2	Montants supérieurs à	et strictement inférieurs à	Effectifs	Effectifs cumulés croissants	Fréquences	Fréquences cumulées croissantes
3	0	140				
4	140	160				
5	160	180				
6	180	200				
7	200	220				
8	220	240				
9	240	260				
10	260	280				
11	280	300				
12	Correction		Faux ou incomplet	Faux ou incomplet	Faux ou incomplet	Faux ou incomplet

Activité de découverte du calcul de la médiane en utilisant le tableur

Copier les fichiers zippés (word-excel) sur votre disque dur. Copier les fichiers zippés (OpenOffice) sur votre disque dur

En salle informatique, la fiche d'accompagnement a pour but de guider le travail de l'élève, de rappeler ou définir les notions statistiques, de noter les résultats calculés et de reproduire le graphique qui donne la médiane. Documents doublement évalués, en mathématiques et pour le B2i, qui pourront être par la suite exploités en classe.

Partie IX

Proposition d'analyse éducologique du recours informatique Une étude multi-théorique

1 Études didactiques

2 L'impact sur les trois genèses

3 De la transposition didactique

4 Des situations didactiques en dévolution

5 Dans la genèse des concepts scientifiques

6 Des schèmes à l'œuvre dans un champ conceptuel

7 Un instrument d'apprentissage et d'enseignement

8 De l'activité informatique en tant qu'activité

9 Conclusion

Enseigner est un acte qui manifeste un *univers* sociétal et humain *complexe* irréductible. Enseigner avec l'ordinateur l'est davantage encore avec l'ajout et la médiation d'une technologie éducative nouvelle évoluée, techniquement et pédagogiquement plus compliquée. Il convient de considérer cette pratique d'enseignement comme une organisation complexe, alternative, multidimensionnelle, instrumentée et proactive. Et donc *pour l'analyser faire appel à un ensemble de théories appropriées qui formeront un système multi-théorique cohérent complet*.

Penser la complexité

Edgar Morin s'est intéressé à une théorie de la complexité. Et il l'a fait par la nécessité de penser le monde moderne de plus en plus complexe, en fonction des avancées des applications techniques des sciences de la nature et des sciences sociales, sous l'influence des débats contradictoires de son époque. Il stigmatise la science traditionnelle qui a procédé historiquement par simplification et réduction d'une réalité autrement complexe. Mais on peut se poser la question : pour étudier le monde de l'éducation, en éduscollogie, pourquoi existe-t-il autant de domaines d'étude et de sciences différentes ? Et dans chacune autant d'écoles de pensée différentes ? À mon avis, ce n'est pas tant que chacune simplifie outrageusement la complexité du réel, mais plutôt que chacune étudie un aspect distinct, partiel, du tout. Et à ce titre, chacune d'elles participe de l'étude de l'ensemble et que, d'une certaine manière, elles ne sont ni lacunaires, ni incompatibles, ni incohérentes.

Un monde complexe, dynamique, structuré, multidimensionnel et évolutif est composé d'*objets* interdépendants, organisés suivant des *niveaux*, des plans et des angles différents, régis par des *relations* diverses et éventuellement des *lois* de composition internes.

Objets : les objets n'ont pas la même *consistance*, certains sont plus pesants que d'autres par leur importance propre ou par la richesse de leurs relations. Chaque objet est doué de multiples *propriétés* qui s'activent ou non en fonction des *influences*, des évènements. Chaque objet entretient des *liens* avec d'autres objets qui lui sont liés de près ou de loin. Suivant la proximité ou la force des relations, l'objet en sera plus ou moins *déterminé* par son entourage.

Relations : suivant le type ou l'importance des relations, les propriétés de l'objet se modifient. Les *relations* qu'entretiennent les objets peuvent être du type hiérarchique,

unitaire, contradictoire, dialectique ; ou encore du type inclusif, exclusif, univoque ou réciproque, subordonnée ou coordonnée ; ou encore d'identité, d'équivalence ou de différence, de particularité ou de généralité ; ou encore causale, inductive ou déductive, de corrélation, d'interdépendance ou d'indépendance ; d'assujettissement ou libres, constante ou variable; …

Relations et forces structurent *l'univers des objets* et en bâtissent l'architecture. Le tout, *la collection des objets*, est organisé en plans, niveaux et champs. Plans et niveaux définissent les différentes *dimensions*. Suivant la position que l'on occupe ou la posture adoptée ou le regard porté, on met en lumière tel plan ou niveau ou champ ou telles propriétés. Les niveaux procèdent par extraction. Les plans opèrent une coupe suivant le même type de relation ou de lois qui régissent des relations entre certains types d'objets. Les champs représentent des collections d'objets apparentés ou en relation selon certaines propriétés ou relations communes.

Les lignes de force parcourent la structure selon les relations fortes principales ou secondaires. Suivant l'évolution des relations, des contradictions, des propriétés des objets se modifient et l'organisation du tout se recompose et se modifie.

Le grain d'analyse ou encore l'échelle de l'observation peuvent être macro pour une vue d'ensemble, méso pour une vision ordinaire, à l'échelle humaine, ou micro pour une vue détaillée, pointilliste, particulaire.

Dynamique : dans ce monde complexe, intervient le *temps* et le *mouvement* qui font tout évoluer, objets, structures, relations, en fonction des forces ou des effets internes ou externes. Il peut évoluer, se transformer, se modifier, engendrer un nouveau monde, comme il peut se stabiliser, se figer, régresser et disparaître.

Dans la dynamique de la complexité, des pôles, des centres, des ensembles d'objets qui paraissaient indépendants deviennent dépendants, rentrent en relations. Ce qui évoluait dans le même sens, de façon covariante, fonctionne soudain en sens contraire et réciproquement. Un effet, un faisceau d'actions, une cause extérieure peuvent avoir une influence majeure sur un ensemble. Par exemple, le marché de la finance semble évoluer en période d'expansion selon des lois probabilistes quand les acteurs agissent de manière hétérogène, alors qu'en période de crise (défaut des liquidités, paralysie du marché), tous les acteurs agissent dans le même sens, ces lois ne sont plus opérationnelles.

Le tout : dans un monde structuré, chaque partie se comporte comme le tout (héritage), et, le tout englobe, intègre la manifestation de chaque partie. Dans la partie se manifeste le tout et le tout se manifeste dans chaque partie. Suivant le changement d'échelle, de niveau, la partie

émerge du tout ou est immergée dans le tout. Le tout se retrouve dans la partie et réciproquement.

Le chaos est un ensemble infini d'objets indépendants dont l'état général est aléatoire en ce sens qu'il est le produit d'un nombre incommensurable d'effets singuliers. Le chaos est le paroxysme, la limite de la complexité. Entre la causalité déterministe absolue univoque et le chaos intégral s'étend le vaste domaine de la complexité

Analyser un monde complexe est en parcourir la structure des relations pour examiner les propriétés des objets selon le plan, le champ ou l'angle choisi pour en dégager des lois ou des incertitudes. Ainsi découvrir l'architecture et l'organisation des objets et leurs relations. Par essence, toute analyse est donc réductrice du tout et définit une « coupe », une extraction. Plusieurs analyses partielles complémentaires distinctes sont donc nécessaires pour analyser le tout. **Développer (ou faire appel à) plusieurs théories distinctes dans l'étude d'un objet complexe est consubstantielle de sa complexité**.

Nous voyons le monde en fonction des connaissances (le paradigme) que nous en avons. Chaque cadre théorique définit son objet, son champ, son domaine ou son plan de l'étude qui sont autant de facettes de la réalité. L'ensemble des théories diverses participe de la connaissance générale de l'univers complexe sans pouvoir en fournir une synthèse, une unification globale que l'on peut penser illusoires ou hors d'atteinte. Mais cette disparité n'est que l'apparence des choses résultant de l'état des connaissances actuelles. Rien n'empêche de penser qu'il puisse exister des liens, des liaisons à découvrir à l'avenir entre ces différentes représentations théoriques.

C'est cette conception que nous avons à l'esprit pour analyser la réalité complexe du recours informatique

L'activité informatique, objet complexe

Nous considèrerons donc notre objet d'étude, le recours informatique, comme un objet complexe, structuré, multidimensionnel, dynamique, animé et évolutif. Pour l'analyser, il faudra faire appel à plusieurs théories qui participent d'une analyse globale, qui en éclairent et structurent l'ensemble. L'analyse de l'activité informatique considérée comme objet de complexité devrait nous permettre d'en poser les différents plans, niveaux, objets en fonction des cadres théoriques qui sont nos champs de vision :

- *Sur le plan matériel et didactique*, comme artefact, quels sont les potentiels et les *apports spécifiques* du recours informatique ?

- *Sur le plan de la didactique informatique*, quel éclairage actuel des études théoriques universitaires ?
- Quels sont ses effets sur le triptyque *topo-méso-chrono-genèse* ?
- *Sur le plan des savoirs*, de l'enseignement des programmes officiels, comment opère-t-elle la *transposition interne* des savoirs à enseigner ?
- *Sur le plan pédagogique*, quelle *situation didactique* crée-t-elle, selon quel *contrat didactique*, dans quels *milieu ou champ conceptuel* ?
- *Sur le plan cognitif*, comment participe-t-elle à la genèse des concepts ?
- *Comme instrument,* comme outil productif, quelle fonction remplit l'activité informatique, comment se caractérise-t-elle suivant quelle typologie ?
- *Comme activité*, comment fonctionne-t-elle ?
- Comme activité *scénarisée, orchestrée ou programmée*, comment est-elle pensée par le *sujet réflexif* et avec quelle analyse a posteriori ?
- Comme *mise-en scène*, quelles formes de *théâtralité* ?
- *Comme tâche* à accomplir, *technique* à utiliser et *technologie* à appliquer, quelle est sa praxéologie ?
- Comme *praxéologie*, quels sont *ses principes et ses règles* ?
- *Sur le plan des acquisitions* des élèves et de leurs *résultat*s, quelles *évaluations* ?
- *Sur le plan de l'évaluation* de l'activité quelle est *l'évaluation institutionnelle* et quelle est la *satisfaction du sujet* ?

Autant de plans d'étude, de champs et d'angles différents (qui ne sont pas exhaustifs) qui participent de l'étude de l'activité informatique dans ses diverses dimensions, dont les analyses théoriques seront autant de pierres à l'édifice en construction, autant d'apports théoriques *complémentaires* et *interdépendants* à l'élaboration d'une didactique générale de l'informatique pédagogique, un ensemble multi-théorique que j'appelle commodément *l'éducologie informatique*.

1 Études didactiques

Les travaux de Balacheff et Trouche sont incontestablement les plus avancés parmi les travaux théoriques sur l'éducologie du recours informatique dans l'enseignement des mathématiques Tous deux procèdent d'une même approche convergente, avec cependant des

attendus qui différent du fait de leurs problématiques et des particularités qui proviennent du niveau (lycée) et de la singularité des pratiques étudiées.

L'apport théorique de Balacheff (rappel)

La question centrale de sa problématique est nettement affirmée : l'application des théories invoquées (théorie de l'activité, théorie des situations, approche instrumentale, théorie de l'étayage, approche constructiviste…) "ne relève pas d'une simple migration vers l'informatique, mais c'est un problème de reconceptualisation beaucoup plus complexe".

Dans un article commun, "les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) à la lumière de la didactique" (BALACHEFF, LUENGO. & VADCARD, 2006), les auteurs analysent les activités informatiques à la lumière des théories didactiques.

Sur le modèle constructiviste de Piaget, la didactique a mis en évidence que chaque connaissance induit un mode d'apprentissage particulier. L'interaction sociale et la médiation d'un milieu porteur jouent un rôle décisif dans la construction des connaissances. La didactique cherche à définir les conditions de cette construction. L'enseignant organise la situation en gérant et en réajustant les interactions de l'apprenant avec ce milieu constitué par l'ensemble des éléments spécifiques tels que les connaissances préalables, le matériel, l'organisation, le contrat didactique… "Ce milieu va permettre que la situation produise des rétroactions intrinsèques aux actions de l'apprenant". Est ainsi agencé l'accès de l'apprenant à des situations adidactiques où il devient responsable de son propre apprentissage du savoir en jeu.

Dans un EIAH, l'artefact informatique fait partie du milieu didactique. Les différents types de connaissance seront contextualisés dans l'EIAH par une *transposition informatique*. La question à l'issue de ce processus d'adaptation est "de s'assurer que les caractéristiques de l'environnement sont telles… qu'il puisse conduire à la connaissance visée". La validation des apprentissages passe donc par la construction d'un contexte qui met à l'épreuve les connaissances et qui permet à l'enseignant de les observer. Un EIAH doit construire un contexte qui offre un domaine de validité capable de produire des interactions *pertinentes* vis-à-vis de la connaissance de son apprentissage.

Au cours de l'activité, dans la boucle des interactions, l'apprenant est impliqué dans un triple processus : actions, validation, formulation. Les retours doivent être intelligibles, didactiques, épistémiques. Par exemple, en géométrie, les invariants perceptifs au cours du déplacement d'une figure construite permettent la visualisation des propriétés de la figure.

En conclusion, pour l'analyse des EIAH, les auteurs soulignent que les concepts de milieu et de situation adidactique sont particulièrement efficaces. Et ils notent l'intérêt d'une autre approche complémentaire, l'approche instrumentale (Rabardel) utilisée par Trouche, avec les concepts d'instrumentalisation et d'instrumentation d'un EIAH.

L'apport théorique de Trouche (rappel)

Trouche (2005) s'appuie sur un faisceau de théories comparable : théorie de Piaget sur la génération des connaissances, du champ conceptuel de Vergnaud (2002) et sur l'activité instrumentée de Rabardel (1995).

Il distingue et définit pour ses analyses trois objets technologiques en relation avec l'usager :

- *L'artefact* : l'objet technique en tant que tel
- *L'outil* : un artefact qui est utilisé, intégré
- *L'instrument* : une mise en œuvre particulière, finalisée de l'outil qui désigne une entité mixte composée de l'objet technique et de ses modes d'utilisation

Objets qu'il applique à l'utilisation de l'informatique pour enseigner.

Il tire des enseignements informatisés depuis 1980, en particulier de l'utilisation de calculatrices et des logiciels de calculs formels tels que Dérive, quelques assertions :

- Les possibilités de visualisation conduisent nécessairement à une meilleure compréhension des concepts.
- L'efficacité du logiciel est liée aux caractéristiques de la situation didactique.
- Les contraintes entre les *environnements informatisés* et le *contexte* didactique
- L'importance du choix et de la mise en scène de l'activité par le professeur
- Le problème des contradictions ou des dérives d'un enseignement informatisé par rapport aux programmes officiels.

À partir desquels, il met en lumière la question fondamentale de la problématique de *l'intégration* de l'informatique dans l'enseignement.

Il s'appuie sur la théorie conceptuelle de Vergnaud pour la notion de schème qu'il définit comme une organisation invariante de l'activité composée de :

- Un ou plusieurs buts
- Des règles d'action, de prise d'information et de contrôle
- Des invariants opératoires (concepts ou théorèmes en acte) pour le traitement de l'information
- Des possibilités d'inférence

Il articule ce cadre d'analyse avec la théorie de l'approche instrumentale de Rabardel sous la forme de *schèmes d'action instrumentée* pour étudier leurs fonctions épistémiques, pragmatiques et heuristiques dans l'action et la conceptualisation de l'enseignement informatisé. Deux composantes duales et dialectiques de cette genèse : l'*instrumentalisation* (production instrumentée de résultats) et *instrumentation* (adaptation de l'acteur aux contraintes de la machine).

Il développe une méthode d'analyse de *l'activité mathématique instrumentée* avec des outils de différents niveaux correspondant à trois niveaux d'artefacts :

- Des artefacts primaires (les outils)
- Des artefacts de deuxième niveau : représentations et modes d'action des artefacts de premier niveau
- Des artefacts de troisième niveau correspondant aux méthodes d'analyse cognitives mises en œuvre

Il définit la *transposition informatique* comme une représentation symbolique, mise en œuvre par un dispositif informatique en fonction de contraintes internes (matérielles), des commandes et de l'interface utilisateur

Dans la mise en œuvre d'une activité instrumentée, pour réaliser un *environnement informatisé d'apprentissage*, il convient d'insister sur la nécessité d'un *scénario d'usage* pour désigner les éléments de base des schémas d'organisation pédagogique de la classe, comme une mise en scène d'une situation standard avec ses modes de gestion des phases et des artefacts proposant une *orchestration instrumentale* d'un milieu didactique (Brousseau).

Il constate l'inadaptation des formations classiques des enseignants avec les TICE.

Il met en perspective la nécessité de recherches anthropologiques sur les pratiques, d'ingénierie didactique et d'étude instrumentale.

Suivant la même tendance à l'intégration de différentes théories, pour concevoir la complexité de l'enseignement informatisé (théorie constructiviste de Piaget sur la génération des connaissances, théorie des situations, théorie de l'activité, du champ conceptuel de Vergnaud et sur l'activité instrumentée de Rabardel), tous deux défendent l'idée de la combinaison, de la complémentarité, voire l'unification de ces cadres théoriques. Deux développements théoriques des plus intéressants qui ne pèchent que par la limitation du domaine d'étude :

- Un champ d'investigation limité au niveau lycée et apparemment la non-prise en compte des actions au niveau collège beaucoup plus actif et riche.

- Peut-être l'absence de contacts et de relations avec les nombreux acteurs du terrain en "pédagogie informatique", en particulier dans les IREM, engagés dans des recherches-actions, et avec les formateurs en pédagogie informatique de la formation continue.
- Ou la méconnaissance des pratiques, d'expériences et de conceptions plus *avancées*.

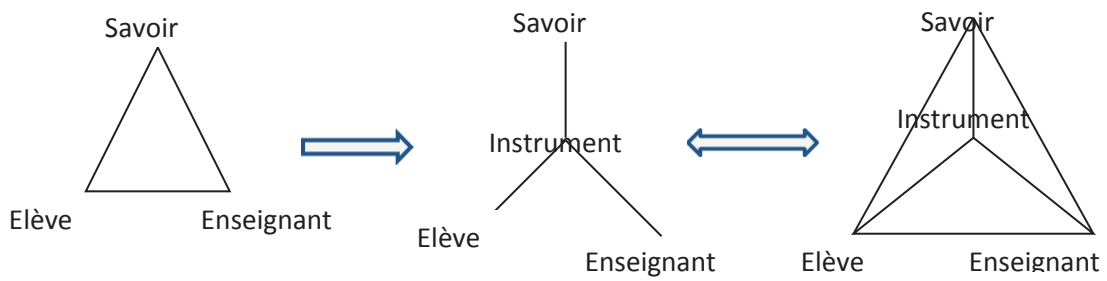
Cela dit, il faut souligner les apports essentiels et incontestables de ces contributions concernant l'*intégration* et la *pertinence* des activités informatiques (*instrumentées),* leurs capacités de *genèse conceptuelle*, ainsi que les notions de *scénario* d'usage et d'*orchestration*.

En adéquation avec ces pertinentes contributions théoriques, sur la base de nos propres expériences enquêtes et analyses, **nous nous proposons de poursuivre, d'affiner, d'enrichir, de compléter, d'approfondir et de concrétiser ces études**. La conception d'un cadre théorique pour l'informatique scolaire ne relève plus de la seule didactique, mais de la combinaison de différentes théories. Pour ma part, je proposerai de penser cet amalgame au travers du concept unifiant d'éducologie, comme *l'éducologie informatique.*

2 L'impact sur les trois genèses

Dans une situation didactique banale, on considère les relations entre le triptyque savoir, enseignant et élève. Dans le recours informatique, l'instrument informatique intervient comme un pôle supplémentaire auquel le professeur fait appel ou qui s'impose à l'élève. Au-delà du système didactique classique, de fait, apparaît un nouveau système où l'instrument est rajouté. On passe d'un graphe ternaire à un graphe quaternaire qui oscille entre deux structures à trois ou six liaisons :

situation ordinaire *situation informatisée*



Situation adidactique *Situation didactique*

Comme il a été précisé dans la présentation des différentes activités informatiques, l'instrument informatique est opéré par le professeur ou l'élève pour apporter le savoir dont

l'instrument (l'ordinateur) est porteur, comme un contributeur actif supplémentaire, dispensateur de savoir, porteur de l'intentionnalité de l'enseignant et interagissant avec l'élève.
→ Dans un cas d'une *situation didactique*, par exemple lors de la monstration par le professeur d'un imagiciel en cours à destination des élèves pour susciter une conjecture féconde ou approcher un nouveau concept, l'instrument joue le rôle auxiliaire d'un pôle supplémentaire plus ou moins important. Tout le savoir en situation ne réside pas exclusivement dans l'instrument informatique qui ne joue qu'un rôle partiel.
→ Dans le cas opposé d'une *situation adidactique*, avec un apprenticiel élève en salle informatique, l'activité informatique joue le rôle central, presque unique. C'est par lui et à travers lui que passent les intentions et les injonctions du professeur. C'est par lui et à travers lui que les élèves y obéissent et accèdent au procès des actions de recherche et c'est par lui et à travers lui que le savoir se révèle aux élèves.

Comme le suggèrent ces modifications des graphes relationnels, le recours informatique modifie les trois genèses didactiques :

- La *mésogenèse* organise les modalités pratiques de l'enseignement de la notion et les rapports entre savoirs à enseigner et savoirs enseignés. Elle est plus ou moins réorganisée en fonction de l'utilisation de l'ordinateur suivant le type d'activité. Peu changée dans le cas d'un imagiciel ; très modifiée dans le cas d'un apprenticiel élève en salle informatique.
  Le savoir n'est plus la seule construction du professeur, mais aussi la production de l'élève avec la machine programmée. Le savoir peut être dispensé, généré par l'ordinateur en interaction avec l'apprenant.
- La *topogenèse* organise les relations entre professeurs et élèves, leurs rôles respectifs dans leur travail conjoint. Les relations entre les acteurs sont réaménagées de la même manière. Peu perturbée pour un imagiciel, elle est bouleversée par un apprenticiel en salle informatique ou le professeur, bien que présent, "disparaît" derrière les ordinateurs quand les élèves sont accaparés par leurs travaux sur les postes. En séance, il lui est pratiquement impossible de reprendre la main sur le groupe des élèves.
  Le recours informatique modifie la topogenèse. Il engendre la *dépersonnalisation de l'enseignemen*t en mettant à distance le rôle du professeur comme acteur principal de la scène éducative au profit de *la personnalisation de l'apprentissage* par l'élève qui s'approprie avec la machine le procès de l'accès au savoir. Il se produit un transfert de la personnalisation de la transmission du savoir du professeur à l'élève qui devient l'acteur de son apprentissage au travers et en réponse de la machine, dans l'interaction avec elle selon le scénario imposé par le professeur qui n'étant plus *l'acteur*, le comédien de

l'enseignement, devient *le metteur en scène* et l'ordonnateur distant de l'apprentissage. Cependant, par des allègements et des aides, des actions personnelles directes du professeur peuvent intervenir pour les élèves en difficultés (dans la mesure où cette aide supplémentaire n'est pas prévue dans l'activité informatique).

Dans le recours individualisé, chaque poste de travail informatique est une miniclasse qui distribue la tutelle du professeur, toujours présent. Celui-ci exerce de manière générale, mais distante son autorité, son contrôle, sa surveillance et son aide. Mais il a délégué son rôle didactique investi dans l'activité informatique.

Dans l'enseignement frontal, l'interaction professeur-élève est sous la tutelle du professeur qui représente l'aspect principal, dominant, voire unilatéral de la relation topogenétique. Dans l'activité informatique, cette tutelle est déléguée, distribuée et immergée dans l'activité sous la forme de consignes, de présentation (aide), d'évaluation objectivées. Par exemple, dans l'apprenticiel autonome, l'interaction n'est plus sous la tutelle directe du professeur, mais sous la tutelle de l'ordinateur (de l'ensemble : machine, écran, logiciel, application, activité, fiche, consignes) qui le guide, l'instruit, le commande et l'évalue. Avec une dialectique qui fait qu'à certains moments, c'est la machine qui commande et à d'autres moments c'est l'élève qui peut avoir l'initiative, qui commande la machine, qui a pouvoir sur elle dans un renversement des rôles, ce qui n'est pas concevable dans la relation traditionnelle professeur-élève.

Du point de vue relationnel, l'ordinateur est un professeur délégué impersonnel auquel l'élève obéit avec son affect de manière unilatérale, subjective, autocentrée. On n'a jamais vu un élève s'en prendre à l'ordinateur. L'ordinateur qui ordonne, guide et contrôle l'élève ou qui lui obéit agit d'une manière neutre, distancée, objective sans aucune manifestation psychologique. C'est un tuteur froid, a-psychologique, sans état d'âme, ni attribut dominant-dominé. Le recours informatique met à distance l'aspect social et affectif de l'apprentissage, le met entre parenthèses, le suspend, le temps du travail sur machines.

- La *chronogenèse,* qui organise la durée de l'enseignement de la notion dans le temps et dans le curriculum, peut être aussi bien fortement perturbée par une perte notable de temps voire un inachèvement fâcheux (le cas de certains travaux pratiques trop ambitieux), ou, au contraire, se voir nettement améliorée par un gain de temps appréciable, inespéré (des imagiciels). Le recours informatique modifie la chronogenèse en ce sens qu'il impose un temps programmé selon une durée standard modulé par la gestion des deux variables, celle des élèves plus rapides auxquels sont dévolues des activités supplémentaires d'attente (d'approfondissement) et celle des élèves lents qu'il faudra aider.

Quelques éléments génétiques des différentes activités :

Types	Mésogenèse	Topogenèse P rofesseur E lève	Chronogenèse
Apprenticiel	En salle informatique Un, deux élèves par poste Situation de recherche Consignes problème heuristiques Solution Conjectures Verbalisation	E en dévolution /recherche P consignes P surveillance P contrôle P aide P évaluation formative P institutionnalise	Temps limité impératif Standard Attente avec travaux complémentaires ou retard échec, insuffisance avec aides
Imagiciel	En classe Au vidéoprojecteur Action conjointe Pas de consignes maïeutique Conjecture Verbalisation	P acteur frontal principal P questionneur / interrogatif E réflexif conjecture P conclusif institutionnalise	Souple Adaptable Plus rapide / gain
Exerciseur	En salle informatique Un élève par poste Situation Problème Application Consignes Résolution Évaluation Remédiation	E dévolutions / production inégale Contrat résolution Évaluation formative automatique P organise / aide P contrôle / évalue	Limité / standard Impératif Adaptée / décalage ordonnancement Pas d'attente
TP TD	En salle informatique Un, deux élèves par poste Situation productive Application consignes	E Dévolution production P contrôle P organise / aide P évaluation	Limites impératives Standard Attente / variable Décalage géré ?

3 De la transposition didactique (d'après Chevallard)

Dans l'enseignement des mathématiques, Chevallard explique que les savoirs savants ne sont pas enseignés en tant que tels à l'école et qu'ils sont transposés en fonction du niveau scolaire auquel ils doivent être enseignés sous la forme de curriculum. Il prend l'exemple de la notion de distance définie dans un espace euclidien à n dimensions à l'Université et enseignée selon deux concepts différents au collège et au lycée à portée des capacités et des connaissances des élèves. Comme la distance la plus courte d'un point à une droite au collège en 5e et 4e, et comme une définition analytique au lycée. Il s'agit là, dans la définition de la notion inscrite dans les programmes officiels de la transposition externe, du savoir à

enseigner. À charge, ensuite, au professeur, au manuel, aux commentaires du programme, de définir l'enseignement de cette notion, de concevoir le savoir effectivement enseigné, ses modalités et méthodes d'apprentissage. C'est la transposition interne.

La transposition externe

La transposition externe n'est pas un processus neutre. Elle a un effet sur le savoir concerné. Au cours et à l'issue de la transposition didactique du savoir, celui-ci est formalisé, dépouillé, adapté, dépersonnalisé, objectivé. Formaliser, c'est abstraire le savoir de sa genèse, de sa recherche, de ses contradictions, de son évolution, de sa dynamique. À la différence du savoir vivant, c'est désarticuler le savoir de son origine et de ses implications, c'est le consacrer à l'écart de ses mises en cause, de ses contradictions. C'est l'immobiliser en désamorçant ses faiblesses, en désarmant ses conflits, en pacifiant ses affrontements, en calmant ses antagonismes. Épurer le savoir de ses explicitations, de son élaboration et de sa mise à l'épreuve, réduit sa force pour n'en garder que le potentiel. Mais cette connaissance décontextualisée, dépersonnalisée, dé-historicisée est amoindrie par sa déconstruction. Cette formalisation est contraire à sa capacité d'action, car elle la fige et la reconstruit pour la réécrire, la répertorier et l'exposer. À des fins de communication et de simplification, le savoir scientifique est hypostasié en savoir savant. Le savoir savant est le savoir dépouillé du savoir agissant, de ce qui fait la force de savoir.

La transposition externe du savoir par la noosphère (amalgame commode pour en éviter le discernement) est un processus institutionnel, social complexe et caché qui n'est pas neutre. Le savoir y est trié et chargé idéologiquement par des choix politiques et idéaux qui traduisent des déterminations (de classe,) de groupes sociologiques dominants ou culturels orientés. Ce qui n'est pas transmis dans la transposition externe du savoir ce sont les clés de son choix, de sa conception, de son imposition et de son appropriation. Celles-ci, implicites, sont transmises en dehors de l'école par imprégnation, transmission et héritage culturel. Citons les sociologues spécialistes du genre, Baudelot et Establet (2009) : *"la famille favorise la réussite en transmettant à ses enfants sur un mode osmotique tout un ensemble de valeurs, de comportements, de savoirs et de savoir-être qui dotent très tôt l'enfant des prédispositions à l'apprentissage scolaire. La pédagogie la plus efficace relève dans ce domaine d'une "pédagogie invisible", selon la formule de Basil Bernstein. Pierre Bourdieu et Jean Claude Passeron proposent le concept de "capital culturel" pour désigner cet ensemble de savoirs et*

de dispositions hérités du milieu familial. L'école ne dispense donc qu'une partie des savoirs et savoir-faire requis pour réussir."

Le savoir à enseigner ne fait en général strictement référence qu'au seul savoir délimité stricto sensu. Les métaconnaissances indispensables à sa compréhension ne sont pas évoquées comme par exemple la posture rationnelle, la rigueur, les méthodes de raisonnement et de recherche, les critères d'évaluation, les contextes, les références… Si elles sont toujours exigées, elles ne sont pas toujours explicitement enseignées en tant que telles, elles ne sont pas livrées avec le pack transposé. Un vide institutionnel qui n'est pas neutre. Car ce qui n'est pas véritablement enseigné et qui est néanmoins évalué relève de cet héritage culturel. Il y a ainsi, dans la transposition externe des savoirs, des implicites critiques. Une source des difficultés des élèves issus des classes défavorisées est qu'ils n'ont pas reçu par acculturation de leur milieu la partie des savoir-comprendre. Un manque qui leur pose problème, obscurcissant la construction de leurs savoirs, les condamnant à l'incompréhension et l'échec.

Un exemple typique est l'enseignement de la démonstration en géométrie en 4e, officiellement exigible, mais problématique pour nombre d'élèves, jamais prescrite dans les programmes comme objet d'apprentissage en tant que telle, comme méthode de raisonnement. Les professeurs eux-mêmes n'en ont pas été davantage informés. Pour combler cette lacune, le groupe IREM [PIMC] a propagé, pour l'enseigner, lors des stages, une activité informatique utilisant le logiciel d'aide à la démonstration "Tigre". Tigre est un vieux logiciel sous DOS développé en langage Prolog par l'IRISA de Rennes dans le cadre de recherches en intelligence artificielle dans les années quatre-vingt. C'est un exerciseur de démonstration méthodique et interactif. L'expert A s'en servait en classe, au vidéo projecteur, comme apprenticiel magistral pour enseigner la démonstration selon un scénario en trois étapes :

- 1ère étape : un exercice de démonstration à deux pas est donné à faire à la classe en temps limité (par exemple l'exercice A7 de Tigre); l'expérience montre que seulement quelques élèves (de 0 à 6 selon les classes) y arrivent
- 2e étape : le professeur propose de résoudre l'exercice à l'aide du logiciel "Tigre" collectivement, pas à pas, en s'aidant d'une fiche d'accompagnement reprenant l'organisation et la méthode de résolution de Tigre
- 3e étape : les enseignements de l'activité et les méthodes de la démonstration sont notés sur le cours et mis aussitôt en pratique sur d'autres exercices de Tigre ou du manuel.

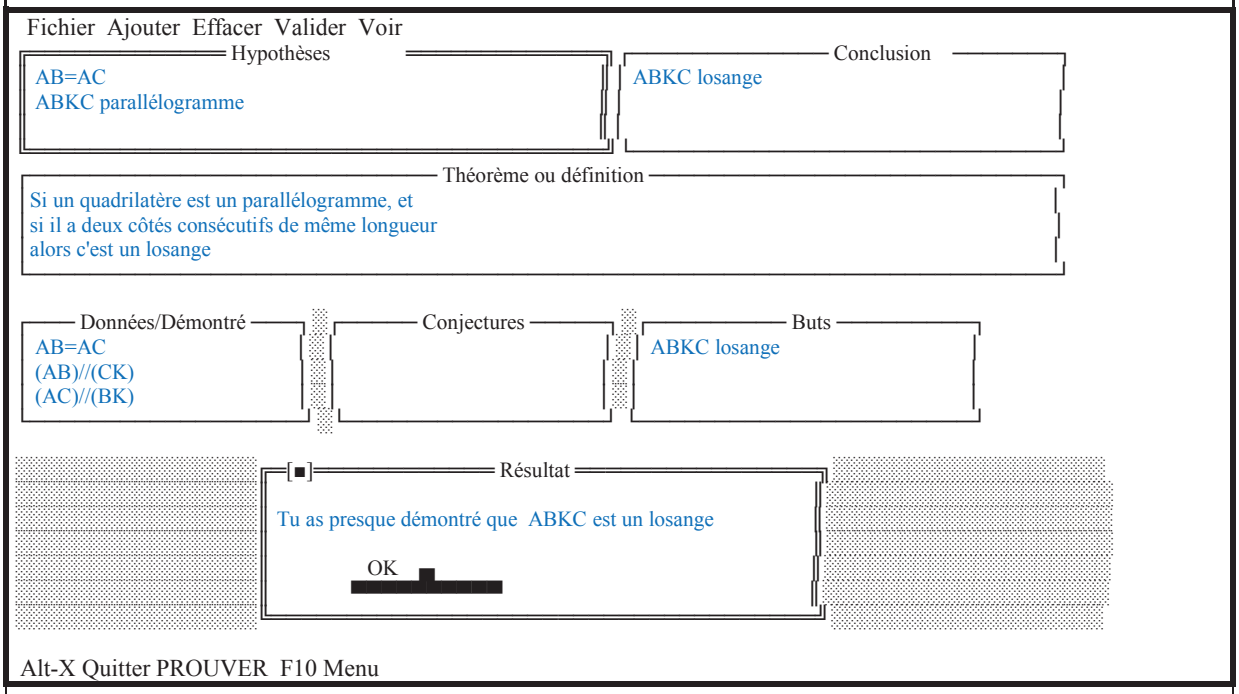
Voir un aperçu page suivante →

Exemple d'exercice de Tigre

Exercice A7 : Soit un triangle ABC isocèle en A. La parallèle à (AB) passant par C coupe la parallèle à (AC) passant par B en K. Démontrer que ABKC est un losange.

1 Tigre demande de rentrer les données et la conclusion et valide ou demande de rectifier la réponse
2. Tigre propose de commencer la démonstration part une conclusion (exemple : ABKC losange) ; il demande de choisir pour ce faire un théorème et les hypothèses correspondantes. Il valide la réponse comme ci-dessous :

Copie d'écran (textuelle) du premier pas de la démonstration en chaînage arrière



3. Tu as affirmé que ABKC est un parallélogramme. Il te reste à le démontrer.
ABKC losange s'inscrit comme conjecture et ABKC parallélogramme devient le nouveau but.

4. Démonstration du deuxième pas (ABKC parallélogramme) de la même manière et validation .
ABKC parallélogramme s'inscrit dans la colonne "Démontré" et ABKC losange également..

5. Tigre demande alors de rédiger la démonstration en proposant les termes, les éléments et la ponctuation. Il vérifie que l'ordre et la rédaction des phrases sont corrects et valide le texte de la démonstration qui peut être imprimé ou enregistré..

Enseignements

① En relisant l'énoncé, en faisant la figure, chercher et relever :

→ les hypothèses : prendre en compte les données, toutes les données, du problème

→ la conclusion : bien identifier le but, ce qu'il faut démontrer

② Rechercher la solution : de préférence, procéder par chaînage arrière. Partir du but pour trouver ***les*** *théorèmes pertinents démontrant ce but et choisir parmi eux* ***le*** *théorème qui correspond aux données.*

Recommencer le raisonnement autant de fois qu'il y a de pas de démonstration.

③ Rédiger la démonstration en chaînage avant, dans l'ordre logique déductif.

Il est remarquable de constater dans Tigre l'organisation de la méthode du travail de démonstration en deux modules ternaires, celle du raisonnement d'un pas de démonstration (hypothèses – théorème – conclusion) et celle de l'heuristique (donné-démontré, conjecture et but).

Notons enfin, en ce qui concerne la transposition externe, le problème des rythmes d'apprentissage des curriculums. Dans cette chronogenèse générale, toutes les études synchroniques de la temporalité (Baudelot & Establet) font apparaître des décalages parmi les apprenants. Le temps didactique légal, celui du programme, s'impose à l'enseignant comme une norme, celle qui lui permet et lui prescrit de terminer son programme dans l'année scolaire. Ce temps moyen ou optimal est celui de la catégorie d'élève qui réussissent, qui satisfont à toutes les exigences du curriculum, cognitives comme temporelles. C'est celui de la sélection sociale, celui des héritiers. Un des défis du recours informatique est notamment de corriger cette inégalité en mettant ces savoirs savants privilégiés à portée des élèves culturellement défavorisés par exemple en leur *apprenant la méthode* de la démonstration avec le logiciel "Tigre", et en *gagnant du temps*.

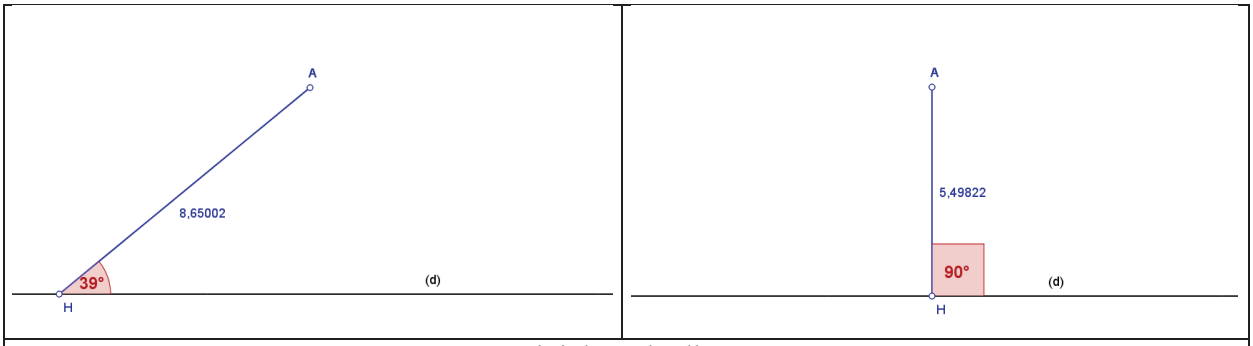
La transposition interne

Il n'est de savoir véritable que celui qui se construit, s'assimile de façon qu'il puisse être mis en œuvre, qu'il devienne opérationnel. À cette fin, l'enseignement tend à réélaborer le savoir par une reconstruction didactique à partir d'une situation fictive "analogue" à la genèse ontologique du savoir.

Dans la transposition interne, l'enseignant devra faire le contraire de la transposition externe pour passer du savoir à enseigner au savoir enseigné. Il faudra mettre en situation pédagogique ce savoir officiel, le recontextualiser pour en organiser la genèse scolaire et le repersonnaliser en faisant en sorte que l'élève se l'approprie et réalise dans un premier temps sa propre génération des concepts de façon que l'on puisse les attester en les objectivant collectivement, institutionnellement.

Dans ce processus, le recours informatique se présente comme une nouvelle technologie d'enseignement au service de cette transposition interne particulièrement utile dans le cas de notions qui s'avèrent traditionnellement difficiles à enseigner. Par exemple (activité citée par l'expert A) pour reprendre Chevallard, le cas de cette notion de distance en géométrie, introduite au collège en 5e et démontrée en 4e. Au-delà de l'approche de la notion pratique répondant à la question, "A quelle distance es-tu du mur ?", l'utilisation d'un

imagiciel de géométrie dynamique fait voir aux élèves, en leur montrant les différents cas, que la distance est la longueur la plus courte du segment qui relie le point à la droite précisément dans le cas où il est perpendiculaire à la droite. En 5e, une approche expérimentale empirique, dynamique, rapide et convaincante donne la mesure de cet éloignement dans les différentes positions et permet aux élèves de mieux percevoir et prendre connaissance (conscience) du cas de figure où l'éloignement est minimum. L'expérience leur fournit une bonne image mentale (géométrique) de cette notion de distance.



Imagiciel sur la distance

Avec l'aide du professeur, cette monstration dynamique va leur permettre de mieux comprendre et de définir ce concept délicat. La prise de conscience s'accomplira, toujours avec l'aide du professeur, en trouvant une formulation avec les mots connus qui décrivent les objets et leurs relations dans la figure obtenue : "la distance d'un point à une droite est la longueur du segment le plus court qui relie ce point au pied de la perpendiculaire abaissée sur la droite" ; idem sous la forme d'une figure symbolique codée (langage symbolique géométrique). Un travail qui serait beaucoup plus laborieux et long à réaliser traditionnellement.

4 Des situations didactiques en dévolution (d'après Brousseau)

Le savoir accumulé, archivé, enregistré, imprimé est un potentiel qui en tant que tel n'a aucun effet tout comme un accumulateur non relié à un circuit fermé ne délivre aucune force électromotrice. Un savoir qui est approprié par un sujet devient une connaissance. Une connaissance mise en œuvre devient une force morale, sociale, matérielle. Cette force dépend de la façon dont le sujet a appris la connaissance : faible quand elle a été imposée, plaquée, à forte quand elle a été régénérée, activement reconstruite par le sujet.

Dans sa *théorie des situations didactique*, Brousseau affirme avec Piaget (comme Vygotski qu'il ne pouvait connaître) que "la vérité exige une adhésion, une conviction

personnelle, une intériorisation qui par essence ne peut être reçue d'autrui. C'est pourquoi le professeur doit simuler dans sa classe une microsociété scientifique. Le travail de l'élève doit être par moment comparable à une activité scientifique. Le travail du professeur doit faire le travail inverse du chercheur. Il doit proposer aux élèves des situations qu'ils puissent vivre dans lesquelles les connaissances vont apparaître comme la solution optimale et découvrable aux problèmes posés. Il doit produire une recontextualisation et une repersonnalisation des connaissances. Ces problèmes choisis de façon à ce que l'élève puisse les accepter doivent le faire agir, parler, réfléchir, évoluer de son propre mouvement".

Dans l'idéal de cette dévolution de l'apprentissage, la situation fondamentale est la situation adidactique où l'apprenant ignore les intentions et les objectifs du jeu didactique et que celles-ci se découvrent, se révèlent par l'action. Le maître cherche à faire dévolution à l'élève d'une situation (d'un problème) qui provoque chez lui l'interaction la plus autonome et la plus féconde possible.

Le *contrat didactique* est la règle du jeu ; il indique la stratégie de la situation didactique. C'est le moyen qu'a le maître de la mettre en scène. Et Brousseau analyse les paradoxes, la dialectique du contrat didactique passé entre le professeur et l'élève. Dans sa forme magistrale, le professeur qui veut faire réfléchir, trouver l'élève risque de donner la réponse avec la question. C'est l'effet Topaze. Où il peut prendre une réponse spontanée, inconsciente de l'élève comme la preuve de sa connaissance : l'effet Jourdain. D'une manière générale, les consignes, les demandes appuyées du professeur peuvent stériliser le travail de recherche de l'élève en lui fournissant l'essentiel de la réponse dans la question ou, au contraire, paradoxalement, exiger carrément de l'élève les connaissances que l'on prétend lui enseigner. Contradictions fatales de ces contrats didactiques. D'où l'intérêt de la dévolution d'une situation adidactique. Le meilleur contrat est celui qui se soustrait, qui est implicite, qui se cache, se fond dans la situation elle-même. En un mot l'éclipse de contrat !

Dans la *situation adidactique* est créé un milieu propice à la génération des connaissances que Brousseau considère comme antagoniques des savoirs précédemment enseignés (appris). La situation rentre en conflit avec les connaissances antérieures. Sa résolution, obtenue après si le faut plusieurs tentatives infructueuses et corrections (l'effet rétroactif de la situation), exige d'inventer de nouvelles connaissances qui étaient potentielles, ou en germe dans la situation. L'élève doit opérer une synthèse créatrice, une élaboration entre les apports, les exigences de la situation et ses connaissances préalables. Le succès d'une situation adidactique repose sur le fait qu'elle se situe dans la zone prochaine de développement (Vygotski).

Brousseau expose la dialectique paradoxale du contrat et de la situation : du contrat exacerbé à sa dissimulation, de la situation Topaze à la situation adidactique. D'un contrat didactique d'un enseignement strictement transmissif à une situation totalement adidactique (est-elle possible ?), on peut penser qu'il peut exister toute une série de gradation, avec des situations partiellement adidactiques. Deux aspects contradictoires qui peuvent être unis, imbriqués où l'un peut être dominant, principal et l'autre secondaire.

Dans le cas d'un échec de la situation didactique peut se produire une *rupture du contrat didactique* qui conduira à renouveler ledit contrat par exemple en changeant les consignes ou le problème, ou les données et en créant du coup une nouvelle situation.

Brousseau critique les illusions des écoles spontanées et la croyance que les enfants pourraient apprendre seuls par eux-mêmes.

D'un point de vue pratique, la dévolution qui est le principe fondamental de l'apprentissage n'est pas possible à tout moment. Il ne paraît pas possible d'organiser une situation adidactique pour enseigner toutes les notions d'un programme annuel de mathématiques. La chronogenèse ne le permettrait pas. D'autre part, toutes les notions ne se prêtent pas à ce type de situation ou n'ont pas besoin d'un investissement aussi lourd. Des formes de dévolution partielles peuvent suffire avec des situations alliant des aspects partiellement adidactiques, en dévolution, et d'autres, plus guidées, plus transmissives. Dans d'autres cas, les élèves ne sont pas capables de trouver par eux-mêmes certaines formes de raisonnement comme ceux des théorèmes réciproques par exemple. L'enseignement de ces notions, comme la réciproque du théorème de Pythagore en 4e ou de Thalès en 3e se situe aux limites de la zone prochaine de développement. Une minorité d'élèves seulement en maîtrisent parfaitement le raisonnement rigoureux. On pourrait s'interroger sur la raison de leur présence dans les curriculums.

Dans une situation adidactique de dévolution, les activités proposées à l'élève doivent se situer dans la zone la plus proche, minimale, de développement, pour qu'il soit capable par lui-même d'accomplir la tâche de manière autonome, et non dans la zone maximale la plus éloignée du développement qu'il ne peut atteindre qu'avec l'aide d'un adulte, d'un enseignant. Ce principe s'applique également en informatique et a une grande importance pour concevoir des activités informatiques autonomes.

Un milieu didactique instructif, enseignant est ainsi constitué qu'il renferme les intentionnalités de l'enseignant et qu'il est structuré par les notions à découvrir qui y sont immergées, potentiellement activables. Suivant les actions entreprises, elles pourront s'opposer aux idées anciennes, dépassées ou erronées, ou les concepts spontanés qui les

guident (l'antagonisme rétroactif) ou au contraire favoriser l'épanouissement des idées nouvelles ou des concepts scientifiques (l'approbation proactive) en confirmant les hypothèses émises constitutives des idées nouvelles qui sont celles que le milieu pousse structurellement à faire découvrir par un processus de généralisation ou d'abstraction. On peut parler d'un phénomène d'harmonisation, d'unification, de régulation des idées de l'apprenant.

La situation en recours informatique

Le recours informatique peut être un formidable moyen de recontextualisation et de repersonnalisation des savoirs mathématiques, telles les transformations géométriques ou les théorèmes clés, notions assez complexes à enseigner traditionnellement. Du fait de ses capacités (simulation, interactivité, rétroaction) *l'ordinateur est particulièrement adapté à la création de situations adidactiques intéressantes, porteuses et fécondes*. Particulièrement sous la forme d'*apprenticiels*. Par exemple pour l'étude des symétries en 6e et 5e, ils proposent aux élèves une heure de travail individuel ou par paire en salle informatique pour découvrir par eux-mêmes les caractéristiques, la définition, la construction et les propriétés de ces transformations. À chaque étape, à partir de consignes écrites sur une *fiche d'accompagnemen*t, l'élève agit sur des *imagiciels* présentant des figures symétriques pour répondre à des questions qui leur demandent de *conjecturer des propriétés*, de *formuler des propositions* à partir de leurs connaissances antérieures en géométrie. À l'issue de la séance informatique, une *synthèse collective* est organisée en classe pour extraire, ajuster les savoirs et les *institutionnaliser*.

Les imagiciels présentent la symétrie dans plusieurs cas de figure. En les modifiant, l'élève fait apparaître des propriétés remarquables. Les rétroactions du logiciel valident les bonnes tentatives et invalident les mauvaises. Ses connaissances antérieures lui permettent de les percevoir et de s'en servir pour formuler des conjectures. La fiche guide la recherche et note ces propositions pour leur discussion collective ultérieure.

Dans cette situation de type adidactique, l'apprenticiel a créé un milieu fécond, capable de faire découvrir expérimentalement la symétrie aux élèves par eux-mêmes. Avec quand même l'inconvénient d'une alternance lourde entre la phase de recherche et le moment de la synthèse sur l'ensemble des travaux décalée au lendemain.

Dans la situation en dévolution de la course à vingt de Brousseau, les règles du jeu et les propriétés des nombres entiers structuraient le champ expérimental et guidaient immanquablement vers la solution. Dans un apprenticiel, les figures dynamiques qui recèlent,

manifestent et visualisent les propriétés géométriques, en concordance avec les questions pertinentes à l'écran et sur la fiche d'accompagnement, structurent également le champ expérimental, conduisant inéluctablement l'élève vers la découverte des propriétés mises en scène. L'intention du professeur est cachée, incluse, tissée dans la situation en dévolution. L'élève, qui n'est pas livré à lui-même dans un milieu ouvert, indéterminé, est au contraire plongé dans un milieu expérimental (ce qui veut dire qu'il ne peut apprendre qu'en agissant, qu'en modifiant son milieu), organisé, structuré, déterminé pour engendrer, par le jeu de l'interaction réitérée, le savoir, pour assurer le succès de sa découverte. Ce milieu artificiel mis à disposition est donc potentiellement instructif. La qualité de sa constitution interne fait la qualité de son enseignement.

Pour enseigner des notions moins amples, mais faisant appel à des calculs ou des raisonnements plus compliqués qui nécessitent un suivi plus proche, mieux articulé, un apprenticiel magistral est plus approprié. Au cours de la séance en classe conduite par le professeur alternent des séquences collectives de conjectures à partir d'imagiciels au vidéoprojecteur, puis des recherches individuelles en dévolution suivies d'une synthèse. Cette situation s'avère plus fluide et efficace qu'un apprenticiel en salle informatique.

Dans le cas de notions difficiles comme la réciproque du théorème de Pythagore ou de Thalès, les tentatives d'apprenticiel en salle informatique ont échoué. En dévolution d'une situation adidactique les élèves n'arrivent pas à trouver le raisonnement pour les raisons expliquées ci-dessus. Le recours à un apprenticiel magistral est plus pertinent.

D'une manière générale, *l'invention des logiciels de géométrie dynamique a joué un rôle décisif dans le développement de situations adidactiques en dévolution*. Si l'on fait travailler un élève sur une figure réalisée avec un tel logiciel, il suffira que l'élève agisse sur la figure, qu'il la dynamise, qu'il la modifie pour qu'elle révèle ses propriétés caractéristiques sous la forme d'invariants. C'est ainsi que l'on pourra se servir de ces réalisations pour découvrir ces propriétés, pour les apprendre. La géométrie dynamique est un milieu savant qui contient la géométrie euclidienne, un terrain fertile qu'il suffit de labourer pour voir éclore ses notions. Avec un de ses objets, construit intentionnellement, avec l'aiguillon de quelques consignes, quelques questionnements pertinents, on construit une situation didactique au sens de Brousseau, qui révèlera, qui apprendra la géométrie.

En résumé :

▪ *L'activité informatique formative* est une mise en situation adidactique. Les élèves sont confrontés à un milieu préparé, organisé, structuré, fécond, programmé contenant un savoir à découvrir, à apprendre. Ce milieu va permettre que la situation produise des rétroactions

intrinsèques aux actions de l'apprenant. Dans l'action en dévolution, dans cette situation, les élèves agissent en autonomie, selon une démarche rationnelle en interaction avec le milieu qui guide et évalue ses actions. Se reporter aux apprenticiels présentés infra.

▪ *Le contrat didactique informatique* : la tâche à accomplir, les objectifs à atteindre sont clairement fixés au départ et, mais aussi intégrés dans l'activité informatique. C'est un contrat didactique *instrumentalisé* pensé et prévu en relation avec les potentialités du milieu et les capacités des élèves. Les objectifs hors d'atteinte, les tâches trop difficiles ou mal orientées provoquent une rupture du contrat didactique. Les élèves décrochent, deviennent inactifs et manifestent leur désarroi. Et la rupture est irrattrapable en salle informatique. Il n'est pas possible de modifier instantanément l'activité qui a été programmée. C'est un échec. Il faut arrêter la séance. En classe, il est toujours possible de rebondir en improvisant, en passant à une activité traditionnelle.

5 Dans la genèse des concepts scientifiques (d'après Vygotski)

L'activité informatique participe de la genèse des concepts scientifiques mathématiques. Cette formation des concepts scientifiques chez l'enfant, Vygotski, dans son ouvrage « Pensée et langage », a grandement contribué à la décrire et l'expliquer. Psychologue soviétique des années 30, marxiste, mort en 1934 et découvert seulement dans les années 80, par ses expériences et ses analyses, il a marqué profondément et est désormais un penseur de référence alternatif et complémentaire de Piaget en éducologie.

La genèse

La théorie constructiviste de Piaget affirme que la connaissance des objets se construit à partir d'actions portant sur ces objets. Il s'intéresse surtout à la genèse de la *connaissance*. Le mécanisme dialectique de cette formation s'accomplit par un processus d'assimilation, accommodation, de déséquilibre, ré équilibration des schèmes de pensée et des conceptions du sujet confronté au réel, dans son expérience. Il a développé une théorie ontogénétique de la connaissance.

La théorie socioconstructiviste de Vygotski s'intéresse à la génération des concepts scientifiques à partir des concepts spontanés qui proviennent de l'interaction sociale. Le langage y joue un rôle clé ainsi que l'enseignement.

C'est au cours d'un processus complexe de résolution d'un problème, qui ne peut être résolu qu'à l'aide d'un concept nouveau dans le cadre d'une production, que le concept émerge et prend forme. Le matériel sensible et le mot sont les éléments indispensables du processus de formation des concepts. *Le concept est impossible sans les mots, la pensée est impossible sans la pensée verbale*. Et le langage écrit est l'algèbre du langage.

C'est seulement quand il est intégré dans un système que le concept peut devenir conscient et volontaire. Les concepts scientifiques se forment grâce à une très grande tension de toute l'activité de sa propre pensée. La prise de conscience est un acte de la conscience dont l'objet est l'activité même de la conscience. La *formation du concept procède par* ***généralisation***. La généralité révèle l'essence du concept.

Au-delà de Vygotski, j'ajouterais que cette généralisation met en évidence, sélectionne, extrait, au sein des objets qui constituent les préconcepts et les concepts antérieurs, une ou plusieurs propriétés et relations parmi d'autres, en les renforçant, en les distinguant et les isolant. Cette association, cette combinaison composite des objets selon une propriété distinctive révèle la structure du concept et le fait apparaître. Parmi l'éventualité des possibles se produit une stabilisation gnoséologique. Du coup, *l'ensemble des objets*, avec leurs propriétés et inter relations s*pécifiques*, acquièrent une *nouvelle propriété commune*, la propriété *caractéristique* du nouveau concept naissant, qui s'ajoute à chacun d'eux. Le concept, comme ensemble structuré des éléments qui le composent, devient lui-même *un nouvel objet* distinct, englobant comme une entité, un tout supérieur à la somme de ses parties élémentaires.

Et pour être signifiée, cette nouvelle propriété spécifique a besoin d'un *mot* nouveau qui sera le *signifiant* lui-même du nouveau concept. Le mot nouveau sert à la fois de liant aux éléments en leur attribuant une nouvelle appartenance, et exprime cette nouvelle entité qui est le nouveau concept. Ce concept sera donc énoncé comme nouvel objet par ce *mot* qui lui confère désormais sa *signification* entière et qui est mémorisée *en tant que tel* avec ses attributs, sa collection des éléments, des propriétés et des relations qui le composent comme autant de connotations sémantiques.

Dans le processus de génération des concepts scientifiques, la généralisation des propriétés et l'expression langagière jouent le rôle fondamental. Le concept identifié et signifié par le mot en relation avec tous les autres signifiants invoqués (les connotations) réalise un saut qualitatif, une rupture avec le préconcept flou et complexe. C'est la cohérence, la stabilité et la robustesse des liaisons systémiques qui architecturent le concept et qui distinguent le concept scientifique de ses prémisses instables, incohérentes et fragiles. Comme

ces prémisses préconceptuelles jouent un rôle ontogénétique indispensable dans la formation du concept, au moment de sa constitution, de sa prise de conscience, il faut bien parler d'un saut qualitatif quand le concept se structure et se définit scientifiquement dans sa véritable signification en se cristallisant et en s'exprimant à travers son signifiant langagier propre.

Le concept est plus que ses connotations et parties constitutives comme une maison est plus que ses briques, ses murs et ses tuiles. Elle est organisée, structurée et a pour fonction d'offrir un habitat. Elle n'est véritablement maison qu'une fois achevée. Comme une maison, un concept se construit (s'invente, s'édifie) selon sa conception, ses propriétés et sa fonction, accomplit son rôle, présente ses formes, qualités et esthétique. Ces parties constitutives sont mises en relation, structurées pour en assurer la fonction. Ces constituants structurés fonctionnels sont implicitement convoqués, résumés, signifiés dans le condensat du mot signifiant qui exprime le concept. Le mot signifiant est la reconnaissance et la consécration de l'entité du concept. Mais une fois généré, établi, le concept est autonome de sa construction ontologique. Il est une entité gnoséologique propre, active, relationnelle qui interagit par ses constituants et propriétés avec les autres concepts dans le champ des connaissances.

Dans la genèse des concepts, dans la phase de généralisation, se structurent les propriétés mises en relation. Ce complexe des propriétés et caractéristiques domine la conception d'une manière diffuse et extensive. À la suite de l'accumulation, à un certain degré, se produit le saut qualitatif de la prise de conscience, de l'apparition, de la naissance, de la production du concept comme résumé, synthèse, cristallisation, condensation de l'ensemble des propriétés et caractéristiques en en un objet singulier structuré. Le concept acquiert ainsi sa propre existence et affirme et fonde son essence intrinsèque. Il devient ainsi une entité, un objet de savoir dominant, existentiel, abstrait de sa phénoménologie, supérieur par rapport à ses propriétés et caractéristiques qui sont reléguées au rang d'attributs. Cette fondation nécessite un support, une traduction et une expression langagière ou symbolique. Il doit être exprimé et signifié par un ou des mots signifiants pour la pensée rationnelle. Ainsi le concept nouveau devient autonome de sa génération et son existence se développe et se construit en interaction avec les autres concepts parmi lesquels il doit se situer et rendre compte de sa place, en fournissant la preuve de son identité, de sa parenté et de sa cohérence cognitives. Par la suite, suivant le progrès général des connaissances connotées, il pourra évoluer dans ses attributs et sa définition, s'approfondir, muter, s'abstraire.

Autre possibilité de cette genèse, dans une analogie avec la description faite par Changeux dans "l'homme neuronal", la formation des concepts se formerait à partir des préconcepts comme la pensée se forme dans le cerveau par une sorte d'isomorphisme, de

miroir. Dans le processus de la pensée, les neurones rentrent en relation entre eux par leurs dendrites et leurs neurotransmetteurs, pour former des assemblées qui inter agissent. Les objets des concepts rentrent en relations entre eux par leurs propriétés, leurs relations et leurs potentialités combinatoires. Ainsi se structurent-ils, sous l'action d'un activateur comme la généralisation, mais qui peut être aussi un événement, une révélation, le sommeil…, pour générer le nouveau concept.

Le principe de l'enseignement

Ce processus de la génération des concepts explique que le principe essentiel de l'apprentissage est que l'apprenant apprend mieux par lui-même, quand il construit lui-même ses connaissances. Avec cette contradiction qu'il ne peut tout apprendre par lui-même. Les connaissances du monde lui préexistent socialement. La plus grande partie de ses connaissances lui viennent de la société et non pas de sa propre expérience, de son apprentissage autonome qui n'est pas détaché non plus de son insertion sociale. Il a besoin d'un enseignement. Tout comme, l'homme est doué de parole, mais le langage lui vient de la société.

Le but de l'enseignement, c'est de transmettre des savoirs. Mais le principe fondamental de l'apprentissage, c'est la dévolution qui en est d'une certaine manière sa négation. Mais la dévolution, elle-même, ne peut se faire que dans la cadre d'un enseignement qui en est l'ordonnateur discret. Paradoxe que, pour bien faire apprendre, il faille arrêter d'enseigner.

Si l'apprenant n'apprend pas les savoirs, *par moment*, par une activité comparable, similaire à l'activité scientifique qui a généré ces savoirs, sa *force de savoir* (sa capacité à maîtriser, appliquer et développer les savoirs) ne sera pas élevée. Il ne sera pas capable (surtout) de poser des problèmes et de les résoudre. Il ne sera pas capable d'invention, de création, de faire progresser les savoirs ou les savoirs faire. Il demeurera un applicatif servile, un opérateur limité, un acteur émasculé, un intellectuel aliéné, un instruit impuissant.

La force de savoir est la capacité à utiliser le savoir appris, à l'appliquer dans des tâches créatrices et productives ou dans la conduite des comportements individuels ou des œuvres collectives. Elle est la valeur efficace de l'appropriation d'un savoir. Cette force de savoir s'acquiert et se développe parallèlement à l'acquisition du savoir par la manière dont ce savoir a été acquis en suivant un échelle qui va d'un état faible pour un savoir administré, imposé, scolastique, par le par cœur, non compris, non assimilé, dogmatique se traduisant par une application littérale, répétitive, étroitement encadrée à l'identique, comme les dogmes

religieux ; à un état fort, imaginatif, créatif, performant, prolifique, puissant, opérationnel, quand le savoir est le résultat d'une recherche personnelle méthodologiquement maîtrisée, confirmée, éprouvée.

L'évolution de la pensée : les stades

Selon Vygotski, l'enfant passe par trois stades : le stade de la pensée syncrétique, le stade de la pensée par complexe ou par pseudo concept et le stade de la pensée abstraite, rationnelle atteint vers l'âge de douze ans, en fait après l'école primaire, au début du secondaire. Tout au long de l'enfance, de la scolarité, ces trois formes de pensée coexistent longtemps.

Le premier stade de la pensée syncrétique est caractérisé par une surabondance de liaisons subjectives et l'insuffisance des liaisons objectives.

Le deuxième stade de la pensée par complexe est caractérisé par la réunion des objets ou des choses non plus par des liaisons subjectives, mais par des liaisons objectives.

Vygotski distingue cinq formes de complexe :

- Le complexe associatif
- Le complexe des collections d'objets ayant le même trait distinctif
- Le complexe en chaîne sans hiérarchie entre les objets
- Le complexe diffus aux liaisons diffuses, floues
- Le pseudo concept qui a l'apparence extérieure d'un concept, mais qui intérieurement est un complexe.

Quand Vygostski analyse la pensée de l'enfant qu'il qualifie de "complexe", il caractérise cette complexité par les liaisons que l'enfant établit entre les objets comme des associations, des collections distinctes, des chaînes de propriétés sans hiérarchie ou de liens diffus.

Le troisième stade est celui de la pensée et de la conception scientifiques. Quand il analyse la construction des concepts scientifiques et leurs générations d'un stade à un autre, il prend l'image géodésique de la terre pour expliquer le passage du concret à l'abstrait et sa propagation. Pour décrire ce passage, le saut d'un préconcept au concept il emprunte l'image d'un méridien allant d'un pôle à l'autre. Et pour la diffusion, la propagation par interaction d'un domaine à un autre, il le fait le long des parallèles figurant des interrelations fécondes. Une image pour comprendre la genèse dynamique et l'interdépendance des concepts. Un exemple pour penser la complexité dans le domaine de l'éducologie.

Le développement, la zone prochaine de développement (ZPD)

Le développement des concepts scientifiques doit immanquablement prendre appui sur un certain niveau de maturation des concepts spontanés.

L'enfant ne peut découvrir et s'approprier que ce qui est proche de son état actuel de conscience et de capacité autonome. De par son expérience et son éducation, il accumule des concepts spontanés. Sur la base de ces concepts spontanés, le concept scientifique pourra éclore avec l'aide de l'enseignant. L'espace entre ce qu'il sait faire seul et ce qu'il conçoit lui-même et ce qu'il est capable d'apprendre de nouveau à l'aide d'un enseignant constitue ce que Vygotski appelle la zone prochaine de développement dont l'étendue opérationnelle se situe entre un seuil minimal et un seuil maximal.

L'apprentissage devance le développement.

Pour Vygotski, l'acquisition des concepts nouveaux, même au niveau scolaire, résulte toujours de l'intervention didactique de l'adulte et de leur mise en scène collective.

L'apport du recours informatique

Les apprenticiels qui ont été élaborés collectivement, lors de stage de formation à la pédagogie informatique, depuis les années quatre-vingt, engageaient les élèves à expérimenter des notions mathématiques telles que la symétrie pour en découvrir les propriétés en procédant à des généralisations à partir d'un travail interactif à l'écran sur des figures de géométrie dynamique. Et il leur était demandé de caractériser, de formuler verbalement par écrit ces découvertes sur une fiche d'accompagnement, en trouvant ou en choisissant les bons *mots,* les bons *symboles*. Il est amusant de constater que ces professeurs et formateurs avaient fait du Vygotski sans le savoir. Une sorte de confirmation a posteriori des thèses de ce grand penseur. Ils font jouer à l'apprenticiel un double rôle :

Premièrement : l'expérimentation, la répétition rapide et simple des actions similaires contrôlées par rétroaction aident, soutiennent et incite à la *généralisation* propice à la prise de conscience de la propriété invariante caractéristique, à la génération du concept mathématique.

Deuxièmement : la demande de l'expression langagière et symbolique de formulations et de conjectures renforce leurs abstractions, apure leurs conceptions, éclaircit et stabilise leurs significations. L'écriture, c'est-à-dire son expression consciente, distincte, volontaire aiguise la pensée, la mémorise et permet de la confronter.

Prenons l'exemple de la symétrie axiale. Au départ, si l'on demande à un élève issu de l'école primaire ce qu'est une symétrie (axiale), il sera incapable de répondre par une définition. Comme réponse, il donnera une idée *en acte* ; il réalisera la symétrie par pliage ; « la symétrie, c'est ça ! » ; il décrira cette opération et en montrera le résultat. Au collège, il est question de passer de cette pensée par complexe à une définition mathématique rationnelle, scientifique. Comment l'apprenticiel sur la symétrie axiale en 6e peut-il y arriver ? L'activité informatique fait manipuler l'élève de 6e sur la symétrie et lui demander de trouver les mots ou les symboles pour caractériser ce qu'il voit en distinguant les ressemblances des différences pour décrire les invariants de la figure. Et à partir des notions géométriques qu'il a acquises, *droite, point, perpendiculaire, longueurs, égalités des longueurs, milieu, angles, angle droit, médiatrice,* l'amener à former le concept abstrait, la définition mathématique (celle du programme) de cette symétrie, sous la forme d'une image mentale double, sous forme *langagière* et sous la forme du langage géométrique par un *croquis codé*.

En particulier, la deuxième activité demande à l'élève d'en découvrir la définition. À partir d'un imagiciel qui concrétise et manifeste par le biais de l'expérimentation les propriétés de cette symétrie, l'élève doit relever les mesures variables des longueurs et des angles formés par les lignes d'attache entre deux points symétriques. D'abord pour *un*, puis *deux* points symétriques et enfin pour *tous* et *dans tous les cas* de figure possibles. À partir de ces observations, l'élève est incité par la fiche d'accompagnement à conclure que dans tous les cas de figure, il constate que les distances à l'axe de symétrie sont égales et l'angle formé toujours droit. La répétition en premier (accumulation quantitative), puis la constatation, la généralisation de la permanence, de l'invariance de ces propriétés, préparent et suscitent par la généralisation le saut qualitatif qui amène à la proposition, sous la forme d'une conjecture à la définition du nouveau concept de symétrie axiale. Il est demandé à l'élève de formuler cette définition sous la forme d'une phrase à recomposer à partir d'expressions en désordre ou un exercice à trou.

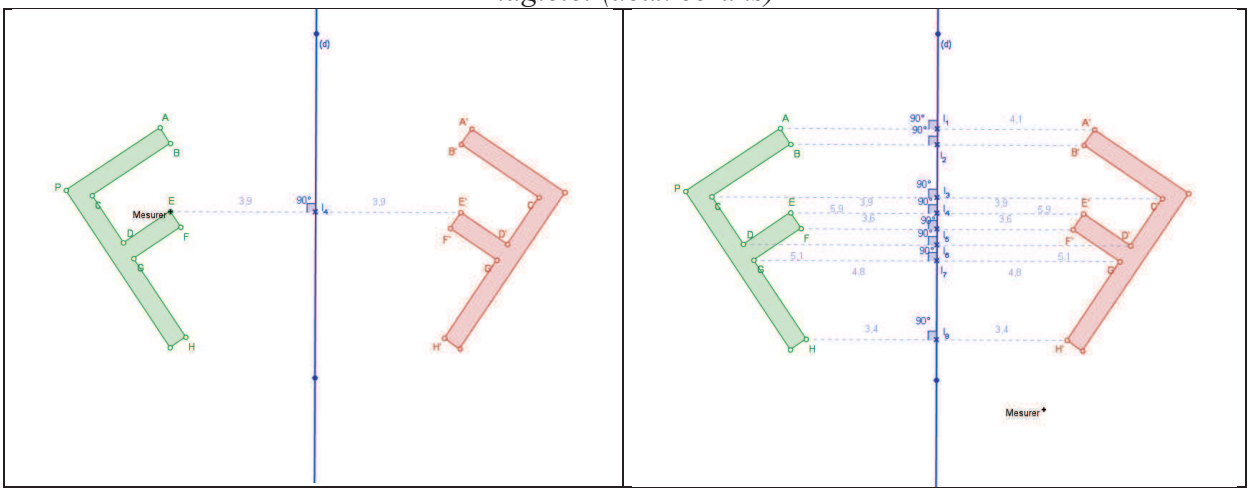
De nombreuses séances de travail en dévolution des classes de 6e en salle informatique au cours de nombreuses années sur un tel apprenticiel montrent qu'une proportion variable suivant les classes arrive à formuler par eux-mêmes une définition langagière et symbolique correcte et exacte. D'autres n'y parviennent que partiellement. Une minorité échoue.

Dans le scénario de cet apprenticiel, la séance informatique, première phase, était suivie par une seconde phase collective de mise en commun des formulations et des conjectures qui permettait collectivement par la discussion animée par le professeur avec la

participation de groupes d'élèves de reprendre cette phase cruciale de la généralisation pour dégager pour tous les bonnes propositions et la définition correcte.

Extraits des imagiciels et de la fiche d'accompagnement :

Imagiciel (deux écrans)



Mesure pour un point *Mesures pour de nombreux points*

Extrait de la fiche d'accompagnement

Relève les mesures des longueurs des segments d'attache et de l'angle et complète le tableau:

Points	A	B	C	Pour tous les points comme A
Du point à l'axe (d)				AI. ... IA' (AA') est .....à.(d)
De l'axe au point symétrique				I est le .....de [AA']
angle formé avec l'axe (d)				(d) est la .....de (AA')

Proposition de formulation de la définition

⇒ *Relie chaque point à son symétrique.*
⇒ *Bouge la figure ou l'axe de symétrie.*

Complète avec le bon symbole : (= ; // ; ⊥ ; ≠ ; ≈)

AI_1……I_1A'	EI_4……I_4E'	HI_8……I_8H'
[AA'] …..(d)	[EE'] …..(d)	[HH'] …..(d)

Complète les phrases avec au choix *: parallèle / milieu / aligné / égale / perpendiculaire / centre / médiatrice*

Le segment [AA'] ayant pour extrémités deux points symétriques A et A' est …….. à l'axe de symétrie (d).

L'intersection I_1 est le …….. du segment [AA'].

L'axe de symétrie (d) est la …….. du segment [AA'].

Donne une définition de la symétrie axiale en complétant la phrase suivante avec les expressions qui suivent :

(A' / la médiatrice / A / (d) / droite / [AA'] *)*

Le point symétrique d'un point ….. par rapport à une …….. ….. est le point ….

tel que la droite …. est …….. du segment ……..

En résumé, le recours informatique au collège permet de passer en mathématiques de la pensée par complexe au concept scientifique notamment au moyen d'apprenticiels, activités en dévolution en salle informatique constituées d'imagiciels accompagnés de fiche de travail :

→ ces *apprenticiels œuvrent dans la ZPD*, à partir des connaissances antérieures des élèves et de leurs capacités, et amènent les élèves, par *l'expérimentation et la conscientisation*, à découvrir une nouvelle connaissance.

→ les apprenticiels en géométrie dynamique font apparaître, par l'expérimentation, les propriétés comme l'invariant des figures suscitant un puissant facteur de *généralisation* dans la génération des concepts scientifiques.

→ pour *la prise de conscience*, ils invitent à l'organisation structurée des propriétés par l'expression de *formulations langagières écrites et symboliques*, en assignant un rôle essentiel au langage *pour signifier le concept*.

→ le concept est ensuite *socialement institutionnalisé par une délibération collective* en classe sous l'autorité de l'enseignant.

6 Des schèmes à l'œuvre dans un champ conceptuel (Vergnaud)

À partir des théories de Vergnaud, qui réalise une synthèse des idées de Piaget et de la didactique des situations, on peut apporter une vision analytique complémentaire de l'activité informatique. Il propose une approche cognitive développementale : "il faut étudier le développement des connaissances pour comprendre en quoi elles consistent" (Piaget) ; " Comprendre ce qu'est un concept à partir du processus de conceptualisation et non l'inverse" (Vergnaud). Dans cette conceptualisation, dans le passage au concept scientifique, Vergnaud reprend la notion de *schèmes opératoires* comme autant de catégories de pensée activées et agissant sur une variété des situations : dans la genèse des concepts, par confrontation à la situation, sont mis en œuvre des schèmes plus ou moins explicites qui génèrent et donnent sens à la connaissance.

Toute situation didactique est tissée de concepts sous-jacents qui forment *un champ conceptuel*. En son sein, l'action de schèmes propices fait naître deux formes de connaissance, opératoire et prédictive. La valeur d'usage de ces connaissances (sous ses deux formes) est dépendante, conséquente de la qualité de leurs genèses, de la pertinence de la situation à l'origine du processus génétique, de la performance et de l'opérationnalité du schème mis en œuvre, donc de la qualité de la conceptualisation. De là dépendent l'intégrité, l'efficacité, la

stabilité et la durabilité du concept trouvé : « Une connaissance qui n'est pas opératoire n'est pas véritablement une connaissance. »

Il distingue trois facteurs dans la formation d'un concept :

→ 1e *La situation* qui joue deux rôles : elle est ontologiquement la matrice qui génère ou appelle le schème. Et pratiquement elle offre le champ sur lequel s'exerce et s'applique le schème pour engendrer le concept. Considération dialectique de la situation : initialement matrice conceptuelle, engendrant le schème et situation objet, champ conceptuel, sur lequel s'applique et s'exerce le schème. C'est la situation qui donne son sens au concept.

→ *2e Les invariants* font apparaître les propriétés conceptuelles des situations. Ils manifestent et révèlent les rigidités de la structure, les membrures et les lignes de force de la situation. Et ils apparaissent dans un ensemble de situations données équivalentes. La propriété transparaît par son invariance. Mais l'invariant n'est pas la propriété. L'invariant est le révélateur de la propriété. C'est le schème qui permet de la définir et d'en prendre conscience.

Le schème s'applique comme l'invariant opératoire correspondant à la situation. Le schème est "*une organisation invariante de l'activité pour une classe de situations donnée*" ; "un structurant majeur de la pensée", (Vergnaud, 2003) ; "il comporte un ou plusieurs buts, se déclinant en sous buts et anticipations" (Vergnaud, 2000). Comprenons : *une organisation cognitive fonctionnelle opérationnelle invariante sur une situation donnée*.

Dans un premier temps (primordial), *le schème s'apprend*, s'acquiert par la confrontation avec une situation qui joue le rôle initial de *matrice*. Le seul opérande opérationnel qui est admis par sélection (à l'issue de maints essais) par l'invariant de la situation. Dans un deuxième temps, le schème se présente comme un opérande autonome capable de s'appliquer à la même classe de situation caractérisée et reconnue comme ayant le même invariant. *À l'invariant d'une situation correspond un invariant cognitif opératoire capable de s'appliquer à l'invariant d'une situation analogue*.

Les schèmes sont acquis par les élèves aussi bien par des pratiques naturelles apprises dans leur milieu, à partir des idées préconçues et des savoirs véhiculés par la société, et des schèmes que l'école a construits. Dans l'acquisition et la formation des schèmes, leur structure fonctionnelle se met en place par le jeu des essais, erreurs, rectifications et réussite jusqu'à ce qu'elle atteigne sa pleine efficacité, se stabilise et devienne à l'épreuve des succès renouvelés invariante. L'invariance est un produit fonctionnel résultant d'une sélection.

→ 3e L'expression langagière ou symbolique de *la signification* du concept. Ainsi le concept "C" se définit sous la forme du triplet : $C = (S ; I ; S)$

S : la situation ou l'ensemble des situations qui donnent le sens du concept, avec sa contingence et son contexte

I : l'invariant opératoire qui applique le schème associé à la propriété invariante de la situation qui joue le rôle de révélateur.

S : le signifié comme l'ensemble des représentations langagières et symboliques qui permettent de le penser et de le représenter.

Ce sont les schèmes activés par une situation qui en révèlent la signification et qui en donnent le sens. "*Le sens est une relation du sujet aux situations et aux signifiants*" ; "Les représentations sont des ensembles structurés de schèmes", Vergnaud.

Vergnaud définit un ensemble de schèmes opératoires dans des champs conceptuels didactiques tels que des *algorithmes-action*, des *théorèmes-actions* et de *concepts en acte* mis en œuvre par les élèves de manière implicite. "Les concepts en acte permettent de prélever dans l'environnement les informations pertinentes et de sélectionner les théorèmes en acte nécessaires, aux buts, aux règles d'actions ». (Vergnaud, 2004)

Autant de propositions théoriques d'un grand intérêt si ce n'est, en regard de Vygotski, une certaine sous-estimation du rôle du langage dans la conceptualisation. Le passage de la pensée préscientifique à la pensée scientifique, du préconcept au concept n'est pas une continuité, une évolution, une maturation signifiées par son origine, mais un passage, une rupture, un saut qualitatif dans le domaine de la pensée.

Ce n'est pas la relation qui fait sens, mais la relation qui transmet le sens qui est donné par l'essence de la situation qui est découverte, révélée par le schème. C'est l'essence qui est invariante et non l'invariant qui est l'essence. Le schème comme processus atteint, perçoit et révèle l'essence dans son invariance.

Les invariants qui donnent leur sens au signifié sont les reflets des invariants de la réalité. Ils sont perçus dans l'action cognitive comme tels. Ils sont la résistance de la réalité aux tentatives possibles de variation de la pensée-action. Les invariants font apparaître les propriétés. Mais, en tant que tels, ils ne sont pas les propriétés elles-mêmes. L'invariant permet d'en prendre conscience. Ces propriétés sont signifiées par le langage ou le symbole signifiant. Le signifié donne son sens au signifiant. Mais c'est le signifiant qui exprime le signifié. La réalité parle par le biais de l'action et de l'interaction (l'invariant) à travers le couple signifié-signifiant, dans les limites de celui-ci. La signification est donnée, exprimée par le signifié. Mais le signifié est exprimé, supporté par le signifiant. L'ensemble signification, signifié est agrégé dans le signifiant sous la forme d'un signe, d'un mot. Et c'est le signe, le mot qui est mémorisé, connoté, classé. Le langage est le démiurge de la pensée.

Avant la prise de conscience par le langage la connaissance est préconsciente : elle peut être entièrement constituée, consistante et significative dans l'antichambre de la conscience, mais non signifiée. La prise de conscience est le passage de la présconcience à la conscience. L'action dans la prise de conscience, de la conscience sur elle-même, consiste en ce que l'ensemble des éléments présents prennent sens dans une nouvelle signification symbolique englobante signifiée dans le langage par un signifiant qui en sera l'identifiant. Ainsi nait le concept avec son signifiant : Signifiant ⇦ (Situation ; Invariant ; Signifié).

L'autre remarque est que le concept, après avoir été appris, généré en situation (S ; I ; S) sera par la suite mémorisé, utilisé et mis en scène en se débarrassant de ses oripeaux originel, en s'abstrayant du contexte et de la personnalisation de sa naissance par un processus d'abstraction pour ne garder que sa signification purement sémantique (ou mathématique).

Dans le recours informatique

L'intérêt des propositions théoriques de Vergnaud est particulièrement évident dans l'analyse des activités d'un apprenticiel de géométrie dynamique, tel celui sur la symétrie axiale en 6e.

La figure géométrique dynamique est un champ conceptuel :

Une figure en géométrie dynamique est par construction chargée des propriétés de la géométrie plane et est prête à les manifester à la moindre manipulation.

Par exemple, examinons la 3e activité de l'apprenticiel sur la symétrie axiale réalisé avec le logiciel CaRMétal. Après l'activité de découverte de la définition de cette symétrie (voir infra), cette troisième activité propose d'appliquer cette connaissance toute fraiche à la construction d'un point symétrique avec la souris selon la consigne donnée par la figure à l'état initial : "déplace le point R jusqu'à ce que tu obtiennes le symétrique du point A par rapport à l'axe (d)". L'élève déplace le point R pour l'amener à la bonne position. Au fur et à mesure du déplacement, le logiciel (CaRMétal) donne les informations sur la longueur des segments et sur l'angle. Quand la position du symétrique est atteinte, il fait apparaître les égalités de longueur et l'angle droit avec le message "le point R est le symétrique de A par rapport à (d)". Il est alors demandé à l'élève de compléter la fiche d'accompagnement pour lui faire mettre en évidence les conditions qui ont été remplies pour que R devienne symétrique de A par rapport à (d) et de les représenter sous la forme symbolique d'un croquis codé réalisé à main levée.

La figure informatique a bien rempli le rôle d'un champ conceptuel en intégrant, en manifestant les propriétés géométriques de la symétrie axiale de manière interactive et programmée. Dans le champ des variations de la figure dynamique, la symétrie avec ses caractéristiques est bien l'invariant de la situation didactique. Cet invariant en manifeste les propriétés qui sont révélées par deux opérations cognitives en acte.

Deux schèmes opèrent dans ce champ conceptuel :

Un algorithme action : quand l'élève déplace le point R à la recherche de la position symétrique, il exécute une recherche sous la forme d'un algorithme du type "faire tant que condition non vraie". Tant que les conditions de la symétrie ne sont pas remplies (informations que lui renvoie la figure en permanence), il continue le déplacement et recherche la position qui va enfin satisfaire les conditions : angle égal à 90° et longueurs égales. Ce schème algorithmique en acte a été acquis depuis longtemps par le jeu et l'éducation. Il est ici un peu plus compliqué par le fait qu'il faille satisfaire plusieurs conditions à la fois.

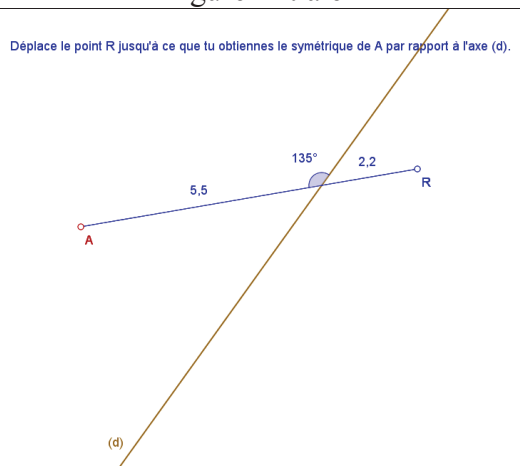
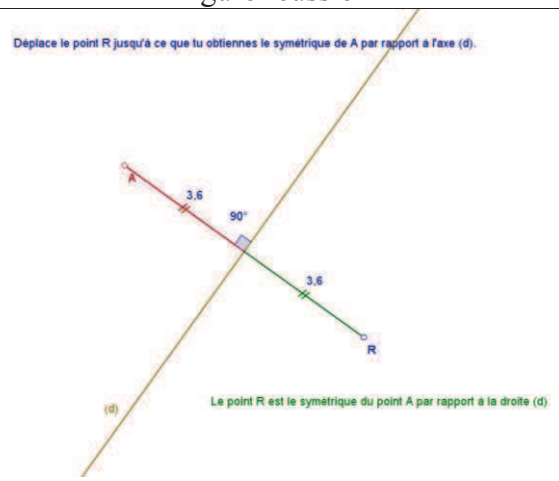
Un théorème action : pour réaliser les conditions de la symétrie, il faut obtenir que (AR) soit perpendiculaire à (d) et que les deux parties du segment [AR] soient égales (coupé en son milieu par (d)), c'est-à-dire que (d) soit la médiatrice de [AR]. En fait l'élève utilise implicitement le *théorème réciproque* de la symétrie : "si (d) est la médiatrice de [AR] alors R est symétrique de A par rapport à (d)". Évidemment, un élève de sixième n'est pas capable d'utiliser consciemment un tel théorème réciproque et d'effectuer son raisonnement. Néanmoins, il l'utilise manifestement *en acte* pour se convaincre de la construction. On pourrait dire que d'une certaine manière, les jeunes élèves font fonctionner des théorèmes d'abord en acte avant de pouvoir le faire consciemment plus tard sous la forme d'un raisonnement logique.

L'abstraction : la demande des conditions de la réalisation sur la fiche d'accompagnement sert à la fois de moyen de conscientisation et vérification de la démarche ; la réalisation du croquis codé est un passage à la généralisation, à l'abstraction mathématique.

L'expérience, au fil de nombreuses séances sur de nombreuses années, montre que, lors de cet apprenticiel sur la symétrie axiale, au cours de cette 3e activité de construction, tous les élèves sont arrivés à construire le symétrique *à l'écran* en trouvant la bonne position. Il ne fait aucun doute que certains élèves y sont arrivés de manière empirique, en tâtonnant, voire en copiant le voisin. Apparemment, un nombre plutôt restreint. Ceux-là ne possédaient pas les schèmes de l'algorithme et du théorème action. Pour la réponse aux questions de la fiche, une majorité arrivait à indiquer toutes les conditions et réaliser un croquis codé correct.

Mais une forte minorité ne donnait qu'une réponse incomplète, oubliant une condition ou une indication codée. Quelques élèves en difficulté échouaient. Ceux-là ne possédaient pas les schèmes indispensables. Rappelons que la séance informatique en dévolution était suivie d'une synthèse en classe.

Copies d'écran et extrait de la fiche

Construction du symétrique	
Figure initiale	Figure réussie
	
Conditions et croquis codé	
Quelles conditions as-tu respectées pour que R soit symétrique de A ? .... Reproduis cette construction sous forme de croquis codé ⇒ (à main levée).	

Une remarque : CaRMétal a une fonction très utile sur le plan didactique : **le point magnétique**. Comme il est impossible d'atteindre avec la souris la position exacte du point symétrique A', quand on s'approche à quelques pixels (15, 10, 5, paramétrable) de cette position inaccessible, il est attiré automatiquement à la position exacte. R est alors confondu avec A'. Il est alors possible, par programmation conditionnelle des objets de la figure, de faire apparaître des propriétés remarquables selon la condition de la distance de R à A' nulle soit (d(R,A')=0).

En résumé :

L'activité informatique en tant que situation expérimentale constituée, tramée, structurée par des propriétés mathématiques incorporées et programmée en conséquence représente un *champ conceptuel réactif*.

L'élève agit dans ce *champ conceptuel* grâce à des *schèmes* (organisations fonctionnelles invariantes opératoires acquises) pour trouver les concepts et les signifier par des mots ou des symboles. L'invariant opératoire révèle l'invariant de la situation. Le concept est ainsi généré, constitué par le quadruplet (*Situation, Invariant, Signifié, Signifiant*) qui lui donne *son sens* et *sa dénomination*. Ces schèmes sont notamment des *algorithmes et des théorèmes action*.
Mais par la suite ce concept est épuré, décontextualisé comme objet du champ sémantique, comme notion mathématique.

7 Un instrument d'apprentissage et d'enseignement (Rabardel)

Selon Rabardel, l'instrument est un moyen de l'action et plus largement de l'activité. L'instrument est tout *objet* que le sujet *associe* à son *action* pour l'exécution d'une *tâche* (Mounoud, 1970). L'instrument, à l'inverse de l'outil qui prolonge les sens ou le geste, est un médiateur de l'action, un effecteur. Au sein de l'action, il est opératif au sens où il prend en charge une partie de la tâche : il effectue un travail. Et il est un moyen de capitalisation de l'expérience et de la connaissance accumulée, connaissances inscrites au cours du processus de conception, mais aussi accumulées par et à travers la multiplicité des situations, des usages.

L'instrument est une entité composite qui comprend *un artefact et des schèmes d'utilisation* ou *schèmes d'actions*, *schèmes d'usage* ou *d'activité instrumentée* individuelle ou collective. Les deux composants de l'instrument, artefact et schème, sont intimement associés :

→ L'artefact se définit comme un produit de l'activité humaine intentionnellement constitué comme *objet matériel ou symbolique finalisé*. Il oppose au sujet un ensemble de contraintes que celui-ci doit identifier, comprendre et gérer : contraintes de finalisation, dimensions axiologiques de l'action (valeur et normes).

→ Les schèmes d'utilisation sont des *composantes fonctionnelles* de l'action. Les schèmes, privés et ou sociaux, sont objet de transmissions, de transferts plus ou moins formalisés.

Leurs associations peuvent être variables : un schème pour plusieurs artefacts ou un artefact avec différents schèmes. Un instrument permanent, susceptible de conservation et donc de réutilisation, consiste en l'association stabilisée des deux composants, artefact et schème, invariants, qui solidairement, constituent un moyen potentiel de solution, de traitement et d'action dans une situation.

Le modèle de l'action instrumentée forme une boucle :

Le modèle général du recours à un instrument est triadique	→ Instrument → ↑ ↓ Sujet ↑ ← → ↓ objet

Dans le recours informatique :

L'instrument didactique informatique est basé sur un dispositif matériel lourd comportant des contraintes techniques importantes (hardware) et des langages de programmation (software) savants. Sa "mécanique" est compliquée et sophistiquée. Mais elle est entièrement conçue pour se présenter de manière quasiment transparente. L'instrument didactique informatique est de fait abstrait de ces composantes techniques comme la conduite automobile est abstraite de sa mécanique. L'instrument en question ne concerne que le produit final, le fruit de ces entrailles informatiques c'est-à-dire l'activité pédagogique proprement dite.

Le recours informatique en éducation utilise en fait, en même temps, deux instruments didactiques confondus, mais distincts : un instrument *pour enseigner* et un *instrument pour apprendre*. Par exemple, dans le cas d'un apprenticiel, il fait appel, d'une part, à un instrument d'apprentissage qui utilise comme artefact, dans une situation adidactique en dévolution, une activité informatique qui fait appel à des schèmes de connaissances et d'action généraux et spécifiques du côté de l'élève. Mais, du côté du professeur, cette même activité informatique est un artefact qui diffère quelque peu. Il s'agit d'un *instrument pour enseigner* dont les schèmes de mise en œuvre ne sont pas les mêmes. Pour l'enseignant, ils relèvent de la technologie et du savoir-faire des principes et des règles de la praxéologie du recours informatique. Par exemple : "il faut mettre en scène et orchestrer la séance" ; "il faut avoir prévu des activités complémentaires pour les élèves rapides" ; "il faut évaluer les travaux autonomes des élèves pour organiser la synthèse collective ultérieure en classe", …

L'intérêt qui n'est pas le moindre de la théorie de l'instrument est de faire apparaître qu'une même activité informatique peut être considérée comme un *instrument dual*, celui pour enseigner du professeur et en même temps celui pour apprendre de l'élève. Et que, du coup, leurs artefacts et leurs schèmes associés sont différents, spécifiques :

1er <u>Pour l'instrument enseignant informatique</u>, le professeur conçoit, prépare et organise cette activité (cet artefact) comme une excroissance de lui-même :

▪ Il délègue son objet d'étude et ses intentions à l'artefact "ordinateur-logiciel-application avec fiche d'accompagnement".

▪ Il élabore et applique un scénario et le met en scène pour arriver à ses fins.

2e Ainsi l'activité informatique est mise à disposition de l'élève comme instrument d'apprentissage. Particularité de cet instrument d'apprentissage, il contient son objet d'étude, il travaille sur lui-même et agit sur le sujet élève :

▪ *L'instrument (informatique) contient l'objet*, le savoir sous-jacent, résident, programmé, concrétisé dans une représentation dynamique. Un savoir transposé, constitué, qui, par le moyen de cet artefact, à travers des activités interactives, permet, sous l'action des schèmes de l'élève, la genèse des concepts. Les connaissances apparaissent au travers et aux fins de l'action instrumentée.

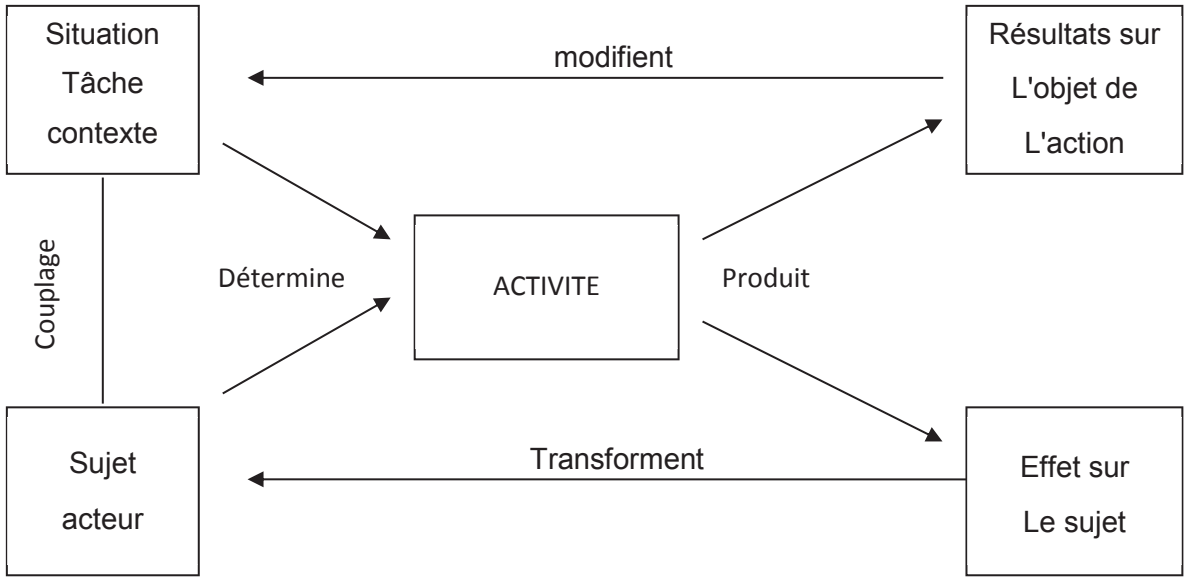
▪ Dans l'activité informatique, *le sujet élève agit par l'instrument sur ce même instrument et cet instrument agit sur le sujet qui l'utilise*, dont il change les connaissances. Il s'agit d'un instrument cognitif autonome, interactif, rétroactif et proactif.

8 De l'activité informatique en tant qu'activité (Rogalski)

Initié par Vygotski et développée par son élève Leontiev, reprise avec la psychologie ergonomique entre autres par Rogalski (2003) et instrumentée par Rabardel, la théorie de l'activité considère l'enseignant en tant qu'acteur qui a à accomplir une tâche à faire, comme " but qu'il s'agit d'atteindre sous certaines conditions" (Léontiev). Pour réaliser sa tâche, le sujet va développer une activité, par des actes mobilisant son attention, sa réflexion, en gérant son temps, sa charge de travail en interaction avec autrui (les élèves pour un enseignant, mais aussi les parents, l'administration, l'IPR…). Il la vivra dans un certain état d'esprit, avec satisfaction, plaisir, mais aussi fatigue et contrariété, etc. La tâche à accomplir pourra se décliner en sous-tâches, en tâche prescrite et tâche effective qui peuvent être en décalage. L'activité qui réalise la tâche est définie du point de vue du sujet comme un processus intégrant une série d'actions et d'opérations qui le mobilise sur le plan intentionnel, cognitif, psychologique, méthodique, organisationnel en fonction de la situation et du contexte.

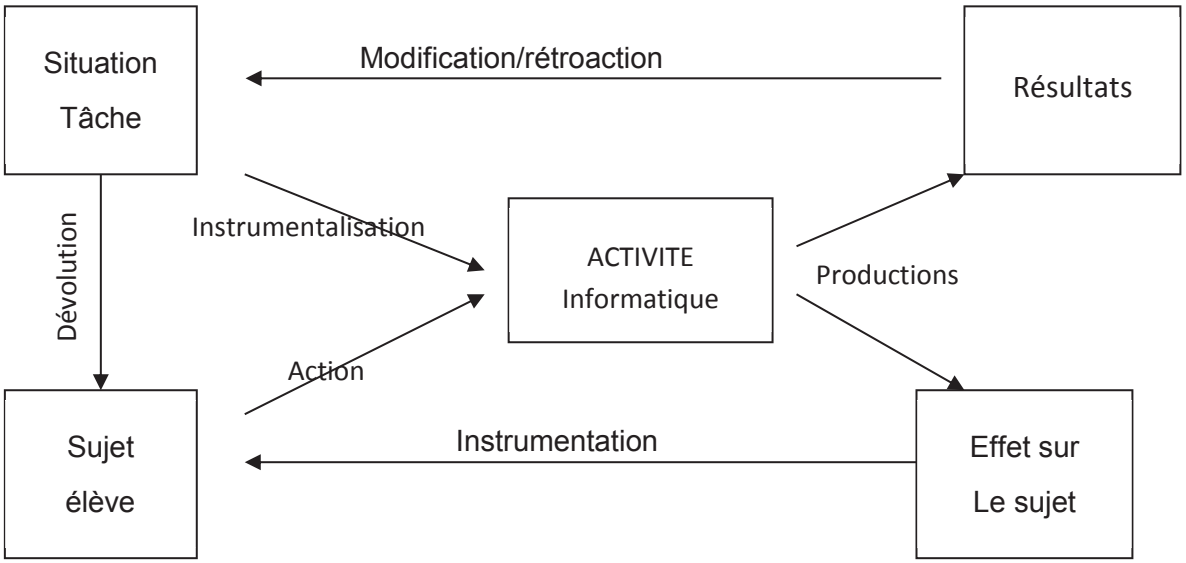
Schéma de l'activité et de l'activité informatique →

Le schéma suivant résume l'ensemble en faisant apparaître les régulations de l'activité :



L'activité d'un recours informatique

Le recours informatique peut avantageusement être pensé comme une activité. Nous prendrons comme exemple le recours à un apprenticiel en situation de dévolution en autonomie. La tâche générale est la découverte de la symétrie centrale en 5e. Ses sous-tâches sont de trouver ses caractéristiques, sa définition, sa construction et ses propriétés. Chaque sous-tâche est réalisée par une activité informatique organisée autour d'un imagiciel et d'un questionnement à l'écran et sur la fiche d'accompagnement qui représente l'instrumentalisation de la tâche. Les exigences techniques de l'ordinateur et du logiciel correspondent à ce que l'on appelle l'instrumentation du sujet. Schéma dans le cas d'un recours informatique :

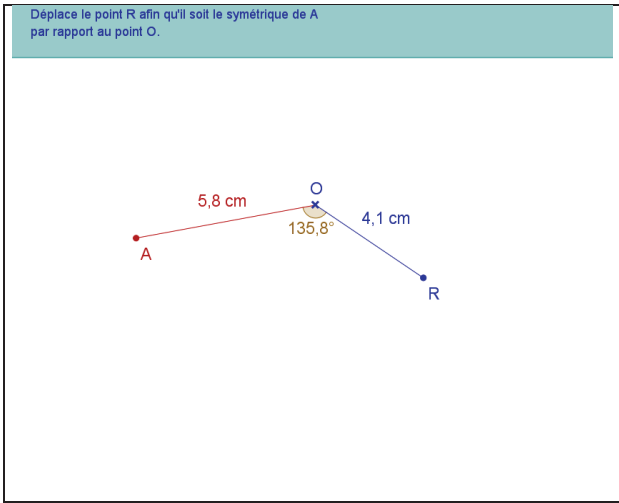


Suivant ce cadre théorique, voyons comment cette activité informatique peut être analysée.

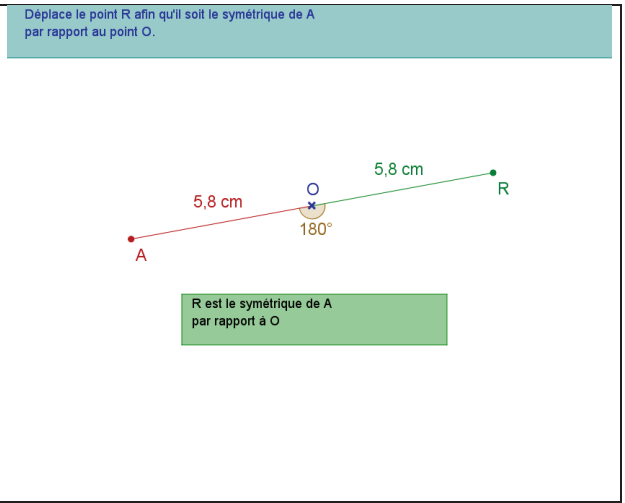
Analyse d'une activité informatique

Dans le cadre de l'apprenticiel en autonomie pour l'étude de la symétrie centrale en 5e, considérons la troisième étape de la mise en évidence des modalités de la construction d'un point symétrique, considérée comme sous tâche.

Elle est réalisée par l'activité informatique suivante :



Imagiciel état initial



Imagiciel état final

Quelles conditions as-tu respectées pour que R soit symétrique de A ?

- Longueurs : ……
- Angle : …….
- Les trois points A, O et R sont ……
- Il faut que le point O soit le …… de [AR]

Reproduis cette construction, sous forme de croquis codé (à main levée) :

Extrait correspondant de la fiche d'accompagnement

<u>Le contexte :</u> dans le scénario de l'étude de la symétrie avec l'ordinateur, la séquence en salle informatique vient en premier. Après une évaluation par l'enseignant du travail accompli, elle sera suivie par une séance de synthèse en vue de l'institutionnalisation des savoirs de la notion.

<u>La situation :</u> la situation est *adidactique*. L'élève travaille en dévolution.

Le milieu didactique est constitué par l'imagiciel (figure CaRMétal) qui donne en permanence l'angle [AOR], la mesure des longueurs AO et OR et l'information : "Le point R n'est pas symétrique". Les connaissances préalables mises en jeu ont été découvertes au cours de l'activité précédente concernant la définition de la symétrie centrale : "le point symétrique A' de A par rapport au centre de symétrie O est aligné avec A et O, de l'autre côté et à la même distance, OA' = OA. L'activité outre la découverte de la construction vise à vérifier également ces acquisitions.

L'action : la consigne à l'écran est : "*Déplace avec la souris le point R de façon qu'il devienne le symétrique du point A*".

L'instrumentalisation : dans ce milieu instrumentalisé, l'imagiciel contient *un point magnétique* à la position exacte du symétrique de façon qu'au voisinage (quelques pixels), lors de l'approche, cette position puisse être atteinte avec la souris. Sans ce point magnétique, ce point *exact* serait hors d'atteinte avec la souris (problème de l'interface graphique discret : pas-de-souris et intervalle des pixels à l'écran). Le point atteint, les mesures des segments deviennent égales, l'angle vaut 180° et le message à l'écran est remplacé par ;"Le point R est symétrique de A par rapport à O".

La boucle informatique "tant que" de l'imagiciel CaRMétal contrôle la situation : tant que la distance de R à A', symétrique de A par rapport à O, est différente de zéro alors le point n'est pas symétrique. Quand la distance est nulle, alors R est symétrique de A.

En correspondance, l'élève utilise un *schème algorithmique action* identique en bougeant la souris pour atteindre jusqu'à ce qu'il trouve la position symétrique.

L'instrumentalisation est une itération conditionnelle de l'action de l'élève.

Rétroactions et modification : Au fur et à mesure que l'élève déplace le point R, l'imagiciel affiche en permanence les longueurs des segments AO et OR, la valeur de l'angle [AOR] et le message indiquant si le point R est symétrique ou pas.

L'instrumentation : très simple, s'emparer du point R avec la souris et le déplacer, prendre en compte les informations (longueurs et angle) avec précision, et l'amener à proximité du but, la position symétrique. Des élèves peuvent être déconcertés au départ devant l'imagiciel et ses injonctions écrites à l'écran, les demandes de la fiche et les dispositifs matériels, barre des menus, clavier, souris, fichier. Mais progressivement, ils sont mis en confiance par leurs actions répétées et les informations que lui fournit le logiciel. Tous parviennent à réaliser la tâche de la partie dynamique à l'écran et atteindre l'objectif. Il en résulte un sentiment de satisfaction et de réussite.

Cette analyse de l'apprenticiel sous l'angle de la théorie de l'activité met bien en évidence le *processus* itératif et interactif de la réalisation de la tâche. Mais elle ne fait pas ressortir toute l'action cognitive. Le schème du théorème réciproque action, qui s'exerce incontestablement dans cette activité (Si OR = OA et [AOR] = 180°, alors R est symétrique de A par rapport à O), n'est pas mis en évidence. L'appréciation de la position symétrique est hors activité. Ce n'est pas une instrumentation de la tâche. Elle dépend d'une connaissance préalable, d'un autre schème.

L'apprenticiel est une série d'activités

Chaque sous tâche ou sous tâche étant traitée par une activité informatique élémentaire, l'apprenticiel est "une suite de situations appropriées à la construction de tel ou tel concept (dont l'acquisition est visée) ", Chevallard (1991), avec l'inconvénient, dans le cas où il est autonome "d'un déroulement linéaire d'un processus didactique rigide". L'avantage, dans le cas d'un apprenticiel magistral en classe est de bénéficier d'une temporalité souple, variable et réversible, avec des allées et venues et retours possibles, et d'une construction collective immédiate des concepts et non plus différée.

Dans cette approche théorique intéressante en ce qui concerne l'activité proprement dite, le problème est celui de la situation et du contexte dans lesquels elle se situe.

9 Conclusion

En conclusion, toutes ces théories de la didactique, de ses trois genèses, de la transposition externe et interne, des situations en dévolution sous contrat et de la cognition, de la genèse des concepts par généralisation, de la prise de conscience dans la ZPD, des schèmes à l'œuvre dans un champ conceptuel, comme activité et instruments d'enseignement et d'apprentissage, étudient et éclairent, comme nous l'avons annoncé, toutes ensemble, les différents aspects du recours informatique. On n'assiste, dans l'étude des différents aspects du domaine, aucunement à une concurrence entre ces différentes écoles de pensée qui pourraient prétendre chacune donner une interprétation exclusive du phénomène. Il n'est nullement question, non plus, d'une juxtaposition éclectique de théories disparates et de propositions hétérogènes, étrangères l'une de l'autre ni de conflit et contradictions entre elles. Au contraire, toutes ces analyses spécifiques complémentaires sont convoquées pour constituer un *ensemble*

théorique cohérent, structurant, édifiant. Ainsi, elles constituent le complexe théorique général et fondamental de l'éducologie informatique.

Pourquoi ces différentes théories, pourtant définies distinctement dans le champ des sciences de l'éducation, souvent jalouses de leurs prés carrés, sont-elles convoquées *ensemble* dans l'analyse de l'activité informatique pédagogique pour former cette symphonie théorique de l'éducologie informatique où chacune joue sa partition dans son registre en contribuant à l'harmonie générale ? Pourquoi cette contribution plurielle, cette complémentarité étonnante ? Je pense que la raison en est que l'activité informatique pédagogique est conçue, élaborée et mise en œuvre comme *une simulation instrumentalisée globale*[1] d'une activité d'apprentissage ou d'enseignement et, qu'à ce titre, elle a dû en revêtir les multiples caractéristiques et aspects, en reproduire les différentes fonctions, et satisfaire à leurs diverses exigences et contraintes. De la même manière qu'un simulateur de vol intègre les connaissances et l'expertise des domaines de la mécanique, de l'aérodynamique, du pilotage et du vol, de la météorologie, simuler une activité éducative ne peut, implicitement ou explicitement, qu'intégrer l'ensemble du domaine étudié par les différentes sciences de l'éducation. Il est d'ailleurs remarquable de constater que beaucoup d'activités informatiques élaborées depuis l'origine ont été créées, expérimentées et améliorées de manière pragmatique, sans la connaissance de ces sciences universitaires. Par la force des choses, par l'expérience, en définitive, elles n'en ont pas moins respecté, suivi et respecté leurs préceptes de façon empirique. Une manière, sans aucun doute, d'en consacrer le bien fondé, la pertinence et d'en reconnaître la véracité et l'opérationnalité.

Résumons, dans l'étude de l'activité informatique, avec ses situations interactives programmées, ses champs conceptuels réactifs, sa cognition provoquée et intensifiée, comme instrument technoéducatif, comme artefact numérique avec ses schèmes itératifs, ses théorèmes action, ses genèses conceptuelles instrumentées…, tous ces éclairages représentent autant d'éléments théoriques constitutifs de l'éducologie informatique, science de l'éducation globale de ce nouvel apprentissage et de ce nouvel enseignement que représente le recours informatique.

[1] Fondamentalement, car elle est plus ou moins globale suivant qu'il s'agit d'un apprenticiel élève ou d'un imagiciel magistral.

Partie X

Praxéologie
du recours informatique

Sur la base de l'expérience d'un quart de siècle d'utilisation, d'expérimentation, de réflexions, de recherches, d'actions de formation, d'études et d'enquêtes, je propose, avec la modestie qui sied à un "jeune" chercheur et l'audace raisonnée d'un acteur chevronné, cette théorie générale de la praxéologie du recours informatique.

Les dix composantes

C1 L'intégration externe — **C2 L'intégration interne**

C3 La pertinence — **C4 La durée**

C5 La performance — **C6 Les conditions**

C7 La maîtrise technique — **C8 Le scénario**

C9 La mise en scène — **C10 La maîtrise pédagogique**

Les dix règles

R1 Le choix pédagogique — **R2 La continuité**

R3 L'accompagnement — **R4 La mémorisation**

R5 L'évaluation — **R6 L'organisation**

R7 La durée différentielle — **R8 Le suivi**

R9 La gestion — **R10 Le plan B**

Il est illusoire de croire que les avantages du recours informatique pourraient s'obtenir spontanément, avec facilité. Comme pour toute utilisation de technologie nouvelle, ils sont le fruit de quelques complications.

Dans la pratique concrète de la classe, pour conduire une activité de recherche avec un apprenticiel comme pour mener une action de remédiation avec un logiciel adapté, le recours informatique ne peut être ni immédiat, ni improvisé. Au-delà de quelques acquis pragmatiques, l'expérience accumulée en un quart de siècle a dégagé un ensemble de principes opérationnels, constituant les éléments d'une *théorie praxéologique* partie constitutive de *l'éducologie informatique*. La réussite d'un recours informatique exige la connaissance et le respect de principes et de règles qui agissent comme autant de variables de la situation didactique instrumentée.

Le recours informatique est d'une certaine manière une "simulation" instrumentée de l'apprentissage ou de l'enseignement. Il en reproduit et amplifie les différents aspects et méthodes. Mais cette recréation n'est en rien virtuelle, fictive ou futile. Elle représente un enseignement et un apprentissage effectifs, bien réels, de type nouveau, technologiquement enrichis et aménagés.

On peut dire que le recours informatique est une *réalité augmentée* de l'enseignement et l'apprentissage en ce qu'il :

▪ organise et met en œuvre par programmation *les méthodes* mêmes de l'apprentissage ou de l'enseignement telles que les ont définis et les enseignent les sciences de l'éducation comme on l'a vu précédemment

▪ rend possible une *concrétisation* de l'abstraction, une *réalisation* des processus cognitifs

▪ en modifie le processus traditionnel par une *intensification* de l'action, de l'expérimentation, un *enrichissement* de la réflexion, de la méthode de pensée et de travail

▪ vise à obtenir une *amélioration* du procès, des résultats et de la qualité de l'acquisition

Pour arriver à ses fins, l'activité instrumentale informatique est organisée comme un système actif structuré constitué par un ensemble de fonctionnalités. Son déroulement son efficience sont assurés par la mise en œuvre de ses multiples *composantes praxéologiques*, technologiques et techniques qui font système, qui combinent et contrôlent les actions. En considérant que la validité d'une technique ou d'une technologie se vérifie dans la pratique par sa capacité à réaliser la tâche à accomplir de la manière la plus efficace.

Composantes et variables praxéologiques

Comme nous l'avons dit à propos des trois sources de l'éducologie informatique, c'est l'expérience du recours informatique dans l'enseignement des mathématiques au collège qui a dégagé un certain nombre de principes et de règles praxéologiques. L'enquête de 2009 les a amplement corroborés. Mais la question s'est posée dans le champ des sciences de l'éducation de leur définition théorique. Ces principes et ces règles forment-ils les éléments d'une théorie anthropologique didactique (TAD) du recours informatique au sens de Chevallard, comme l'appelait de ses vœux Trouche ? Ou constituent-ils, en tant que tels, plus simplement les *composantes* d'une théorie praxéologique du recours informatique ?

Faudrait-il définir cette anthropologie comme un ensemble de règles comportementales du sujet d'une institution dans l'accomplissement d'une tâche dans un environnement socioéducatif ? En quoi cette abstraction et cette généralisation distancée pourraient-elles nous aider à comprendre et à définir l'activité informatique du sujet enseignant ? La référence au cadre théorique général d'une "anthropologie" pourrait-elle mieux nous éclairer sur l'interprétation des pratiques du recours informatique ? Ce cadre scientifique éprouvé semble séduisant. Par son sérieux et son caractère externe à nos sciences de l'éducation, il pourrait conforter, appuyer nos analyses. Mais nous n'avons pas encore trouvé les fossiles digitaux de l'homo mathématicus informaticus, ni recueilli les traces de ses rites numériques. Dans d'autres domaines, fait-on référence à une anthropologie du vidéaste, du cinéaste numérique ou du cyberjournaliste ? Cette façon, dans les sciences de l'éducation à emprunter à d'autres sciences plus "dures", moins contestées, des catégories et des concepts, témoigne de l'aveu de faiblesse et du peu de considération que l'on porte à sa propre science. Je préfère situer simplement ces principes et ces règles comme *composantes* d'une *théorie praxéologique* elle-même partie constitutive de *l'éducologie informatique*. Mais non sans quelques difficultés et perplexité étant donné le caractère complexe, multifonctionnel de ces composantes. Car elles concernent à la fois les principes et les règles de la pratique, de la mise en œuvre d'une activité informatique, mais également les principes et les règles qui commandent à son élaboration, dès sa création. Et elles représentent aussi les critères qui permettent d'en mesurer la valeur et l'efficacité.

Résumons : *la praxéologie informatique étudie l'ensemble des composantes et des variables fonctionnelles qui conditionnent l'accomplissement des activités informatiques pédagogiques (des AIP) ou plus précisément des activités informatiques d'enseignement-apprentissage (des*

AIEA). Elle analyse les caractéristiques, les principes et les règles qui commandent leurs élaborations, leurs mises en œuvre et fournit également les critères d'évaluation de leurs efficacités.

De l'expérience réfléchie et analysée, de l'enquête, nous avons trouvé, repéré et défini :

→ dix composantes praxéologiques :

▪ de l'activité : *l'intégration externe, l'intégration interne, la pertinence, la durée, la performance - la supériorité*

▪ de l'action : *la lourdeur d'organisation, la maîtrise technique, le scénario, la mise en scène, la maîtrise pédagogique*

→ dix règles pratiques : *le choix pédagogique, l'accompagnement, la mémorisation, l'organisation, la continuité, l'évaluation, la durée différentielle, le suivi, l'exploitation, l'ordonnancement, le plan B*

représentant ensemble :

▪ autant de *principes directeurs* de l'élaboration, de la création des AIEA

▪ autant de *variables* des trois genèses didactiques des AIEA

▪ autant de *critères de valeur* des AIEA

Les dix composantes, principes et variables

A/ De l'activité

C1 L'intégration externe

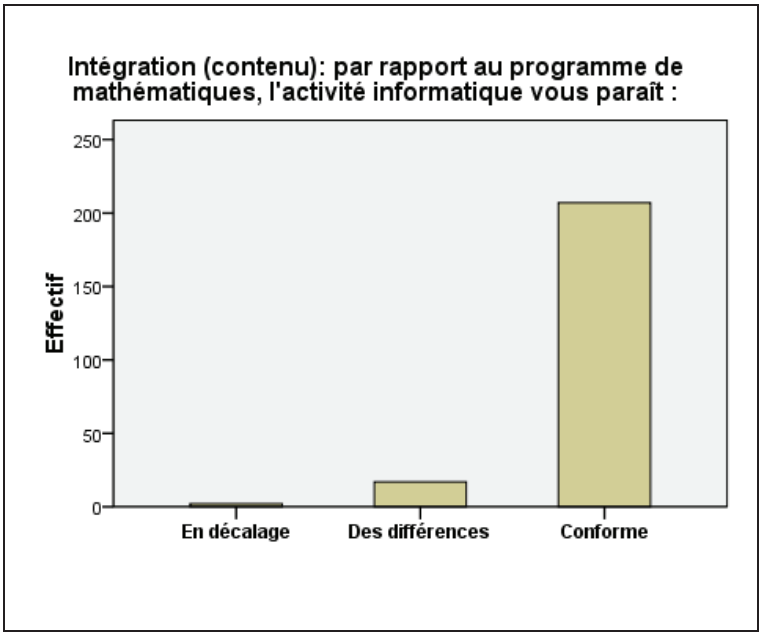
L'activité informatique ne doit pas être hors programme. Son contenu gnoséologique, ses objectifs doivent correspondre et respecter le programme officiel. La transposition interne effectuée des savoirs à enseigner en savoir enseigné doit demeurer fidèle au curriculum. Les activités informatiques doivent pour le moins exprimer une équivalence, une similarité cognitive. Les incitations et les obligations au recours informatique dans les nouveaux programmes de collège en sont la reconnaissance et la recommandation formelles et institutionnelles.

Premier principe praxéologique *: l'intégration de l'activité dans le curriculum.*

Que constate l'enquête ?

D'une manière générale, les activités sont conformes aux programmes de mathématiques du collège à 92 %. Quelques-unes comportent quelques différences. Rares sont en décalage. Aucune n'est totalement hors programme. Ce principe de l'intégration dans les savoirs à enseigner est donc très nettement respecté dans la réalité.

Aucune variation n'intervient sur ce critère, ni dans les types d'activités, ni dans les catégories des professeurs, ni dans l'appréciation, ni dans le genre. Ce principe est bien respecté. Les activités informatiques ludiques du type fin de trimestre ont pratiquement disparu.



	Effectifs	Pourcentage
En décalage	2	0,9
Des différences	17	7,5
Conforme	207	91,6
Total	226	100,0

C2 L'intégration interne

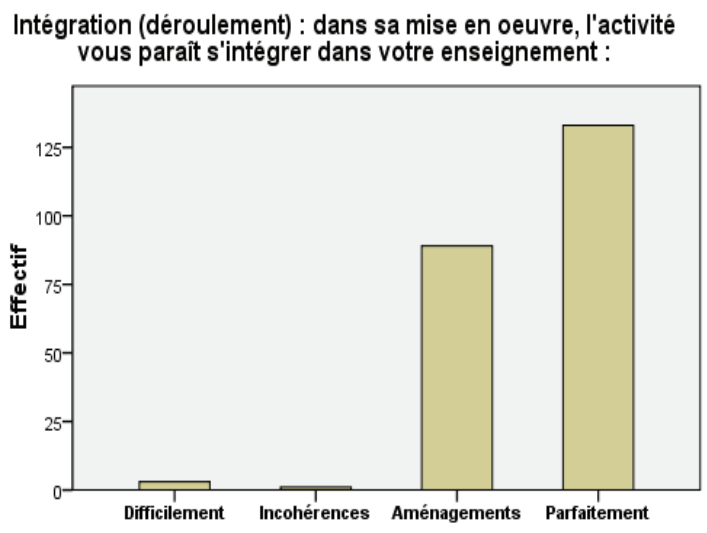
Le premier et principal problème du recours informatique est celui de l'intrusion de l'instrument informatique (d'une activité instrumentée) dans la classe, de son effet sur la mésogenèse. L'activité informatique doit parfaitement s'insérer dans le cadre et les objectifs du travail de la classe. Une activité informatique donnée, fournie par un éditeur ou par un site, a ceci de dérangeant qu'elle se présente en soi comme *une activité autonome, indépendante et globale, ayant une démarche inhérente et des objectifs propres implicites* pas toujours documentés. Un recours aveugle, inconscient ou inconséquent amènerait fatalement à des interférences et des incompatibilités. Par exemple dans le cas d'une improvisation irréfléchie ou d'une utilisation d'un logiciel inadapté, ou encore par le biais d'une activité gratuite, hors normes, le recours apparaîtrait comme inconsistant et futile et amènerait à la rupture du contrat didactique et donc à l'échec, à l'abandon. Nombre de fiascos proviennent de cette erreur de débutant ou de ce défaut de compréhension. Le recours informatique ne vaut que s'il est pleinement intégré dans la démarche générale de l'enseignant. Il doit s'insérer dans le scénario pédagogique général de l'étude d'une notion, bien situé et articulé dans le processus général de l'apprentissage.

Comprenons qu'il en est du choix de l'activité informatique comme du choix d'une activité traditionnelle proposée par un manuel. Certaines "plaisent" et d'autres non. En fait

derrière cette acception courante se manifeste un ensemble de conceptions profondes et complexes touchant à la fois au contenu et à la méthode qui ont présidé à l'élaboration de l'activité. Celles-ci sont inscrites dans la substance de l'exercice comme une idéologie trame un discours politique. Et au cours de son application, elles se révèlent comme autant de structures et d'efficaces. De la même manière, le professeur ne doit pas se tromper dans le choix d'une activité informatique. Par-delà son fatras technique qui pourrait faire écran et qui peut impressionner les néophytes, il lui faut en sonder l'âme et en apprécier l'essence avec tout le sens critique qu'il exerce habituellement. Une activité informatique ne s'impose pas plus à lui qu'une activité traditionnelle. Il lui faut savoir en faire l'exégèse et choisir celles qui conviennent et rejeter celles qui ne correspondent pas à ses conceptions. De toute façon, même de manière inconsciente, l'expérience prouve que les activités qui répondent aux attentes des professeurs prospèrent et se développent alors que les autres de fait reculent et disparaissent. La vie fait le tri. Une difficulté, cependant, est que pour apprécier cette qualité d'une activité informatique donnée il faille la parcourir en la déroulant du début à la fin même quand il existe une présentation ou une documentation sur ses objectifs et méthodes. Il n'y a pas de résumé ni de raccourci possible. Et cela prend du temps.

Que rapporte l'enquête ?

Dans l'ensemble des activités pratiquées :



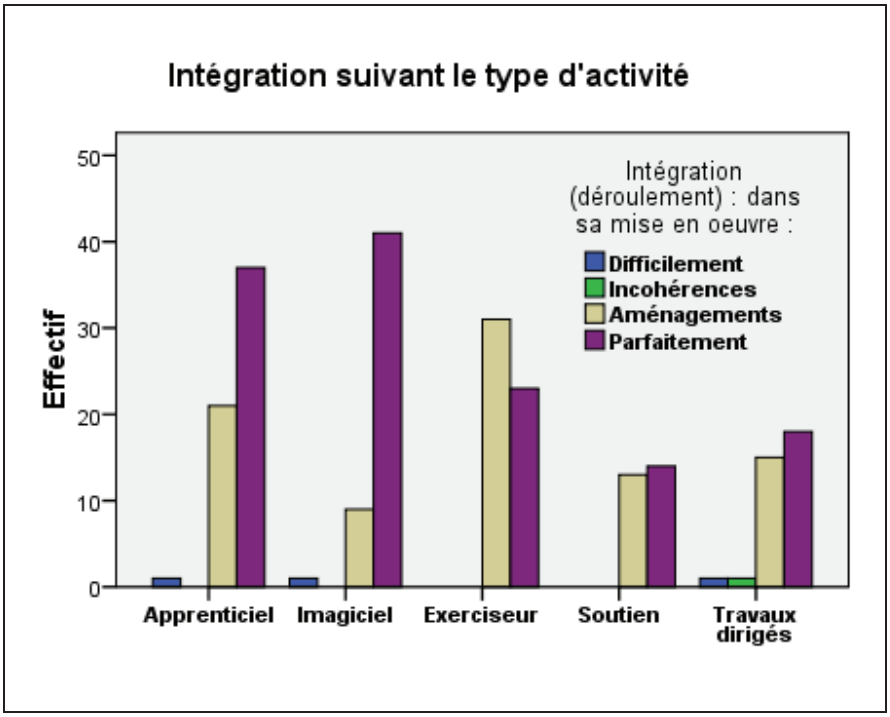
	Effectifs	Pourcentages
Difficilement	3	1,3
Incohérences	1	,4
Aménagements	89	39,4
Parfaitement	133	58,8
Total	226	100,0

Si l'on néglige les 4 activités qui sont difficilement intégrables ou qui présentent des incohérences avec l'enseignement, une petite majorité s'intègre parfaitement, à 59 %, mais une forte minorité, 39%, demande un effort d'aménagement. Cette intégration pratique n'est donc pas automatique. Pour 4 activités sur dix, le professeur a estimé nécessaire de modifier l'activité qu'il a trouvée pour pouvoir l'utiliser. Il est intéressant de déterminer dans quel cas.

Par type :

→ Ce sont les imagiciels qui s'intègrent le mieux dans la pratique des professeurs à 80 % avec seulement 18 % d'activités à aménager ainsi que les apprenticiels parfaitement intégrés à 63 % avec quand même quelque 36 % qui ont demandé des modifications.

→ Ce sont les exerciseurs qui demandent le plus d'aménagements à 57 % même si 43 % d'entre eux sont bien adaptés. Les logiciels de soutien sont mieux intégrables à 52 %, mais ils demandent aussi quelques efforts d'adaptation aux objectifs recherchés pour 48% d'entre eux. Les travaux dirigés s'intègrent de la même manière à 51 % et 43 %.



Voir Annexe2

Attesté
par le khi2 = 25,935 > 21
Pour ddl = 12
Avec erreur p 0,011

Il n'est pas étonnant que les exerciseurs soient les plus "aménagés", notamment quand ils sont utilisés pour des séances d'aide ou de soutien individuel ou par groupe. Souvent, ils ne comportent pas de révision du cours et se bornent à proposer des exercices d'application. Le professeur rajoute donc, avant le travail sur ordinateur, une séquence de révision du cours.

Attention à l'éloignement cognitif

Un recours informatique trop technique, trop long peut faire écran aux apprentissages. L'épaisseur, la lourdeur de la couche technique peut engendrer une perception faussée des concepts mathématiques visés en opacifiant, en troublant l'accès aux concepts par une diffraction gnoséologique. Ce filtre, ce bruit technique doivent être réduits au plus simple, la technologie doit rester transparente.

Prenons par exemple les réalisations et les productions de l'équipe de Cabri de Grenoble. Ce groupe d'éminents collègues adhère de fait à une conception constructiviste du savoir centré sur l'élève manipulant la géométrie dynamique s'apparentant aux principes de

l'école nouvelle spontanéiste. Plus de vingt ans plus tard, leurs travaux pourtant largement édités n'ont été ni très convaincants ni très pratiqués. Ils ont du mal à s'insérer dans le contrat didactique institutionnel de l'enseignement des mathématiques. Les activités sont centrées sur des constructions qui restent très techniques et compliquées, entraînant beaucoup de perte de temps et aboutissant à l'oubli, à l'éloignement des objectifs cognitifs du programme avec des résultats discutables. Les activités pèchent par un excès de construction et s'intègrent mal dans le déroulement ordinaire de l'étude d'une notion de géométrie. Pour éviter cette dérive, au lieu de vouloir tout reconstruire, de *refaire* une nouvelle géométrie avec Cabri, il parait préférable de simplement *mieux faire* une géométrie usuelle avec Cabri.

Car, mieux utilisée et intégrée, la géométrie dynamique de type Cabri peut parfaitement s'insérer dans le contrat standard comme instrument puissant de transposition des savoirs géométriques. Bien conçue et articulée, elle permet, ce qui est nouveau et intéressant, une *expérimentation* de la géométrie pour atteindre les objectifs du programme dans le respect de l'économie du temps et des rythmes d'apprentissage. Avec des figures pertinentes *données* (déjà construites), modifiables et animées, on peut agir sur elles pour en révéler les propriétés. Cabri permet d'inventer une nouvelle méthodologie de l'enseignement de la géométrie. Les notions et propriétés élémentaires peuvent être *mises en scène et instrumentalisées,* dans le respect de leurs logiques cognitives, permettant un *apprentissage expérimental* de la géométrie. Ainsi procèdent les apprenticiels et les imagiciels de géométrie.

Attention aux décalages cognitifs (rappel)

En étudiant l'effet de l'utilisation de calculatrices évoluées capables d'effectuer des calculs formels avec un logiciel tel que "Dérive", pour l'étude des limites, Michèle Artigue a mis en évidence l'existence d'un *décalage cognitif* entre la notion telle qu'elle ressortait de l'usage de calculatrices et sa conception mathématique. Cette altération, cette déviation du sens sont dues à un algorithme informatique différent de celui utilisé en mathématiques.

Au niveau du collège, on peut relever aussi quelques perturbations dues à la calculatrice scientifique simple utilisée de la sixième à la troisième. Le principal problème est celui de l'arrondi automatique qui donne sur la calculatrice l'erreur suivante qui fait problème avec les élèves de sixième :

2 : 3 ↵ 0.6666666667 et 0.6666666667 x 3 ↵ 2

Le tableur peut-être judicieusement utilisé pour faire comprendre aux élèves la différence entre le calcul fractionnaire et décimal :

2 : 3 ≈ 0.6666666667 et 0.6666666667 x 3 = 2.000000001

différent de 2 : 3 = 2/3 et 2/3 x 3 = 2

D'autres décalages qui peuvent s'avérer gênants :

Les points de base d'une figure de géométrie dynamique :

Avec tout logiciel de géométrie dynamique, Cabri, CaRMétal, Géogébra… pour construire une figure un tant soit peu complexe, il faut partir des points de base qui en assurent les fondations sur lesquelles repose l'animation de la figure. Une erreur sur les points de base et la figure s'écroule. Il faut souvent tout recommencer. Tous les praticiens de la géométrie dynamique le savent et en ont fait les frais. Il y a donc un algorithme spécifique de la construction de la figure. Mais ce problème n'existe pas dans une construction papier crayon avec la règle et le compas. On peut corriger facilement, gommer et remplacer un élément par un autre. De fait, il y a là un décalage cognitif dans la construction des figures. Il peut évidemment être compensé par une formation adéquate des élèves, par une instrumentation de l'apprenant. C'est d'ailleurs ce que proposent les nouveaux programmes que d'apprendre aux élèves à se servir d'un logiciel de géométrie. Mais la différence demeure.

Histogramme et fréquence du tableur :

Tous les tableurs, d'origine anglo-saxonne, disposent dans leurs fonctions résidentes statistiques d'une fonction "frequence". Sauf que dans l'acception anglaise, "frequence" désigne ce que nous appelons en français "l'effectif" d'une classe. Pour nous la fréquence est le pourcentage qui correspond à l'effectif. Il y a là une confusion grave qu'il convient de neutraliser en ignorant, en interdisant la fonction "frequence". De même, le tableur Excel appelle histogramme ce qui n'est qu'un simple graphique en barres. Les représentations ne sont pas proportionnelles aux données. Là encore, une mise en garde et un avertissement sont nécessaires.

En conclusion les critères de l'intégration interne d'une activité sont :

- Pas de décalage ni d'éloignement cognitif.
- Les prérequis nécessaires doivent être acquis par les élèves.
- Elle doit s'articuler harmonieusement avec l'avant et l'après-séance informatique.
- Sa démarche générale doit être fidèle aux commentaires des programmes.
- L'activité informatique doit être pleinement adaptée aux objectifs cognitifs.
- Plus particulièrement, les caractéristiques de l'activité, sa démarche, son organisation et son déroulement doivent correspondre, être en accord avec les conceptions (même implicitement) de l'enseignant.
- La complexité, la technicité informatique doivent être compatibles avec le niveau de la classe et les capacités des élèves.

C3 La pertinence

Tout recours informatique doit être *judicieux* et décidé après comparaison avec d'autres artifices didactiques. Vouloir faire sur ordinateur un exercice qui marche très bien sur papier, plus rapidement et plus simplement, serait une erreur grossière. Assurément dérisoire, le tout informatique est à bannir.

Mais il faut apprécier finement le *degré d'adéquation* de l'activité proposée avec les objectifs terminaux et intermédiaires visés, avec les conceptions et la démarche suivie. Enfin, il faut examiner la *cohérence* de la démarche pédagogique avec le logiciel choisi. Car tout logiciel procède d'une démarche et d'un type d'activité spécifiques : un apprenticiel de découverte n'est pas un imagiciel, ni un didacticiel un logiciel d'exercices. Faire réviser une leçon (avec un didacticiel) n'est pas la même chose que de s'entraîner à faire des exercices (exerciseurs). Découvrir expérimentalement une notion par une approche interactive de manière autonome et par écrit (avec un apprenticiel) n'est pas identique à la découverte de cette même notion par une classe par le jeu de questions orales sur une figure animée (un imagiciel). Avec les différents logiciels, on ne peut pas faire la même chose ni les intégrer dans la même phase didactique.

Résumons. Une activité intéressante peut très bien ne pas s'intégrer dans le déroulement général d'un cours. Et réciproquement, une activité qui pourrait parfaitement s'intégrer dans la démarche suivie peut ne pas être très efficace. Prenons un exemple. Le logiciel Tigre est un bon didacticiel pour l'aide à la démonstration en 4e. Sa conception en trois parties, "lire , démonter et rédiger" est tout à fait intéressante et correspond parfaitement aux exigences méthodologiques de ce type de raisonnement. Mais c'est un logiciel d'exercice. En tant que tel, sa fonction n'est pas de découvrir ce savoir-faire, mais de l'appliquer. Et son utilisation en salle informatique est lourde et longue et ne peut convenir qu'à des travaux dirigés ou de remédiation. En revanche, il est parfait pour aider les élèves dans leur travail personnel à la maison. Et comme logiciel gratuit, il a l'avantage de pouvoir être donné aux élèves. Mais pour l'intégrer en classe, il faut l'articuler en le mettant en scène dans un cours magistral par exemple comme support de la correction collective commentée et méthodique d'un problème posé à la classe. Son intégration dans un cours sur la démonstration est atypique et ne va pas de soi.

En matière de soutien, la pertinence du recours informatique est une exigence et une difficulté d'autant plus délicates que les cas de remédiations sont plus variés et nombreux. Plus cette indispensable adéquation aux objectifs de la remédiation sera forte et fine et

meilleur sera le recours informatique. L'enseignant se doit de mettre en œuvre un didacticiel parfaitement adapté au besoin de l'élève. Les approximations et les faux-semblants ne pourraient que compromettre la qualité de l'opération. Particulièrement dans le cas d'une action ponctuelle, il doit être choisi à bon escient. Pour une activité systématique, c'est l'ensemble du système logiciel qu'il convient de considérer par rapport aux objectifs visés, avec ses forces et ses faiblesses. L'appréciation de l'ensemble est plus complexe et demande de l'expérience pour une bonne appropriation. Il n'est pas sûr qu'il faille se laisser aller à la facilité du programme d'activités proposé. Celui-ci pourra gagner à être modifié. Mais il faut du temps et de l'expérience pour en acquérir la maîtrise, pour en augmenter les facteurs d'intégration et d'adéquation capable d'en élever l'efficacité générale.

En quelque sorte, la pertinence du recours informatique, c'est l'aspect *qualitatif* de son intégration selon une dialectique ainsi définie : plus étroite est l'intégration, meilleure pourra être sa pertinence et meilleure est la pertinence, plus assurée sera son intégration.

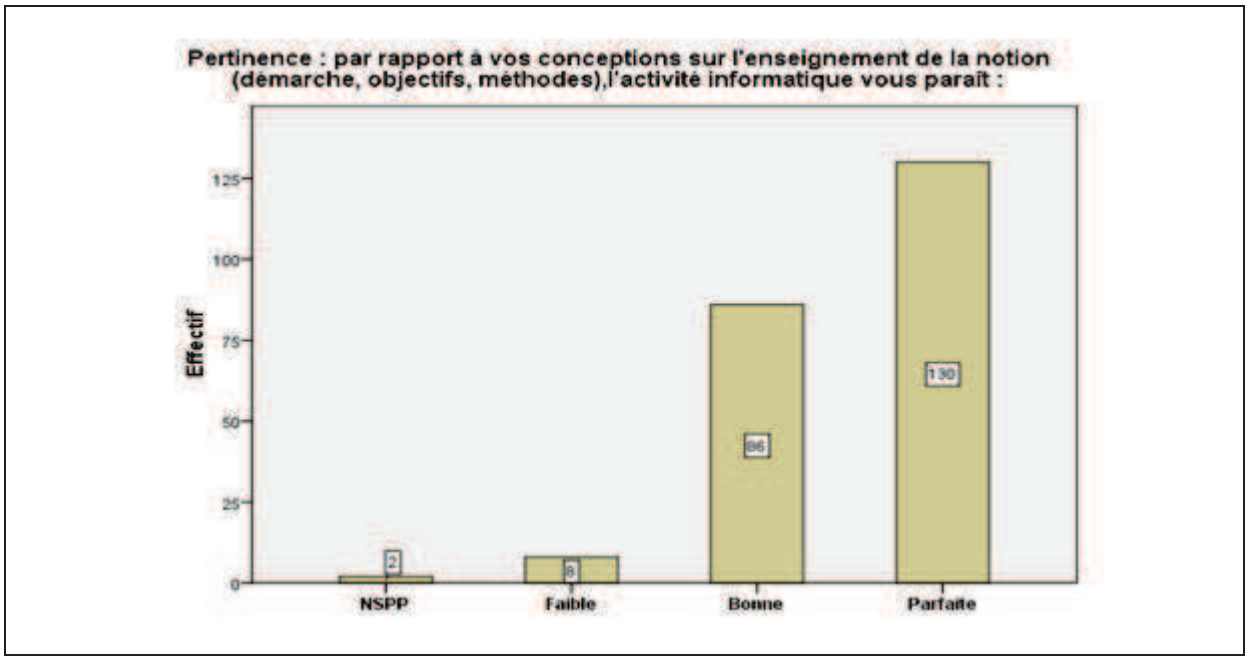
En résumé, on peut lister les différents critères de la pertinence :

- Le *degré d'adéquation* de l'activité, de sa typologie avec les exigences de l'intégration.
- Le *degré de correspondance* de la conception, la démarche, la méthode, les étapes, les objectifs intermédiaires, le déroulement avec celles et ceux du professeur.
- La *qualité* de la démarche, du déroulement, de la méthode utilisée, de son articulation et sa capacité à atteindre tous les objectifs visés.
- Le *degré* de satisfaction effectif des attentes.

Qu'enseigne l'enquête ?

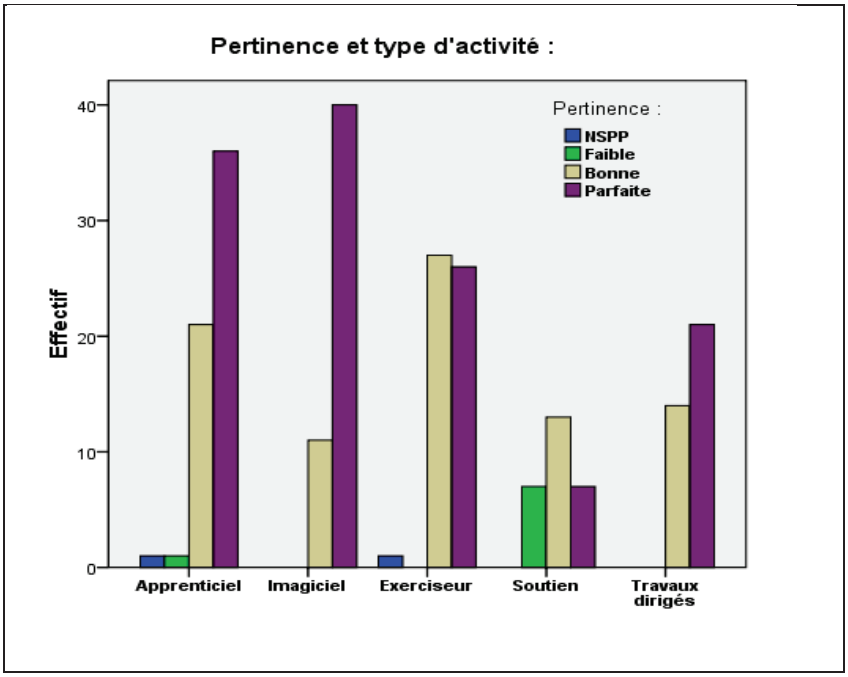
Les activités choisies et pratiquées sont d'une bonne pertinence à 96 % (parfaite à 58 % et bonne, satisfaisante, acceptable à 38 %). Peu d'activités d'une faible pertinence 3,5 %.
Cette constatation illustre bien l'importance du deuxième principe de la praxéologie informatique : l'activité informatique doit être pertinente !

		Effectifs	Pourcentage
Pertinence	NSPP	2	,9
	Faible	8	3,5
	Bonne	86	38,1
	Parfaite	130	57,5
	Total	226	100,0



Dans l'ordre décroissant de la pertinence :

- Les imagiciels ont la pertinence la plus parfaite avec 78 % de parfaitement adaptée pour 22 % de bien adaptée.
- Les apprenticiels en second avec respectivement 61% et 36% et les travaux dirigés avec 60% et 40%.
- Puis les exerciseurs plutôt d'une bonne pertinence à 50 % et parfaite à 48 %.
- Ce sont les activités de soutien qui ont la pertinence la plus inégale avec notamment 26 % de faible pour 48 % de bonne et 26 % de parfaite seulement.



Voir annexe2

Attesté par le
Khi2 =61,824 > 21
Pour ddl = 12
Avec p ≈ 0,000

C4 Le temps, la durée

Une des contraintes des plus sévères en informatique pédagogique est celle du temps. La maîtrise de la chronogenèse est décisive. En regard de la chronogenèse générale, institutionnelle de référence, imposée par le curriculum dans le cadre de la transposition externe, la chronogenèse locale, particulière, de la transposition interne accomplie au moyen d'une activité informatique, doit être avantageuse ou acceptable, tolérable. Le recours informatique ne doit pas faire perdre de temps. Il doit s'inscrire dans la durée consacrée à l'étude d'une notion en respectant le planning de l'accomplissement du programme. Une activité géniale qui occuperait trop de temps perdrait beaucoup en crédibilité et finirait par être remise en cause. Le rapport efficacité/durée, c'est-à-dire le rendement, doit être favorable, voire bénéfique. Ou, pour le moins, le recours informatique doit rester économique. Et quand le recours informatique fait gagner du temps, ce qui arrive assez souvent, il n'en a que d'autant plus de valeur.

Dans cette durée, n'est pris en compte que *le temps passé devant les élèves* et non le temps de préparation qui peut être très variable entre l'utilisation d'une activité toute faite et une activité élaborée par le professeur lui-même.

Exemple : l'étude de la surface latérale du cylindre en 5^{e}

▪ l'apprenticiel élève expérimental élaboré avec Géospoacw a nécessité 10 heures de travail pour un temps d'utilisation de une heure en salle informatique ; il a été abandonné du fait de sa lourdeur et de son excessive durée.

▪ l'imagiciel magistral réalisé avec Cabri en cinq heures (!) qui lui a succédé pour une utilisation de 10 minutes en cours s'est révélé plus efficace.

C'est le différentiel de la comparaison entre la durée du recours informatique par rapport à celle de l'activité traditionnelle similaire qui est le critère essentiel. *Le gain de temps pour une meilleure efficacité* est toujours l'objectif recherché d'une technologie productive comme éducative.

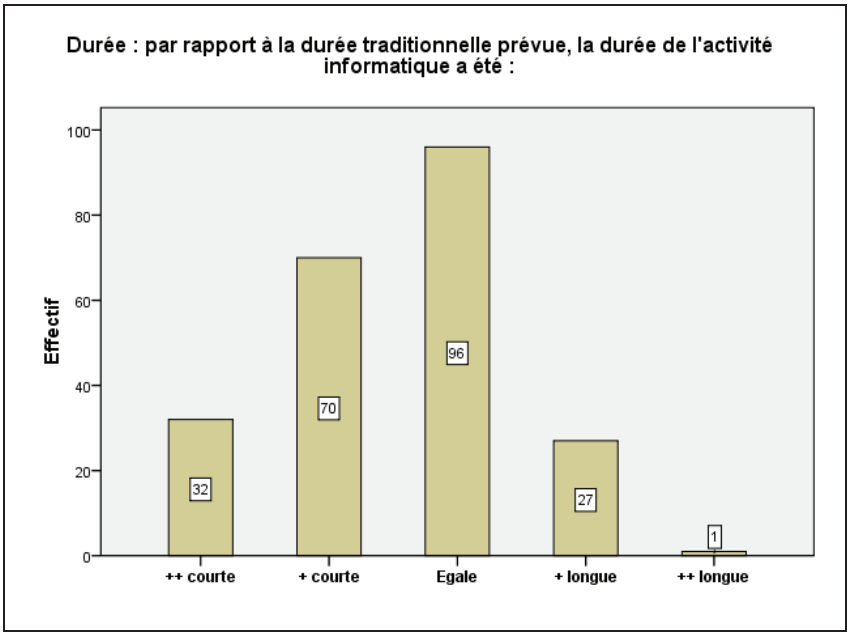
Les enseignements de l'enquête :

Des résultats intéressants :

▪ 45 % des activités représentent un gain de temps par rapport à une activité similaire traditionnelle, dont 32 % (1/3) nettement plus courte.

▪ 43 % des activités se déroulent sur une durée à peu près égale.

▪ 12 % seulement ont pris un temps plus long.



	Effectifs	Pourcentage
++ courte	32	14,2
+ courte	70	31,0
Égale	96	42,5
+ longue	27	11,9
++ longue	1	,4
Total	226	100,0

On peut en conclure que les activités informatiques à 88 % se déroulent sur une durée plus courte ou égale et ne sont pas pénalisantes en temps. Il convient de nuancer cette généralité dans le détail des activités et des acteurs.

Selon le type :

Par type d'activités des spécificités remarquables (*le plus grand poids en italique*) :

→ Les imagiciels sont plus courts à 90 % et *très nettement plus courts* pour la moitié d'entre eux, 51 %, représentant un avantage en temps sensible par rapport à une activité traditionnelle équivalente.

→ La moitié des exerciseurs 50 % occupent *la même durée* et 45 % sur *une durée plus courte* permettent un gain de temps.

→ Le soutien se déroule en gros sur *la même durée* 78 % (± 11 %). Ce qui est normal puisque le soutien est organisé sur une durée et un horaire prévu à l'emploi du temps.

→ Les apprenticiels se déroulent sur des durées variables : une *durée égale,* à 48 %, à l'activité traditionnelle, à 22 % sur une *durée plus longue* et à 31 % sur une durée plus courte. Il est significatif qu'ils s'organisent à 79 % sur une durée non pénalisante et pour presque un tiers sur un gain de temps.

→ Les travaux dirigés se passent sur des durées inégales, mais également réparties : presque la moitié sur un même temps que les mêmes travaux traditionnels, un quart *plus longuement* (26 %) et un quart plus rapidement (29 %).

Selon la catégorie de l'enseignant :

L'étude de la durée comparative des activités par rapport à la catégorie des enseignants montre que ce sont les experts qui déclarent le plus d'activités courtes :

- 88 % des activités beaucoup plus courtes (32).
- 67 % des activités plus courtes au nombre de 70.

Les activités de durée égale (96/226) ne sont pas significatives étant donné que les nombreuses activités de soutien ont des durées égales par obligation légale.

Pour les durées plus longues, une petite tendance des activités plus longues (28/226), plus marquée du côté des débutants 26 % et des avertis 33 %.

C5 La performance, la supériorité

C'est maintenant une vérité admise par tous les didacticiens que l'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement complexifie la tâche de l'enseignant. Ce médium technologique présente une complexité technique et une lourdeur organisationnelle et matérielle inévitables. En regard de ce passif, la mise en place d'une action informatique doit faire la preuve non seulement de son efficacité, mais encore et surtout de sa *supériorité*. Elle doit apporter un avantage incontestable. Sinon à quoi bon se compliquer la vie. Son rendement final doit être meilleur que toute action traditionnelle. Une technologie nouvelle d'enseignement doit apporter une *performance supérieure* ou elle n'a aucun intérêt. En informatique, être performant ou ne pas être, voilà la question ! Faire mieux ou disparaître.

Ce principe est vrai pour toute technologie nouvelle. Si l'on prend l'exemple de la voiture pour se déplacer, si elle n'allait pas tellement plus vite que la marche à pied, elle aurait été abandonnée depuis longtemps au regard de ce qu'elle coûte et de ses contraintes.

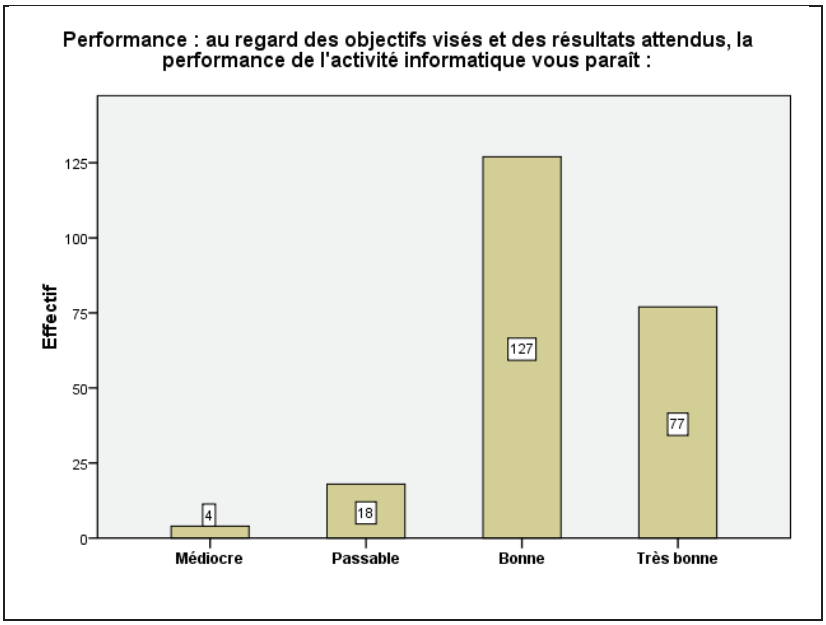
Les résultats de l'enquête :

Quelles appréciations ont portées les professeurs des activités pratiquées ?

Sur la performance

Pour l'ensemble des activités :

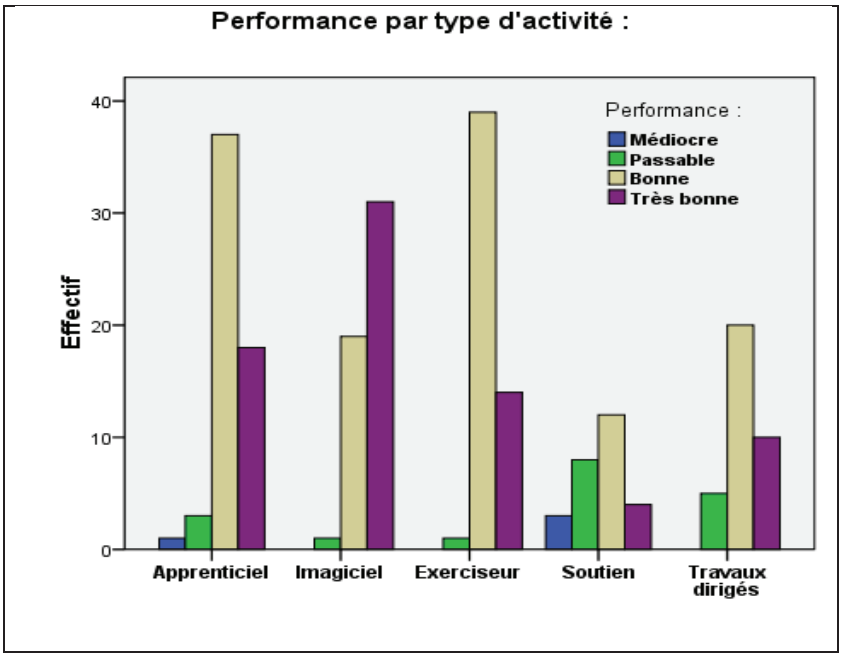
Au regard des objectifs visés et des résultats attendus, aucune des 226 activités déclarées n'a été jugée mauvaise. Quatre ont été estimées médiocres et 18 passables, soit 8 %. La majorité est appréciée comme bonne soit 56 % et un bon tiers, 34 %, est considéré comme très bonne soit 90 % comme performantes.



	Effectifs	Pourcentage
Médiocre	4	1,8
Passable	18	8,0
Bonne	127	56,2
Très bonne	77	34,1
Total	226	100,0

Par type d'activité :

Les différents types d'activités n'ont pas la même performance :



Voir Annexe2

Attesté par le
Khi2 = 60,956 > 21
Pour ddl = 12
Avec p ≈ 0,000

▪ Sans surprise, ce sont encore les imagiciels qui remportent la palme avec 61 % d'activités jugées très performantes et 37 % appréciées comme bonnes.

▪ Ensuite les apprenticiels avec 31 % d'activités de performance très bonnes et 63 % de bonnes.

On remarque 3 apprenticiels passables et un médiocre pour des raisons de maladresses et erreurs (par exemple des durées excessives : 3 heures pour étudier les droites remarquables du triangle !).

▪ Les exerciseurs sont appréciés comme bons en performance à 72 % et très bons à 26 %.

▪ Les travaux dirigés inégaux avec 57 % bons, 27 % très bons et 14 % passables

▪ Ce sont les logiciels de soutien qui sont les plus inégaux et inférieurs : 15 % très bons, 44 % bons, mais 30 % passables et 11 % médiocres ! Ces mauvais scores s'expliquent par la proposition d'activités complexes qui ne donnent aucune aide méthodologique (pour du soutien !) et ne font que vérifier le résultat final. Par exemple pour des calculs proportionnels ou encore pour calculer des volumes complexes en 5e avec SMAO5W.

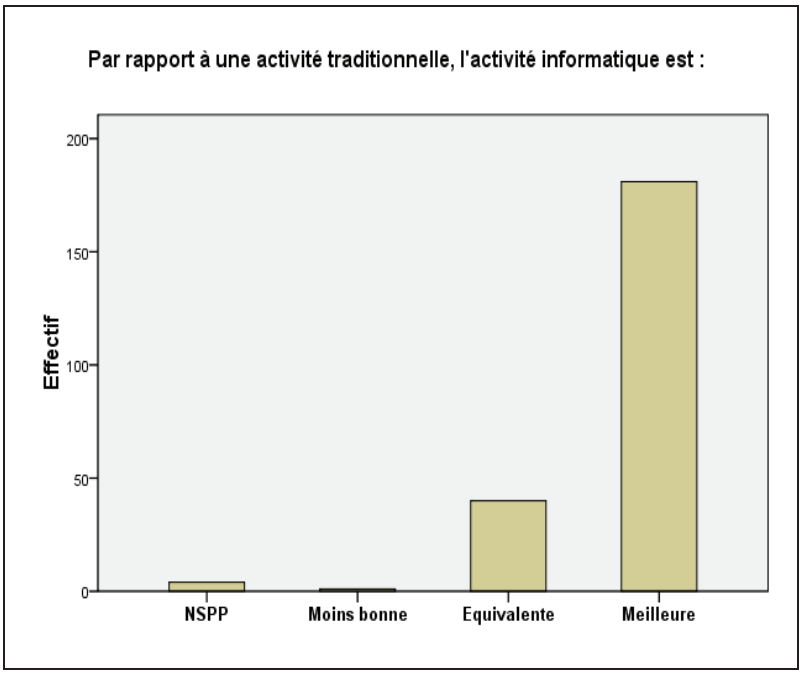
Sur la supériorité

Dans l'ensemble, les activités déclarées pratiquées sont appréciées à 80 % comme meilleures que toute activité correspondante traditionnelle. La supériorité est bien un critère fondamental de la praxéologie informatique. On peut avancer cette loi :

1er. Le recours informatique s'impose quand l'activité informatique est jugée meilleure qu'une activité traditionnelle.

2e. Le recours informatique disparaît quand l'activité informatique est jugée moins bonne qu'une activité traditionnelle

Les 18 % d'activités équivalentes peuvent être interprétés comme un choix, un compromis, une facilité (en soutien) ou un essai.



	Effectifs	Pourcentage
NSPP	4	1,8
Moins bonne	1	0,4
Équivalente	40	17,7
Meilleure	181	80,1
Total	226	100,0

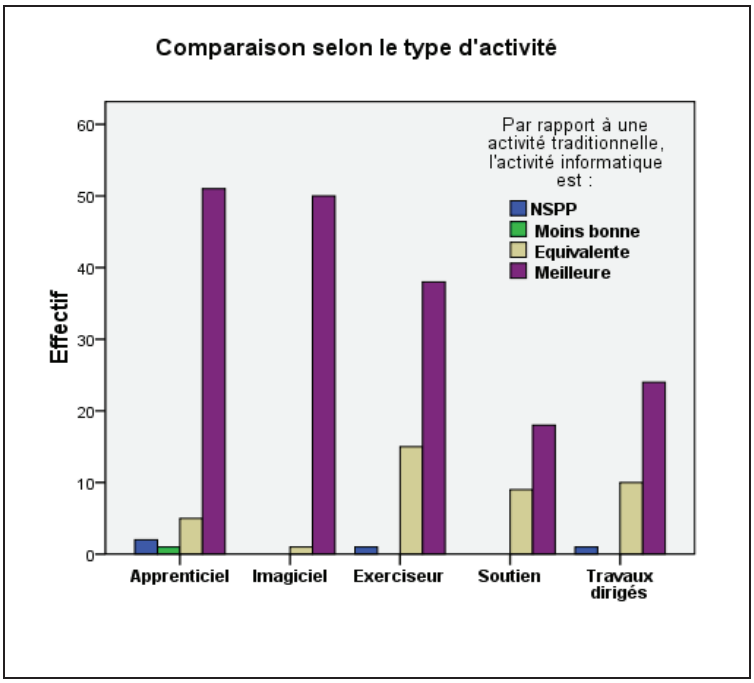
Selon le type :

Si l'on examine cette comparaison selon le type de l'activité informatique, il apparaît nettement que :

▪ Les apprenticiels sont jugés meilleurs qu'une activité traditionnelle à 86 % ; les quelques

moins bons concernent des tentatives qui ont été invalidées.

- Les imagiciels le sont également à 98 % !
- Ce sont les exerciseurs, les activités de soutien et les travaux dirigés qui, bien que meilleurs respectivement à 70 %, 67 % et 69 % présentent un nombre significatif d'activités jugées équivalentes à, respectivement, 28 %, 33 % et 29 %.



Voir annexe2

Attesté par le khi2 = 28,634 > 21

Pour ddl = 12

Avec erreur p ≈ 0,004

Les quelques cas d'incertitudes peuvent concerner des activités informatiques qui n'ont pas d'équivalents traditionnels par exemple pour la formation à l'utilisation du tableur.

B/ Les composantes de l'action

C6 Les conditions matérielles, humaines et organisationnelles

Retour sur la dimension escollogique du recours informatique. Pour pratiquer une activité (AIEA), pour le moins, les conditions minimales matérielles, organisationnelles et humaines doivent être remplies et représentent inexorablement une des composantes pratiques du recours informatique qui se décline en trois dimensions :

- la base matérielle informatique : un réseau d'établissement administré par une équipe qui en assure le bon fonctionnement ainsi que des postes avec vidéoprojecteur, TBI ou caméra dans les classes, gère les comptes professeurs et élèves, installent les logiciels et les fichiers de travail communs, planifie l'utilisation des salles informatiques, aide les collègues… Une salle informatique équipée d'un nombre conséquent de postes de travail, au moins une quinzaine (entre 15 et 30)

▪ la base organisationnelle : si le professeur doit réserver la salle informatique pour un apprenticiel élève, il faut qu'elle soit disponible et réservée en temps et heure. Il faut qu'il dispose du nombre de photocopies nécessaire pour dupliquer les documents de travail.

▪ la base humaine : le professeur doit avoir reçu une formation à l'utilisation de l'informatique sur le plan technique et pédagogique ou avoir acquis une expérience suffisante ; les élèves avoir reçus une formation à l'utilisation de l'ordinateur (B2i). Évidemment, l'effectif des classes joue également un rôle dans cette affaire : une classe chargée (30 élèves) est plus lourde à gérer qu'un groupe moins nombreux, une quinzaine ou une vingtaine d'élèves.

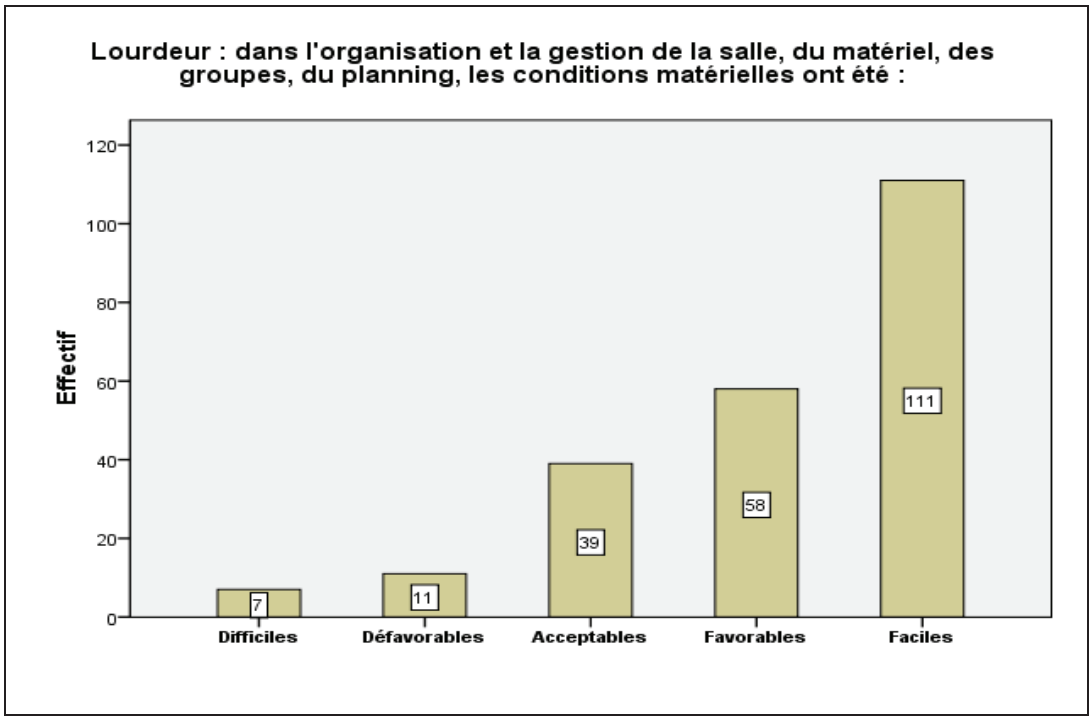
Les conditions sont loin d'être favorables dans tous les collèges au point de compromettre voire d'empêcher le recours informatique. Le plus souvent, le professeur peut voir son recours rendu plus difficile par la défaillance partielle d'une des conditions.

Les témoignages de l'enquête :

Dans l'ensemble :

Les conditions matérielles d'organisation des activités sont dépendantes des infrastructures de l'établissement, de ses dotations en matériels et salles et de l'organisation de son service informatique pédagogique. Par son principe même, l'enquête s'intéressait aux professeurs qui pratiquaient un recours informatique. On doit tenir compte que, dans leurs établissements, les conditions devaient être plutôt favorables. Les résultats de l'enquête concernent donc les cas des professeurs actifs jouissant de conditions au moins suffisantes.

À partir des activités déclarées par ces professeurs, on constate que :



▪ Les conditions sont plutôt positives, dans l'ensemble, pour les 75 % (3 sur 4) d'entre elles dont 49 %, la moitié (1 sur 2), faciles et 26 % favorables (1 sur 4).

▪ 17 % (1 sur 6) se déroulent dans des conditions acceptables.

▪ Les conditions sont défavorables pour 8 % (1 sur 12) dont 3 % (1 sur 30) difficiles, ce qui est peu, mais compréhensible dans le cadre de l'enquête.

Dans le cadre action :

Des conditions différentes suivant le cadre de l'action (*le plus grand poids en italique*) :

▪ Nettement plus *faciles* en cours avec 58 %, 16 % favorables, 16 % acceptables et 5 % défavorables, 6% difficiles (la facilité du vidéoprojecteur ou de la caméra en classe).

▪ Pour les exercices : 38 % faciles, 33 % *favorables*, 21 % acceptables, 4 % défavorables et 4 % difficiles (en salle informatique).

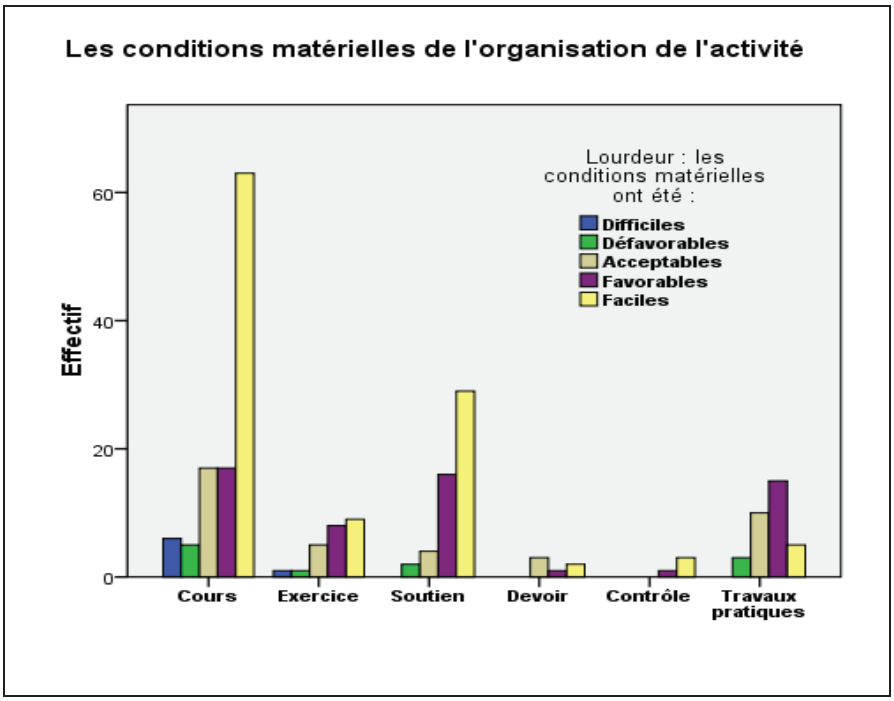
▪ Pour le soutien : 57 % *faciles*, 31 % favorables, 8 % acceptables, 4 % défavorables.

▪ Pour les devoirs : 33 % *faciles*, 17 % favorables, 50 % *acceptables*.

▪ Pour les contrôles : 75 % *faciles*, 25 % favorables

▪ Pour les travaux pratiques : 15 % faciles, 46 % *favorables*, 30 % acceptables, 9 % défavorables.

Dans l'ordre : contrôles, cours, soutien, exercices, devoirs, travaux pratiques.



Voir annexe2

Attesté par le Khi2 = 39,867 > 31,41

Pour ddl = 20

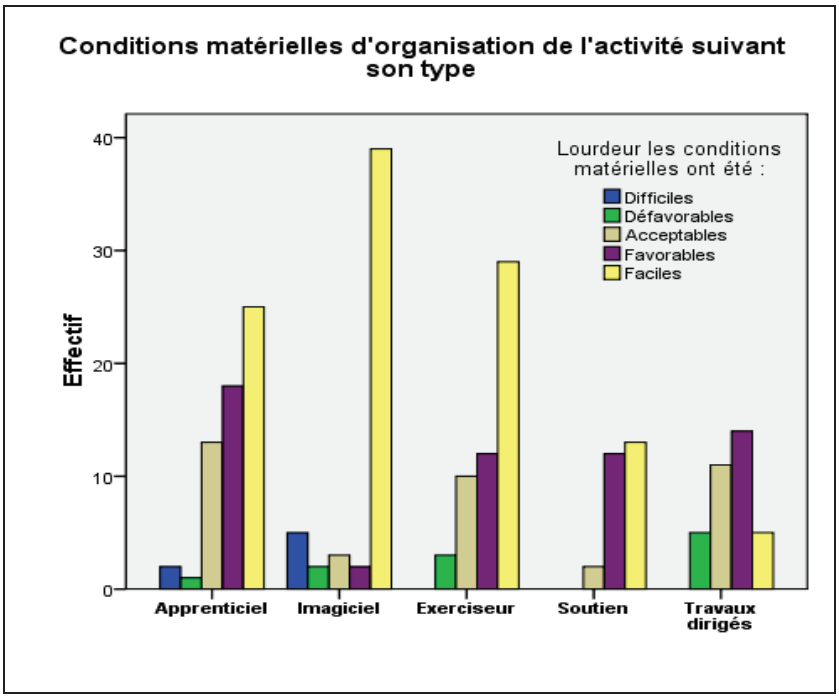
Avec p ≈ 0,005

Selon le type :

Ces conditions matérielles dépendent du type d'activité (*le plus grand poids en italique*) :

- Apprenticiels : conditions faciles pour 42 %, 31 % *favorables*, 22 % *acceptables* et 2 % défavorables, 3 % difficiles. Les apprenticiels en salle informatique sont plus lourds à organiser.
- Pour les imagiciels : 77 % *faciles*, 4 % favorables, 6 % acceptables, 4 % défavorables et 10 % *difficiles* (matériel indisponible). Les plus faciles à organiser.
- Pour les exerciseurs : 54 % *faciles*, 22 % favorables, 19 % acceptables, 6 % défavorables.
- Pour le soutien : 48 % *faciles*, 44 % favorables, 7 % acceptables.
- Pour les travaux dirigés : 14 % faciles, 40 % *favorables*, 31 % *acceptables*, 14 % défavorables. Les TP ou TD les plus lourds à organiser en salle informatique.

Dans l'ordre : imagiciels, exerciseurs ou soutien, apprenticiels, travaux dirigés.



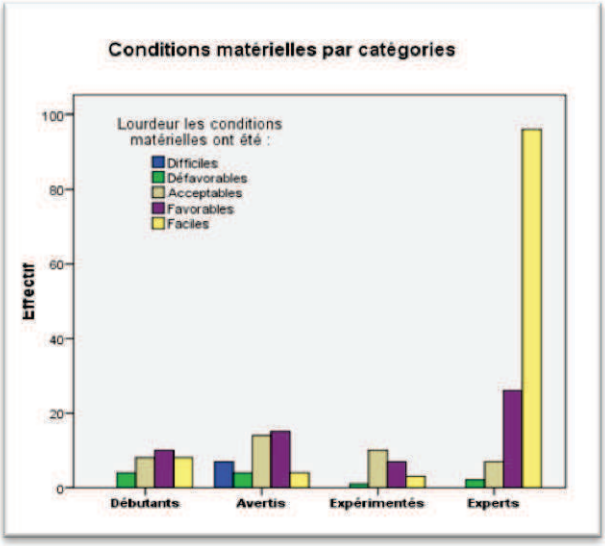
Voir annexe2

Attesté par le

Khi2 = 64,214 > 26,30

Pour ddl = 16

Avec p ≈ 0,000



<u>Selon la catégorie :</u> (voir annexe2)

Les experts, qui sont également administrateurs réseau de leurs établissements, ont des conditions matérielles beaucoup plus favorables que les autres catégories à 93 % dont 73 % de faciles. Ils faussent donc le résultat d'ensemble. Mais ils sont également de grands praticiens de l'informatique pédagogique. Ils représentent les conditions les plus favorables ou les plus

avancées du recours informatique.

Cependant, certains comportements apparaissent à partir des résultats :

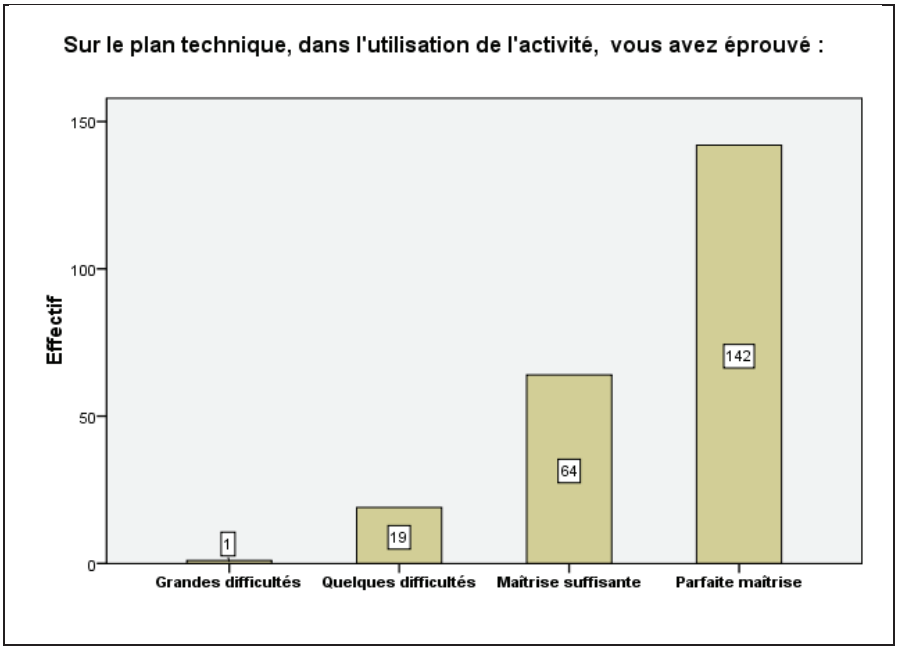
- Tous les débutants, expérimentés et experts n'acceptent pas ou ne travaillent pas dans des conditions difficiles. Seuls des avertis, plutôt femmes l'acceptent ou l'affrontent.
- Les débutants opèrent dans des conditions plus favorables, à 60 %, pour 43 % pour les avertis et 48 % pour les expérimentés (compréhensible pour des débutants).
- Avertis et expérimentés osent travailler dans des conditions seulement acceptables à 32 % et 48 %.

C7 La maîtrise technique

Pour pratiquer une activité informatique (AIEA), tout professeur doit être capable de dominer la machine, d'en connaître les rudiments indispensables de la conduite d'un ordinateur de bureau ou d'une salle informatique. Nul besoin d'être un ingénieur système. En règle générale, le professeur ne devra rien installer ni paramétrer, son gestionnaire de réseau fera le nécessaire à sa demande. En cas de difficultés, il doit pouvoir recourir à l'aide de l'administrateur informatique de son établissement. En fait, il lui faut maîtriser les compétences de base en matière de logiciel et de système, avoir l'équivalent du "permis de conduire" de l'ordinateur (le C2i) tout comme il a celui d'une voiture. Et comme en tout, cette capacité s'accroîtra avec l'expérience ou par la formation notamment lors de stages académiques ou d'établissement.

Les contributions de l'enquête :

Dans l'ensemble :



	Effectifs	%
Grandes difficultés	1	0,4
Quelques difficultés	19	8,4
Maîtrise suffisante	64	28,3
Parfaite maîtrise	142	62,8
Total	226	100,0

La très grande majorité des activités se sont déroulées avec une maîtrise suffisante (28 %) ou parfaite (63 %) dans la conduite de l'activité sur le plan technique (91 %). Mais 9 % ont éprouvé quelques ou beaucoup de difficultés du côté des débutants.

Maîtrise suivant le type d'activité : (*le plus grand poids en italique*)

▪ Ce sont les logiciels de soutien qui sont donnés comme les plus faciles à utiliser sur le plan technique : maîtrise suffisante 14,8 % et *parfaite* 85,2 % soit 100 %.

▪ Ensuite les imagiciels avec pour maîtrise *parfaite* à 77 %, plus 16 % suffisante, soit 93 % ; 8 % de difficultés.

▪ Puis les exerciseurs avec pour maîtrise suffisante 18,5 % plus 68,5 % *parfaite*, soit 87 % ; 13 % de difficultés.

▪ Puis les *apprenticiels* avec pour *maîtrise suffisante* 42 %, plus 53 % parfaite, soit 95 % ; 5 % de difficultés.

▪ Enfin, en dernier, les travaux dirigés avec pour *maîtrise suffisante* 49 %, plus 34 % parfaite, soit 83 % et 17 % de difficultés (sur les tableurs notamment).

Dans l'ordre : soutien, imagiciels, exerciseurs, apprenticiels et travaux dirigés.

Maîtrise technique suivant le logiciel :

Des différences dans la maîtrise technique apparaissent suivant le logiciel utilisé : (*le plus grand poids en italique*). Les résultats sont faussés par le grand poids des experts formateurs qui a priori maîtrisent parfaitement ces logiciels. Les nuances font apparaître les difficultés des autres catégories.

- Cabri : des activités pratiquées avec une *parfaite maîtrise* à 74 %, suffisante à 22 % et quelques difficultés à 3 %
- CaRMétal : trop peu d'activités (3).
- Géogébra : *maîtrise suffisante* à 92 % et quelques difficultés à 8 %
- Mathenpoche : une parfaite maîtrise à 60 %, *suffisante* à 30 %, quelques difficultés à 10 %
- SMAO : une *parfaite maîtrise* à 100 %
- Aplusix : seulement 4 activités
- Tigre : seulement 2 activités
- Excel : une *parfaite maîtrise* à 65 %, suffisante à 19 % et *quelques difficultés* à 15 %
- Calc : une parfaite maîtrise à 29 %, *suffisante* à 47 %, *quelques difficultés* à 19 %, grandes difficultés à 5 %
- Géospace : *parfaite maîtrise* à 67 %, suffisante à 24 % et quelques difficultés à 10 %

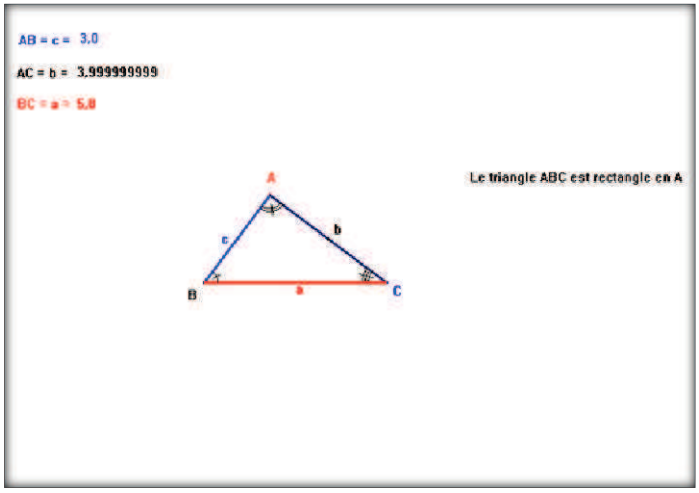
Dans l'ordre : SMAO, Cabri, Géospace, Excel, Mathenpoche, Calc, Géogébra, …

C8 Le scénario

Le recours informatique ne se limite pas, dans la plupart des cas, à la seule activité strictement informatique. Elle s'insère dans une activité pédagogique plus large faisant appel à des travaux supplémentaires, d'accompagnement, de préparation, de complément et d'application. La partie informatique stricto sensu joue son rôle (souvent déterminant) dans cet ensemble harmonieusement conçu selon une articulation et un déroulement prévu. Un véritable scénario est ainsi élaboré et mis au point de manière plus ou moins explicite suivant qu'il s'agit d'une activité personnelle ou d'une activité collective éditée et transmise à d'autres enseignants. Exemples :

→ *Scénario indicatif de l'activité sur la réciproque du théorème de Pythagore*[1] *:*

① Dans un premier temps, les élèves conjecturent sur les constructions au compas de 5 triangles : 4 sont jugés rectangles par les élèves.



② Dans un deuxième temps, les 4 triangles sont jugés par Cabri par son imagiciel : deux seulement sont déclarés rectangles.

③ Dans un troisième temps, Cabri lui-même est mis en défaut par un imagiciel : à partir de la neuvième décimale, ses affichages et figures sont contradictoires (voir figure).

④Dans un quatrième temps, sous la direction du professeur, les élèves recherchent une méthode de détermination : la relation de Pythagore est retenue, mais pas le théorème ("Dans un triangle rectangle…" ← à déterminer).

⑤ La mise en œuvre de la méthode de détermination est correctement définie dans les deux cas d'un triangle rectangle et non rectangle. Le théorème réciproque est formulé et énoncé

⑥ Exercices d'application.

L'activité informatique intervient dans les phases ② et ③. Elle a pour but de montrer que les conjectures à l'œil et à l'équerre ou au rapporteur ne sont pas fiables. Mais que Cabri ne l'est pas davantage à partir d'une certaine précision. Tout cela pour introduire la nécessité d'une méthode sûre et rationnellement démontrée.

[1] Voir la fiche "Objectifs-méthodes" de l'activité "Réciproque de Pythagore" sur le DVDrom PIMC ou le site IREM de Toulouse.

→ *Scénario pour la réalisation du patron du cylindre en 5e :*

Prérequis : description et nomenclature, mesures caractéristiques génératrice h et rayon de base R, dessin en perspective cavalière (avec Géospace)

① Demande aux élèves d'imaginer, de proposer un patron du cylindre. En général, après plusieurs tentatives, les élèves échouent

② Proposition de découper une boite de conserve ou plutôt de l'artefact de la monstration d'un imagiciel Cabri ou Géospace du développement du cylindre

Répétition du développement pour en déterminer la forme et les dimensions à l'aide d'un questionnement judicieux (r des disques, h et 2πr de la surface latérale)

④ Calcul des dimensions pour le cylindre à construire ex : h = 5 cm et R = 2 cm

⑤ Traçage et découpage du patron sur feuille quadrillée (5 mm)

⑥ Pliage et réalisation du cylindre, collé par une base sur le cours

L'activité informatique stricto sensu intervient dans les phases ② et ③.

Documentation de l'imagiciel

Le patron du cylindre est fait d'un rectangle de longueur égale au périmètre du disque de base et de largeur égale à la génératrice et de deux disques de base.	Mettre en évidence le patron à partir de la vue en perspective en développant la surface latérale et les deux disques de base et inversement.	Tirer le point vers la droite pour développer la surface latérale et tirer le centre du disque supérieur vers le haut pour développer les deux disques de base; la surface latérale peut se déplacer.

→ *Scénario pour l'étude de la symétrie centrale en 5e avec Cabri II (version 1997)* (ci-joint)

Ce scénario ancien du groupe IREM (utilisant à l'époque des PC monopostes et une tablette rétroprojetable) est intéressant en ce sens qu'il présente séquentiellement les six phases de cet apprenticiel, depuis l'introduction, la découverte, l'évaluation, la synthèse, l'application, le contrôle, jusqu'à la remédiation, en précisant, à chaque étape, la forme et les variables pédagogiques (classe entière ou deux demi-classes), les actions du professeur et des élèves, les supports, les matériels, le déroulement, le lieu, la durée et l'organisation. Ce scénario indicatif n'avait rien d'impératif. Il avait surtout pour but d'attirer l'attention des professeurs en formation à considérer l'ensemble des tâches à accomplir pour utiliser un apprenticiel en salle informatique dans les conditions matérielles de l'époque. Il donne une idée réaliste de la complexité de la mise en œuvre d'un apprenticiel élève.

Séquence	*Pédagogie*	Actions	Supports	Matériels	Déroulement	Lieu	Durée	Organisation
0. Introduction (option)	*Magistrale ou active*	Révision	Manuel	Exercices activités	⇨ Révision des pré-requis par les élèves sous forme d'exercices, d'activités ou de devoirs	en classe ou à la maison	variable	non nécessaire
1. Découverte	*Active autonome*	Séquence informatique	Apprenticiel Cabri	PC Cabri II Fichiers images Fiche élève	⇨ Cabri II et les fichiers imagiciels installés sur chaque PC dans le répertoire **symcent1** ou **symcent2** sous Cabri II ⇨ Le professeur a imprimé les fiche élèves et fiche figures (fichiers WORD FISYMCENT.DOC et WSYMCENT.DOC version 1 ou 2 du répertoire Fiches) et les a photocopiés ⇨ Le professeur a donné les consignes aux élèves ⇨ Le professeur a lancé Cabri II, ouvert le répertoire **symcent1** ou **symcent2** et chargé le menu spécial **Symcent.men** ⇨ ou l'a fait exécuter par les élèves tous ensemble ⇨ Les élèves accomplissent à l'écran et sur leurs fiches les questions 1.n à 4 obligatoires; si nécessaire, le professeur aide les élèves les plus lents ⇨ Les questions 5.n représentent une activité d'attente pour les élèves les plus rapides ⇨ Parallèlement, suivant le nombre de postes, une demi classe travaille sur les activités du manuel	Salle informatique	1 heure	(en fonction du nombre de PC) 1 ou 2 élèves par poste classe entière
			Manuel	Activités		salle attenante	2 x ½ heure	2 demi classes alternant sur les postes (par 1 ou 2 élèves) et dans la salle attenante
2. Evaluation	*Magistrale*	Evaluation formative		Fiches élèves	⇨ Le professeur relève les fiches élèves et évalue le résultat de la recherche (notation possible)			Préparation du cours de synthèse l'heure suivante
3. Synthèse	*Magistrale maïeutique collective*	Cours	Classeur ou cahier élève	PC magistral Cabri II Imagiciels Tablette rétroprojetable Fiche élève Fiche figures	⇨ Restitution des fiches de recherche aux élèves ⇨ Synthèse des résultats de la recherche sur la fiche élève en s'aidant des imagiciels magistraux (rétroprojetés) du répertoire **symcentm** installés sous Cabri II et élaboration du cours sur le classeur ou cahier en utilisant et en complétant les dessins de la fiche figures ⇨ Définition, construction, propriétés et applications de la symétrie centrale	Classe	1 heure	Classe entière
4. Application	*Magistrale et active collective*	Exercices	Classeur ou cahier élève	Manuel Fiche figures	⇨ Séance d'exercices ou de correction sur les savoirs et savoirs faire exigibles et souhaitables	Classe	1 heure	Devoirs élèves corrigés en classe
5. Contrôle	*magistrale collective*	Evaluation sommative	Sujet	Fiche sujet Fiche figures	⇨ Contrôle sur la symétrie centrale sur les compétences exigibles et autres	Classe	1 heure	Contrôle immédiat ou différé ou combiné avec une autre notion
6. Remédiation	*Active individualisée*	Séquence informatique	Soutien informatique	PC SMAO5 Une fiche élève	Se reporter au scénario de la séquence informatique du soutien sur la symétrie centrale	Salle informatique	1 heure	Groupe de besoin formé à partir des résultats du contrôle Un élève par poste

C9 La mise en scène

Qui monte un scénario devra forcément le mettre en œuvre. L'activité informatique (AIEA) qui suppose ce synopsis n'échappe pas à la règle. L'activité informatique, dans le cas d'un apprenticiel, d'un exerciseur, a son propre scénario intégré, qui s'insère lui-même dans un scénario global plus général de l'organisation du cours. L'imagiciel est lui intégré dans celui du cours. Qu'elle soit inclusive dans une activité plus large ou exclusive, l'activité informatique est donc mise en scène selon une orchestration et une théâtralisation spécifiques.

L'orchestration :

À charge au professeur, acteur ou ordonnateur, de régler et scander l'ensemble des composantes de l'activité qu'il met en œuvre. Depuis son organisation matérielle et humaine, sa temporalité, son déroulement, son accomplissement, il orchestre la partition écrite (ou pas) de son scénario en suivant l'exécution harmonieuse de ses parties techniques et didactiques.

La théâtralisation :

Faire la leçon à un seul élève ou à deux ou trois n'a pas la même portée, résonance et solennité, le même impact, qu'à une classe entière de vingt-cinq à trente élèves. L'effet d'empathie d'un groupe nombreux élève l'attente du collectif au niveau auquel *l'acteur* enseignant doit se hisser pour bien jouer son rôle dans la "pièce" attendue, bien qu'inconnue, mais prévisible et suivie par un public exigeant et intransigeant.

En classe ou en salle informatique, le groupe classe subit l'effet collectif inconscient d'ambiance qui est perçue par chacun, qui joue le rôle tangible de consécration de la scène, du discours, du savoir par un effet de *théâtralisation*. Cette action de mise en scène est acceptée, suivie, subie d'autorité. Le collectif public est communément réceptif, discipliné, adhérent dans des conditions favorables. Cette *communion* est propice à l'institutionnalisation du savoir, à sa communication (transmission/réception).

Cet effet "messe" donne consistance et profondeur à la pensée. La dimension sociale de l'acquisition, de la formation du concept lui confère légitimité, empathie, approbation, renforcement et acceptation. Le collectif donne au concept sa charge psychologique d'assimilation. C'est un effet de contextualisation, de personnalisation. Aucune idée n'est ontologiquement purement gnoséologique. Elles sont enrobées d'éléments psychologiques qui leur confèrent leur historique et leur sociabilité. Elles comportent une certaine charge émotionnelle dont il conviendra de les débarrasser ensuite pour son usage, mais qui joue un rôle décisif lors de l'acquisition pour sa mémorisation. D'ailleurs, plus tard, le concept ayant été intégré, purifié, son acquisition proprement dite, sa génération, sera oubliée, mais pas

l'évènement mémorable (s'il a eu lieu) qui a accompagné son apprentissage. Ceci étant, en sens contraire, un mauvais théâtre peut marquer à jamais un concept de confusion ou d'incertitude.

Les religions l'ont bien pratiqué (à l'excès jusqu'à la soumission de l'être subjugué) dans ses manifestations et ses apprentissages dogmatiques. Les rituels, tels que la messe, la communion, les processions… forgent le caractère religieux des pratiquants, resserrent les liens de la communauté et le sentiment de transcendance. Le miracle ne peut être solitaire. Comme les repas resserrent les liens et les sentiments amicaux et familiaux.

Dans l'enseignement, où règne la rationalité, l'effet est moindre, mais bien réel et indispensable. Une sortie scolaire est bénéfique pour cimenter le groupe classe et favoriser son fonctionnement cognitif collectif. Évidemment, cet aspect collectif favorise le conformisme et l'abaissement de l'esprit critique, du courage individuel anticonformiste. Pour enrayer cette tendance néfaste, il peut être intéressant de prendre le collectif à contre-pied lors d'une phase de synthèse, en jouant la majorité qui se trompe contre la minorité qui a raison et dramatiser la situation jusqu'au retournement final qui consacre la vérité de la minorité qui paraissait écrasée. Un jeu dramatique intéressant et salutaire.

Même en salle informatique cet effet collectif d'entraînement, de contagion joue son rôle. L'élève n'est pas si isolé ni complètement autonome sur son ordinateur. Il participe d'une action d'ensemble. Un effet ruche est nettement perceptible et joue un rôle proactif, incitant chacun à travailler, à avancer de concert. D'aucuns regardent où en sont ses voisins, échangent quelques conseils, se mesurent aux autres. Le professeur encourage, aide, complimente…

D'une manière générale, le recours informatique ne peut être pure technique instrumentée. Il a besoin également d'une mise en scène, d'une dramatisation. L'imagiciel magistral vient comme un accoucheur d'esprit percutant et spectaculaire par sa force de monstration. Dans son pouvoir d'entraînement, de conviction et d'incitation et dans la dramatisation d'un argument puissant, incontestable, irrésistible, chargé émotionnellement, l'enseignant a à sa disposition un nouvel artefact "magique", extraordinaire. L'expert A cite le cas de classes qui ont *applaudi* la monstration d'un imagiciel magistral sur la réciproque de Pythagore ou sur un chemin le plus court. Ou encore, ces murmures d'étonnement approbateurs qui ont pu accueillir un imagiciel sur le développement de la surface latérale du cône.

La dramatisation :

Dans les exemples de scénario donnés plus haut, la mise en scène comportait un effet dramatique dans la monstration des imagiciels :

→ Dans la phase ③ de l'étude de la réciproque de Pythagore, au grand étonnement des élèves, qui croyaient l'ordinateur infaillible, celui-ci est pris en défaut à la neuvième décimale. L'effet théâtral est patent. Il faut recommencer plusieurs fois, laisser s'exprimer l'incrédulité des élèves pour finir par invalider la preuve par l'informatique.

→ Lors de la phase ② de la réalisation du patron du cylindre, le professeur, après avoir invalidé toutes les propositions de patrons fausses faites par les élèves, fait monter le suspens de la recherche d'une solution… Avec le découpage d'une boite de conserve ? Pas facile. Quand la tension est suffisamment montée, il propose la monstration de l'imagiciel qui sera du coup suivie avec beaucoup d'attention et d'attente avec un succès assuré. Une dramatisation de l'activité informatique. Il serait maladroit et contreproductif de la proposer d'emblée de façon banale.

C10 La maîtrise pédagogique

Le recours informatique entraîne une modification de la topogenèse dans les rôles respectifs attribués aux professeurs et aux élèves. Il a quatre effets typiques :

▪ Une pédagogie nouvelle, spécifique, originale en salle informatique avec la dévolution du travail sur les postes avec un apprenticiel ou des travaux dirigés.

▪ Une pédagogie qui reste traditionnelle dans son utilisation magistrale en classe avec un imagiciel.

▪ Une nouvelle façon de faire des exercices en salle informatique, en soutien ou en entraînement, où l'ordonnancement, la gestion individuelle des travaux, de la durée et des résultats, joue un rôle déterminant.

▪ Une nouvelle façon de travailler, déportée, distante par un travail en ligne par Internet. Une nouvelle forme du contrat didactique où l'élève travaille seul, ailleurs qu'en classe, chez lui, suivant les consignes données par le professeur, tout en étant suivi et évalué à distance en temps réel ou décalé, avec la possibilité d'une relation, d'une correspondance par courrier électronique.

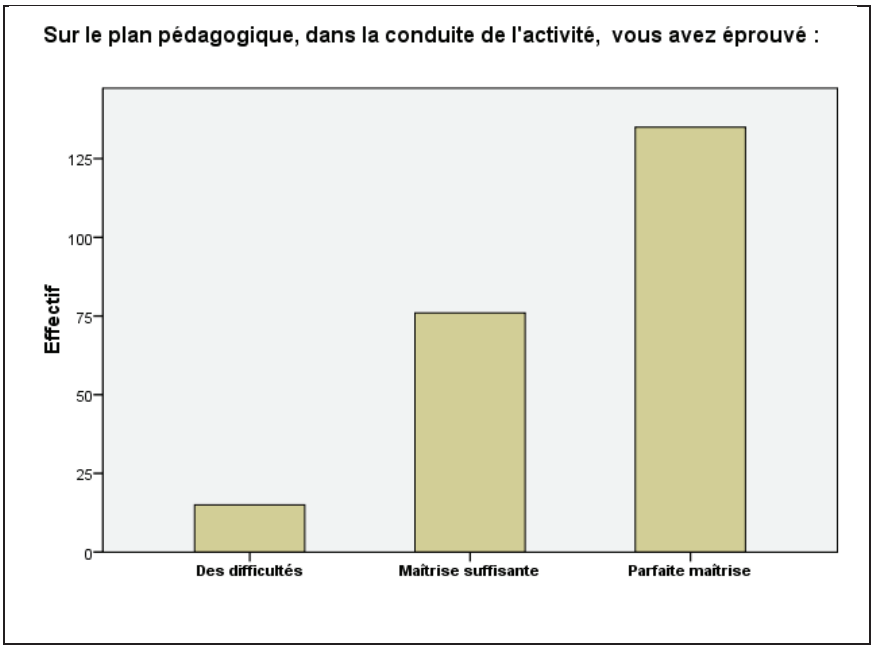
S'il est assez facile d'acquérir une compétence technique, la maîtrise de ces nouvelles pédagogies est moins aisée. Elle s'acquiert par la formation initiale ou continue qui semble indispensable dans la conduite d'un processus d'enseignement plus complexe que le tableau et la craie. Et elle se consolidera et se développera par l'expérience. Il en est de la pédagogie informatique comme de la pédagogie tout court : il est bon d'en être instruit, il est utile d'être guidé, mais rien ne remplace l'expérience personnelle et son propre apprentissage. Les

sciences de l'éducation sont loin d'avoir percé tous les mystères de l'enseignement. Le savoir-faire s'acquiert par la pratique dans le temps, par le retour répété sur la même séquence, par la correction des erreurs et des insuffisances et la progression par essais-rectifications. Et cet apprentissage professionnel est long, car le rythme de l'enseignement est lent. Il est annuel. On n'enseigne une notion qu'une, deux ou trois fois par an. L'apport théorique n'a que plus d'importance et de valeur.

Que relate l'enquête :

Dans l'ensemble :

Dans la conduite du processus pédagogique de l'activité informatique, les difficultés sont peu nombreuses 7 %, la maîtrise presque générale 93 % dont 60 % de parfaite.



	Effectifs	%
Des difficultés	15	6,6
Maîtrise suffisante	76	33,6
Parfaite maîtrise	135	59,7
Total	226	100,0

Selon le cadre action :

Des différences dans le contrôle pédagogique apparaissent suivant le cadre action de l'activité (*le plus grand poids en italique*) :

- En cours : 64 % de *parfaite maîtrise*, 28 % suffisant mais 8 % avec difficultés
- En exercice : 63 % de *parfaite maîtrise*, 38 % *suffisant*
- Soutien : 77 % de *parfaite maîtrise*, 23 % suffisant
- Devoir : 33 % de parfaite maîtrise, 50 % *suffisant* mais 17 % avec difficultés
- Contrôle : 100 % de *parfaite maîtrise*
- Travaux pratiques : 18 % de parfaite maîtrise, 67 % *suffisant* mais 15 % avec difficultés

Les meilleures maîtrises : contrôle, soutien, cours et exercice. Des difficultés en travaux pratiques, devoirs et cours.

Selon le type de l'activité :

Le contrôle pédagogique diffère suivant le type d'activité informatique (*le plus grand poids en italique*) :

▪ Pour les apprenticiels : 53 % de parfaite maîtrise, 34 % suffisante mais 14 % avec difficultés. À rapprocher des 8% des difficultés en cours. Il s'agit sûrement des apprenticiels en salle informatique.

▪ Pour les imagiciels : 77 % de *parfaite maîtrise*, 22 % suffisante avec seulement 2 % avec difficultés qui concernent les quelques "imagiciels" pratiqués en salle informatique qui s'apparentent plutôt à des travaux dirigés.

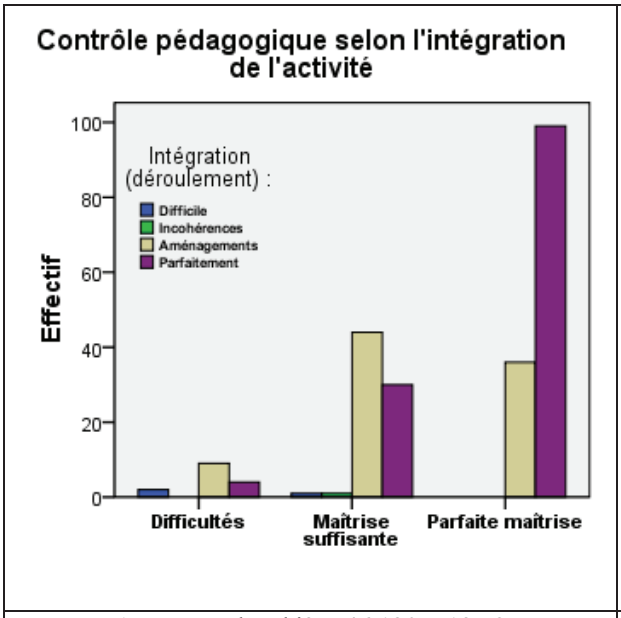
▪ Pour les exerciseurs : 69 % de *parfaite maîtrise*, 32 % suffisante.

Pour les logiciels de soutien : 74 % de *parfaite maîtrise*, 26 % suffisante.

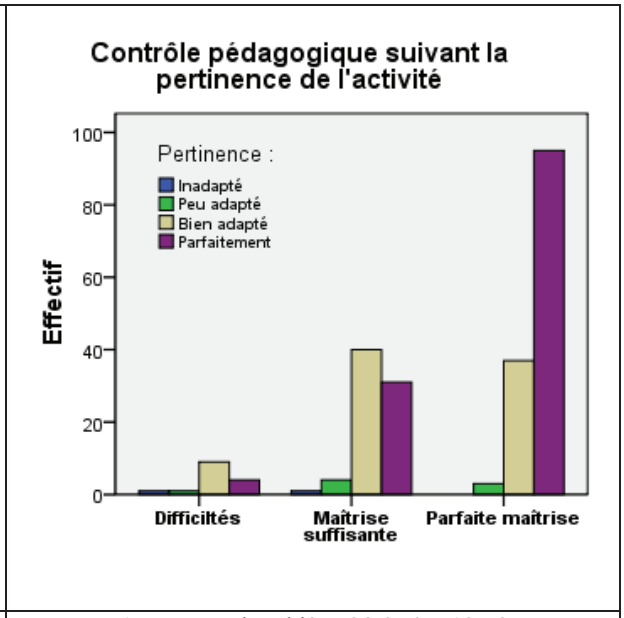
▪ Pour les travaux dirigés : 23 % de parfaite maîtrise, 60 % *suffisante* mais 17 % avec difficultés.

Dans l'ordre : imagiciels, soutien, exerciseur, apprenticiel et travaux dirigés. Les travaux dirigés sont les plus problématiques.

Selon l'intégration interne (déroulement) et la pertinence :



Attesté par le Khi2 = 46,130 > 12,59
Pour ddl = 6 avec p ≈ 0,000



Attesté par le Khi2 = 28,954 > 12,59
Pour ddl = 6 avec p ≈ 0,000

Les corrélations entre le contrôle pédagogique de l'activité et ses caractéristiques d'intégration et sa pertinence sont quasiment identiques :

▪ Dans le cas d'une *parfaite maîtrise* du contrôle de l'activité, l'intégration et la pertinence sont "parfaites" à 73 % et 70 %, et seulement "aménagée" et "bien adaptée" à 27 %.

▪ Dans le cas d'une *maîtrise suffisante*, l'intégration et la pertinence "parfaites" diminuent à 40 % et 41 %, "aménagée" et "bien adaptée" augmentent à 53 % et 58 %.

▪ Dans le cas de *difficultés*, l'intégration et la pertinence "parfaites" tombent à 27 %, "aménagée" et "bien adaptées" montent à 60 % et "difficiles" et "peu adaptées ou inadaptées" arrivent à 13 %.

Des résultats parallèles, qui indiquent une corrélation entre le degré de contrôle pédagogique et les qualités d'intégration et de pertinence des activités. *Des activités parfaitement intégrables et pertinentes sont d'autant plus faciles à contrôler dans leurs mises en œuvre et inversement.*

Finalement, il ne fait aucun doute que derrière ce que l'on peut appeler "contrôle pédagogique" se manifeste en fait la maîtrise de l'ensemble des autres composantes praxéologiques. Il en représente en quelque sorte une synthèse générale, le résumé dans un sentiment d'efficience et de satisfaction professionnelle.

D'une manière générale, on constate qu'il existe une interdépendance mutuelle entre les différentes composantes praxéologiques qui se conditionnent les unes les autres en formant un ensemble systémique. Les composantes sont liées entre elles et sont à la fois dépendantes et autonomes. Pour être véritablement pertinente, une activité doit être intégrée dans le curriculum et dans la démarche conception-action. Mais l'activité possède néanmoins sa pertinence intrinsèque, par exemple en réalisant un processus original de génération des concepts. De la même façon, la performance d'une activité peut dépendre de sa pertinence et de sa durée. Si elle est particulièrement adaptée et procure un gain de temps, sa performance et supériorité seront assurées. Mais une activité qui n'apporte aucun gain de temps peut cependant être tout à fait performante et une activité très performante peut ne pas être pertinente. Dans le domaine de l'action, une mauvaise mise en scène d'un bon scénario peut compromettre le succès de l'activité. Mais la meilleure mise en scène d'un mauvais scénario ne donnera rien de bon. Par ailleurs, le défaut de maîtrise technique peut faire capoter une activité devant le moindre problème de cet ordre. Enfin, une mauvaise organisation matérielle ou humaine peut peser lourdement sur l'efficacité d'une activité voire la rendre impossible.

Les dix règles et techniques

R1 Le choix pédagogique

Comme pour tout acte d'enseignement, le choix est ouvert entre deux formes fondamentales de pédagogie : une pédagogie essentiellement *magistrale* ou une pédagogie essentiellement *active* et autonome. Il en est de même en informatique, le même choix se pose. Avec un paradoxe cependant. Si dans l'enseignement courant, on pense plutôt à une pédagogie magistrale qui est la plus pratiquée dans les classes, en informatique, spontanément on pensait au contraire à une activité en salle informatique, c'est-à-dire à une pédagogie active et autonome ! C'est ainsi que les décideurs ont pensé cette nouvelle technologie d'enseignement depuis le plan IPT en équipant des salles informatiques, en fournissant les infrastructures objectives d'un recours à une pédagogie active. Ce n'était pas la moindre des contradictions. Alors que les professeurs enseignaient plutôt de manière magistrale, on leur a donné des ordinateurs pour faire de la pédagogie active ! Dans leur volontarisme moderniste, les décideurs y ont-ils pensé un instant ? Il est vrai qu'à l'époque, les matériels informatiques magistraux n'existaient encore. On comprend les déceptions et la lenteur désespérante de l'utilisation du parc informatique, objet de toutes les incitations et de multiples enquêtes.

Le recours magistral

C'est pourtant lui le plus facile. Avec un vidéo projecteur ou une caméra, l'ordinateur est utilisé en classe comme un rétroprojecteur, avec la même aisance pédagogique, même si la technique est plus exigeante.

Le professeur est maître de la situation et contrôle par *empathie* le bon déroulement de la séquence, jugeant de son impact, dirigeant, par le jeu des questions-réponses, les élèves vers l'objectif visé. Au pire, dans le cas d'un échec partiel ou total, il peut abandonner sa prestation et recommencer autrement de manière traditionnelle. Il travaille dans les mêmes conditions que dans son cours habituel. La seule contrainte supplémentaire est de maîtriser la technique et l'artefact informatiques.

Le recours actif en salle informatique

Il en va tout autrement en salle informatique où l'on se trouve de fait en situation de *pédagogie active et autonome* : chaque élève, seul ou par petit groupe, travaille de manière autonome sur un ordinateur. La situation pédagogique est beaucoup plus complexe. Ici, impossible d'improviser, de diriger et de contrôler en direct le travail des élèves, de modifier, de changer quelque chose. Quand les élèves sont sur les machines, inutile de s'époumoner et

de se démener, ils échappent au professeur et s'investissent dans leur dialogue avec leur machine. Plus que dans toute pédagogie active et autonome, tout doit être prévu à l'avance comme du papier musique. Le scénario est impératif. Aucune modification, ni improvisation n'est possible dans l'instant, sinon de sursoir, d'annuler toute ou partie de la séance.

R2 La continuité

Tout travail en salle informatique doit être conçu en *continuité* du travail de la classe. Il y a forcément un avant et un après. Il doit parfaitement s'intégrer dans le déroulement général de l'étude de la notion. Si c'est un apprenticiel, au début de la leçon, si c'est un soutien ou une aide après le contrôle.

R3 L'accompagnement R4 La mémorisation

Il est faux de croire que la seule activité logicielle, clavier, souris et écran, puisse suffire à la validation du travail sur ordinateur. Il ne faut pas oublier que, dès que l'application est fermée ou que la machine est éteinte, le travail accompli a disparu. Le travail informatique est ainsi *volatil*. C'est pourquoi, si l'on veut le récupérer ou l'exploiter, il faut l'enregistrer ou l'imprimer. Mais son enregistrement n'est pas plus accessible à moins de tout relancer. Quant à l'impression sur papier, elle est pratiquement impossible. Les élèves achèvent leur travail vers la fin de la séquence quasiment en même temps. S'ils imprimaient alors leurs travaux, à raison de deux minutes d'impression par poste, il faudrait au moins dix minutes (pour cinq postes par imprimante) pour obtenir les imprimés. L'heure serait dépassée et il faut penser au cours suivant. Dans les faits, les impressions sont donc, en général, inenvisageables. En fait, pour les imprimés, le professeur anticipe par le biais de fiches d'accompagnement.

Mais ne pas retranscrire le travail sur ordinateur reviendrait à la même chose que de faire cours sans trace écrite des élèves sur leurs cahiers ou classeurs. Sa transcription et sa conservation sont tout à fait indispensables pour son exploitation ultérieure ou son évaluation. Elle est absolument nécessaire à l'intégration du travail informatique. La solution est d'accompagner tout travail sur ordinateur de fiches -*les fiches d'accompagnement*- sur lesquelles sont être reproduites ou recopiées les informations essentielles, les figures, les graphiques, les résultats intéressants, les conjectures et formulations trouvées par l'élève et éventuellement les scores éventuels donnés par l'application.

Dans le cas du soutien informatique, la trace écrite ou imprimée est tout aussi utile et vitale surtout dans le cas d'une action systématique. D'autant que le décalage de cette activité

avec la leçon ou le contrôle correspondant est souvent important. Sa mémorisation matérielle, ce vecteur temporel, est nécessaire pour aider la mémoire de l'élève, pour retrouver et réactiver les acquisitions.

Les constats de l'enquête :

Comme nous l'avons vu lors de l'étude des activités, les fiches d'accompagnement élève représentent 38 % des cas, les fiches figure 12 % et les fiches de synthèse 8 %. Les documentations présentant plusieurs fiches 21 % diminuent suivant leurs nombres (voir tableau).

Fiche accompagnement	85	38%	3 documents	13	5.8%
Fiche synthèse	19	8%	4 documents	5	2.2%
Fiche figure	26	12%	5 documents	1	0.4%

Ce sont les travaux dirigés qui sont les mieux accompagnés avec 89 % suivis par les apprenticiels 80 % et le soutien 70 %. Les débutants et les avertis utilisent beaucoup de fiches d'accompagnement en raison de leur investissement en travaux dirigés.

R5 L'évaluation

Si les activités traditionnelles sont évaluées (travaux de recherches, devoir, contrôles) de manière formative ou sommative, le travail informatique doit l'être aussi de la même manière. Ne pas l'évaluer le dévaluerait et le relèguerait à un mode mineur, péjorativement décalé ou ludique, qui pourrait à terme remettre en cause le contrat didactique.

Dans le cas d'un apprenticiel-élève en salle informatique, pendant la séquence, il est impossible de savoir ce qu'ont fait les élèves, ce qu'ils ont et ce qu'ils n'ont pas trouvé. On ne peut pas être derrière chacun. Pour connaître ce qu'ils ont effectivement accompli, il faut donc relever leurs fiches d'accompagnement et les évaluer évidemment de manière formative pour pouvoir ensuite engager la synthèse en tenant compte de ces résultats constatés.

Le soutien informatique n'échappe pas à la règle. Rien ne serait plus dévalorisant que de développer des activités informatiques de remédiation certes intéressantes, mais gratuites ou inconséquentes. L'évaluation de ce travail informatique est indispensable. Elle est la preuve, en tant que telle, de la qualité de l'intégration et de la pertinence du recours informatique.

Dans le cas du soutien, l'évaluation est toujours double. D'une part, les travaux de remédiation sont appréciés ou corrigés sur le champ par le logiciel sous la forme d'une évaluation immédiate, directe, de type formatif. D'autre part, il est intéressant de juger la qualité de cette remédiation sous la forme d'une évaluation différée de type sommatif, lors d'un contrôle ultérieur en classe.

La situation ne sera pas la même suivant qu'il s'agit d'une activité ponctuelle ou d'une action systématique. Si dans le cas d'une opération de soutien ponctuelle la sanction de l'exercice peut intervenir lors d'un contrôle suivant, à brève échéance, il ne peut en être de même dans le cas d'une action systématique et régulière de soutien. Comment concilier et lier l'évaluation formative systématique donnée par le logiciel avec l'évaluation sommative faite en classe lors des contrôles? Cette dernière peut-être en effet beaucoup trop différée dans le temps ou décalée dans la progression pour être validante. À condition que cette activité soit justement et correctement intégrée et adaptée, elle doit être évaluée sommativement en tant que telle comme un contrôle, d'une valeur égale.

Par exemple, dans le cas de l'ensemble logiciel SMAO de Chrysis qui gère très correctement les résultats des travaux des élèves sous la forme d'une évaluation de type formatif, le problème s'est posé de lui donner une évaluation sommative dans le cas d'une utilisation systématique sous la forme d'une heure année dans une classe spécialisée ou lors d'un Itinéraire de Découverte. La meilleure solution a été de donner à cette activité de soutien une note sur 20 équivalant à un contrôle par trimestre ou à la note de l'IDD pour le semestre. Voici, à titre d'exemple, une formule un peu compliquée, mais qui tient compte à la fois du volume du travail, de sa qualité et de sa réussite (propre à SMAO), qui a permis de fournir l'équivalence :

$$\text{note/20} = \text{T\%MSR} : 10 + \frac{\text{NEXE}}{\text{NMEXC}} \times 10$$

NEXE : nombre d'exercices effectués par l'élève dans la période considérée,

NMEXC : nombre maximum d'exercices effectués dans le groupe dans la même période,

T%MSR : taux du pourcentage moyen des scores de réussite réalisés par l'élève pour les NEXE exercices,

En règle générale, les résultats d'un tel calcul se sont révélés concluants et cohérents. Ils correspondent aux appréciations qualitatives tirées de l'observation du travail des élèves.

Dans le cas d'une évaluation par contrat de confiance

André ANTIBI qui a dénoncé la "constante macabre" qui sévit dans l'enseignement en France et qui participe de la sélection sociale à l'école, a promu largement, au plan national, le mouvement de l'évaluation par contrat de confiance (EPCC) pour en combattre les effets délétères.

L'EPCC : Avant tout contrôle, le professeur indique aux élèves la liste exhaustive des exercices et des connaissances étudiés qui feront l'objet de l'évaluation. Une séance de bilan et de mise au point précède l'interrogation. Lors du contrôle, les exercices donnés à faire, choisis parmi la liste donnée, sont les mêmes que ceux qui ont été appris.

L'expert A a participé à l'expérimentation de l'EPCC dans son collège pendant deux ans dans dix classes de 5e et de 4e. Les résultats ont fait apparaître une augmentation de la moyenne générale de l'ordre de 2 points au-delà du niveau déjà relativement élevé de ses classes qui se situait autour de 12 de moyenne. La progression de certains élèves moyens a été spectaculaire allant jusqu'à une augmentation de 6 points. L'effet d'encouragement et de mise en confiance, de progression a été indéniable. Le journal local "La Dépèche" en avait fait un reportage.

Le problème s'était posé d'intégrer dans le processus de l'EPCC les exercices d'entrainement effectués sur ordinateur à l'aide de Mathenpoche. Pas de difficulté de rajouter dans la liste aux exercices traditionnels du manuel les exercices informatiques et de suivre leurs révisions effectuées en ligne à la maison par les élèves. La question était de retenir ou non ces exercices numériques pour le sujet du contrôle. Le problème de ces exerciseurs est que leurs données numériques ne sont pas figées, mais données à chaque opération de manière aléatoire de façon à ce que chaque élève ait un exercice différent, notamment pour assurer l'individualisation du travail en salle informatique. Il n'était donc pas possible de donner en contrôle exactement le même exercice aux élèves. Mais l'expérience avait montré que le choix d'un exerciseur avec ses données natives n'avaient pas d'incidence sensible. La variation produite par ses nombres aléatoires n'avait pas eu d'effet négatif notable.

Explication : lors de la conception des *exerciseurs* destinés à être distribués en réseau à un groupe d'élèves travaillant simultanément, par exemple en salle informatique, le problème des données numériques a dû être traité en résolvant la contradiction : ne pas donner à tous les élèves les mêmes données numériques pour individualiser leur travail, pour éviter la copie, tout en maintenant le même niveau de difficulté pour tous les élèves. Les tirages aléatoires des nombres doivent éviter les répétitions et assurer que les élèves n'auront pas de tirage de nombres pièges, de cas particuliers, de nombres compliqués qui fausseraient l'égalité de l'évaluation. La programmation des données doit assurer *la similarité et l'homogénéité* des données numériques de même type *en réduisant autant que possible la variation des difficultés opératoires*. C'est un des avantages du recours informatique : *il peut maîtriser cette variable didactique en fournissant aux élèves des exercices différents ayant le même degré de difficulté*. Une qualité qui s'est avérée très utile dans la pratique de l'EPCC en permettant d'éviter ces variations coutumières des données effectuées par les professeurs qui peuvent se révéler malheureuses et pénalisantes pour les élèves. Finalement pour choisir un exerciseur en contrôle écrit d'EPCC, il suffisait simplement de le relancer et de prendre pour l'exercice transcrit une de ses données judicieusement programmées.

R6 L'organisation

En pédagogie informatique active impossible d'improviser, tout doit être organisé à l'avance dans le cadre d'un véritable *scénario pédagogique* qui peut être écrit, fourni avec l'application (ce qui est rare chez les éditeurs) ou implicite. Depuis le choix du logiciel, de son installation, avec l'édition et la duplication des fiches d'accompagnement, la réservation de la salle à l'avance en fonction de l'avancement du programme, la formation des groupes d'élève, l'attribution des postes de travail, puis l'évaluation, la gestion de la durée et du suivi comme de l'exploitation éventuelle ultérieure à court terme de travaux ou à long terme, tout doit-être pensé rigoureusement, en tenant compte des conditions matérielles, du nombre de postes informatiques, de l'architecture de la salle informatique suivant qu'elle dispose ou pas d'une salle d'accueil équipée d'un poste magistral, etc.

Le succès vient de la bonne gestion, la plus exacte et la plus complète, des contraintes d'une telle opération. L'impréparation conduit au désastre.

Dans le cas du soutien, le professeur doit s'occuper en plus de l'ordonnancement des séances, du choix des activités pertinentes et de leur articulation avec le travail de la classe.

Dans certains cas limites, avec des classes difficiles, il peut être sage de s'abstenir. Le recours informatique demande un minimum d'adhésion, de participation positive. Face à une classe déstructurée, il peut être préférable de renoncer à un apprenticiel, qui reste une activité intellectuelle de réflexion exigeante. En revanche, il sera toujours opportun et heureux d'organiser du soutien informatique qui est plus adapté. Pour les raisons déjà données, le soutien informatique a montré qu'il fonctionnait même dans les cas désespérés.

R7 La durée différentielle

Dans le temps imparti, la quantité de travail demandé doit être réaliste et sa densité rester acceptable pour un élève moyen tout en étant variable pour les élèves forts et faibles. Un certain volume de travail sera décrété obligatoire même si les élèves en difficulté auront du mal à le finir. Et les forts pourront s'attaquer à des exercices supplémentaires.

Le choix des activités ou leur organisation doit donc tenir compte du temps effectif mis à disposition des élèves. Un apprenticiel, par exemple, ne doit pas durer plus de 45 minutes compte tenu du temps d'installation et des consignes dans l'heure de l'emploi du temps (en fait 55 minutes). Ses travaux ne doivent pas dépasser cette durée pour un élève standard moyen. On prévoit aussi les rythmes différents de travail des élèves. Les rapides auront fini le travail obligatoire en avance. Il est indispensable de les occuper pour qu'ils ne perturbent pas

ni ne gênent les autres grâce à des activités complémentaires *d'attente*. Et il faudra encourager et aider les élèves lents à avancer. Souvent, ils s'attardent bêtement sur les premiers exercices ou jouent avec la souris ou les fonctionnalités du logiciel au lieu de répondre aux questions ; c'est typique alors que les bons élèves anticipent. En salle informatique, le professeur doit être le maître du temps.

R8 Le suivi, la synthèse

Le passage d'une activité informatique active en salle informatique à la synthèse ultérieure en classe, le cours suivant, est une vraie difficulté.

Quand on a recours à un apprenticiel élève en salle informatique, on se heurte à une impossibilité pratique de pouvoir faire la synthèse et d'institutionnaliser *au fur et à mesure* chaque partie significative de l'apprentissage, en faisant la navette à chaque fois entre la salle informatique et la classe. Cette étude séquentielle directe n'est possible que dans le cas d'un apprenticiel élève mis en œuvre en classe grâce à la disposition de chariots de mobiles. Dans le cas du recours en salle informatique apparaît une difficulté sensible entre l'activité informatique et la séance de synthèse qui suit : le décalage dans le temps.

L'étape de la synthèse doit à la fois exploiter des apports et acquis de la phase de recherche, assurer la transition entre la recherche active terminée et le cours magistral suivant pour réussir l'institutionnalisation du savoir.

La difficulté de passer de la séquence informatique en pédagogie active à la synthèse magistrale est due à plusieurs facteurs combinés de degrés et d'importances variables :

- La répétition d'un travail équivalent sur le même thème
- La poursuite d'un travail inachevé et interrompu
- Le décalage dans le temps du travail de découverte et son exploitation (un jour)
- Le passage d'une pédagogie active à une pédagogie magistrale
- Le passage d'un travail individualisé de l'élève à un travail collectif en classe entière
- Le passage d'une expérimentation individuelle à une élaboration collective
- Le passage du subjectif individuel à l'objectif collectif
- Le passage d'un apprentissage autonome à un enseignement dirigé
- Le passage d'un enseignement instrumenté à un enseignement vivant
- Le passage d'un travail programmé intensif à un enseignement aléatoire extensif
- Le passage d'un travail de réflexion écrit à un travail d'expression orale

- Un travail considéré comme accompli par l'élève et incomplet et provisoire par le professeur
- Le décalage entre les élèves (différences de leurs ZPD) : les meilleurs ont pratiquement tout compris, ce qui n'est pas le cas de la majorité des autres élèves
- Le passage de la conjecture à la preuve.

Autant de décalages et de contradictions à résoudre finement, concrètement en fonction des réalités et des capacités de la classe.

Pour surmonter cette difficulté réelle, il convient de considérer la synthèse comme une activité *différente* et *nouvelle* qui ne doit pas répéter en moins bien la première séance de découverte. En dehors de retours nécessaires sur quelques erreurs et déficits répandus, cette phase doit véritablement être une activité collective et individuelle différente au travers d'exercices nouveaux qui mettent en œuvre les acquis dûment évalués de la séquence informatique. Il faut s'appuyer sur les idées force qui ont été comprises et les développer pour les structurer et les mettre en œuvre. Les retours opportuns sur les activités accomplies doivent être vus comme des évocations ou des apports utiles, mais seulement quand ils sont indispensables. Les meilleurs élèves qui estiment avoir compris ne jouent plus forcément leur rôle moteur. Il peut être stimulant de les associer activement au déroulement de la séance d'institutionnalisation.

La part entre le retour sur le travail accompli par les élèves et celle des activités nouvelles de synthèse doit être estimée avec justesse et discernement par le professeur. Un dosage délicat qui ne doit ni lasser par la répétition stérile ni décontenancer par trop d'abstraction, n'être ni trop spontanéiste ni trop transmissif. Un équilibre qui dépend des qualités et défauts de la classe et du niveau qualitatif atteint lors de la phase de découverte précisément évalué à partir des fiches d'accompagnement relevées à l'issue de la séquence informatique.

Si l'on donne une note chiffrée sur 20 du score de réussite atteint lors de cette phase (pour 40 items), on obtient en général, en se référant à l'expérience, une moyenne de l'ordre de 12 pour une mauvaise classe à 15 pour une bonne classe. Une appréciation qui repose sur le barème suivant : les quatre ou cinq activités obligatoires de l'apprenticiel sont notées sur 16 et les activités complémentaires (d'attente pour les plus rapides) sur 4.

En général, on peut s'apercevoir que les classes atteignent en moyenne les ¾ des objectifs cognitifs avec une proportion favorable variable et que 10 à 30 % d'élèves y parviennent à 100 %. Cependant, quelques élèves en difficulté n'arrivent pas à la moyenne. Dans la phase

de synthèse, il faudra donc prévoir un apport magistral pour combler ces déficits tout en tenant compte de l'inégalité des résultats.

Une démarche intéressante et efficace pour la synthèse consiste à partir des objectifs cognitifs. Parvenir aux définitions générales et abstraites fixées comme objectifs à partir des apports expérimentaux des élèves. Par exemple pour l'étude d'une transformation géométrique, ses caractéristiques, sa définition, sa construction, ses propriétés peuvent être raffinées en interrogeant la classe sur leurs contenus. Les élèves, en s'appuyant sur leurs découvertes effectuées au moyen de l'apprenticiel et consignées sur leurs fiches d'accompagnement qui leur ont été restituées (surtout sans aucune correction), contribuent en éliminant les propositions fausses et en retenant les vraies, en affinant les formulations et en définissant le vocabulaire adéquat sous la direction bienveillante, mais décisive du professeur qui pourra compenser en cas de défaillance ou d'incertitude.

À la réflexion, avec un peu plus de recul, de l'ensemble des facteurs antinomiques du passage de la séquence informatique à la synthèse, il apparaît que les points principaux résident dans le passage d'une pédagogie autonome active à une pédagogie magistrale transmissive et collatéralement dans le passage d'un travail individualisé de l'élève à un travail collectif en classe entière. Pour pallier cette contradiction et réaliser un passage optimal, il a été utilisé une forme de travail intermédiaire entre ces deux aspects. Par exemple par l'organisation d'un travail en groupe d'élèves accomplissant une synthèse partielle. L'ensemble des notions du cours est découpé en six éléments partiels dévolus à autant de commissions. Par exemple, pour un apprenticiel sur les transformations géométriques, étaient formés six groupes de quatre à cinq élèves formés par le professeur en fonction de leurs profils connus, étudiant :

- Les *caractéristiques* de la transformation pour le groupe d'élèves des plus "littéraires" pour la précision du vocabulaire
- La *définition* de la transformation pour le groupe d'élèves le plus "matheux" pour la rigueur de la formulation
- La *construction* de la transformation pour le groupe des élèves moyens
- Les *propriétés* de la transformation, plus facile, pour le groupe des élèves les plus faibles.
- Les *constructions de figures* (activités complémentaires) pour les élèves les plus rapides

Ces groupes sont formés par le professeur à partir de l'évaluation des fiches d'accompagnement qu'il a relevées à la fin de la séance informatique et sur la base de sa connaissance des élèves.

Au début de l'heure de synthèse, ces six groupes sont constitués (ou négociés) par le professeur qui rend les fiches d'accompagnement en distribuant les fiches de synthèse. Ces six groupes se réunissent pendant dix minutes pour écrire une proposition de synthèse partielle. Chaque groupe, avec un rapporteur, expose ses propositions en s'appuyant éventuellement sur les imagiciels grâce au vidéoprojecteur. Après discussion de la classe entière, sous la direction du professeur, les différentes propriétés sont institutionnalisées.

Au cours de cette synthèse ultérieure avec la participation des élèves, la construction, la confirmation collective et professorale des concepts va s'accomplir. Les connaissances seront consacrées par la dramatisation de leur mise en scène collective. Ces savoirs seront institutionnalisés et l'on pourra passer à la construction et aux exercices traditionnels papier crayon au compas.

R9 L'ordonnancement, la gestion

Dans le cas de séances de soutien informatique systématique ou d'une série d'exerciseurs donnés à faire à la maison, le professeur doit prévoir le contenu et l'avancement du travail à donner à chaque élève en particulier, et donc établir un planning individuel, un contrat qu'il pourra modifier en fonction de l'évolution des résultats. Cet ordonnancement de l'entrainement ou de la remédiation suppose une bonne connaissance et expérience des exerciseurs dont il dispose. Mathenpoche, comme SMAO auparavant, comporte un millier d'exerciseurs par niveau. Une compétence qui vient avec le temps. Il va de soi que la gestion de cette tâche est évidemment informatisée, fournie avec l'ensemble logiciel, compatible avec un tableur.

10 Le plan B

Pour toute activité informatique, il faut prévoir une roue de secours en cas de problème majeur comme une panne, un plantage sévère de l'ordinateur ou un bug rédhibitoire de l'application, en prévoyant une activité traditionnelle de remplacement. Phénomène rare, mais pas impossible. L'expert A, au cours de sa carrière signale deux incidents de cet ordre qui l'ont obligé à recourir à une activité traditionnelle (heureusement anticipée) : une panne d'électricité générale en début de séance en salle informatique qui a duré plusieurs heures et la lampe au mercure d'un vidéoprojecteur qui grille en cours d'utilisation. Plutôt que d'improviser dans l'urgence, prévoir une activité alternative est assurément salutaire.

Partie XI

La valeur du recours informatique

L'efficacité de l'activité informatique d'enseignement-apprentissage résulte de l'action conjointe de ses composantes praxéologiques. En m'appuyant sur ma longue expérience pratique, en prenant en compte les contributions et témoignages des enseignants participant aux nombreux stages de formation continue en pédagogie informatique que j'ai animés, à partir de ces apports primordiaux, élargis, approfondis et éprouvés par l'enquête, j'ai formulé une théorie de la valeur du recours informatique et de ses différentes déclinaisons.

1 La valeur propre

2 La valeur efficace

3 La valeur d'usage

4 La valeur relative

5 La valeur professionnelle

6 La valeur institutionnelle

7 Conclusion

L'évaluation est partie intégrante de l'enseignement et un aboutissement indissociable de l'apprentissage pour deux raisons essentielles :

→ pour vérifier que les objectifs de l'enseignement ont été atteints, que les savoirs et savoir-faire, voire les savoir-être, ont été transmis et acquis, et dans quelle mesure, dans quelle proportion selon des niveaux et des qualités établis à l'avance afin de former les nouvelles générations de techniciens, cadres, ingénieurs, chercheurs, artistes, travailleurs, enseignants...

→ pour sélectionner et dégager l'élite sociale, politique et culturelle par la réussite des uns, les héritiers[1], et l'échec des autres. L'évaluation gère les flux de la reproduction sociale systémique.

Il y a deux sortes d'évaluation : l'évaluation des apprentissages qui concerne surtout les élèves et l'évaluation de l'enseignement qui intéresse les enseignants et l'institution. Les enseignants sont aussi inspectés et notés par des Inspecteurs Pédagogiques Régionaux des disciplines tous les quatre ou cinq ans. D'autre part tout enseignant évalue en permanence, non seulement ses élèves, mais également son travail d'enseignement, ses prestations, ses activités pédagogiques, retenant les meilleures et abandonnant les pires.

L'évaluation des apprentissages des élèves procède de deux manières fondamentales :

▪ de manière qualitative, par compétences suivant que le savoir, le savoir-faire est acquis (+), en voie d'acquisition (+ −) ou non acquis (−)

▪ de manière quantitative par des notes ; les notes représentant les quantificateurs de la qualité des résultats entre la réussite et l'échec, en général de 20 à 0.

L'évaluation qualitative a été pratiquée dans les années quatre-vingt-dix dans le cadre des horaires officiels du soutien organisé, pour les trois disciplines principales français, langues et mathématiques lors du cycle d'observation (6e et 5e), sous la forme d'une heure semaine par discipline intégrée à l'emploi du temps des élèves et dans le temps de service des professeurs jusqu'en 1994, puis sous forme d'heures supplémentaires jusqu'à leurs quasi-disparitions dans les années deux mille. C'est le cas de l'expert A qui a évalué ses élèves de 5e et de 6e de manière systématique lors de tous les contrôles pour tous les savoirs exigibles du programme de mathématiques, selon un barème d'acquisition à quatre degrés (++, +, + −, −). Une évaluation formative qui permettait de constituer les groupes des séances hebdomadaires de soutien informatique pratiquées avec les ensembles SMAO puis Mathenpoche avec le succès que l'on verra plus loin. L'expert A tenait ainsi un tableau des réussites et échecs de l'ensemble des élèves, actualisé en fonction des remédiations successives, à partir duquel il

[1] Baudelot et Establet (1965)

ajoutait dans les bulletins trimestriels cette évaluation par compétences sous forme de + ou – à la moyenne et aux commentaires. Un système qui avait intéressé son IPR en 1997. Plus récemment, au fil des dernières réformes, ce mode d'évaluation a été mis en pratique pour l'obtention du B2i des élèves indispensable pour leur réussite au Brevet des Collèges en fin de 3e. Son obtention exige l'obtention de 80 % des compétences exigibles. Dans les faits, les principaux de collège n'ont pas hésité à aménager les succès des élèves afin de ne pas affaiblir le taux de réussite au Brevet des collèges de leurs établissements. Un socle commun des compétences a également été institué sur le même principe pour mettre en évidence les difficultés scolaires des élèves en échec, mais sans mettre en œuvre de véritables moyens de remédiation.

Mais l'évaluation la plus courante est celle qui est mesurée, quantifiée par un système de notation. Indépendamment de toute éventuelle remise en cause épistémologique, elle est communément pratiquée et considérée comme opérationnelle et valable. Cette notation est la *valeur institutionnelle* socialement reconnue, approuvée et normée de l'évaluation de l'apprentissage. Ce système est institué et imposé par l'Éducation et en particulier par les examens qui contrôlent à tous les niveaux la sélection scolaire (sauf en primaire qui reste hors-jeu). Sa raison d'être est en dernier ressort la nécessité sélective de distinguer, de discriminer la réussite des élus et d'écarter les autres. À cette fin, l'évaluation qualitative est trop générale, trop imprécise et relative, trop incertaine et globale pour être pertinente, socialement convaincante et idéologiquement acceptable. Elle soulèverait controverses et contestations. La note se substitue à l'appréciation qualitative en remplaçant la qualité par un quantum. Ce faisant, elle objective et donne une valeur abstraite à l'évaluation détachée de sa nature gnoséologique. Comme la monnaie quantifie la valeur économique d'une marchandise produite, la notation quantifie la valeur éducologique d'un apprentissage. La note est la "monnaie" de l'apprentissage. Elle opère et résulte d'un ensemble de transformations systémiques de l'évaluation :

▪ *la quantification* de l'appréciation qualitative rendant possible l'agrégation, la globalisation des évaluations partielles ou distinctes selon un barème ou des coefficients ad hoc

▪ *l'objectivation* de l'appréciation qualitative en la détachant de tout son contexte subjectif, de tout jugement argumentatif et délibératif qui sont subsumés par la note

▪ *la condensation* de l'évaluation qualitative réduite à un quantum amalgamant, concentrant et supprimant tous les commentaires, les nuances, les paradoxes de l'appréciation raisonnée

▪ *l'abstraction* de l'évaluation en la coupant de la notion gnoséologique concrète, savoir ou savoir-faire, en lui conférant un caractère universel, uniforme et intemporel

▪ la *généralisation* et *l'homogénéisation* de l'évaluation en lui permettant d'être comparée, intégrée et de l'agréger avec d'autres évaluations d'autres disciplines
▪ *l'hypostasie* de la note proclamée valeur en soi comme évaluation suprême et absolue
▪ la *réification*, la *fétichisation* de la note dans la recherche de la note pour la note, la seule évaluation qui compte
▪ la *numérisation* qui permet tous les traitements statistiques possibles et nécessaires à l'établissement d'un niveau, d'un seuil sélectif comme la moyenne générale censée représenter l'ensemble des évaluations disciplinaires. La note numérique apporte cette rigueur implacable, ce caractère absolu, mathématique, imparable à l'évaluation.

Au moyen de ces huit caractéristiques, la notation opère un mode de règlement des rapports sociaux au sein de l'éducation nationale entre l'institution, les professeurs, et les élèves et parents. In fine, la note est un rapport social entre les acteurs de l'éducation soumis aux pesanteurs historiques des traditions et aux décisions politiques, enjeu des luttes entre l'ancien et le nouveau (l'évolution des sciences de l'éducation) et entre les classes socioculturelles (besoins, intérêts et ambitions scolaires).

On peut remarquer qu'en matière d'évaluation des enseignants une note est également donnée à la fin du rapport d'inspection circonstancié et pragmatique pour les mêmes raisons. Il faut bien pouvoir comparer les enseignants et les classer selon un barème "objectif" pour établir un barème pour l'avancement dans la carrière ou l'ordre de priorité dans les mutations.

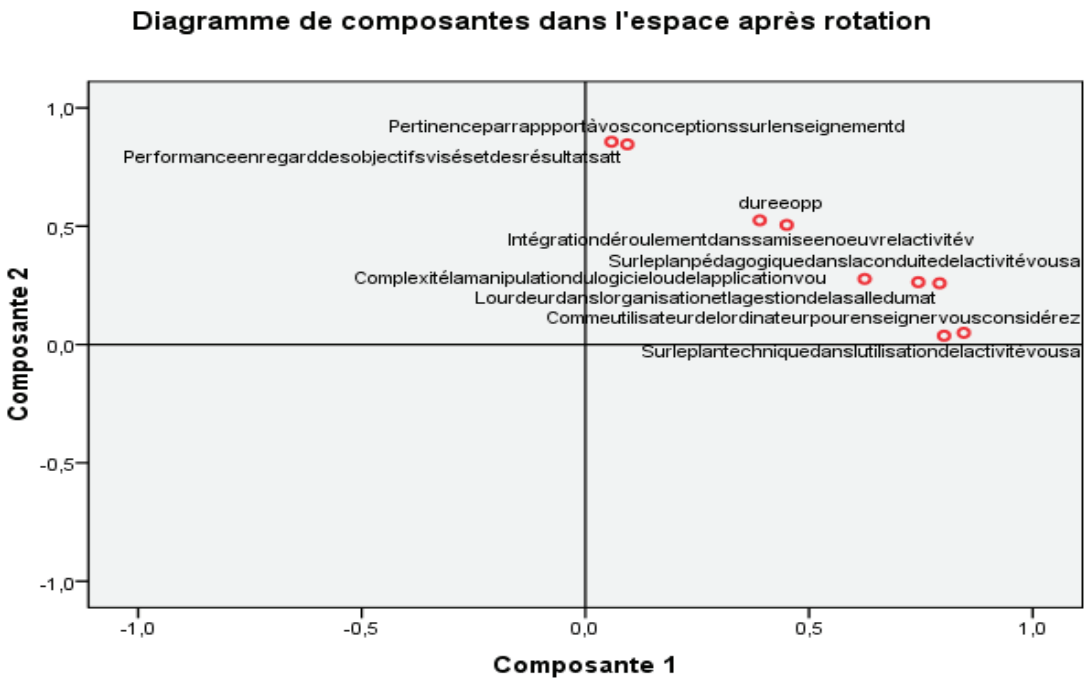
Dans ce monde éducatif de l'évaluation permanente, le recours informatique ne saurait échapper à la règle. Il doit s'y soumettre d'autant plus qu'il a la prétention, en tant que technologie nouvelle d'enseignement-apprentissage, d'apporter, malgré son encombrement matériel et technique, un progrès, un rendement supérieur, condition fondamentale de sa pérennisation et de son essor. Cette évaluation ne pourra faire l'impasse de l'évaluation institutionnelle, c'est-à-dire de son impact sur les éventuelles évaluations qualitatives, par compétences, indispensables à la gestion des actions de soutien, et, sur les notes obtenues par les élèves lors des contrôles habituels pour déterminer s'il a entraîné de meilleurs résultats. Car, quel que soit le mode d'évaluation pratiqué, par compétence, par contrat de confiance, ou autre, quel que soit sa sévérité ou son laxisme, à mode d'évaluation constant, pour un même ensemble d'élèves, si le recours informatique amène une amélioration des résultats, cela voudra dire qu'il a augmenté le rendement de l'enseignement et la productivité de l'enseignant. Mais auparavant, il sera nécessaire, pour en comprendre l'incidence, d'analyser les efficiences particulières des activités informatiques (AIEA) et les efficacités de leurs mises en œuvre, autrement dit leurs valeurs éducologiques.

Les valeurs de l'activité (AIEA)

La praxéologie du recours informatique l'a mis en évidence formellement : les composantes praxéologiques et techniques contrôlent la qualité de l'activité informatique (AIEA) et, en conséquence, en déterminent la valeur. Chacune développe une efficience spécifique. Chaque composante joue séparément et concurremment un rôle plus ou moins positif, valorisant ou négatif, dévalorisant. Certaines ont un effet qualitatif absolu, d'autres ont un effet relatif. Les efficiences de certaines, celles qui correspondent aux apports spécifiques de l'informatique, définissent une valeur propre, intrinsèque de l'activité que l'on peut considérer comme un potentiel éducologique. D'autres, celles qui accomplissent et régulent l'activité, mettent en œuvre cette potentialité dans les conditions matérielles et humaines concrètes de sa réalisation. Elles produisent l'efficacité réelle de l'activité. Ainsi, la valeur générale de l'activité informatique (AIEA) résulte de l'ensemble des efficiences de ses composantes. D'un côté, de manière analytique, en amont, cette valeur pourra s'apprécier d'abord à partir de l'efficience de ses composantes praxéologiques, qui sont déterminées lors de son élaboration par ses créateurs, sa *valeur propre*, puis par l'efficacité de sa mise en œuvre en classe par le professeur, sa *valeur efficace* que l'on peut assimiler à la valeur du travail de l'enseignant. Ainsi, par le jeu combiné des deux valeurs, intrinsèque et efficace, le résultat final obtenu donnera sa valeur totale, globale, sa *valeur d'usage*. En aval, cette valeur pourra se décliner également par deux de ses effets : la satisfaction professionnelle de l'enseignant (la *valeur professionnelle*), et la qualité des résultats scolaires des élèves (la *valeur institutionnelle*) en considérant, en comparaison avec un enseignement traditionnel, *sa valeur relative*. Ces deux valeurs résultantes nous amèneront en effet à considérer le *rendement* du recours informatique et son impact sur la *productivité* de l'enseignant.

L'analyse des composantes, l'expérience et l'apport de l'enquête ont fait nettement apparaître cette différenciation de la valeur de l'activité entre valeur propre et valeur efficace. La mise en pratique d'activités inégales dans des conditions matérielles et humaines différentes peut entraîner de grandes variations. Une activité éprouvée, normalement potentiellement performante, peut s'avérer peu efficace à l'occasion d'une mise en œuvre défaillante. Par exemple pour un apprenticiel en salle informatique non accompagné par une fiche de travail. Mais a contrario, une activité formellement médiocre peut donner des résultats intéressants à la suite d'une mise en scène originale pertinente. Par exemple, l'utilisation du logiciel Tigre, difficile à utiliser en autonomie, peut s'avérer efficace lors d'une

utilisation magistrale judicieuse pour apprendre la démonstration. Évidemment, une activité peu efficiente lamentablement mise en pratique engendrera une catastrophe. Et une activité majeure magistralement mise en opération donnera l'excellence. Deux derniers paramètres interviendront dans ce jeu des familles des composantes, la comparaison avec une activité traditionnelle non informatique et la question du temps, de la durée relative. Une activité informatique de valeur propre passable pourra s'avérer tout à fait supérieure à toutes les activités classiques traditionnellement pratiquées. C'est également le cas quand une activité informatique n'améliore pas les résultats, mais fait gagner un temps appréciable. Ce facteur temps joue un rôle important, crucial. En général, on n'acceptera de perdre du temps qu'à la condition d'obtenir de meilleurs résultats sur le plan cognitif ou évaluatif. Mais on n'acceptera pas de gagner du temps au détriment des acquisitions cognitives ou des résultats scolaires. L'idéal est de gagner du temps et d'obtenir de surcroit de meilleurs résultats.



L'analyse factorielle des correspondances des composantes des activités a fait apparaître :
→ sur l'axe vertical (composante 1) les composantes spécifiques de l'activité informatique : la pertinence de l'activité et la performance obtenue grâce aux apports de l'informatique
→ sur l'axe horizontal (composante 2) les composantes de la mise en œuvre de l'activité : la maîtrise et la compétence technique de l'enseignant, la maîtrise pédagogique du processus, la lourdeur d'organisation
→ entre les deux (sur un troisième axe ?) : la durée de l'activité et son intégration interne, composantes intermédiaires entre les deux autres axes, liées à la fois aux caractéristiques informatiques et aux conditions de la mise en œuvre.

On peut interpréter cette différenciation comme l'indice de la distinction et de la composition de la valeur intrinsèque et de la valeur efficace de l'activité informatique ainsi que du rôle clé de la durée dans la productivité.

La formulation, le calcul et la mesure de la valeur :

Quelles pourront être l'expression et la mesure de ces différentes valeurs éducologiques de l'activité informatique (AIEA) ?

L'évaluation *qualitative* des composantes est forcément première, sous la forme d'expressions langagières ou selon une échelle de valeurs qualitative. C'est celle qui est donnée spontanément par l'enseignant utilisateur ou le mode d'évaluation qui est proposé par l'enquête. Par exemple, dans l'enquête, pour l'appréciation de la performance des activités, l'échelle de valeurs de cinq degrés : "*Mauvaise, médiocre, moyenne, bonne, très bonne"*.

Mais ce type d'évaluation est difficile à combiner et à globaliser quand le nombre de composantes devient grand. Le logiciel SPSS est capable de gérer ce genre de données qualitatives pour effectuer ses traitements statistiques. Mais il est remarquable de constater que ce logiciel impose de les convertir dans sa base sous la forme d'un codage numérique, par exemple 1, 2, 3, 4, 5. On retrouve la même exigence de quantification et de généralisation que pour les évaluations globales des élèves qui a amené à la note. Tout en évitant les travers de fétichisation et de consécration abusive, il a donc été nécessaire de numériser les appréciations qualitatives des composantes sous la forme d'une mesure adéquate permettant de calculer la formule de leurs combinaisons pour obtenir un score représentatif. Plusieurs échelles de mesure ont été expérimentées de 0 à 5 et de 0 à 9 de façon à obtenir des données et des résultats les plus robustes résistants aux tests de validité statistiques notamment le test alpha de Cronbach, coefficient de fiabilité qui mesure la cohérence interne d'une échelle construite à partir d'un ensemble d'items et le test de Levene dans la comparaison des moyennes ANOVA.

Reste à déterminer la formule de la combinaison de ces composantes qui définissent les différentes valeurs éducologiques. Par quelles opérations sur ces quantités numériques représentatives les exprimer ? Elles dépendent de l'efficience de chacune et de leurs effets :

→ Quand une composante possède une caractéristique de nullité et qu'elle entraîne du coup l'effondrement de la valeur de l'activité informatique, son mode opératoire doit produire un élément absorbant. Cet effet d'annulation, d'invalidation de l'activité commande pour la formule de calcul une combinaison de type opératoire multiplicatif. Par exemple, si l'activité est hors programme, son intégration externe dans le curriculum est donc nulle ; l'activité

n'aura par conséquent aucune valeur institutionnelle (sauf exception qui pourrait reconsidérer ce facteur d'intégration). En considérant ces composantes à la limite, c'est également le cas pour l'intégration interne, la pertinence, la performance, la maîtrise, la qualité du scénario ou de la mise en scène. Si l'une de ces composantes est nulle ou considérée comme telle, l'activité sera également nulle. Cette nullité peut être tout à fait subjective. Ce qui est nul pour un enseignant peut ne pas l'être pour un autre. Collectivement, le jugement peut varier. Un jugement partagé, majoritaire ou consensuel peut en décider autrement. Mais, au-delà des subjectivités, la pratique tranchera nécessairement. Le cas de l'intégration interne est un peu différent. Si cette intégration est impossible, par exemple en raison d'une méthode d'apprentissage développée par l'activité à laquelle l'enseignant est farouchement opposé, l'activité informatique ne présentera à ses yeux aucun intérêt. Pour lui, sa valeur sera nulle.

→ Quand une composante ne peut être nulle, comme pour la lourdeur d'organisation, la durée comparative ou la supériorité relative, le choix de l'opération peut être additif, multiplicatif ou diviseur suivant le cas.

D'un point de vue épistémologique cette numérisation de la qualité des composantes et ces calculs pourraient poser problème si l'on cherchait à justifier cette interprétation de manière fondamentale. Méthodologiquement, il peut être discutable de quantifier des indicateurs qualitatifs, de les transformer en valeurs numériques. Il dépend cependant de ce que l'on fait de telles transformations cardinales. En aucun cas, elles ne peuvent être considérées comme des mesures absolues exprimant une dimension objective. En codant de cette façon les évaluations qualitatives des composantes des activités, il est possible de leur attribuer un score qui permettra de donner des appréciations comparatives comme le fait SPSS qui exige de transcoder toutes les informations qualitatives à traiter en signes numériques. Il ne faut pas accorder à ce score calculé une signification objective, mais le considérer comme un indicateur comparatif. En fait, il n'est pas tellement différent du type d'évaluation notée qui a cours dans l'enseignement pour des raisons sélectives. Il convient donc de considérer les résultats de ces traitements de l'enquête comme indicatifs.

1 La valeur propre

La valeur propre de l'activité informatique [Vp] est la combinaison de l'efficacité de l'ordinateur et du logiciel et de l'efficience des composantes de l'activité dans ses caractéristiques spécifiquement informatiques :

▪ L'efficacité de l'ordinateur et du logiciel [Eso] : la puissance, les capacités et les possibilités de l'ordinateur, de son système, du langage de programmation et du logiciel sur le plan graphique, de la rapidité, du traitement de l'information, de l'intégration, de la représentation et l'animation des concepts, des algorithmes, des procédures et des calculs mathématiques, de la programmation des activités d'apprentissage… Une disponibilité qui dépend de la plus ou moins grande facilité d'utilisation : conforté par la facilité et desservi par la difficulté ou la complexité. D'un point de vue général, la complexité de l'informatique est constitutive de cette science. C'est sa technologie qui est à l'origine de sa performance. Elle ne peut qu'engendrer des complications intellectuelles et pratiques qui sont de nature à contrarier l'activité informatique (AIEA). Mais la formation initiale et continue a justement pour raison d'être d'en diminuer l'impact négatif en développant la maîtrise technique et pédagogique. Cependant cette complexité ne sera jamais nulle même si les logiciels et leurs applications ont réalisé de grands progrès sur le plan fonctionnel et ergonomique en un quart de siècle. Cet aspect continuera malgré tout à jouer un rôle décisif dans le choix d'une activité informatique en fonction de tel ou tel logiciel. L'idéal est d'allier la facilité et la performance.

Les possibilités sont des facteurs majorants. La complexité [*C*] est un quotient minorant de la valeur du système informatique. D'où la formule :

$$\textbf{[Eso]} = \frac{\textbf{Possibilités}}{\textbf{Complexité}}$$

▪ L'efficience de l'application informatique [Eapi] : l'activité informatique repose essentiellement sur une application développée avec un logiciel (géométrie dynamique, tableur, exerciseur…). Sa qualité résulte de la conjonction des apports spécifiques de la technologie informatique évoqués (concrétisation, instrumentalisation, intensification, itération, interaction, individualisation, dévolution, gestion, communication…) qui sont résumés et synthétisés dans les composantes de la *performance* [Pf] et de la *supériorité* [Sp] de l'activité informatique qui sont donc des facteurs majorants :

$$\textbf{[Eapi]} \leftarrow \textbf{[Pf]} * \textbf{[Sp]}$$

→ L'efficience de l'activité informatique [Eaci] : elle dépend de la qualité de l'intégration externe et interne [Ie] et [Iip] de cette application, de la pertinence [Pt] de sa démarche pour atteindre les objectifs et de la qualité du scénario [Scs] standard prévisionnel de son procès.

▪ *l'intégration externe* [Ie] de l'activité, au regard de la transposition externe, c'est-à-dire sa conformité avec les programmes de mathématique de la classe.

▪ *l'intégration interne* [Iip] de l'activité est une composante de la valeur intrinsèque de l'activité en tant qu'elle réalise la transposition interne des savoirs selon une conception, une définition et une démarche générale qui correspondent au curriculum.

▪ *la pertinence* [Pt] de l'activité est sa capacité à traiter la question gnoséologique sur le plan cognitif, procédural, de la méthode d'apprentissage et des objectifs finaux et intermédiaires.

▪ *le scénario* [Scs] de l'activité peut être a priori indicatif, précis ou implicite (dans les cas évidents notamment pour des imagiciels simples), fourni ou à élaborer. Son existence ou sa proposition procure un avantage éducologique indéniable.

Ces quatre composantes technologiques sont des facteurs majorants de l'activité :

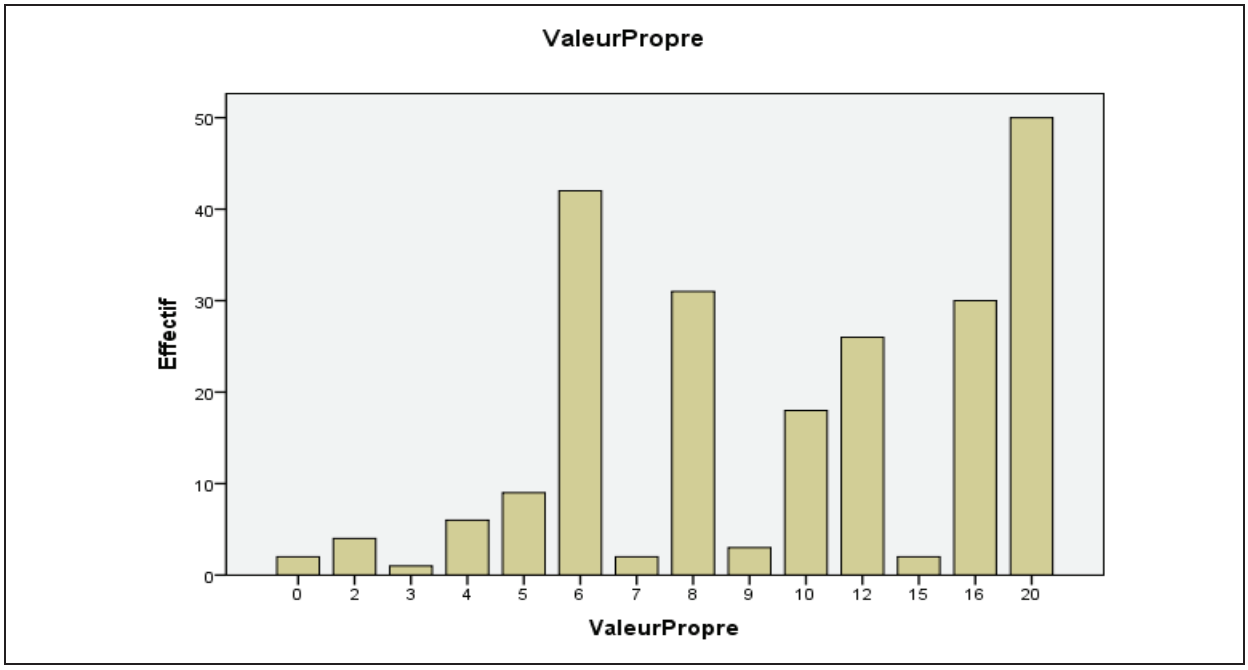
$$\mathbf{[Eai] \leftarrow [Ie] * [Iip] * [Pt] * [Scs]}$$

Les efficiences de l'ordinateur-logiciel, de l'application et de l'activité se combinent en amplifiant leurs efficiences. On obtient donc la formule générale de la valeur propre [Vp] d'une activité informatique (AIEA) :

$$\mathbf{[Vp] \leftarrow Eso * Eai} \qquad \text{ou} \qquad \mathbf{Vp} \leftarrow \frac{[\mathbf{Ie}] * [\mathbf{Iip}] * [\mathbf{Pt}] * [\mathbf{Pf}] * [\mathbf{Sp}] * [\mathbf{Scs}]}{[C]}$$

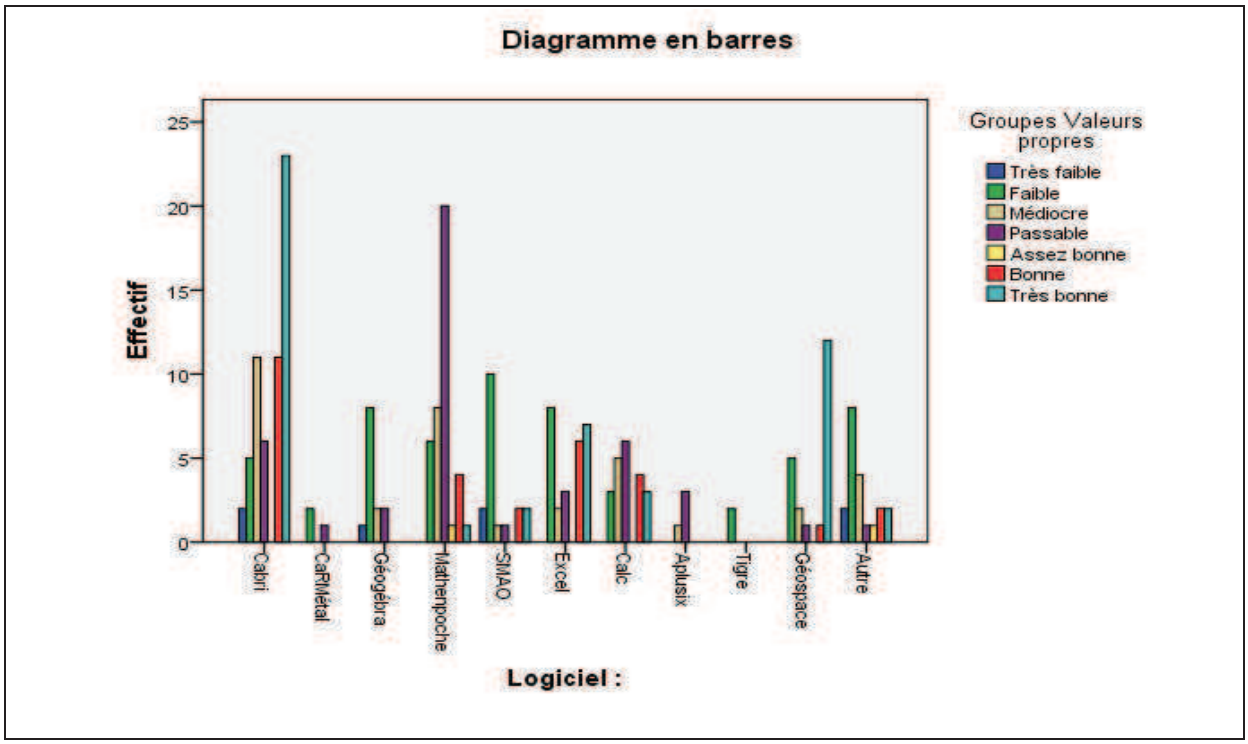
À partir de cette formule, calculs des valeurs propres Vp à partir des données de l'enquête :

⇨ Classement des 226 activités selon leurs valeurs propres évaluées sur une échelle de 0 à 20.



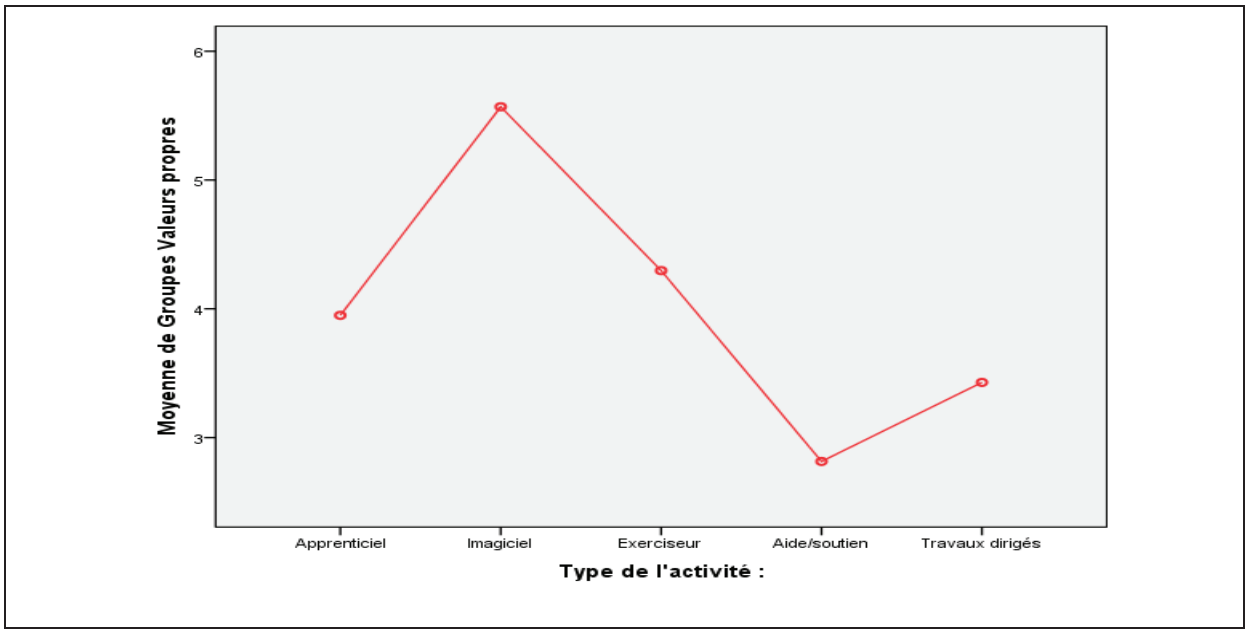
Cette large distribution témoigne de performances et de pertinences très inégales des applications informatiques. Mais il ne faut pas oublier que si l'application logicielle peut être jugée en tant que telle assez sévèrement par les professeurs sur les plans méthodologique et didactique, elle peut néanmoins surclasser des activités traditionnelles défaillantes.

⇨ Selon le logiciel qui a servi à développer l'application : nombre d'activités selon la qualité de la valeur propre évaluée suivant une échelle qualitative à sept niveaux ou [0 à 6]



On remarque les bonnes performances de Cabri et Géospace [moyennes pondérées 4,1/6 et 4,2/6] voir la barre dominante "très bonne", le caractère passable ou médiocre des exerciseurs d'entrainement ou de soutien Mathenpoche [2,8] ou SMAO [2], (voir les barres dominantes "passable" et "faible") et les applications variables des tableurs Excel [3,6] et Calc [3,3] dont la complexité est grande.

⇨ Selon le type d'activité : moyennes de la valeur propre des activités sur une même échelle de 0 à 6. Sans surprise, comme l'expérience et les témoignages l'attestent, ce sont les imagiciels qui sont jugés les plus facilement performants et les activités de soutien les moins considérées. Les activités de soutien ou d'entrainement au calcul n'aident pas suffisamment les élèves et ne traitent pas finement leurs erreurs ou sont inadaptées pour des élèves en grande difficulté. Les apprenticiels en salle informatique malgré leurs performances subissent les inconvénients de leur lourdeur d'organisation tout comme les travaux dirigés d'apprentissage des tableurs, progiciels complexes qui présentent beaucoup de difficultés techniques.



⇨ Selon la notion mathématique traitée par l'application : sur une échelle à 7 niveaux.

Cette différenciation des valeurs propres apparaît dans la distribution des applications selon les notions mathématiques. Les applications en géométrie plane et dans l'espace sont jugées nettement plus valables que celles qui concernent les calculs ou les statistiques (Tableurs). La monstration est plus facile à produire que le calcul ou la démonstration.

Tableau croisé Catégories Notions * Groupes Valeurs propres Extraits

			Groupes Valeurs propres							Total
			Très faible	Faible	Médiocre	Passable	Assez bonne	Bonne	Très bonne	
Catégories Notions	Géométrie plane	Effectif	3	22	17	16	0	11	27	96
		Effectif théorique	3,0	24,2	15,3	18,7	,8	12,7	21,2	96,0
		% compris dans Catégories Notions	3,1%	22,9%	17,7%	16,7%	,0%	11,5%	28,1%	100,0%
	Géométrie espace	Effectif	1	5	2	3	0	3	12	26
		Effectif théorique	,8	6,6	4,1	5,1	,2	3,5	5,8	26,0
		% compris dans Catégories Notions	3,8%	19,2%	7,7%	11,5%	,0%	11,5%	46,2%	100,0%
	Trigonométrie	Effectif	1	1	0	1	0	1	0	4
		Effectif théorique	,1	1,0	,6	,8	,0	,5	,9	4,0
		% compris dans Catégories Notions	25,0%	25,0%	,0%	25,0%	,0%	25,0%	,0%	100,0%
	Calculs numériques	Effectif	0	11	4	10	0	5	5	35
		Effectif théorique	1,1	8,8	5,6	6,8	,3	4,6	7,7	35,0
		% compris dans Catégories Notions	,0%	31,4%	11,4%	28,6%	,0%	14,3%	14,3%	100,0%
	Calculs littéraux	Effectif	0	9	3	4	1	7	3	27
		Effectif théorique	,8	6,8	4,3	5,3	,2	3,6	6,0	27,0
		% compris dans Catégories Notions	,0%	33,3%	11,1%	14,8%	3,7%	25,9%	11,1%	100,0%
	Statistiques	Effectif	0	3	7	8	0	2	3	23
		Effectif théorique	,7	5,8	3,7	4,5	,2	3,1	5,1	23,0
		% compris dans Catégories Notions	,0%	13,0%	30,4%	34,8%	,0%	8,7%	13,0%	100,0%
Total		Effectif	7	57	36	44	2	30	50	226
		Effectif théorique	7,0	57,0	36,0	44,0	2,0	30,0	50,0	226,0
		% compris dans Catégories Notions	3,1%	25,2%	15,9%	19,5%	,9%	13,3%	22,1%	100,0%

Dans l'ensemble des appréciations relatives des valeurs propres des activités (AIEA) en fonction des notions mathématiques traitées, 36 % des applications sont jugées plutôt bonnes, 20 % passables, 16 % médiocres et 28 % faibles ; a priori 56 % efficientes et 44% déficientes.
Conclusion : l'enquête a révélé combien étaient variées et inégales les valeurs propres des activités informatiques pourtant pratiquées. Ce constat sévère pourrait paraître étonnant en regard du jugement global plutôt favorable porté par ces mêmes professeurs sur le recours informatique. En fait, il n'y a rien de paradoxal. Dans le domaine de l'informatique pédagogique, le point faible, depuis l'origine, a toujours été la qualité didactique, méthodologique et gnoséologique des applications diffusées par les éditeurs qui ont souvent privilégié les aspects graphiques, ludiques, spectaculaires au détriment du contenu et des processus d'apprentissage. La technicité régulièrement renouvelée a toujours été mise en avant et a fait écran et illusion devant le vide éducologique. Le behaviourisme originel a rarement été dépassé. Les productions les plus avancées ont été développées par des instituts de recherche universitaires comme l'IMAG de Grenoble, le CREM, l'IRISA de Rennes ou par les IREM malheureusement découragés par le désengagement de l'institution. Face à l'indigence, les professeurs ont tendance à développer leurs propres applications avec un succès incertain comme nombre d'entre eux l'ont fait avec l'initiative mutualisée Mathenpoche. Trente ans après le début du recours informatique dans l'enseignement, le problème de la qualité pédagogique des activités informatique n'est pas résolu. La nécessité du développement d'une nouvelle science de l'éducation, l'éducologie informatique, est encore niée. Néanmoins, tout n'est pas noir. Parmi l'ensemble, une bonne partie des activités se voient accorder une valeur intrinsèque supérieure, d'une efficience réelle.

2 La valeur efficace

La valeur propre [Vp] de l'activité informatique n'exprime qu'une efficience, un potentiel qui ne peuvent s'accomplir qu'au travers d'une mise en œuvre pratique qui contrôle et réalise son efficacité. Elle dépend des composantes matérielles et humaines de son exécution :

▪ l'intégration interne [Iim] : il s'agit du deuxième aspect de cette composante, de l'adaptation par des modifications possibles de l'activité aux conceptions, méthodes et procédés personnels de l'enseignant. A priori, cette personnalisation et cette contextualisation ont pour but d'améliorer l'efficacité de l'activité. A posteriori, le professeur est en mesure d'en apprécier l'impact. C'est un facteur majorant de l'activité.

▪ l'organisation [Lo] : la disposition du matériel, des logiciels et des fichiers de travail, la réservation de la salle, de l'organisation éventuelle des groupes d'élèves (en soutien et apprenticiel), de la préparation des documents de travail… Le recours informatique n'est pas automatique. Son organisation pratique peut être lourde, voire rédhibitoire. C'est un quotient minorant de l'activité : si Lo ↑ alors Ve ↓ ou 1 / Lo ↓ alors Ve ↓.

▪ la maîtrise technique [Mt] : le recours informatique requiert une connaissance et un savoir-faire minimum pour maîtriser la machinerie complexe de l'instrument informatique. Il résulte d'une compétence acquise en formation initiale (le C2i) ou en formation continue (en général organisée au sein des établissements par les administrateurs réseau), mais aussi en autoformation. Cette maîtrise technique, variable, est absolument indispensable. C'est un facteur majorant de l'activité.

▪ le scénario réel [Scr] : le déroulement de l'activité informatique, en tant qu'action instrumentée et programmée, obéit forcément à un scénario écrit, prévu à l'avance, conscient ou implicite, voire improvisé. Comme dans un film, la qualité du scénario est déterminante de la qualité de l'activité. Un apprenticiel élève est structuré en séquences successives logiquement agencées. Il prévoit les travaux obligatoires successifs et facultatifs et les différences de rapidité entre les élèves, Une séance de soutien ou d'exercice se déroule également selon un ordonnancement rationnel respectant la progression dans les savoirs et les savoirs faire et les parcours individuels des élèves en fonction de leurs difficultés particulières. C'est un facteur majorant de l'activité.

▪ la maîtrise pédagogique [Mp] : la connaissance, l'application et le respect des règles et techniques de l'éducologie informatique. Voir partie X. Ne rien oublier, ne pas commettre d'erreurs, maîtriser la pédagogie informatique. C'est un facteur majorant de l'activité.

▪ la mise en scène [Mes] : bien orchestrer et théâtraliser le déroulement de l'activité ; bien organiser, mobiliser les élèves, maintenir la flamme, apporter de l'énergie, les guider, aider, contrôler l'exécution ; ne pas rater les effets de monstration, des questionnements ; rigueur, exigence et bienveillance. Si dans un apprenticiel élève, l'élève apprend par lui-même, encore faut-il qu'il accepte de le faire, qu'il y soit entraîné. Dans un imagiciel magistral, la mise en scène de la monstration est déterminante de l'effet produit. En soutien, en exercice, il faut maintenir la persévérance, l'effort, la ténacité, la volonté de réussir. Les succès, les progrès accomplis par le biais de l'activité informatique se chargeront de satisfaire, de conforter, de stimuler et de de convaincre. C'est l'effet nécessaire et attendu du recours informatique. C'est un facteur majorant de l'activité.

▪ la durée effective [t] : la durée joue un rôle éminent dans la détermination de la valeur de l'activité informatique (AIEA). L'analyse factorielle des correspondances l'a mise en évidence comme troisième axe des tendances. Plus ou moins en accord avec la durée annoncée (quand elle est indiquée), le temps effectif passé à accomplir l'activité informatique représente la *durée effective* de l'activité. Relevée dans l'enquête et mesurée en minutes, elle varie, selon son type, de 1 à 180 minutes. En tant que telle, elle a un effet réel sur la productivité de l'enseignement et sur le respect de sa temporalité notamment sur le déroulement du programme dans l'année scolaire. Deux effets relatifs peuvent être pris en compte et appréciés en fonction de l'expérience et du planning prévisionnel annuel de l'enseignant :

▪ elle fait gagner du temps : sa durée sera jugée favorablement

▪ elle fait perdre du temps : sa durée sera jugée défavorablement

L'impact de la durée différentielle

Mais l'activité informatique n'est souvent pas la première expérience dans l'accomplissement du programme (encore qu'elle peut tendre à le devenir à l'avenir, mais avec des activités informatiques éprouvées). En général, elle se substitue à une activité traditionnelle dont l'enseignant a l'expérience. Sa temporalité sera donc jugée plutôt en comparaison avec celle-ci. Cette composante technologique fondamentale agit donc essentiellement par comparaison avec la durée traditionnelle de référence :

$$\textbf{\textit{La durée différentielle}}\ \Delta t = \frac{\textbf{\textit{durée de l'activité informatique}}}{\textbf{\textit{durée de l'activité traditionnelle}}}$$

Cette importance de la durée différentielle ressort également de l'analyse hiérarchique descendante des données de l'enquête effectuée avec SPPSS :

Différenciation des classes de données

Observation	5 classes	4 classes	3 classes	2 classes
Genre :	1	1	1	1
Age :	2	2	1	1
Comme utilisateur de l'ordinateur pour enseigner vous considérez-vous comme :	2	2	1	1
Type de l'activité :	3	3	2	2
Dans le cadre de :	4	4	3	2
dureeopp	5	1	1	1
Score	5	1	1	1
Avez-vous suivi une formation à la pédagogie informatique :	1	1	1	1
Cette activité sert-elle pour l'évaluation du B2i ?	1	1	1	1
Combien de fois utilisez-vous l'ordinateur dans vos classes sur une année (en classe, en soutien, en salle informatique et comme devoir élève au CDI ou à la maison) :	2	2	1	1

Au cinquième niveau, une cinquième classe des données est distinguée mettant en corrélation le score calculé et la durée relative des activités présents dès la première classe, mettant en évidence le rôle particulièrement influent que joue la durée dans le calcul du score.

La durée est un élément clé du rendement et de la productivité

Cette durée différentielle joue en effet un rôle crucial dans la détermination de la valeur de l'activité :

▪ un gain de temps avec une amélioration des résultats sera considéré comme tout à fait bénéfique : *le rendement éducologique est supérieur avec une hausse de la productivité*

▪ un gain de temps sera apprécié même si l'activité informatique n'aura apporté aucune amélioration des résultats ; *le rendement est égal, mais la productivité s'est accrue*.

▪ un gain de temps, mais de moins bons résultats ne sera pas accepté : *productivité égale, mais rendement inférieur*.

▪ un temps égal, mais avec un gain cognitif et de meilleurs résultats donne *un meilleur rendement et productivité*.

▪ un temps égal et aucune amélioration : *un rendement et une productivité égale*. Une indétermination qui sera tranchée en fonction d'autres paramètres (organisation, satisfaction).

▪ un temps égal, mais des résultats inférieurs amènent à un rejet : *un rendement et une productivité en baisse*.

▪ une perte de temps ne sera tolérée que si l'activité informatique apporte un gain sensible sur la compréhension ou les résultats des élèves. Le *rendement éducologique sera supérieur*, mais la *productivité reste sensiblement la même* (gain productif en plus de temps)

▪ cependant, une perte de temps avec des résultats égaux ne sera forcément pas acceptée. Un *rendement égal avec une productivité inférieure*

▪ par contre, une perte de temps avec une baisse des résultats sera intolérable. *Un rendement inférieur avec une productivité en baisse*.

Selon le type d'activité

Les données de l'enquête sur cette comparaison des durées de l'activité informatique et de l'activité traditionnelle de référence ont été relevées sous la forme d'une appréciation de 1 à 5 correspondant à ++long, +long, égal, +court et ++court. L'expérience et les connaissances pratiques des formateurs experts de l'IREM ont apporté des éléments de comparaison pragmatiques complémentaires :

▪ pour les imagiciels, d'un temps d'utilisation de 1 à 30 minutes, accompagnés par une fiche figure, leurs rapports à la durée d'une action traditionnelle est *de deux fois à quatre fois plus court* que la réalisation d'une figure dessinée au tableau par l'enseignant ou par les élèves sur

leurs cahiers, *d'une durée égale* par rapport à l'utilisation d'un rétroprojecteur, mais avec un avantage cognitif certain du fait de sa dynamique et de l'animation faisant apparaître les propriétés par les invariants. Un gain certain en rendement et en productivité. Mais, attention, l'imagiciel a coûté, outre un investissement matériel lourd (ordinateur en réseau, vidéoprojecteur, maintenance…), un investissement intellectuel non négligeable. Par exemple, l'imagiciel Cabri du développement du cylindre a nécessité cinq heures de travail ! Cet effort de préparation peut être négligeable si le professeur a récupéré cet imagiciel sur un site de ressources comme ceux des IREM.

▪ pour les apprenticiels magistraux, d'une durée de 5 à 35 minutes, accompagnés par des fiches (figures et travail), *la durée est en général égale ou inférieure* à une activité traditionnelle, et *l'impact éducologique est amélioré*. Une productivité égale ou meilleure pour un rendement supérieur. Ce recours informatique est intéressant si le professeur récupère l'activité déjà élaborée et éprouvée. Sa création demande un temps d'élaboration important sur le plan didactique et technique et une expérimentation est indispensable pour sa validation.

▪ les apprenticiels élèves, de 30 à 60 minutes, ont en général globalement *une durée égale* à un enseignement traditionnel. Le bénéfice est essentiellement cognitif. Le travail individuel en dévolution, son procès interactif de découverte instrumentée, le développement des schèmes heuristiques apportent un progrès dans la compréhension de la notion mathématique (par exemple dans l'étude des transformations géométriques). Un rendement et une productivité supérieurs.

▪ les exerciseurs, d'une durée de 25 à 180 minutes (trois fois une heure) ont une durée très variable en fonction du cadre action dans lequel ils se déroulent (en classe, en salle informatique, au CDI ou à la maison). En général, *la durée est sensiblement la même* que celle accordée aux exercices traditionnels. Il ne serait pas réaliste d'allonger le temps de travail personnel des élèves. Mais la résolution des exercices informatiques est plus rapide (aide, correction instantanée et pas de rédaction écrite). Les élèves peuvent effectuer *deux fois plus d'exercices dans le même temps*. Une nette amélioration du rendement (du fait de l'aide et de la correction immédiate) et de la productivité : plus du double.

▪ le soutien, de 30 à 120 minutes (deux fois une heure), qui concernent les élèves en difficulté ou en échec sur une ou plusieurs compétences du programme, sur un temps de travail supplémentaire, a une durée *égale* au soutien traditionnel. Le taux de réussite est statistiquement de 50% du fait de l'inadaptation des exerciseurs aux élèves en grande difficulté. Un résultat néanmoins appréciable. Le rendement et la productivité sont améliorés par rapport à un soutien traditionnel difficile à mettre en œuvre et moins efficace.

▪ les praticiels, d'une durée de 30 à 120 minutes (deux fois une heure), concernent surtout la formation aux logiciels de géométrie dynamique en 6e et aux tableurs en 4e et 3e. Ils n'ont pas de comparaison avec une activité traditionnelle inexistante. Ils se comparent à eux-mêmes. Souvent l'allongement de la durée (deux heures) provient d'une activité mal conçue, trop longue qui déborde de l'heure. Le rendement et la productivité standard correspondent à une activité qui tient dans l'heure. Tout dépassement en réduit son ratio en conséquence.

L'impact

L'indice Δt de la durée est un coefficient inverse : Si Δt ↓ alors Ve ↑ ou si 1 / Δt ↑ alors Ve ↑

C'est cet effet inverse et l'amplitude de son coefficient de 1 à 1/5 (cinq fois) ou de 2 à 1/4 (huit fois) qui confère à la durée relative un rôle déterminant.

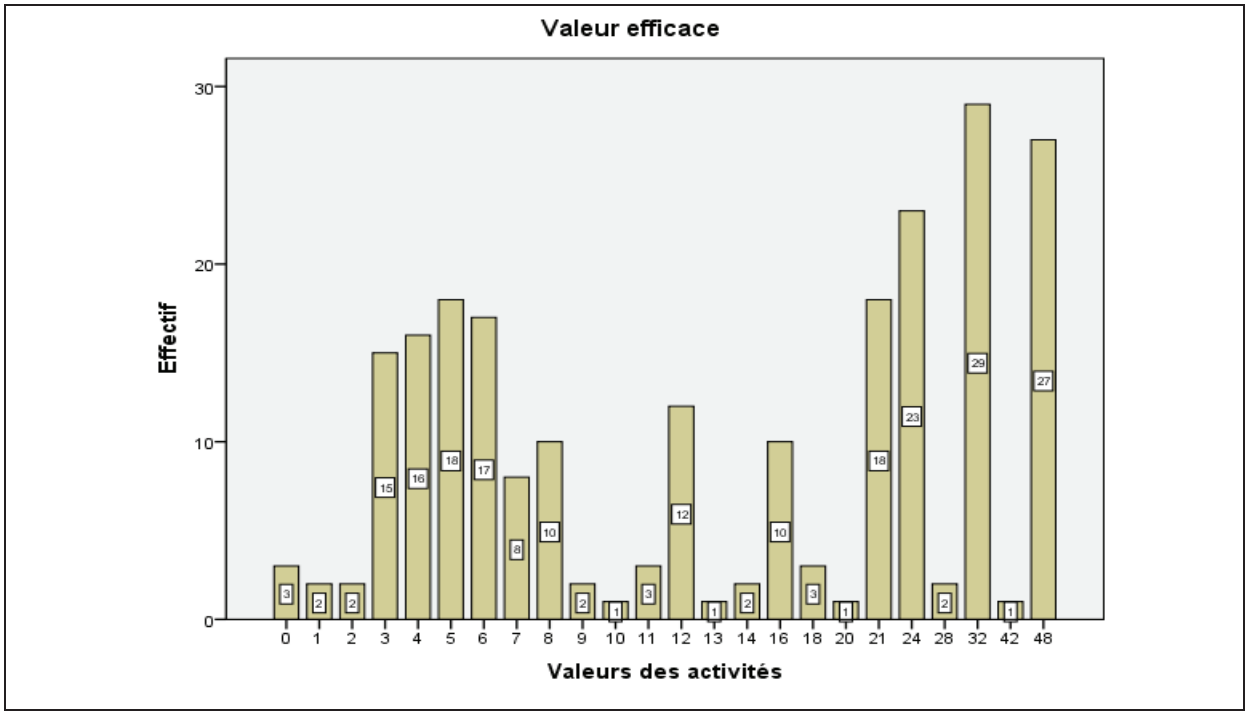
La formule de calcul de la valeur efficace

En conclusion, la formule de calcul de la valeur efficace : $\mathbf{Ve} \leftarrow \frac{[\boldsymbol{Im}]*[\boldsymbol{Scr}]*[\boldsymbol{Mt}]*[\boldsymbol{Mp}]*[\boldsymbol{Mes}]}{[\boldsymbol{Lo}]*[\Delta \mathbf{t}]}$

Les composantes sont quantifiées sur une échelle de 0 à 5 suivant leurs appréciations qualitatives. La formule du type $a.x^4$ fortement croissante produit une grande amplitude de 0 à 2 500 ramenée à une étendue plus réaliste en prenant son logarithme affecté d'un coefficient, $Ve_i \approx$ entier(k.log(Ve)), k ≈ 6.

Quelques indications de l'enquête

La valeur efficace calculée concernant les activités :

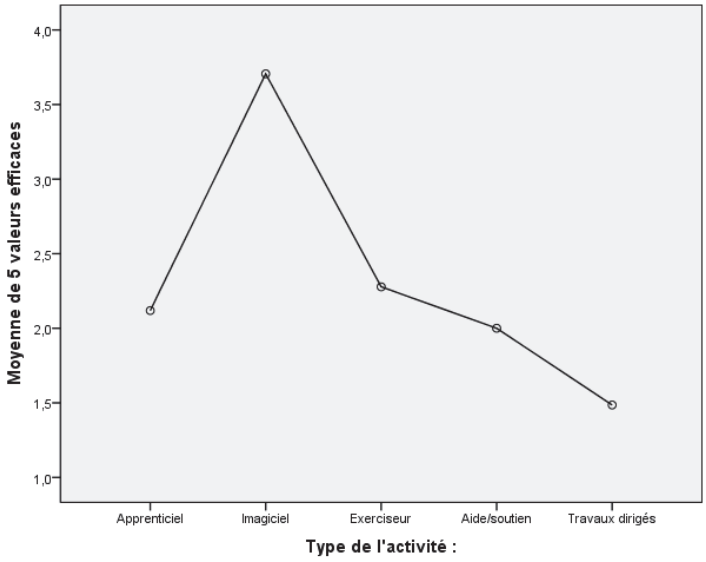


Difficile ou impossible d'attribuer à cette valeur efficace un caractère objectif absolu. De manière relative, le calcul de la formule des combinaisons des composantes praxéologiques

qui génèrent l'efficacité fait apparaître une grande variabilité. Cette efficacité varie de 0 à 48 maximum, avec pour moyenne 18,5, une médiane à 16, un premier quartile à 6 et un dernier à 32. On peut en déduire que la mise en œuvre de l'activité informatique n'a rien d'une application mécanique automatique standardisée, ni d'une production normalisée, uniforme, taylorisée contrairement au préjugé que d'aucuns pourraient croire concernant ce que l'on appelle "les nouvelles technologies". Peut-être que cette variabilité est supérieure à celle d'un enseignement traditionnel. Elle est représentative de la difficulté de cette pédagogie nouvelle qui dépend fortement des conditions matérielles et humaines locales concrètes, de la formation reçue et de l'expérience accumulée.

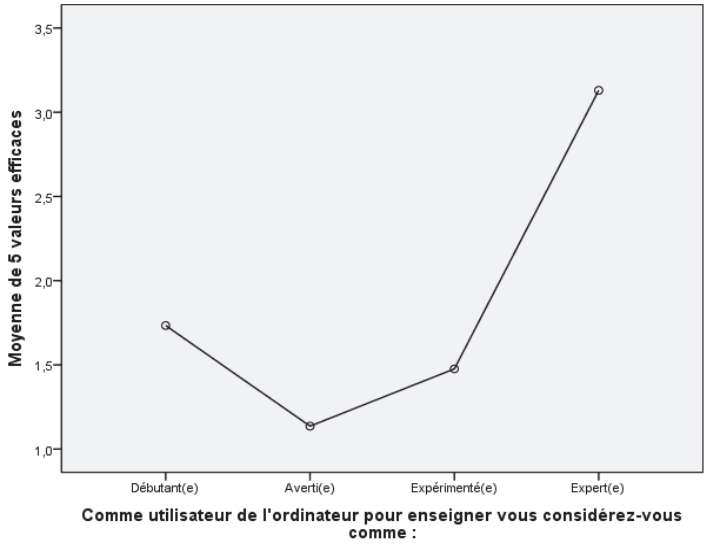
La valeur efficace suivant le type d'activité :

Calculée sur la base des moyennes des efficacités développées pour chaque type d'activités.



- Les imagiciels faciles et rapides sont toujours les plus faciles et efficaces à mettre en œuvre.
- les apprenticiels reculent du fait de leurs complications didactiques
- le soutien remonte du fait de la facilité de sa mise en œuvre avec les ensembles logiciels
- les praticiels sont au plus bas du fait de leurs durées excessives et de leurs difficultés techniques

La valeur efficace suivant la catégorie des utilisateurs :



- les experts formateurs de l'IREM sont loin devant en efficacité
- les débutants sont devant les avertis et les expérimentés ! Ce paradoxe peut s'expliquer par le fait qu'ils ont présenté une activité parmi les plus favorables
- avertis et expérimenté ont présenté des activités plus ambitieuses, plus exigeantes

3 La valeur d'usage

La valeur d'usage [Vu] de l'activité informatique (AIEA) est déterminée par la combinaison de ses deux valeurs constitutives, la valeur propre et la valeur efficace. C'est la valeur *contributive* de l'activité informatique aux acquisitions des élèves de la classe constatés sous forme de résultats lors du contrôle de la notion. Une valeur déterminante, à l'effet différée, qui peut n'être pourtant que partielle puisque l'évaluation terminale ne vérifie pas seulement la qualité de la compréhension et de l'assimilation de la notion qu'aurait apporté l'activité informatique lors de l'apprentissage avec un apprenticiel ou la maîtrise de ses méthodes obtenue à l'aide d'exerciseurs, mais aussi la qualité de la synthèse, de l'institutionnalisation, des autres exercices, des entraînements… qui ont suivi, même s'il ne fait aucun doute que la qualité de la compréhension initiale a pu jouer un rôle essentiel dans ce processus. Inversement, la qualité des résultats des évaluations finales éclaire a posteriori, vérifie ou invalide l'appréciation première portée sur l'activité informatique.

Formule de calcul :

Les composantes [Iim] et [Iip] étant réunies ainsi que [Scr] et [Scs].

$$\boldsymbol{Vu = Vp * Ve} \quad \text{ou} \quad \boldsymbol{Vu} \leftarrow \frac{[\boldsymbol{Ie}]*[\boldsymbol{Ii}]*[\boldsymbol{Pt}]*[\boldsymbol{Pf}]*[\boldsymbol{Sp}]*[\boldsymbol{Sc}]*[\boldsymbol{Mt}]*[\boldsymbol{Mp}]*[\boldsymbol{Mes}]}{[\mathbf{C}]*[\mathbf{Lo}]*[\Delta\mathbf{t}]}$$

Les 11 composantes (sauf Δt qui varie de 0,25 à 2) ont été quantifiées sur une échelle de 0 à 5 suivant leurs appréciations qualitatives. La fiabilité de ces données a été attestée par un coefficient de Cronbach α = 0,812. Les formules du type $4x^3$ (en 2009) ou $4x^7$ (en 2013) fortement croissantes, produisent une grande amplitude de 0 minimum à 500 ou 312 500 maximum. Leurs résultats ont été ramenés à une étendue réaliste sous la forme de deux scores sur des échelles de 0 à 100 et de 0 à 10 :

En 2009 **:** $\mathbf{Sc_{100}} \approx$ entier (16 *log(Vu)) et $\mathbf{Sc_{10}}$ = arrondi (Sc_{100} / 10)

En 2013 **:** $\mathbf{Sc_{100}} \approx$ entier (7,9 *log(Vu)) et $\mathbf{Sc_{10}}$ = arrondi (Sc_{100} / 10)

Formule utilisée lors de l'enquête de 2009

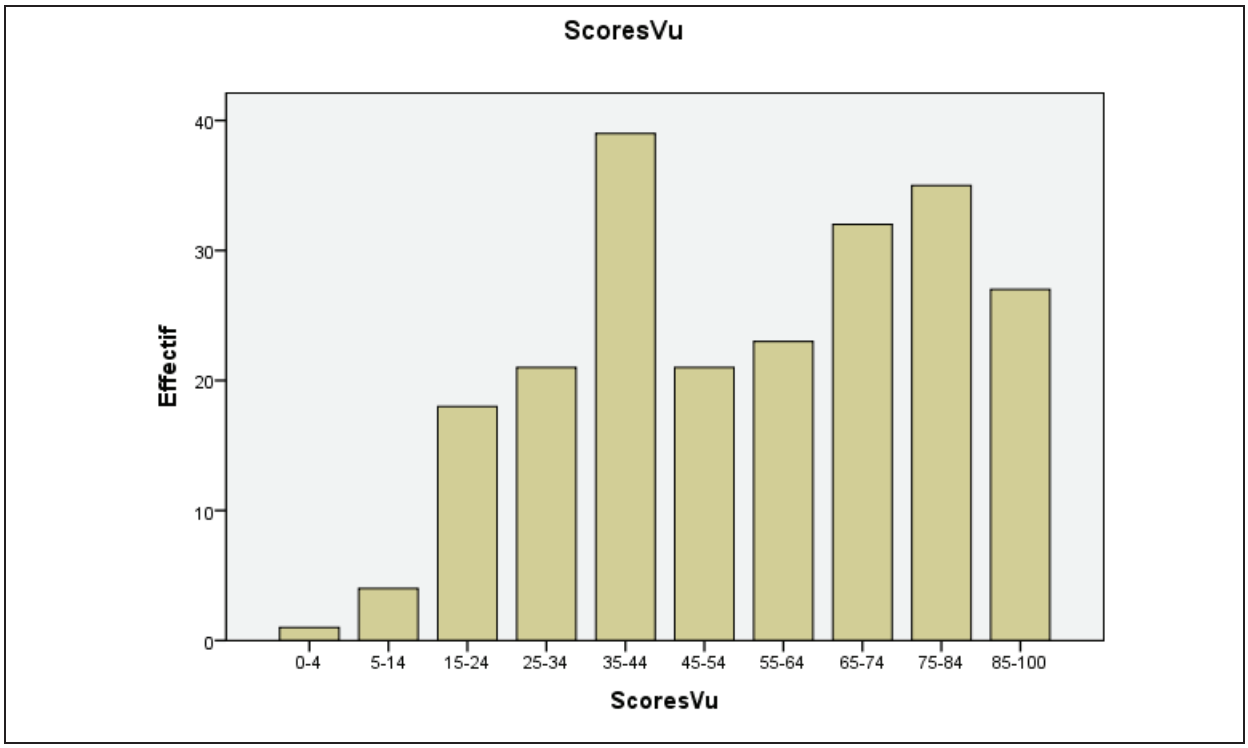
$$\text{Valeur de l'activité informatique} = k \log\left(i \frac{\text{Performance x Pertinence x Maîtrise (technique + pédagogique)}}{\text{(Complexité + Lourdeur) x Temps}}\right)$$

Sur 9 composantes seulement :
k : coefficient de normalisation
i : coefficient d'intégration
Performance : supériorité de l'activité informatique par rapport au recours traditionnel
Pertinence : degré d'adéquation de l'activité informatique par rapport au besoin à satisfaire
Maîtrise : compétences technique et pédagogique du professeur
Complexité : complications propres à l'utilisation du logiciel ou de l'ordinateur
Lourdeur : somme des contraintes matérielles et organisationnelles de la séquence informatique
Temps : durée de l'accomplissement de l'activité / temps normalement consacré
Dans la formule en 2009, [***Mp***] ⊃ [***Sc***] ∪ [***Mes***], [***Pf***] ⊃ [***Sp***] et [***i***] ⊃ [***Ie***] ∪ [***Ii***]

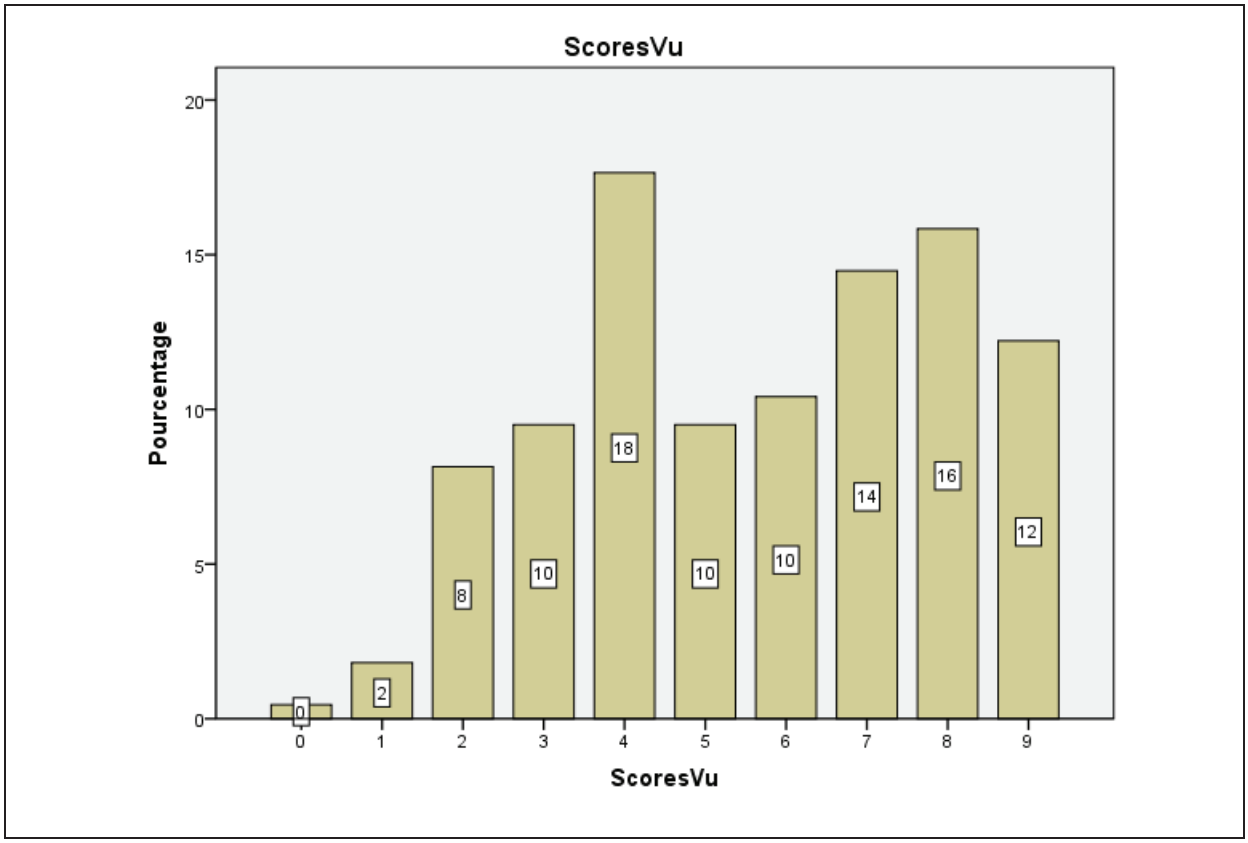
Les résultats de l'enquête

Répartition des activités selon leurs scores :

Effectifs des activités selon leurs scores de 0 à 100 regroupées par dizaines :

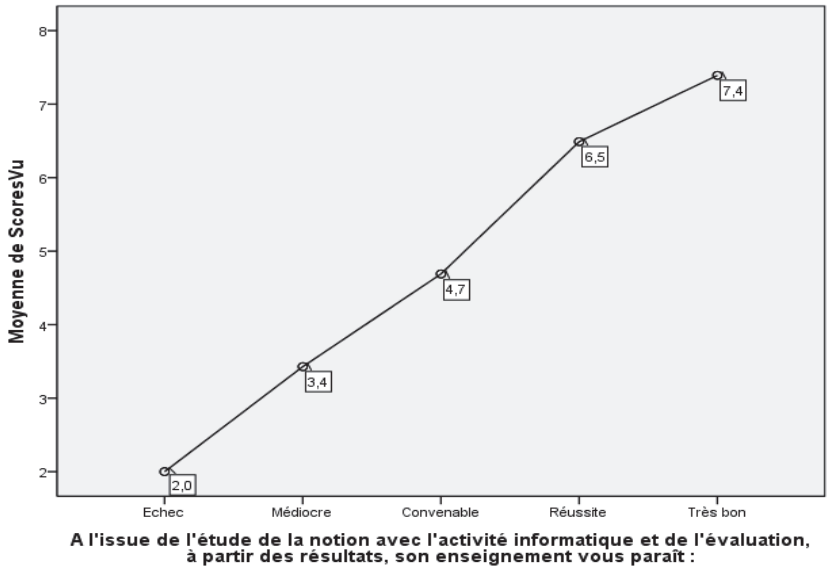


Pourcentage des activités selon leurs scores par niveaux de 0 à 9 :



Pour ces valeurs d'usage, il a été possible de déterminer la correspondance entre les scores calculés et les appréciations qualitatives globales relevées lors de l'enquête.

Correspondance des scores avec les appréciations qualitatives :



Les activités sont jugées grosso modo :

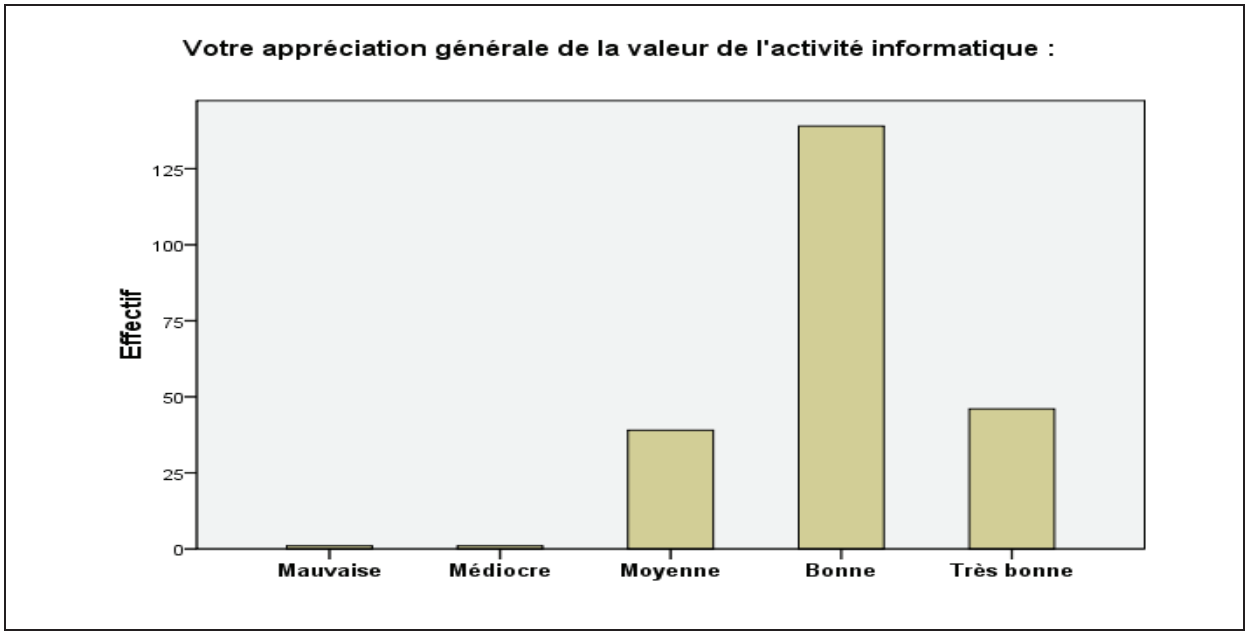
- très bonnes de 7 à 9
- réussies de 5 à 6
- convenables à 4
- médiocres à 3
- faibles en échec de 1 à 2

Une échelle de valeurs d'usage des activités relative et indicative.

Ainsi, il apparaît, dans la distribution des scores des activités que :

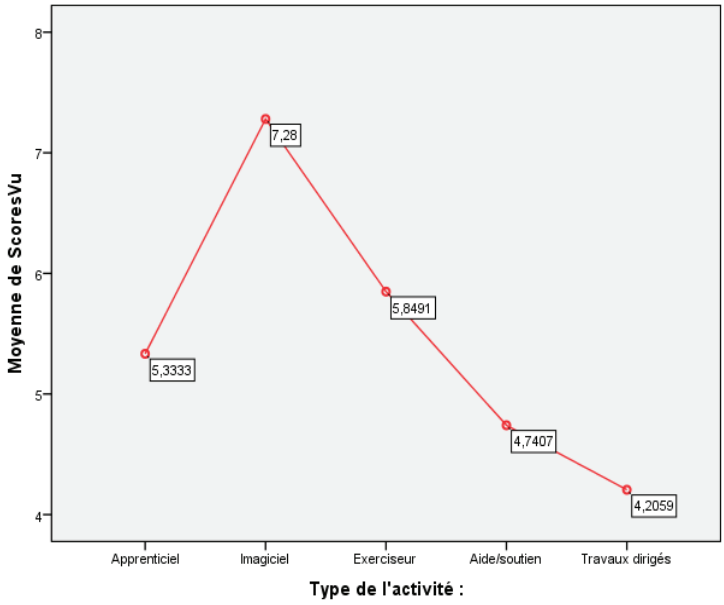
- 42% des activités obtiennent un score supérieur à 6 correspondant à un très bon jugement
- 20% des activités ont un score de 5 à 6 considérées comme réussies
- 18% ont un score autour de 4 comme convenable
- 10% ont un score de 3 jugées médiocres
- 10% d'un score de 0 à 2 donc faibles (ou en échec)

À comparer avec l'appréciation globale des professeurs :



82% des activités sont jugées bonnes et très bonnes (pour 62% selon les scores). Les activités pratiquées sont donc appréciées comme très majoritairement bonnes. Pratiquement pas de mauvaises, de médiocres, les appréciations des activités sont "bonnes" à 62%, "très bonne" à 20% (1 sur 5), et moyennes seulement à 17% (18% selon les scores).

Scores selon le type d'activités :

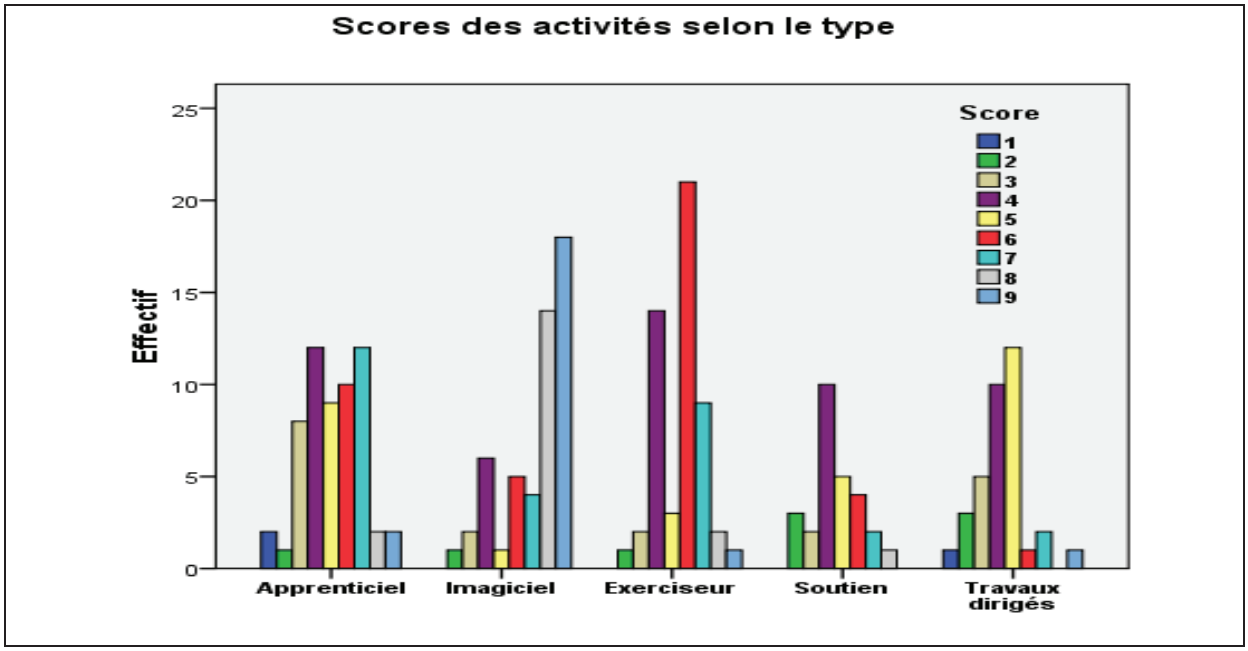


Qualité des moyennes selon les types :

- très bons imagiciels à 7,3
- réussite des exerciseurs à 5,8
- réussite des apprenticiels à 5,3
- convenable soutien à 4,7
- praticiels TD passables à 4,2

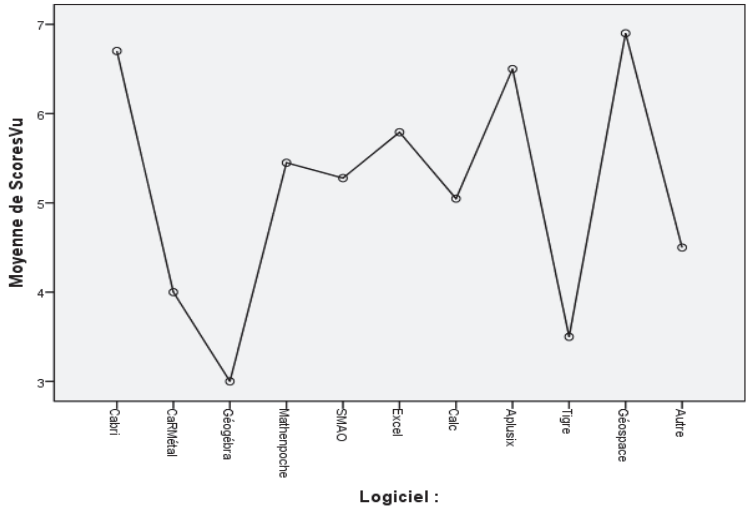
Avec une variété de résultats donnés par le détail des scores des activités des différents types.

Distribution :



Une distribution quasi normale pour les apprenticiels, les exerciseurs et le soutien. Asymétrie positive pour les travaux dirigés du côté faible et négative pour les imagiciels du côté fort.

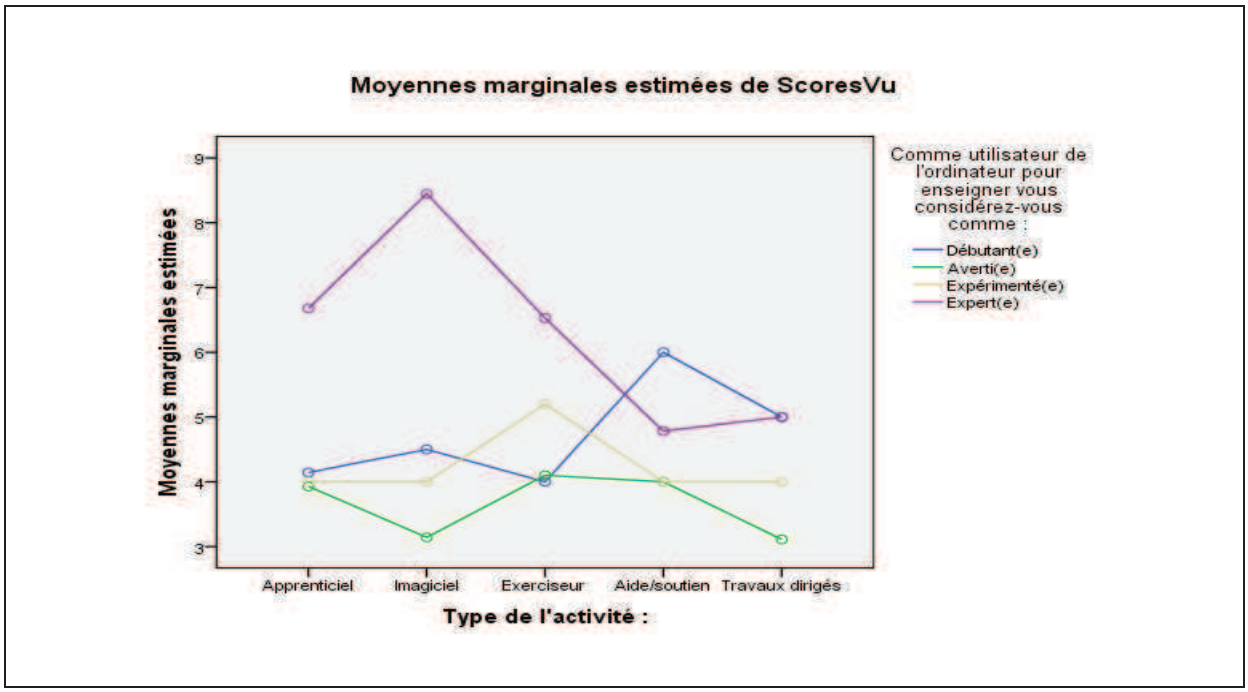
Selon le logiciel de l'activité :



Moyennes des scores :

- bonnes pour Cabri, Aplusix et Géospace entre 6 et 7
- réussites pour Mathenpoche, SMAO, Excel, Calc à plus de 5
- convenable pour les autres
- médiocres pour Tigre et Géogébra mais sur un nombre trop faible d'activités.

Selon la catégorie de l'utilisateur :



Une hiérarchie presque respectée avec la suprématie des experts loin devant les expérimentés et les avertis, mais avec une anomalie des débutants dépassant avertis et expérimentés. Un résultat dû vraisemblablement à un choix plus restrictif et favorable de leur part par rapport aux autres qui n'ont pas hésité à présenter, pour élargir l'enquête, des activités en échec. Cette disparité peut également provenir d'un manque de discernement des débutants qui ne repèrent pas toujours les dysfonctionnements, les difficultés et peuvent passer à côté de situations pourtant problématiques. Cet aveuglement initial est en partie salutaire. Il permet de persévérer et d'acquérir de l'expérience et de gagner en perspicacité et lucidité.

Commentaire

Il est remarquable de constater que, pour un mode de quantification identique et un mode de calcul similaire, la valeur d'usage des activités se révèle être plus élevée que la valeur propre. Le rendement des activités est considéré comme nettement plus favorable en comparaison de l'appréciation des applications informatiques proprement dites qui sont jugées plutôt sévèrement. Cette différence illustre *le rôle clé que joue la valeur efficace dans la production de la valeur d'usage*. La capacité de l'utilisateur à mettre en œuvre l'activité informatique, son savoir-faire qui tient dans la connaissance et le respect des règles et techniques praxéologiques du recours informatique joue donc un rôle essentiel et décisif. D'où l'importance de la formation initiale et continue qui s'est vérifiée dans les années deux mille par la participation d'un tiers des professeurs de mathématiques de l'académie aux stages de formation du PAF.

4 La valeur relative

Il s'agit d'apprécier la différence dans l'acquisition des concepts mathématiques et des savoirs faire à partir d'un enseignement utilisant les TICE en comparaison avec un enseignement traditionnel ainsi que des niveaux des résultats mesurés des élèves dans les deux cas. Pour développer cette étude, il faut un protocole draconien prenant en compte les prérequis des groupes d'élèves à comparer, observer les niveaux a priori et a posteriori sur la base d'un panel statistiquement significatif. Les études sur le sujet sont rares. On peut citer pourtant une enquête menée dans les années quatre-vingt en Californie (aujourd'hui oubliée), portant sur un nombre important d'élèves utilisant un Apple II, qui avait montré l'intérêt de cette utilisation engendrant des résultats scolaires meilleurs. Sans revenir sur les travaux qui ont formulé des conclusions plutôt sceptiques sur les apports de l'informatique, des études en France plus récentes en ont vanté des améliorations significatives. C'est le cas de la société CABRILOG, qui sur les résultats d'une enquête menée en Espagne, fait état d'une progression de 30% des résultats en géométrie grâce à l'utilisation du logiciel Cabri. L'IMAG de Grenoble a aussi évalué une nette appréciation des résultats des élèves apprenant en algèbre en s'aidant du logiciel Aplusix.

Sans nier l'intérêt scientifique de ces travaux, ils ne jouent pas un rôle déterminant dans les pratiques enseignantes. Que des chercheurs arrivent à déterminer de manière rigoureuse cette valeur absolue du recours informatique, qui serait sans effets bénéfiques, ou le contraire, cela n'aura qu'un impact très limité sur la pratique des enseignants. Ce qui est

décisif, c'est plutôt leur propre appréciation de la valeur de ce recours, tiré de leurs propres expériences et de leur formation dans le cadre des exigences des institutions scolaires. C'est essentiellement ce jugement personnel qui est à la base de l'augmentation ou de la diminution du nombre de professeurs qui utilisent le recours informatique pour enseigner.

5 La valeur professionnelle

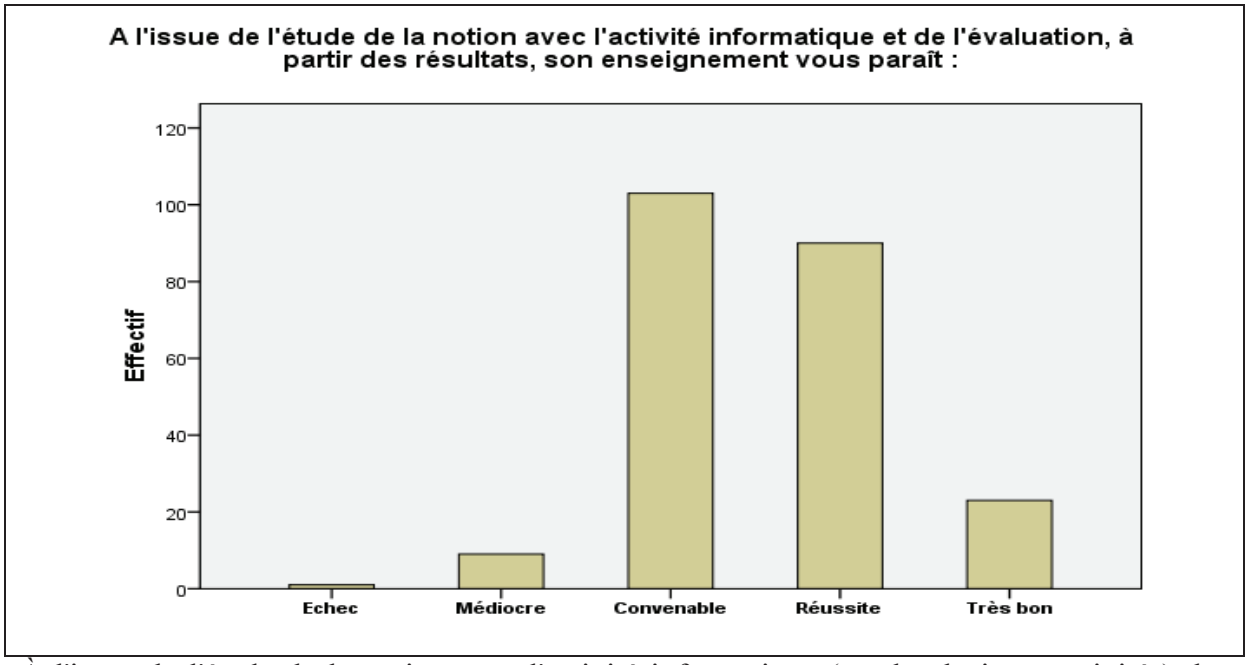
La valeur la plus importante, capitale est celle qu'accorde l'enseignant à l'activité qu'il a utilisée. Un enseignant évalue en permanence le travail qu'il accomplit, que ce soit un cours traditionnel ou lors d'un recours informatique. L'évaluation est consubstantielle de son travail. Elle est d'abord personnelle, subjective et ensuite infirmée ou renforcée par les indices qu'il observe dans les réactions des élèves, dans leurs résultats, voire, de façon plus périphérique et diffuse, des parents, de l'IPR, de l'administration ou des collègues.

Elle peut se résumer dans l'appréciation subjective (plus ou moins consciente et élaborée) de l'enseignant sur l'activité qu'il a pratiquée dans les conditions qui étaient les siennes. Elle est donnée a posteriori, telle qu'elle a été perçue et appréciée à l'issue de la passation. Et, au regard des contraintes, la valeur qu'attribue l'enseignant à l'activité dépend également du degré d'investissement qui est le sien. Car en pédagogie informatique, on peut distinguer trois périodes dans l'utilisation d'une activité :

- Première période : l'essai expérimental pour se rendre compte, pour lequel on est prêt à beaucoup d'efforts, d'empressements, de complaisance et de perte de temps.
- Deuxième période : celle de l'acharnement, quand on insiste et qu'on renouvelle l'expérience, même contre vents et marée, même si sa valeur d'usage est douteuse.
- Troisième période : la période normale, ordinaire, durable, où l'effort reste mesuré, limité, en recherche de l'optimal suivant la loi universelle : un investissement minimum pour un rendement maximum, qui fait adopter l'activité efficace et rejeter celle qui ne l'est pas.

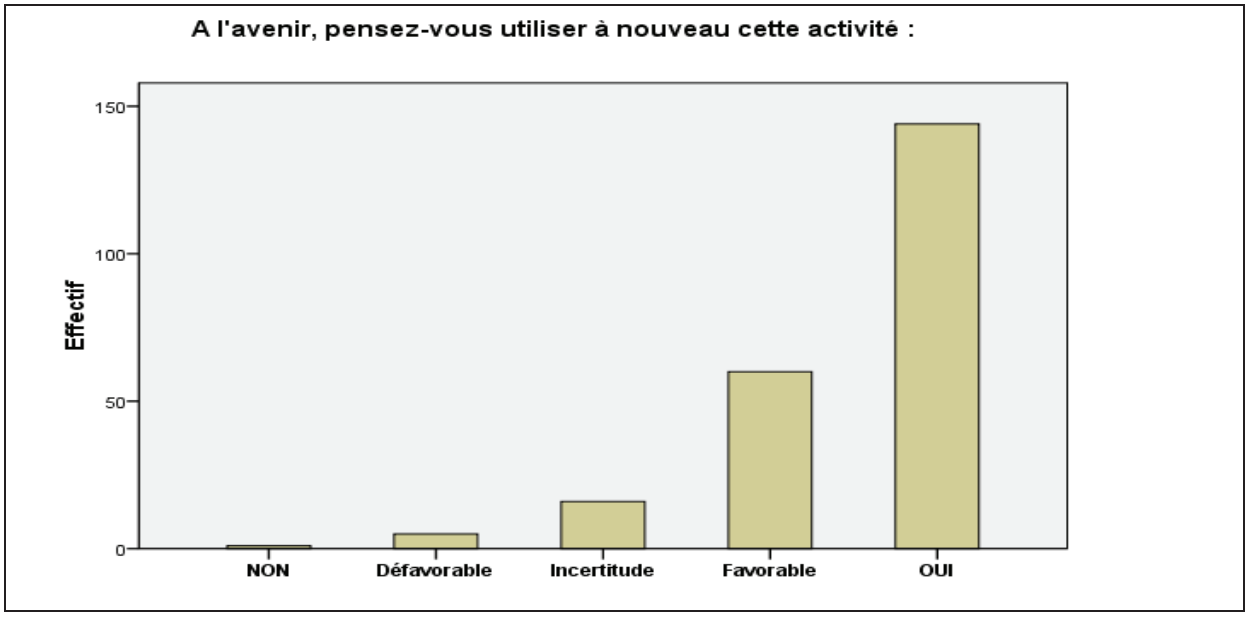
C'est la valeur conséquente, opérationnelle la plus importante, celle qui est décisive pour l'enseignant. C'est l'effet du recours informatique sur l'apprentissage des élèves en ce qui concerne non seulement l'assimilation et la maîtrise des concepts, de notions et des méthodes mathématiques, mais aussi les résultats évalués des élèves sous la forme de contrôles ou de compétences acquises.

Les résultats de l'enquête auprès des 64 professeurs concernant leurs 226 activités :



À l'issue de l'étude de la notion avec l'activité informatique (ou de plusieurs activités), les professeurs jugent pour moitié (50 %) que son enseignement a été un succès : 40 % de réussite et 10 % très bons. Pour l'autre moitié, cet enseignement a été seulement convenable à 46 % et à 4 % médiocre. Un décalage important apparaît entre ces appréciations et celles de la valeur d'usage des activités jugées bien meilleures. Il s'explique par le fait que nombre d'activités informatiques ne portent que sur une partie seulement de l'apprentissage de la notion enseignée, notamment pour les imagiciels aux scores très élevés (par exemple l'imagiciel sur le développement du cylindre). Seuls, les apprenticiels jouent un rôle décisif et important dans l'étude d'un chapitre (par exemple sur les symétries).

Ce jugement est confirmé et conforté par l'affirmation de la volonté de réutiliser l'activité :



Indice de satisfaction : utiliser à nouveau l'activité ? La réponse est nettement favorable à 90% dont pour près des 2/3 (64%) franchement affirmative.

Le sentiment de satisfaction

Comme l'explique Bandura (1980) en psychologie, le comportement, en fait, est largement réglé par ses conséquences. "Les réponses qui déterminent des effets neutres ou punitifs tendent à être abandonnées, tandis que celles qui amènent des effets positifs sont retenues. Les conséquences de ses actions déterminent les comportements. Le fait d'atteindre un objectif amène des bénéfices tangibles, ce qui active des réactions autoévaluatives positives. L'autoévaluation positive engendre un autorenforcement. Le renforcement autocontrôlé accroît la performance principalement par sa fonction motivationnelle." Et il ajoute que "beaucoup d'activités qui augmentent la compétence sont au début fatigantes et peu intéressantes. Ce n'est pas avant d'avoir acquis une certaine habileté… qu'elles deviennent renforçantes. Sans l'aide de facteurs de motivation positive pendant les premières phases, l'acquisition du savoir-faire, les possibilités de l'individu resteraient non développées."

Un tel sentiment d'efficacité joue également un rôle clé dans le recours informatique. Cette appréciation subjective que porte l'enseignant sur l'activité informatique qu'il a pratiquée (comme pour toute autre activité), il la porte non pas en tant qu'individu, mais en tant que professionnel, non pas à titre personnel, mais en tant qu'enseignant, cette autoévaluation de son travail, est ce que nous considèrerons comme la *valeur professionnelle* du recours informatique. Ainsi, tout enseignant est capable et intéressé de déterminer par lui-même si une activité est efficace ou pas, si elle satisfait ses objectifs cognitifs et donne de bons résultats. C'est cette valeur auto- déterminée qu'il retiendra à terme pour persévérer dans le recours informatique ou non.

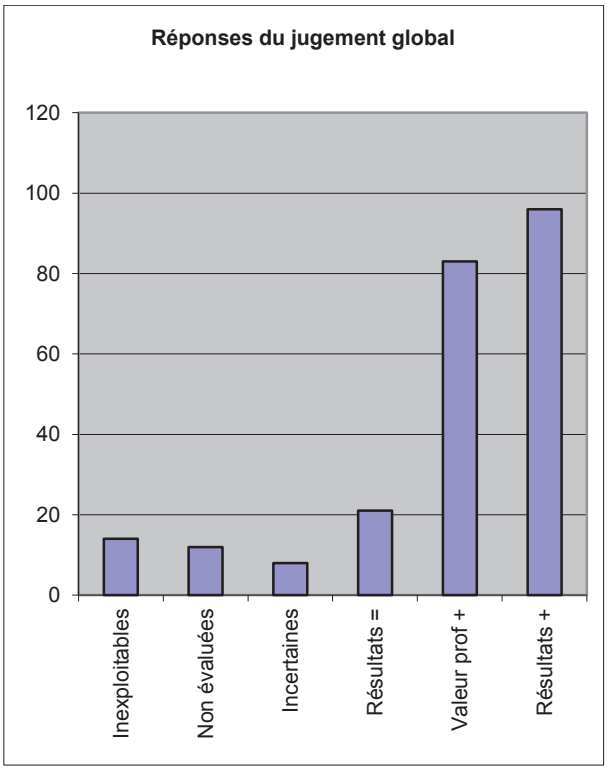
Commentaire final dans l'enquête:

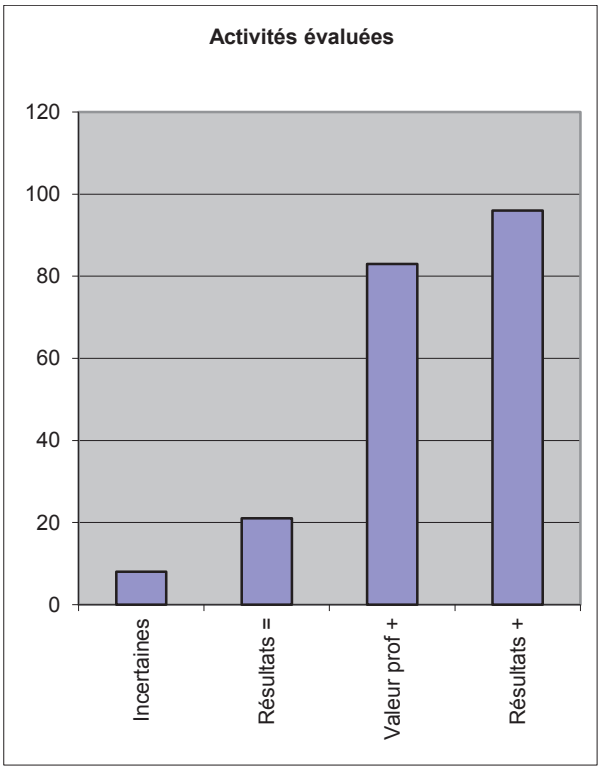
Il était demandé un dernier commentaire sur le recours informatique par rapport aux résultats habituels de la classe sous la forme d'une réponse ouverte. Une première analyse de son contenu a été faite de manière à distinguer les appréciations positives, négatives et incertaines, mais aussi absentes et inexploitables, en classant les premières suivant leur caractère professionnel (leur valeur pour l'enseignement) et institutionnel (résultats notés des contrôles ou des devoirs). Certaines réponses ne comportaient qu'un caractère alors que d'autres en comportaient deux.

Résultats dans le tableau et graphiques suivants. Tous les professeurs ayant répondu :

Jugement global :		Activités déclarées		226	
		% réponses	% déclarées	% évaluées	% pondérées
Réponses	234				200
Inexploitables	14	6%	6%		
Non évaluées	12	5%	5%		
Incertaines	8	3%	4%	4%	4%
Résultats =	21	9%	9%	10%	11%
Valeur prof +	83	35%	37%	39.9%	39.5%
Résultats +	96	41%	42%	46.2%	46.0%
Total	234	100%	104%		
Valeur +	179	76%	79%	86%	85.5%
Évaluées	208				

Voir Tableau





Si l'on cumule les réponses positives professionnelles et institutionnelles, on arrive, si l'on enlève les doublons (234 – 226 = 8) soit 208-8 = 200 activités évaluées (soit – 4 valeurs professionnelles et – 4 valeurs institutionnelles), à 86 % d'évaluation positive à rapprocher du score de 81 % de l'appréciation générale ou de la réutilisation de l'activité 90 %. La valeur de l'enseignement réussi et très bon 50 % plus une bonne part du convenable (46 %).

Extraits (voir Annexe2)

Valeurs	Professionnelle	Institutionnelle
Positive	*Notion de Thalès bien comprise ..* *La participation et l'activité des élèves est beaucoup plus conséquente que lors d'une "activité papier". De ce fait l'efficacité ne peut qu'en être meilleure.* *Meilleure compréhension* *plus de motivation des élèves engouement certain* *Très bonne participation de tous les élèves. Efforts de compréhension. Bonne entraide entre eux et le prof. Effet de motivation certain.* *attitude beaucoup plus active des élèves que dans une séance d'exercices en classe classique* *Conjecture plus rapide et plus convaincante* *trés bien et surtout grande motivation* *Plus de dynamisme dans le travail* *Plus d'intensité dans le travail des élèves*	notes sensiblement au-dessus de celles obtenues habituellement bons résultats Résultats meilleurs Amélioration des résultats On est au-dessus, pour mes 2 troisièmes, des moyennes "plus traditionnelles" Meilleurs résultats que habituellement Meilleurs résultats en général l'ensemble des ++ et + est bien supérieur aux résultats obtenus avec les supports traditionnels. Résultats en hausse. Résultats nettement supérieurs Progression significative des résultats qui avaient été faibles dans un premier temps. Très bons résultats des exercices Moins de points perdus Légèrement mieux
Négative		conforme en règle générale peu de surprises Dans la même lignée. Les résultats sont conformes aux résultats habituels des deux classes. Identiques semblables Peu d'impact. pas de différence notable je pense par rapport à une autre façon de faire
Incertaine		Difficile à évaluer Difficile à apprécier je ne sais pas Reste à savoir si l'informatique y est pour quelque chose.
Pas d'appréciation	sans objet ; Sans opinion pas de résultats car soutien Pas de retour pas d'évaluation	
Inexploitable	en attente de pertinence RAS J'ai toujours effectué cette activité	

Leurs réponses portaient également sur la valeur institutionnelle des activités.

5 La valeur institutionnelle

Au-delà de l'appréciation professionnelle subjective de l'enseignant, le recours informatique se concrétise dans des évaluations sommatives prises en compte par l'institution scolaire (bulletin trimestriel, livret scolaire, socle, conseil de classe et d'orientation…). Ainsi, elle change de nature et devient de fait socialement *objective*. Ainsi, l'auto-évaluation positive d'une activité informatique par l'enseignant qui a pu relever, suivant ses propres méthodes d'évaluation, des résultats scolaires meilleurs, y acquiert un statut institutionnel objectif. De ce fait, le recours informatique y acquiert une *valeur institutionnelle*.

Autre valeur institutionnelle diffuse, celle que lui accordent les Conseils généraux qui équipent les collèges, sur la base de leurs propres enquêtes et convictions. Ils ont considéré depuis les années quatre-vingt-dix qu'il était utile de doter les établissements de matériels informatiques de plus en plus nombreux. Il n'est pas rare que des collèges soient aujourd'hui équipés de plus de deux cents ordinateurs distribués dans plusieurs salles informatiques et de vidéo projecteurs dans toutes les salles de classe. Ils ont considéré deux nécessités. La première, de former les nouvelles générations aux nouvelles technologies informatiques qui irriguent toute la société, dans tous les secteurs. Et deuxièmement, ils ont fait le pari de la valeur positive du recours informatique dans l'enseignement, sans preuve définitive, incontestable en se basant contrairement à un principe plus scientifique de précaution qui voudrait que dans le doute on s'abstienne, sur un principe d'anticipation d'une valeur possible, espérée. Ils se sont quand même appuyés sur des projets éducatifs concrets et sur des audits encourageants réalisés auprès des professeurs les plus actifs,

Ce sont les deux mêmes raisons qui ont incité les ministères successifs à promouvoir les TICE et d'instituer une formation obligatoire à l'informatique sous la forme de l'évaluation des élèves par le B2i (Brevet Informatique et Internet) dont, désormais, l'obtention est obligatoire pour réussir le Brevet des Collèges, et l'obligation du C2i pour devenir professeur.

L'autre valeur institutionnelle, claire et nette, est celle que lui accorde la "noosphère" avec l'introduction de plus en plus marquée du recours informatique dans les programmes de mathématiques (Cf supra).

La *valeur institutionnelle* du recours informatique correspond aux notes ou aux appréciations conséquentes qui ont été intégrées dans les résultats trimestriels officiels des élèves, qui participent de leurs évaluations sommatives en vue du passage dans la classe supérieure et dans leurs orientations scolaires. Dans l'enquête, deux champs ouverts permettaient aux professeurs de mentionner les résultats obtenus par les élèves lors d'un

contrôle partiel ou total sur la notion qui a fait l'objet d'un recours informatique (ou de plusieurs), sous la forme de notes ou d'évaluation par compétences, accompagnées ou pas d'un commentaire. Quarante-deux professeurs ont répondu pour l'évaluation par compétences et trente-sept l'ont fait pour l'évaluation chiffrée.

Ces réponses font apparaître et quantifient le degré de satisfaction professionnelle (décliné plus haut de manière qualitative) et constituent un des paramètres importants du *sentiment d'efficacité professionnelle*. Pour quelques-unes d'entre elles, elles donnent un éclairage sur la valeur relative du recours informatique en comparaison avec les résultats obtenus par des méthodes traditionnelles.

Plusieurs cas peuvent se présenter :

▪ une activité sera jugée mauvaise si elle a engendré, tout étant équivalent par ailleurs, de mauvais résultats, c'est-à-dire inférieurs aux prévisions ou aux attentes compte tenu de la connaissance des résultats antérieurs des élèves.

▪ une activité sera jugée correcte ou bonne si les résultats scolaires conséquents ont été :

- convenables c'est-à-dire au niveau des attentes sans amélioration perceptible.
- meilleurs, supérieurs au niveau traditionnellement prévisible.

C'est dans ce dernier cas que la valeur d'usage du recours informatique pourra être jugée en dernier ressort comme bénéfique, supérieure à un enseignement traditionnel.

Satisfaction des résultats

Contributions de trois professeurs

⇒ Le professeur de l'activité 7, averti, rapporte l'évaluation par compétence des élèves sur la théorème de Thalès en 4e à l'issue d'un recours bien adapté et jugé bon grâce à un apprenticiel personnel avec Géogébra en salle informatique jugé très performant: 3-, 4+-, 6+ et 6++. Des résultats appréciés comme une réussite. Une activité informatique qui a été réutilisée favorablement deux à quatre fois. [score : 39/100 en raison d'une durée trop longue].

⇒ Le professeur de l'activité 17 donne l'évaluation par compétence des élèves en calcul mental à l'aide d'un exerciseur de Matou Matheux parfaitement adapté, plus court et jugé très performant au vidéo projecteur en classe : 20-, 20+-, 40+ et 20++. Des résultats qui ont été appréciés comme convenables, difficiles à comparer avec une activité traditionnelle. Mais une activité informatique qui a été réutilisée plus de 10 fois. [score : 39/100].

⇒ Le professeur de l'activité 121 rapporte l'évaluation par compétence des élèves en travaux dirigés en salle informatique dans le cadre du B2i sur les représentations graphiques en radar effectuées à l'aide du tableur Calc d'Open Office, aménagés à partir d'un exercice du manuel Phare (Hachette), plus courts que des travaux pratiques traditionnels et jugés très performants : des résultats positifs supérieurs pour plus de 75 % des élèves qui ont été appréciés comme très bons. Une activité informatique utilisée la première fois et qui sera réutilisée. [score : 63/100].

Contribution de l'expert B

L'expert B est un formateur et chercheur à l'IREM qui enseigne dans un collège rural.

⇒ Utilisation du rapporteur en 6e: un apprenticiel jugé bon avec Tracenpoche en salle informatique. Des résultats appréciés comme très bons : Réussite à 90 % dans l'activité papier qui a suivi. Et 90 % de réussite à cette question dans le contrôle suivant. Une activité informatique qui a été déjà réutilisée favorablement cinq à dix fois. [score : 57/100].

⇒ Monstration sur les représentations graphiques des fonctions affines en 3e: à l'aide d'un imagiciel jugé bon, parfaitement adapté sous Excel avec un vidéo projecteur en classe : 98 % des élèves répondent correctement à l'épreuve de lecture qui suit cette présentation. Des résultats appréciés comme une réussite. Une activité informatique qui a été déjà réutilisée favorablement plus de dix fois. [score : 77/100].

Contribution de l'expert A

Il enseigne dans un établissement de la banlieue toulousaine à la sociologie renversée (plus de cadres supérieurs que d'ouvriers et employés), classé dans le premier décile des collèges de l'académie pour ses résultats au Brevet et se situant 10 % au-dessus de la moyenne académique et nationale lors des évaluations en 6e, avec environ 75% de réussite en mathématiques pour 65 % en moyenne. L'expert A, apporte des évaluations par compétences sur un certain nombre de notions ayant fait l'objet d'un recours informatique à partir de ses archives sur huit années, de 1999 à 2007 :

En classe de 4e

À l'issue d'un apprenticiel utilisé plus de dix fois, jugé très performant en salle informatique ou en classe, lors d'une séance plus courte, les résultats donnent :

Sur le théorème de Pythagore : pour 359 élèves de 13 classes, **74 %** de réussite avec la moitié des classes entre 69 % et 85 % de réussite. [score : 94/100].

Sur le cosinus : pour 199 élèves de 8 classes, **69** % de réussite avec une classe sur deux entre 50 % et 83 %.[score : 77/100].

Sur Thalès dans le triangle : pour 297 élèves de 11 classes, **70** % de réussite avec une classe sur deux entre 62 % et 79 %. [score : 52/100].

La translation : pour 329 élèves de 12 classes, **50** % environ avec une classe sur deux entre 28 % et 66 %. On note le décalage de cette notion difficile avec les autres. On comprend que la translation ait été supprimée des nouveaux programmes de 2008. [score : 64/100].

Dans l'ensemble, des résultats jugés conformes, satisfaisants et favorables, à rapprocher avec le test en 6e.

En classe de 5^{e}

À l'issue d'un imagiciel ou d'un apprenticiel utilisé plus de dix fois, jugé très performant en salle informatique ou en classe, lors d'une séance plus courte, les résultats donnent :

La médiatrice : pour 384 élèves de 14 classes, **73** % de réussite avec une classe sur deux entre 68 % et 78 %. [score : 90/100].

Le cercle circonscrit : pour 385 élèves de 14 classes, **78** % de réussite avec une classe sur deux entre 69 % et 81 %. [score : 94/100].

L'inégalité triangulaire : pour 495 élèves de 18 classes, **54** % de réussite avec une classe sur deux entre 46 % et 58 %. Une notion plus difficile étudiée auparavant en 4e. [score : 94/100]

La symétrie centrale : pour 432 élèves de 16 classes, **71** % de réussite avec une classe sur deux entre 65 % et 74 %. [score : 61/100].

Dans l'ensemble, des résultats également jugés conformes, satisfaisants et favorables, à rapprocher du test en 6e.

À l'issue de plusieurs séances de remédiation effectuées en salle informatique à l'aide d'un logiciel de soutien, SMAO et Mathenpoche, utilisées plus de dix fois, jugées inégales et plus ou moins adaptées, les résultats donnent :

Priorités des calculs : sur 106 élèves en échec de 9 groupes de besoin, **51** % ont réussi lors du contrôle suivant. [score : 81/100].

Développement : sur 119 élèves en échec de 14 groupes de besoin, **55** % ont réussi lors du contrôle suivant. [score : 81/100].

Factorisation : sur 147 élèves en échec de 13 groupes de besoin, **52** % ont réussi lors du contrôle suivant. [score : 81/100].

Des résultats jugés seulement convenables. Un élève sur deux seulement a rattrapé. Les logiciels de soutien sont inadaptés pour les élèves en grandes difficultés. Néanmoins, ce résultat est très nettement supérieur à ceux que donne un soutien traditionnel. D'où l'intérêt, la persistance et la faveur de ce recours informatique.

L'amélioration des résultats des élèves (rendement et productivité)

Au-delà de ces appréciations absolues qui ne sont pas mises en comparaison, en concurrence, avec un enseignement traditionnel, d'autres contributions transmises permettent d'approcher une valeur relative du recours informatique. Même si les conclusions restent peut-être méthodologiquement contestables, elles correspondent aux évaluations pratiquées par les professeurs et demeurent indicatives. Et surtout, au titre de leurs valeurs professionnelles et institutionnelles, elles sont opérationnelles pour les enseignants qui les formulent. Car c'est avec ces éléments qu'ils se déterminent. À partir de ces évaluations et de la durée relative indiquée, il est possible d'estimer l'évolution du rendement [$\mathcal{R}\uparrow\downarrow$] et de la productivité [$\mathcal{P}\downarrow\uparrow$] obtenue par le recours informatique.

Deux améliorations de deux professeurs

Le professeur de l'activité 2, de niveau averti, donne les résultats obtenus dans l'enseignement jugé réussi du patron d'une pyramide en 4e en recourant à un imagiciel considéré comme parfaitement adapté et très performant (voir à la partie théorique) lors d'une activité en classe jugée très bonne et *beaucoup plus courte*. L'auteur a effectué, par la suite, une interrogation surprise qui a donné une moyenne de 8 sur 10 avec toutes les notes entre 6 et 10 sauf deux. L'auteur commente ces résultats : "notes *sensiblement au-dessus* de celles obtenues habituellement". [score : 68/100 pour le professeur 2, et 94/100 pour l'expert A] ; [$\mathcal{R}\uparrow$] et [$\mathcal{P}\uparrow$]

Le professeur de l'activité 47, de niveau averti, témoigne des résultats en aide et soutien obtenus en 5e et 6e SEGPA à l'aide de Mathenpoche et du site www.espacefreducation.com, en numération, techniques opératoires et géométrie, lors de nombreuses séances (plus de 10 fois) d'une heure en salle informatique ; activités jugées très bonnes, adaptées avec quelques aménagements aboutissant à un enseignement considéré comme réussi. Sur 30 élèves résultats : 3- ; 5+- ; 18+ et 4 ++. L'auteur commente ces résultats : "l'ensemble des ++ et + est *bien supérieur* aux résultats obtenus avec les supports traditionnels". [score : 49/100 du fait des problèmes d'adaptations] ; [$\mathcal{R}\uparrow$] et [$\mathcal{P}\uparrow$].

Les six améliorations de l'expert B

▪ Exercices et soutien sur les racines carrées **:** en tant que formateur et chercheur de l'IREM, l'expert B a testé dans ses classes de 3e le logiciel exerciseur Aplusix II d'entraînement au calcul algébrique édité par Archimède avec l'accord de ses créateurs de l'IMAG de Grenoble. Le logiciel, qui suit, enregistre et corrige sans aide l'élève pas à pas, est jugé parfaitement

adapté et très performant pour des séances *plus courtes* et réussies d'exercices ou de soutien. Son jugement : "*résultats en hausse* ; plus de dynamisme dans le travail ; plus grande quantité d'exercices effectués et corrigés en 35 min" ; "en contrôle, on peut estimer que la note des élèves moyens à faibles qui ont suivi le soutien a progressé de 2 à 3 points sur 8". [$\mathcal{R}\uparrow$] et [$\mathcal{P}\uparrow$].

▪ Séances d'entraînement et de contrôle à l'aide d'un exerciseur QCM développé avec Excel, en salle informatique, en demi-classe alternée, un élève par poste, jugées bonnes, parfaitement adaptées et *plus courtes*, utilisées plus de 10 fois :

▪ Sur les produits remarquables en 3e : "résultats en moyenne 17/20, 19 élèves > 15, 5 élèves entre 15 et 10, pas d'élèves <10 ; *résultats nettement supérieurs* ; davantage d'intensité dans le travail, notamment chez les élèves en difficulté qui passent de 5/20 à plus de 10/20." [score : 77/100] ; [$\mathcal{R}\uparrow$] et [$\mathcal{P}\uparrow$].

▪ Sur multiplier et diviser par 10^{n} en 6e : "plus d'exercices réalisés et refaits volontairement; donc une progression ; hausse de +1,5 point sur l'activité traditionnelle." [score : 81/100] ; [$\mathcal{R}\uparrow$] et [$\mathcal{P}\uparrow$].

▪ Sur les unités de longueurs en 6e : "activité tout à fait positive quant à l'implication des élèves et à la progression de leurs résultats ; moyenne de la classe améliorée de +2,5 points." [score : 94/100] ; [$\mathcal{R}\uparrow$] et [$\mathcal{P}\uparrow$].

▪ Soutien sur les fonctions affines en 3e **:** "meilleure réussite pour les questions préparées avec le QCM ; les élèves en difficulté progressent". [score : 45].

▪ Aide et soutien sur la proportionnalité en 6e : avec l'exerciseur Mathenpoche pour un groupe d'élève en difficulté en séances de 45 min en salle informatique, jugée bonne et parfaitement adaptée, répétée 2 à 4 fois : "nette amélioration des résultats qui avaient été faibles (+4,5 points) pour l'ensemble du groupe d'élèves." [score : 70/100] ; [$\mathcal{R}\uparrow$] et [$\mathcal{P}\uparrow$].

Les deux améliorations de l'expert A

▪ L'apprentissage de la démonstration **:** à la suite de l'équipement en vidéo projecteur de sa classe, l'expert A utilise le logiciel Tigre pour enseigner la démonstration en 4e. Dans un premier temps, l'exercice n°7 d'une démonstration à deux pas de cet exerciseur intelligent est donné à faire à la classe. Suivant le niveau de la classe, seulement un à six élèves y parviennent au bout de 10-15 minutes. Le problème est ensuite corrigé collectivement de manière méthodique à l'aide du logiciel pour apprendre les méthodes de la démonstration en géométrie. Cette activité informatique en classe, utilisée plus de 10 fois, est jugée très bonne, avec des aménagements importants, donnant un enseignement réussi. L'expert compare sur

huit ans les résultats de cet enseignement de la démonstration avant et après le recours informatique fournis par les contrôles effectués, particulièrement en s'intéressant à l'évaluation de la compétence à résoudre un problème de démonstration à deux pas :

→ avant sur 111 élèves de 4 classes : 37 + et 74 – soit *33 % de réussite*, de 18 % à 41 % suivant les classes, une classe sur deux entre 31 % et 40 %.

→ après sur 264 élèves de 9 classes : 148 + et 116 – soit *56 % de réussite*, de 36 % à 80 % suivant les classes, une classe sur deux ente 48 % et 66 %.

Une amélioration, une progression manifeste attestée par le test du Khi2 =16,148 > 3,84 pour ddl =1 avec une erreur p ≈ 0,000. [score : 53/100, lourdeur du logiciel] ; [$\mathcal{R}\uparrow$] et [$\mathcal{P}\uparrow$].

▪ La réciproque du théorème de Pythagore **:** notion difficile à enseigner, au raisonnement ardu et complexe, donnant des résultats inférieurs, qui a fait l'objet d'une activité informatique scénarisée mise au point lors d'un stage de formation du PAF en 2003, activité jugée bonne, bien adaptée, utilisée plus de 10 fois, qui donne une réussite. L'expert a comparé sur huit ans les résultats de cet enseignement par rapport à celui, traditionnel qui s'exerçait auparavant :

→ avant sur 140 élèves de 5 classes : 66 + et 74 – soit *47 % de réussite*, de 18 % à 67 % suivant les classes, une classe sur deux entre 48 % et 54 %.

→ après sur 227 élèves de 8 classes : 136 + et 91 – soit *60 % de réussite*, de 38 % à 79 % suivant les classes, une classe sur deux ente 48 % et 70 %.

Une amélioration, une progression manifeste attestée par le test du Khi2 =5,706 > 3,84 pour ddl =1 avec une erreur p ≈ 0,017. [score : 64/100] ; [$\mathcal{R}\uparrow$] et [$\mathcal{P}\uparrow$].

7 En conclusion

L'efficacité, le rendement et la productivité du recours informatique pour enseigner peuvent être évalués en fonction de la valeur éducologique de l'activité informatique, c'est-à-dire de sa valeur d'usage, et de ses résultats scolaires, de ses valeurs professionnelle et institutionnelle.

La valeur d'usage de l'activité informatique (AIEA) est la conjonction de l'apport spécifique pertinent de l'informatique intégré dans l'enseignement, sa valeur propre, avec sa valeur efficace qui mesure la qualité de sa mise en pratique contrôlée par les règles et principes de la praxéologie informatique.

→ La *valeur propre* est la valeur fondamentale (intrinsèque) de l'activité informatique qui provient des apports bénéfiques spécifiques de la technologie informatique (ordinateur,

logiciels et applications) intégrés de manière pertinente dans une activité didactique (AIEA) afin d'obtenir une performance éducologique supérieure à un enseignement traditionnel. Dans cette échelle de valeurs, les logiciels de géométrie dynamique dominent ; les imagiciels l'emportent nettement sur les praticiels et les apprenticiels sur les exerciseurs d'entrainement et de soutien trop simplistes, insuffisamment méthodiques et inadaptés aux élèves en difficulté. Mais cette valeur intrinsèque n'est qu'un potentiel.

→ C'est *la valeur efficace* qui contrôle la réalisation du potentiel de l'application informatique lors de sa mise en œuvre et de son intégration effective. Elle joue le plus grand rôle dans l'obtention de l'efficacité. Elle découle de la qualité du scénario et de la mise en scène de l'activité informatique dans les conditions matérielles et humaines concrètes de l'opérateur. Elle dépend du respect des principes, des règles et techniques de la praxéologie informatique. Et elle dépend grandement de la durée comparative de l'activité informatique par rapport à une activité traditionnelle analogue. Elle varie en fonction de la compétence de l'enseignant, de sa formation technique et éducologique. Dans cette échelle de valeurs, les apprenticiels-élève reculent du fait de leurs complications pratiques et didactiques au profit des apprenticiels magistraux et les exerciseurs remontent en raison de leur facilité d'utilisation.

→ La *valeur d'usage,* qui résulte de l'effet cumulé des valeurs propre et efficace, est la valeur essentielle de la *valeur éducologique* de l'activité informatique. Elle est le produit de l'ensemble des qualités des composantes technologiques de l'activité. Son échelle de valeurs donne la valeur réelle, opérationnelle de l'activité. Les meilleures applications très bien mises en œuvre donnent les meilleures activités et inversement. Une forte proportion des activités informatiques pratiquées sont jugées avoir de bonnes et très bonnes valeurs d'usage, notamment parmi les imagiciels, les apprenticiels réalisés avec les logiciels de géométrie dynamique dans le plan et l'espace et avec les tableurs, ainsi que certains exerciseurs évolués réalisés avec Aplusix.

Les activités (AIEA) participent, en fonction de leurs valeurs d'usage, à l'acquisition des compétences, des savoirs et savoirs faire des élèves, à l'atteinte des objectifs de l'enseignant qui sont contrôlés par des évaluations conséquentes. Ainsi l'enseignant accorde-t-il une valeur professionnelle à l'activité en fonction de son degré de satisfaction et l'institution, qui enregistre et valide compétences et notes, attribue-t-elle une valeur institutionnelle à cette activité.

→ La *valeur professionnelle* correspond au degré de satisfaction de l'enseignant à avoir recouru à une activité informatique dans son enseignement en fonction de l'atteinte des

objectifs et des résultats qu'il s'était fixés. Un jugement de valeur qui joue un rôle déterminant dans l'essor ou l'abandon du recours informatique. Elle est majoritairement jugée favorablement comme l'attestent le développement continu du recours informatique et la proportion croissante des professeurs qui l'utilisent, plus d'un tiers.

→ La *valeur institutionnelle* correspond à l'évaluation des résultats sous forme de notes ou de compétences des élèves prises en compte officiellement par l'institution scolaire. C'est également, sur cette base, que peuvent s'apprécier le rendement et la productivité éducologique du recours informatique. Incontestablement, dans un certain nombre d'activités informatiques, le recours informatique a pu entrainer une progression des résultats dans des proportions variables selon les notions et les savoirs faire, ce qui correspond bien, quoiqu'on puisse en dire, à une amélioration du rendement et de la productivité de l'enseignement des mathématiques au collège.

La valeur éducologique

La valeur d'usage de l'activité informatique joue le rôle essentiel, décisif dans l'apprentissage. Elle en contrôle le degré de succès ou d'échec, total ou relatif. Mais même si elle a une grande valeur sur le plan cognitif, gnoséologique et professionnel, cette valeur d'usage de l'activité informatique n'est que pure valeur formative. Quoiqu'on puisse en penser, en bien ou en mal, d'un point de vue professionnel, elle ne peut être socialement validée en tant que telle. Elle n'acquiert de valeur réelle qu'en fonction d'une évaluation sommative normative conséquente sous forme de compétences ou de notes. Seule cette valeur institutionnelle, qu'elle a produite, lui donne en retour une valeur objective c'est-à-dire une valeur socialement reconnue et validée par l'institution et la société. Pour autant que la valeur institutionnelle des résultats scolaires découlent, résultent, sont déterminés par la valeur d'usage de l'activité informatique, c'est la valeur institutionnelle qui en retour consacre, légitiment et valide la valeur d'usage !

En résumé, *la valeur éducologique* de l'activité (telle l'AIEA) résulte de la combinaison de l'ensemble de ses valeurs constitutives, intrinsèque, efficace, d'usage, professionnelle et institutionnelle. Elle est fondée sur sa valeur d'usage, dépend de sa valeur professionnelle et est mesurée à l'aune d'airain de la valeur institutionnelle. Enfin, elle détermine le rendement et la productivité d'un enseignement.

Hypothèse d'une comparaison par les experts-formateurs du groupe IREM de deux activités informatiques sur l'agrandissement-réduction en 3e

1 L'activité observée par les chercheurs (Abboud-Blanchard & Chappet-Pariès, 2008)

Suppositions faites à partir des données rapportées dans l'article, sous réserve de plus d'informations :
Type : activité hybride en dévolution en salle informatique, à la fois *praticiel* (travaux dirigés) d'achèvement d'une figure avec Géospacw (le plan sécant) débouchant sur un *apprenticiel élève* de découverte des théorèmes d'agrandissement-réduction dans une pyramide régulière à base carrée
Fiche d'accompagnement : sommaire dans la construction (l'algorithme ne gère pas les erreurs), et rudimentaire dans la découverte : pas de questions de contrôle, ni de champs pour la rédaction des calculs et des conjectures (traces et mémorisation pour une évaluation et une exploitation ultérieure)
Durée : plus de deux heures, plus longue qu'une activité traditionnelle
Pertinence : ambiguë ; construction préalable longue et inachevée affaiblissant l'apprenticiel
Performance-supériorité : non atteinte par inachèvement de la figure par la majorité des élèves
Lourdeur d'organisation : importante en salle informatique, aggravée par l'allongement de la durée
Maîtrise technique : suffisante du professeur ; trop difficile pour les élèves
Maîtrise pédagogique : difficultés de construction excessives pour les élèves nécessitant une aide trop importante du professeur qui ne peut qu'accorder 5 min de temps à chaque groupe ; conflit entre les activités de construction (accessoire) et de découverte (essentielle, principale)
Scénario : contradiction entre le praticiel préalable de construction aléatoire et l'apprenticiel de découverte impératif et indispensable ; imprévisibilité, inachèvement probable
Mise en scène : embarrassée, compromise ; improvisations et dérapages dans le temps
Suivi, exploitation, synthèse : inconnu
Valeur propre de l'apprenticiel : estimée *faible* parce qu'entravé par le praticiel préalable
Valeur efficace : estimée *en difficulté* ; la construction a pris le pas et a compromis la découverte
Valeur d'usage : estimée *médiocre* ou *faible* ; conjectures non effectuées dans l'ensemble
Valeur professionnelle : estimée en *échec ;* insatisfaction car objectif non atteint ; le professeur a vraisemblablement dû compenser l'absence de résultats de l'activité par une autre activité en classe
Valeur institutionnelle : inconnue ; rendement et productivité estimés défavorables
Une activité problématique, trop longue, forcément inachevée, qui ne pourra être réutilisée telle quelle et qui devra être modifiée en séparant (en supprimant) le praticiel de construction (peu utile, trop difficile pour des élèves de 3e) de l'apprenticiel, l'activité essentielle ; activité non transmissible.

2 L'activité du groupe IREM de Toulouse : (Enquête 2009 ; DVD-Rom PIMC site IREM Toulouse)

Type : *Apprenticiel magistral* en classe (ou en salle informatique) au vidéoprojecteur sur une figure Cabri complète donnée ; la modification de la position du plan sécant permet de relever les variations conséquentes des longueurs et de calculer les aires et les volumes correspondants pour en déterminer les coefficients de réduction ou d'agrandissement
Fiche d'accompagnement : complète, figure et indications des actions à réaliser, des mesures à relever, des questions ; champs pour les réponses à noter pour une évaluation ou mémorisation éventuelle
Durée : une heure (même durée qu'une activité traditionnelle au rétroprojecteur)
Valeur propre : jugée *bonne* (score 16/20) particulièrement pour généraliser les conjectures
Valeur efficace : jugée *moyenne* (score 5/10), supérieure en magistral en classe et moins bonne en salle informatique en raison d'une organisation plus lourde, d'une durée plus longue du fait de la répétition
Valeur d'usage : jugée *bonne (*score 7/9)
Valeur professionnelle : une *réussite,* un rendement cognitif meilleur dans le même temps
Valeur institutionnelle : jugée *satisfaisante,* mais non comparée avec une activité traditionnelle. L'évaluation portant surtout sur les calculs. Une activité utilisée de 7 à 10 fois, éditée et diffusée.

Conclusion

Aujourd'hui, on peut valablement estimer qu'au-delà de la saisie des notes et des bulletins trimestriels (qui concernent tous les enseignants) plus d'un tiers des professeurs de mathématiques de l'académie de Toulouse utilisent l'ordinateur *pour enseigner* au collège. De fait, même si sa dispersion aurait tendance à l'estomper, la pratique du recours informatique est désormais massive. Après un démarrage lent dans les années quatre-vingt-dix, période d'expérimentation et de gestation, les années deux mille ont marqué l'essor de l'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement des mathématiques porté par la nouvelle génération des jeunes professeurs. Il représente désormais un phénomène éducatif historique, irréversible et significatif dans l'enseignement des mathématiques.

Un avènement qui s'explique par un certain nombre de facteurs favorables que nous avons analysés :

→ *La généralisation des équipements informatiques* dans tous les collèges publics, y compris dans les départements pauvres, avec notamment l'installation de matériels magistraux comme les vidéoprojecteurs (avec caméra ou tableaux numériques) dans les salles de classe.

→ Une gestion et administration des réseaux informatiques des collèges suffisantes en dépit des fragilités des inconséquences institutionnelles.

→ *Les incitations et obligations informatiques des nouveaux programmes* de mathématiques du collège et la prise en compte de leurs respects par les Inspecteurs Pédagogiques Régionaux lors des inspections.

→ *L'importance de la formation continue* dans cette période par le nombre et la proportion des professeurs qu'elle a mobilisés (792 stagiaires en 61 stages de formation dans l'académie sur un corps professoral de 1800 professeurs en une douzaine d'années). Elle a joué un rôle décisif dans la promotion, l'entraînement, la consolidation, le développement du recours informatique.

→ En compensation de la misère des budgets scolaires, *la disponibilité de logiciels libres et gratuits* de géométrie dynamique, d'exerciseurs et de bureautique, œuvres salutaires de professeurs militants engagés dans leurs associations bénévoles.

→ *La richesse en nombre et en qualité des activités pédagogiques informatiques disponibles*, aisément accessibles et récupérables sur les sites Internet des académies, des IREM, des associations comme Sésamath et de quelques activistes ainsi que des ressources numériques fournies par les éditeurs de manuels, service initié par les publications de la collection Marhenpoche. Une progression de la qualité de ces activités au fil du temps et des expériences

malgré l'indigence de la répétition de quelques éternels recommencements de vieilles activités behavioristes ranimées sur des supports graphiques nouveaux.

→ Une progression lente, mais certaine dans *la maîtrise pédagogique* du recours informatique développée par la formation, et au fil du temps par l'expérience, générant une meilleure performance, donnant une élévation du rendement et de la productivité de cet enseignement.

→ L'enclenchement d'un cercle vertueux du recours informatique maîtrisé par la preuve de *son efficacité et de sa supériorité* chez les pratiquants et par contagion chez les autres enseignants.

Mais, nous en avons vu en quelques exemples typiques, que certaines conditions escollogiques demeurent inégales et précaires. Le progrès des forces productives de l'enseignement, particulièrement l'essor du recours à l'informatique, remet en cause et bouscule les rapports institutionnels traditionnels qui entravent son développement qui demeure basé pour l'essentiel sur le volontariat, voire le bénévolat :

▪ La non-reconnaissance, la non-institutionnalisation du service informatique pédagogique local de l'établissement EPLE.

▪ L'absence de textes définissant son espace, son rôle, son organisation et le statut, le service, les droits et devoirs et les rémunérations des administrateurs réseau.

▪ La non-reconnaissance statutaire de la formation, des compétences et des qualifications des personnels administrateurs du réseau informatique, la non prise en considération de l'administration informatique dans la carrière professionnelle, les grades et services, les promotions et les mutations.

Autant de questions qui fragilisent l'organisation et le fonctionnement du réseau informatique pédagogique au point de provoquer sa paralysie dans certains collèges, voire d'empêcher son fonctionnement faute de volontaires ou de compétences.

Néanmoins, malgré ces facteurs institutionnels contraires, le recours informatique en mathématiques a réussi, en une douzaine d'années, un développement remarquable basé pour l'essentiel sur l'engagement des enseignants et de leurs organisations pédagogiques militantes.

Aussi, la question qui se pose désormais n'est plus l'interrogation sceptique de savoir si ce recours informatique a acquis une légitimité par rapport à l'enseignement traditionnel, s'il est capable d'en supporter la comparaison, et surtout s'il est capable d'apporter quelques améliorations notables qui justifieraient son utilisation. La question est plutôt maintenant d'expliquer, d'accompagner cet essor et de comprendre pourquoi et comment ce recours informatique a grandi, dans quel domaine d'activités, pour quels enseignements. Pourquoi certaines activités traditionnelles ont été remplacées par une activité informatique et pas

d'autres ? Pourquoi certaines activités se sont multipliées et se sont diffusées quand d'autres ont disparu ? Qu'est-ce qui fait que certaines ont été appréciées et se sont répandues alors que d'autres ont été rejetées ? In fine, qu'est-ce qui distingue une "bonne" activité informatique d'une "mauvaise", qui atteste de son efficacité à se substituer à une activité traditionnelle ?

Il ne fait aucun doute que la réponse à ces questions, tout comme l'explication de l'évolution de cet enseignement et sa réussite, réside dans la compréhension, la définition, la promotion des principes et des règles qui régulent les activités informatiques d'enseignement-apprentissage (des AIEA), qui forment l'ensemble des composantes et des variables fonctionnelles qui en conditionnent l'accomplissement telles que nous les avons élaborées, et qui ont été enseignées à l'occasion des nombreux stages de formation, à savoir :

▪ Les dix composantes praxéologiques

→ *de l'activité* : l'intégration externe, l'intégration interne, la pertinence, la durée, la performance - la supériorité.

→ *de l'action* : la lourdeur d'organisation, la maîtrise technique, le scénario, la mise en scène, la maîtrise pédagogique.

▪ Les dix règles pratiques : le choix pédagogique, l'accompagnement, la mémorisation, l'organisation, la continuité, l'évaluation, la durée différentielle, le suivi, l'exploitation, l'ordonnancement, le plan B.

Un corpus théorique qui définit une praxéologie informatique qui analyse les caractéristiques, les principes et les règles qui commandent l'élaboration et la mise en œuvre des AIEA et guident leurs pratiques.

Mais ces composantes fournissent également, par leur amalgame et leurs conjonctions opératoires, les critères d'évaluation de leurs efficacités : leurs valeurs éducologiques. La valeur éducologique de l'AIEA résulte de la déclinaison de l'ensemble de ses cinq valeurs constitutives : valeurs successivement, intrinsèque, efficace, d'usage, professionnelle et institutionnelle. La valeur éducologique de l'activité est fondée sur sa valeur d'usage résultant de la valeur propre de l'activité et de la valeur efficace de sa mise en œuvre, mais dépend de la valeur professionnelle accordée par le professeur à ce recours pour finalement être mesurée à l'aune d'airain de la valeur institutionnelle par la société (par l'institution). C'est finalement cette dernière qui décide en dernier ressort du rendement et de la productivité d'un enseignement.

Il est indéniable que, dans ce processus de montée en puissance du recours informatique, la valeur éducologique (ses différentes valeurs) a joué un rôle déterminant. C'est en raison de sa plus grande valeur éducologique que l'activité informatique a remplacé

l'activité traditionnelle, particulièrement quand la valeur de celle-ci était défaillante ou insuffisante et que celle-là a fait la preuve de sa plus grande efficacité en dépit de son éventuelle complexité technique ou de sa lourdeur organisationnelle. Cette substitution s'est également opérée quand l'activité informatique a amené, dans certains cas avérés, un meilleur rendement et une plus grande productivité de l'enseignement.

L'enjeu de ce recours qui est à l'œuvre est de parvenir à exploiter tout le potentiel des apports spécifiques hors du commun de l'instrument informatique d'enseignement-apprentissage des mathématiques analysés par la théorie de l'éducologie informatique comme un quatrième pole des trois genèses didactiques :

→ la *concrétisation* des notions mathématiques abstraites, artefacts rendant possible

→ l'*instrumentalisation* de leurs *découvertes expérimentales* sous forme de conjectures

→ l'*intensification*, la répétition et la multiplication des expérimentations facilitant

→ la *généralisation* dans la genèse des concepts scientifiques

→ la proposition de *situations adidactiques* offrant un riche et fécond *champ conceptuel*

→ activant et formant des heuristiques, des *schèmes opératoires* itératifs (faire tant que condition), des théorèmes-action direct et réciproque, formes premières, pragmatiques et initiales des structures de contrôle cognitives

→ *l'interactivité* des actions et des apprentissages sous forme de contrôle, d'évaluation et d'aide immédiats

→ la *dévolution* et l'*individualisation* des apprentissages dans un contrat didactique personnalisé

→ le *suivi, la gestion et l'ordonnancement* des travaux notamment *à distance*

Un immense potentiel qui ne peut se réaliser qu'au travers des logiciels et de leurs applications sous forme d'activités informatiques sur lesquels est fondée la valeur éducologique du recours informatique. L'avenir dépend de l'évolution et de la montée en qualité de ces activités. Particulièrement en ce qui concerne les exerciseurs, la promotion d'exercices plus "intelligents", capables de repérer les erreurs classiques et d'opérer une remédiation ; et dans cet esprit, qu'un ensemble d'exerciseurs spécialement conçu pour les élèves en difficulté soit enfin créé en synergie entre les laboratoires universitaires (des sciences de l'éducation et d'informatique) et les experts du terrain. Que les logiciels de géométrie plane et dans l'espace dynamique intègrent les fonctions didactiques principales comme le point magnétique de CaRMétal.

Ces progrès de l'ingénierie du recours informatique, la progression de la valeur intrinsèque de ses activités tenant compte de la valeur efficace de leurs mises en œuvre, reposent avant tout sur le progrès de la connaissance de la théorie de l'éducologie informatique, sur l'approfondissement de sa théorie générale et praxéologique.

Dans l'étude théorique de l'activité informatique, avec ses situations interactives programmées, ses champs conceptuels réactifs, sa cognition catalysée et intensifiée, comme instrument technoéducatif, comme artefact numérique induisant ses schèmes itératifs, ses théorèmes action, ses genèses conceptuelles instrumentées…, toutes ces approches représentent autant d'éléments théoriques constitutifs de l'éducologie informatique, science de l'éducation globale de ce nouvel apprentissage et de ce nouvel enseignement que représente le recours informatique.

En résumé, des trois sources de l'élaboration de la théorie de l'éducologie informatique, l'expérience pratique réfléchie et la formation ont apporté la conceptualisation, la compréhension, le contrôle et la mise à l'épreuve, les théories éducologiques l'analyse et l'explication fondamentale et l'enquête empirique la confirmation élargie des propositions élaborées. L'enquête n'a pas été conçue ici pour en être la source ou la vérification des concepts. C'est la pratique qui a essentiellement joué ce rôle. A défaut de pouvoir être pleinement significative en raison de ses limites objectives, il lui a été attribué d'être indicative, contributive, d'en confirmer la réalité.

Bibliographie

- Abboud-Blanchard, M & Chappet-Pariès, M. (2009). L'enseignant dans une séance de géométrie dynamique - comparaison avec une séance papier-crayon. *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 261-291). Toulouse : Octares éditions.
- Abboud-Blanchard, M & al. (2009). Une base d'exercices en ligne dans la classe : l'analyse de l'activité des enseignants. *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 319-344). Toulouse : Octares éditions.
- Antibi, A & Brousseau, G. (2002). Vers l'ingénierie de la dé-transposition. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 8, 45-57.
- Antibi, A. (2003). *La constante macabre*. Paris : Math'Adore Nathan.
- Antibi, A. (2007). *Les notes : la fin d'un cauchemard*. Paris : Math'Adore Nathan.
- Antibi, A. (2011). *50 paradoxes dans l'enseignement*. Paris : Math'Adore Nathan.
- Artigue, M. (1998). *Instrumentation et écologie didactique de calculatrices complexes*. Colloque La Grande Motte.
- Artigue, M. (2002). Ingénierie didactique : quel rôle dans la recherche didactique aujourd'hui ? *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 8, 59-72.
- Balacheff, N.,Luengo, V., & Vadcard, L. (2004). Les EIAH à la lumière de la didactique, *Environnements informatique pour l'apprentissage humain*, Sticef : volume 11, 48-68.
- Bataille, M. (2007). *Cours de méthodologie*. Sciences Education M1, UTM Toulouse.
- Baudelot, C. & Establet, R. (1989). *Le niveau monte*. Paris : Seuil.
- Baudelot, C. & Establet, R. (2009). *L'élitisme républicain*. Condé-sur-Noireau : Seuil.
- Bernardin, J. (2009). Approche (vygotskienne) socio-historique des premiers apprentissages. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 21, 13-24.
- Bourdieu, P. & Passeron, J.C. (1964). *Les Héritiers*. Paris : Seuil.
- Bourdieu, P. (1989). *La noblesse d'Etat*. Paris : Les éditions de minuit.
- Bourdieu, P. (1994). *Raisons pratiques*. Paris : Editions du Seuil.
- Bronckart, JP. (2007). De l'activité collective à l'action et à la pensée individuelle. *Actes du colloque "Questions à Gérard Vergnaud"* (pp. 121-142). Toulouse : Presses universitaires du Mirail.

- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Brousseau, G. (2007). Introduction à une étude des situations et des champs conceptuels. *Actes du colloque "Questions à Gérard Vergnaud"* (pp. 49-62). Toulouse : Presses universitaires du Mirail.
- Bru, M. (2012). *Les méthodes en pédagogie*. Paris : PUF
- Bru, M. (1991). *Les variations didactiques dans l'organisation des conditions d'apprentissage.* Toulouse : Éditions Universitaires du Sud
- Carricano, M & Poujol, F. (2008). *Analyse de données avec SPSS*. Marsat : Pearson Education France.
- Cathala, S & Saint-Germain, F. (2012). *Enseigner avec un ordinateur par élève*. Paris : Delagrave Éditions.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Chalmers, A.F. (1987). *Qu'est-ce que la science ?* Paris : Editions La Découverte.
- Chouchat, H. (1989). *L'enquête en psychosociologie*. Paris : PUF.
- Clot, Y. (2003). *Vygotski, la conscience comme liaison*. Clamecy : La Dispute.
- Clot, Y. (2012). *Vygotski maintenant*. Clamecy : La Dispute.
- Clot, Y. (2007). Le schème, les invariants et les variations. *Actes du colloque "Questions à Gérard Vergnaud"* (pp. 179-184). Toulouse : Presses universitaires du Mirail.
- Crahay, M. (2006). *Un bilan des recherches processus-produit*. Genève : FPSE, Carnets des sciences de l'éducation.
- De Singly, F. (2006). *Le questionnaire*. Paris : Armand Colin.
- Di Moréno, R. (1998). *Le hold up planétaire*, Paris : Calman Levy.
- Doise, W. & Palmonari, A. (1986). L'étude des représentations sociales. Paris : Delachaux & Nietlé
- Dubet, F. (2004). *L'école des chances : Qu'est-ce qu'une école juste ?* Condé-sur-Noireau : Seuil et la République des Idées.
- Foulin, JN & Mouchon, S. (2003). *Psychologie de l'éducation*. Saint Germain du Puy : Nathan université.
- Fourgous, JM. (2011). *Réussir à l'école avec le numérique*. Courtry : Odile Jacob.
- Frayssinhes, J. (2012). *L'apprenant adulte à l'ère du numérique*. L'Harmattan : Condé-Sur-Noireau.

- Gauvrit, N. (2007). *Statistiques Méfiez-vous*. Paris : Ellipses.
- Guimelli, C. (1999). *La pensée sociale*. Paris : PUF.
- Haspekian, M. (2009). Une genèse des pratiques enseignantes en environnement tableur. *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 292-318). Toulouse : Octares éditions.
- Hirtt, M. (2007). *Déchiffrer le monde*. Bruxelles : Aden.
- Howell, DC. (2008). *Méthodes statistiques en sciences humaines*. Bruxelles : De Boeck.
- Joshua, S & Dollo, C. (2007). Apprendre pour faire et faire pour apprendre. *Actes du colloque "Questions à Gérard Vergnaud"* (pp. 321-340). Toulouse : Presses universitaires du Mirail.
- Justens, D. (2008). La mathématique du chat de Philippe Gelück. Paris : Casterman.
- Laborde, C. (2007). Des outils pour la recherche en didactique des mathématiques forgés par Gérard Vergnaud. *Actes du colloque "Questions à Gérard Vergnaud"* (pp. 69-72). Toulouse : Presses universitaires du Mirail.
- La Borderie, R. (2002). *Les grands noms de l'éducation.* Saint-Germain-du-Puy : Nathan université.
- Lakatos, I. (1994). *Histoire et méthodologie des sciences*. Vendôme : Presses Universitaires de France.
- Legros, D. & Crinon, J. (2002). *Psychologie des apprentissages et multimedia*. Paris : Armand Colin.
- Marquet, P. (2007). La FOAD à la charnière des différentes conceptions des usages des TIC. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 12, 7-18.
- Martinand, JL. (2007). Savoirs robustes et contenus instables en éducation scientifique et etchnologique. *Actes du colloque "Questions à Gérard Vergnaud"* (pp. 203-210). Toulouse : Presses universitaires du Mirail.
- Mathias, M. (2010). *Powerpoint 2010, le guide complet*. Leck : Micro Application.
- Mattiussi, C.(1988).Premiers éléments de la pédagogie informatique. *Bulletin de l'EPI*, 52, 109-122.
- Mattiussi, C.(1993). Mathbase : base de données des logiciels de mathématique. *Bulletin de l'EPI*, 69, 223-231.
- Mattiussi, C.(1988).Soutien informatique en mathématique. *Bulletin de l'EPI*, 71, 161-173.

- Mattiussi, C.(2006).Enseigner la géométrie avec l'ordinateur au collège. *Actes du colloque sur la géométrie*, Toulouse.
- Mattiussi, C.(2007).Constructions logiques avec Cabri. *L'Autan (bulletin de l'IREM de Toulouse)*, 1, 45-49.
- Mattiussi, C.(2008).La constante macabre, Essai d'analyse macrodidactique. *L'Autan (bulletin de l'IREM de Toulouse)*, 2, 46-49.
- Mattiussi, C. (2008). *Enquête sur les professeurs en formation à la pédagogie informatique en mathématiques au collège*, Mémoire M1 en Education, Formation, Insertion non publiée, Université le Mirail, Toulouse.
- Mattiussi, C. (2009). *Eduscollogie du recours informatique dans l'enseignement des mathématiques au collège*, Mémoire M2R en Education, Formation, Insertion non publiée, Université le Mirail, Toulouse.
- Moisan, J. (2011). Algorithmique et mathématiques. *Bulletin de l'association des élèves et des anciens élèves de l'ENS de Cachan*, 241, 10-14.
- Morandi, F. (2002). *Modèles et méthodes en pédagogie.* Saint-Germain-du-Puy : Nathan université.
- Morandi, F. (2003). *Philosophie de l'éducation.* Saint-Germain-du-Puy : Nathan université.
- Morge, L. (2003). Les connaissances professionnelles locales : le cas d'une séance sur le mode particulaire. *Didiskalia*, 23, 101-129.
- Morin, E. (2008). *La complexité humaine*. Malesherbes : Flammarion.
- Morin, E. (2005). *Introduction à la pensée complexe*. Paris : Seuil.
- Moscovici, S. (1984). *Psychologie sociale*. Paris : PUF.
- Plaisent, M & al. (2009). *Introduction à l'analyse des données de sondage avec SPSS*. Québec : Presses de l'université du Québec.
- Pastré, P. (2007). Champs conceptuels et champs professionnels. *Actes du colloque "Questions à Gérard Vergnaud"* (pp. 79-86). Toulouse : Presses universitaires du Mirail.
- Rabardel, P. (2007). Principes pour la constitution d'une didactique professionnelle. *Actes du colloque "Questions à Gérard Vergnaud"* (pp. 87-90). Toulouse : Presses universitaires du Mirail.
- Ratinaud, P. (2003). *Les professeurs et Internet*., Thèse de doctorat en Education, Formation, Insertion non publiée, Université le Mirail, Toulouse.

- Ratinaud, P. (2007). Les composantes idéologiques de la représentation professionnelle d'Internet. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 12, 19-36.
- Regnier, J.C. (2006). Pédagogie de l'autonomie. Ramonville-Saint-Agne : ERES
- Rouquette, M., L. (1998). *La communication sociale*. Paris : Dunod.
- Schubauer-Léoni, ML., Mercier, A. & Sensevy, G. (2002). Vers une didactique comparée. *Revue française de Pédagogie*, 141, 5-16.
- Schubauer-Léoni, ML. (2002). Les élèves et leur rapport au contrat didactique : une perspective de didactique comparée. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 8, 73-86.
- Schubauer-Léoni, ML. (2007). Raisonnement sous contrat : l'articulation d'analyses didactiques et psychologiques. *Actes du colloque "Questions à Gérard Vergnaud"* (pp. 185-192). Toulouse : Presses universitaires du Mirail.
- Rogalski, J. (2007). Situations et schèmes-action et connaissance. *Actes du colloque "Questions à Gérard Vergnaud"* (pp. 161-178). Toulouse : Presses universitaires du Mirail.
- Sensevy, G. (2007). Vergnaud, un pragmatiste ? *Actes du colloque "Questions à Gérard Vergnaud"* (pp. 41-48). Toulouse : Presses universitaires du Mirail.
- Terrisse, A., & Leziart, Y., (1997). L'émergence d'une notion : la transposition didactique. Entretien avec Michel Verret. *Les sciences de l'éducation*, 30(3), 5-28.
- Trouche, L. (2005). Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations. *Recherche en didactique des mathématiques*, 25(1), 91-138.
- Vandebbrouck, F & al. (2008). *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse : Octarès.
- Van Zanten, A. (2008). *Dictionnaire de l'éducation*. Paris : PUF.
- Vergnaud, G. (1994). *L'enfant, la mathématique et la réalité*. Berne : Peter Lang.
- Vergnaud, G. (2007). Réponse. *Actes du colloque "Questions à Gérard Vergnaud"* (pp. 341-358). Toulouse : Presses universitaires du Mirail.
- Vygotski, L. (2002). *Pensée & langage*. Courtry : La dispute.
- Vygotski, L. (2003). *Conscience, inconscient, émotions*. Courtry : La dispute.
- Vygotski, L. (2011). *Leçons de psychologie*. Clamecy : La dispute.
- Vygotski, L. (2012). *Une théorie du développement et de l'éducation*. Moscou : Université Lomonossov.