

CURRICULUM RÉEL :
Étude de cas relatifs à l'enseignement de l'électrotechnique.

Bernard CALMETTES
IUFM de Toulouse
et
LEMME/UPS
31 062 TOULOUSE Cédex

Richard LEFEVRE
Laboratoire d'Étude des Méthodes Modernes d'Enseignement
Bâtiment 3R2
Université Paul Sabatier
31 062 TOULOUSE Cédex

-----O-----

Résumé.

L'observation de séquences en Physique Appliquée (PA) et en Sciences et Techniques Industrielles (STI) au niveau des classes Terminale des sections Génie Électrotechnique nous a permis de mettre en évidence des éléments de curriculums réalisés.

Nous analysons plus particulièrement, dans le cadre de cet article :

- des écarts entre curriculum prescrit et curriculum réalisé.

Deux faits ont particulièrement retenu notre attention : d'une part, l'utilisation systématique en Travaux Pratiques de sujets de baccalauréat donnant à ce dernier le statut de référence interne (en STI) ; d'autre part, l'apport par l'enseignant de contenus non prescrits (en PA). Ceux-ci semblent en partie induits par l'utilisation d'un matériel didactique spécifique.

- les types de documents et de représentations utilisés en classe en parallèle avec les documents professionnels relatifs à la pratique sociale de technicien prise comme référence (en STI). Il semble possible de mettre en relation les types de documents de classe avec les phases des situations d'enseignement.

- les difficultés des élèves liées à l'intégration de savoirs issus de disciplines scolaires différentes, perpétuant les découpages de contenus effectués par les institutions.

-----O-----

1 - INTRODUCTION, PROBLÉMATIQUE ET MÉTHODOLOGIE.

La base empirique de notre recherche est constituée par l'observation de séquences d'enseignement de l'électrotechnique au niveau des classes Terminale des sections Génie électrotechnique.

Deux concepts nous ont permis de préciser notre problématique, de construire la méthodologie pour l'observation et l'analyse de celle-ci : le "curriculum" et la "pratique sociale de référence".

1 - 1 - Les concepts utilisés.

1 - 1 - 1 - Curriculum.

De nombreux auteurs ont proposé, dans le cadre de l'enseignement, des définitions pour la notion de "curriculum" lui donnant des ouvertures et des complémentarités diverses : l'évaluation (De Corte), la référence aux diplômes (Cépec), la formation des enseignants (De Landsheere) :

- De Corte (1976, 1990, pp. 137/138) considère le curriculum comme un ensemble comportant les objectifs à réaliser, les moyens permettant d'examiner les situations, les directives concernant les formes du travail didactique et les médias, les contenus et les moyens permettant **l'évaluation**. Ce besoin d'évaluation se trouve ici au premier plan d'autant que les auteurs considèrent que le curriculum permet alors d'établir des diagnostics au niveau des besoins éducatifs, des choix et de l'organisation des contenus.

- Les chercheurs du Cépec (1992, p. 45) définissent le curriculum dans la lignée des **référentiels de diplôme**, comme sa suite logique en rapport avec les compétences à faire acquérir aux élèves. Il est ainsi «l'unité de formation construite autour d'une sélection de compétences et de capacités, prises dans le projet pédagogique. Il doit intégrer les contenus scientifiques, les stratégies, les moyens. Il se donne des limites dans le temps, des échéances».

- G. De Landsheere (1979, p. 65) donne comme définition : «Un curriculum est un ensemble d'actions planifiées pour susciter l'instruction : il comprend la définition des objectifs de l'enseignement, les contenus, les méthodes (y compris d'évaluation), les matériels (y compris manuels scolaires) et **les dispositions relatives à la formation** adéquate des enseignants.»

Ces approches, pour riches qu'elles soient, n'intègrent pas les situations de classe sur lesquelles nous désirons porter notre attention. Nous retiendrons alors plutôt les propositions de P. Perrenoud (1993) qui distingue un "curriculum formel/prescrit" et un "curriculum réel/réalisé".

Le curriculum "formel/prescrit" est la base structurante d'origine institutionnelle, constitué par le descriptif des programmes et des moyens, méthodes et outils permettant la construction des activités de classe. Il est "formel" :

- «au sens de la sociologie des organisations, qui apporte la réalité des pratiques aux structures formelles d'une administration : organigramme, règles de fonctionnement, lignes hiérarchiques et fonctionnelles, principes de répartition des tâches, procédures de consultation ou de décision, de transmission de l'information».

- puisque le monde de textes et de représentations (lois de l'instruction publique, programmes, méthodes, etc.) qui permettent de le définir est élaboré, adopté à partir d' «un élève *abstrait*, cousin du sujet épistémique de Piaget : l'élève de la classe de CM1 ou de seconde, placé en face de professeurs non moins abstraits, définis par le programme qu'ils ont la charge d'enseigner dans tel degré et tel type d'établissement.»

Le curriculum formel apparaît comme base structurante pour les expériences formatrices en classe.

Le curriculum "réel/réalisé" est celui des expériences que vit l'apprenant et qui le transforment. Les écarts avec le précédent peuvent être dus, suivant l'auteur, aux interprétations que les enseignants en font, aux conditions matérielles et sociales de mise en

oeuvre dans les classes, aux connaissances antérieures des élèves, etc. C'est aussi le sens des réflexions de E. Chatel (1994) : «Accepter qu'à l'évidence tout programme doit s'interpréter, qu'il ne peut y avoir d'enseignement absolument conforme à un programme ou plutôt qu'un programme ne peut dicter absolument un processus d'enseignement, c'est aussi considérer qu'enseigner est une activité relationnelle et intellectuelle proprement dite suscitant en retour une relation et une activité intellectuelle d'apprentissage.»

1 - 1 - 2 - Pratique sociale de référence.

J.-L. Martinand (1981, 1986) avance l'idée de "pratique sociale de référence". Cette notion née d'un travail portant sur une initiation aux activités technologiques au Collège s'est révélée particulièrement féconde dans les approches curriculaires des formations professionnelles et pré-professionnelles et donc adaptée à nos travaux.

Il s'agit de mettre en relation dans les activités en classe les buts, les contenus pédagogiques et didactiques avec les situations, tâches et qualifications d'une pratique donnée qui devient la **pratique sociale de référence** :

- "**pratique**" car ce sont des activités objectives réelles de transformation d'un donné naturel ou humain, prises dans tous leurs aspects et pas seulement de savoir et de savoir-faire ;
- "**sociale**" car ces situations, tâches et qualifications concernent l'ensemble d'un secteur social et non des rôles individuels ;
- "**référence**" car la relation n'est pas d'identité, il y a seulement terme de comparaison.

Choisir une pratique de référence permet notamment d'analyser et de critiquer les situations à l'école en repérant ses concordances et ses différences, ses écarts avec la pratique (en rapport avec l'industrie, par exemple), objet de l'enseignement, sachant bien que le choix de référence donné ne détermine pas entièrement les activités scolaires construites.

Il convient de poser les problèmes de la référence et parmi ceux-ci **les écarts entre pratiques de référence et activités scolaires** : problèmes, outils, savoirs, rôles, produits ne peuvent être identiques. (Martinand, 1989). Le choix d'une pratique sociale de référence amène à privilégier, au sein des activités de classe les éléments qui lui sont essentiels ou spécifiques.

1 - 2 - L'enseignement de l'électrotechnique en classe de Terminale.

Des recherches récentes (Calmettes, 1996) permettent de caractériser l'enseignement de l'électrotechnique en classe de Terminale et de préciser les rôles des disciplines scolaires.

Face à la complexification des éléments de pratique de référence (le technicien supérieur) et à la nécessité d'une culture technologique importante gage à terme d'éventuelles possibilités de mobilité sociale plus importantes, le baccalauréat technologique n'est plus aujourd'hui un diplôme à visée professionnelle directe. C'est dans une perspective de continuité inter-cycles qu'il convient de penser la formation des techniciens.

L'enseignement en Terminale ne met pas les élèves en relation directe avec le monde de l'entreprise. Le contact avec les objets constitutifs de l'électrotechnique n'est assuré que *via* des maquettes, des machines de puissances limitées, des "systèmes", réductions voulues homothétiques d'ensembles techniques industriels mais présentant évidemment, sous contrainte d'enseignement des écarts avec leurs homologues industriels : espaces scolaires réduits, coûts, transportabilité, adaptations aux alimentations électriques classiques,

possibilités de démontages et remontages aisés, recherches de facilités dans la lecture de l'objet, aspects sécuritaires spécifiques, etc.

L'enseignement de l'Électrotechnique est assuré aujourd'hui via deux disciplines, la Physique Appliquée (PA) et les Sciences et Techniques Industrielles (STI).

La Physique Appliquée accède aux objets techniques par la conception de modèles de fonctions simples, utilisant des outils matériels et conceptuels de la physique ; les Sciences et Techniques Industrielles abordent des ensembles techniques par une analyse descendante, aboutissant à des structures fonctionnelles qui restent compliquées. Ce constat correspond à une dichotomie certaine entre les deux disciplines, à une différenciation en termes de contenus et de méthodes de travail mais à une certaine complémentarité.

1 - 3 - Problématique et éléments de méthodologie.

En relation avec les concepts choisis et en suivant E. Chervel et P. Perrenoud (pour ce qui est du curriculum) et J.-L. Martinand (pour ce qui est de la pratique sociale de référence), nous avons orienté notre méthodologie de recherche afin de répondre aux questions suivantes :

- Quels écarts entre curriculums prescrits et réalisés peuvent être mis en évidence ? Comment les analyser ?

La multiplicité des termes constitutifs des curriculums prescrits et la nécessité de trouver des termes semblables dans les curriculums réalisés ont conduit à limiter notre champ d'observation sur ce point.

Nous nous sommes intéressés aux contenus d'enseignement en jeu, en comparant les savoirs décrits dans les programmes et les savoirs effectivement institutionnalisés dans les séquences observées : choix des documents de travail, traces écrites, explications de l'enseignant, échanges entre l'enseignant et les élèves ou entre élèves.

- Quels écarts entre éléments de pratique sociale de référence et éléments de situations de classe peut-on mettre en évidence ? Comment les analyser ?

Comme dans le cas des curriculums, il s'agit de trouver dans les pratiques de référence et dans les observations des éléments de comparaison homogènes. Nous avons porté notre attention sur une partie des documents utilisés par les enseignants et les élèves.

- Que peut apporter la notion de "curriculum réalisé" en dehors des termes de comparaison avec le "curriculum prescrit" ?

Il peut paraître trivial d'annoncer qu'il se passe dans les classes des événements non inscrits dans les curriculums prescrits. C'est sur un de ces événements, en relation avec la structuration de l'enseignement de l'électrotechnique par deux disciplines distinctes, que nous avons porté notre attention.

1 - 4 - Les conditions de réalisation des observations.

Nous avons mené les observations de séquences avec des élèves d'une même classe de Terminale Génie Électrotechnique d'un Lycée d'Enseignement Général et Technologique de la Région Midi-Pyrénées.

Les deux professeurs concernés par l'observation sont expérimentés.

L'enseignant de Physique Appliquée, ancien certifié de Sciences Physiques, est maintenant professeur agrégé de Physique Appliquée, conseiller pédagogique pour la formation de professeurs-stagiaires (PLC2 en Physique Appliquée). Il enseigne en classe de terminale et dans une section de technicien supérieur en maintenance depuis une dizaine d'années.

L'enseignant de Sciences et Techniques Industrielles est professeur certifié en Génie Électrique (option électrotechnique). Il a suivi la préparation au concours et une formation professionnelle à l'École Nationale Supérieure de l'Enseignement Technique à Cachan. Il enseigne depuis une quinzaine d'années, actuellement en classe de terminale et dans une section de technicien supérieur en électrotechnique.

L'observation des séquences de classe a reposé sur un total accord avec les enseignants. Une entrevue avec chacun d'entre eux, antérieurement aux observations, nous a permis :

- d'expliquer l'objectif de notre recherche, mais de façon seulement succincte, car nous ne voulions pas voir de dérives dans les pratiques par rapport à ce que les enseignants font d'habitude dans leurs classes. Nous avons simplement indiqué qu'il s'agissait d'une étude comparative sur les séquences de classe en Physique Appliquée et en Sciences et Techniques Industrielles : organisation générale des activités, matériels utilisés, difficultés des élèves.
- de recueillir les fiches de préparation en travaux pratiques et de placer les séquences observées dans une progression. Nous avons pu ainsi cadrer de façon plus précise le thème de notre étude, en particulier en Sciences et Techniques Industrielles où le système des "TP tournants" rendait impossible avec les moyens d'observation que nous avons choisis de mettre en place un véritable suivi de tous les sous-groupes d'élèves.

En Sciences et Techniques Industrielles, nous nous sommes intéressés à :

- * une séquence d'Étude des Systèmes Techniques Industriels ; nous avons particulièrement suivi les groupes d'élèves travaillant sur les sujets "dépannage transgerbeur" et "motorisation";
 - * une séquence en Automatismes et Informatique Industrielle ;
 - * une séquence de cours en relation avec les Systèmes Techniques Industriels ;
- soit 10 h d'observation.

En Physique Appliquée, nous avons suivi deux séances de Mesures Physiques, avec les deux demi-groupes de la classe, soit 12 heures d'observation.

Pendant le recueil des données, nous avons essayé de limiter au minimum les éventuelles perturbations. Aucune intervention dans la préparation des séances et dans leur déroulement n'a eu lieu.

Les supports suivants ont été utilisés :

- enregistrement sonore des interventions magistrales de l'enseignant (rares en séances par groupe) et des remarques faites par les élèves dans les petits groupes ;

¹ L'observation des séquences avec des élèves d'une même classe nous permet d'éliminer une des variables de la situation. Elle nous permet également d'observer d'éventuelles différences d'attitudes de ces élèves en fonction, par exemple, du champ disciplinaire dans lequel ils se trouvent placés.

- photographies des matériels et des traces écrites par l'enseignant au tableau ;
- recueils de comptes-rendus d'élèves et des documents utilisés pendant les séquences ;
- prise de notes en temps réel, par le chercheur, de toute information jugée pertinente vis à vis de la problématique de la recherche.

2 - DES ÉCARTS ENTRE CURRICULUM PRESCRIT ET CURRICULUM RÉALISÉ.

2 - 1 - En Physique Appliquée : ... à propos de la stabilité et de l'instabilité du moteur asynchrone.

La caractéristique électromécanique, dite aussi "de couple", d'un MAS alimenté sous tension nominale peut-être décrite de façon typique par le tracé suivant (Fig. 1) : $T_{em} = f(n)$

T_{em} ou T : moment du couple électromagnétique

T_N : moment du couple nominal

T_M : valeur maximale du moment du couple

T_d : valeur du couple au démarrage.

T_m : valeur du couple minimale (zone non utile)

n : fréquence de rotation

n_s : fréquence de rotation au synchronisme

n_N : fréquence de rotation nominale

*Fig. 1 :
Caractéristique de couple d'un MAS*

La partie de la caractéristique correspondant à des utilisations de la machine doit obéir à certaines contraintes :

- pertes énergétiques faibles : en première approximation, on peut considérer que cela correspond à un choix de fréquence de rotation voisine de n_s ;
- stabilité dynamique : une augmentation accidentelle du couple résistant au niveau de la charge doit être accompagnée automatiquement, de par la nature physique de la machine, de la diminution de la fréquence de rotation de l'ensemble (fonctionnement stable) ; ceci correspond à la partie AB de la courbe ;
- existence d'une zone sécuritaire : le fabricant précise que le couple utilisé doit être inférieur à $0,8 T_M$ par exemple.

Les couples utiles sont alors généralement inférieurs ou égaux au couple nominal. Ils leur correspondent une partie utile pour la caractéristique pratiquement linéaire.

Dans le programme de Physique Appliquée, il est précisé à propos des caractéristiques du moteur asynchrone :

Étude simplifiée du fonctionnement d'un moteur asynchrone triphasé lorsque la fréquence de sa tension d'alimentation est constante : caractéristiques, démarrage [...]

Connaissances scientifiques : Caractéristiques $I(n)$ et $T(n)$ dans la partie utile [...]

Savoir-faire expérimentaux : - Relever la partie utile de la caractéristique $T(n)$.

C'est nous qui marquons en caractères gras la limitation de l'étude à la partie utile de la caractéristique de couple. C'est en effet à ce niveau que vont se situer les écarts entre curriculum prescrit et curriculum réalisé.

L'enseignant de PA aborde ce point lors de la séance de Mesures Physiques que nous avons observée. Il utilise pour cela un banc d'essais et de mesures avec dispositif d'acquisition de données automatisé et traitement informatisé pour l'étude des machines tournantes fournissant la caractéristique électromécanique complète (cf. fig. 1).

Les écarts entre curriculums réalisé et prescrit sont particulièrement importants dans l'exploitation de la caractéristique de couple du MAS, notamment lorsque l'enseignant aborde l'étude des différentes zones de la caractéristique qu'il détaille, de façon très pointue :

Professeur (P): «*On a donc deux zones par rapport à T_M . À droite, c'est stable ; à gauche, c'est le fonctionnement instable [...] On dit que l'on a une zone instable. C'est la première fois que l'on voit ça. C'est remarquable !* »

... insistant même pour montrer la zone de stabilité dans laquelle T_{em} décroît à n très faible (pour une valeur de couple comprise entre T_d et T_m :

P: «*[...] il y a une petite partie où l'on a encore un comportement stable : c'est ici. [...] Ça ne sert à rien, mais je vais le faire... Mais j'aime pas ça!...* »

... Et il entreprend de démarrer le moteur dans des conditions permettant de mettre en évidence la stabilité de fonctionnement de la machine dans cette zone. Les élèves semblent intéressés et participent oralement à la préparation de l'expérience.

P: «*C'est juste pour vous montrer qu'une caractéristique descendante correspond à une zone de stabilité.*»

La démonstration est reprise un peu plus tard, lors de la visite dans sa classe d'un des professeurs-stagiaires de l'IUFM que l'enseignant conseille.

Quelques hypothèses... et de nouvelles questions !

Il ne peut être question dans cet article d'interpréter de manière définitive ces observations, le phénomène de ces écarts entre curriculums prescrit et réalisé qui ne relève pas d'une simple transposition savoir à enseigner / savoir enseigné peut s'avérer extrêmement complexe et nécessite sans aucun doute des études plus poussées.

Nous pouvons toutefois envisager diverses raisons permettant d'appréhender l'attitude de l'enseignant :

- Les phénomènes que le professeur a abordés (instabilité et stabilité) sont particulièrement exploitables grâce au dispositif du banc d'essai automatisé. Un des créateurs de ce matériel précise même (Calmettes, 1996) que cette possibilité avait été particulièrement étudiée lors de la conception de l'engin...
- Entre "exploitable" et "exploité", il y a une différence allègrement gommée par l'enseignant qui choisit volontairement de parler, avec beaucoup de développements, de la présence de ces zones...

Quelle conception du “savoir à enseigner” a donc l’enseignant ? Quelle part de création y a-t-il dans le savoir enseigné ?

- Jusqu’en 1992, le programme de PA était plus fourni sur le thème du MAS et en particulier la distinction zone stable / zone instable était citée... Quelles relations entre le “temps des réformes” et le “temps des mises en œuvre” ? Quelle inertie pour un système de formation ?

2 - 2 - En Sciences et Techniques Industrielles : rôle des sujets de baccalauréat.

En Étude des Systèmes Techniques Industriels, l’enseignant utilise systématiquement des fiches de travail constituées par, ou construites à partir, des sujets de baccalauréat des années précédentes. Elles sont composées d’une partie “théorique” à laquelle les élèves doivent normalement répondre en deux heures et d’une partie “pratique” prévue pour deux heures de travail également. Les deux parties ne sont pas systématiquement en relation du point de vue de leurs contenus. Les élèves disposent, afin de répondre aux questions posées, de dossiers que les enseignants de STI de l’établissement ont composés pour chacun des systèmes étudiés à partir de documents techniques et des éléments théoriques et formulaires correspondants.

L’utilisation systématique de sujets de baccalauréat en guise de fiches de travaux pratiques en ESTI amène quelques remarques.

Quelle évaluation ?

Pour le dispositif d’évaluation dans l’enseignement, quel est le statut de l’épreuve du baccalauréat ?

- Est-ce une répétition de quelque chose qui a déjà été fait ? Dans ce cas, les séquences observées ressemblent fort à un entraînement à cadence forcée, voire à du bachotage.

- Correspond t-elle à une évaluation de savoirs et de compétences transposables dans une problématique nouvelle ? Dans ce cas, on peut s’interroger sur l’intérêt des séquences du type de celle observée.

Le problème peut provenir du fait que, lors de la mise en place des programmes actuels, les enseignants étaient déstabilisés par de nouvelles approches (programmes “révolutionnaires”² de 1989 puis de 1992). P. Pelpel et V. Troger (1993, p. 312) soulignent que ces enseignements caractérisés par un vocabulaire et des orientations pédagogiques nouvelles ont désorienté les enseignants. L’accrochage de leurs activités aux sujets de baccalauréat constituait alors une sorte de point d’appui présentant un certain caractère de sûreté. Ils retrouvaient également de cette façon les habitudes des séquences de “mesures et d’essais” qui procédaient de la même façon.

L’utilisation des fiches de baccalauréat en tant que fiches de travaux pratiques n’avait, semble-t-il pas été pensée ni même envisagée lors de la construction des programmes, l’évaluation ayant été prévue par un contrôle continu en cours d’année scolaire (Calmettes, 1996). Comme le souligne l’un des concepteurs des programmes, «Il faut savoir sur ce point que lorsque les programmes ont été faits, on pensait que l’examen des “études de systèmes” se ferait sous forme de contrôle continu, en cours de formation. En fait, ceci n’a pas pu se faire ; les enseignants, les syndicats, etc. n’étaient pas prêts. Cela a dans un premier temps, et encore on le perçoit, impliqué des difficultés d’organisation en matériels (nombre de sujets

² Ces programmes présentent le caractère de “révolution” au sens de Kuhn. Ils bouleversent les idées jusque-là mises en valeur avec notamment la disparition des activités de conception par assemblage de composants au profit de l’observation par analyse descendante et fonctionnelle.

importants : de 25 à 30) et en temps car on ne pouvait passer que 5 élèves par jour. L'évaluation est difficile... Et il faut reconnaître aussi, et c'est une dérive et un sujet de préoccupation et de discussion ; que maintenant, on a de plus en plus dans les établissements une sorte de "bachotage" qui a été instauré, les élèves travaillant sur des sujets de bac des années précédentes. La multiplication, année après année, des sujets d'examen n'a pas changé ce processus... »

Par rapport aux pratiques sociales de référence...

Faisons l'hypothèse que le désir chez les enseignants d'utiliser les sujets de baccalauréat comme fiches de travail pour les séquences de travaux pratiques correspond à leur volonté de choisir la référence de leurs pratiques à l'intérieur de l'institution. Le baccalauréat devient alors effectivement la référence des activités en classe.

Compte tenu des écarts déjà observés (cf. § 1.2) entre les contenus enseignés, les engins utilisés en classe et les éléments correspondants éventuellement dans les pratiques de référence, il semble que la construction des séquences de classe sur les dispositifs d'évaluation constitue une dérive importante par rapport à la pratique sociale de référence du technicien.

Contre le curriculum prescrit : le baccalauréat comme référence interne ?

L'utilisation des sujets de baccalauréat comme base des activités en classe pose donc la question de son statut. Elle ajoute à sa définition en tant que moyen d'évaluation son institutionnalisation comme moyen d'enseignement. Le baccalauréat devient alors un élément de curriculum formel/précrit, créé par une institution différente de celle qui conçoit les programmes.

3 - DES ÉCARTS ENTRE ÉLÉMENTS DE PRATIQUE DE RÉFÉRENCE ET DE SITUATIONS DE CLASSE.

3 - 1 - En PA.

Il s'agit de comparer des documents issus du monde de l'industrie utilisées dans les pratiques de référence (technicien) : un catalogue technique (moteurs) et une documentation sur un variateur, à ceux de l'enseignement : notices et catalogues relatifs à des matériels "pédagogiques" relatifs à l'enseignement des machines électriques³.

³- Matériels destinés aux industriels : notice et catalogue suivants :

* LS FMV 1003. (1989). Moteur asynchrone à modulation de vitesse conversationnel. Notice de mise en service et entretien.

* LS. (1992). Moteurs asynchrones triphasés fermés. Carter alliage d'aluminium. 0,09 à 160 kW. Catalogue technique.

- Matériels destinés aux enseignants : notices et catalogues suivants :

* Leroy Somer. (1987). Matériel pédagogique pour laboratoire de machines tournantes. Notices techniques. Machines de 300 W.

* Moteurs Leroy Somer.(1988a). Matériel pédagogique pour laboratoire de machines tournantes. Machines électriques tournantes. 300 W série "S". Matériel didactique.

* Moteurs Leroy-Somer (1988b). Matériel pédagogique pour laboratoire de machines tournantes. Machines électriques tournantes. Matériel didactique.

* Moteurs Leroy Somer.(1989). Matériel pédagogique pour laboratoire de machines tournantes. Banc d'essais et de mesures avec dispositif d'acquisition de données pour l'étude des machines tournantes. Notice d'utilisation.

* Moteurs Leroy Somer. (1992). Matériel pédagogique pour laboratoire de machines tournantes. Banc d'essais et de mesures avec dispositif d'acquisition de données pour l'étude des machines tournantes. Notice

Nous avons choisi de traiter cette analyse en nous intéressant plus particulièrement à trois de leurs aspects :

- Leurs objectifs généraux ;
- La manière dont les informations sont données ;
- Les types d'écrit à travers lesquels les informations sont transmises.

3 - 1 - 1 - Les documentations techniques "classiques".

Dans les deux documents étudiés, une constante apparaît, bien qu'ils ne soient pas conçus pour les mêmes objets et pour la même utilisation : l'extrême variété des formes de l'information apportée.

*** Le cas du catalogue technique (moteurs).**

L'objectif de ce document peut être défini autour d'un mot-clé : **choix**.

Il faut permettre aux concepteurs d'ensembles techniques auxquels il s'adresse, en proposant des machines variées, caractérisées, de se prononcer pour un matériel en fonction d'un cahier des charges répondant à un besoin exprimé par ailleurs.

L'objectif pour l'utilisateur est de trouver le matériel répondant le mieux à la demande faite.

L'ensemble des données est présentée de manière **normative** ou **descriptive**.

Les contraintes, à prendre en compte dans ce choix, qui sont abordées dans la documentation sont l'environnement, les caractéristiques matérielles et mécaniques de la machine (formes, dimensions, peinture, type de roulements, etc.) et ses caractéristiques en fonctionnement (mécanique et électrique). On repère en particulier la place initiale laissée à l'étude environnementale ; c'est elle qui prévaut dans la recherche d'un matériel. Des informations concernant la maintenance sont présentes également.

Les données sont présentées sous de nombreuses formes différentes :

- des **formulaires généraux** d'électricité et d'électrotechnique présentés sous forme de **tableaux** ;
- des **textes** relatifs à la normalisation que l'on peut mettre en relation avec les indices de protection et les limites d'utilisation des machines, les problèmes de sécurité ;
- des **schémas** et **dessins** (notamment le bornier et la plaque d'identification) ;
- des **courbes** correspondant à des caractéristiques électriques ou mécaniques et devant servir, par référence à un type de machine donné, à préciser son comportement en cas de surcouplage et à préciser des informations telles que le courant au démarrage, le couple maximum, le couple accélérateur, etc. ;
- des **courbes empiriques** et des tableaux à partir desquels des renseignements peuvent être obtenus pour résoudre un problème posé (temps de démarrage, temps rotor bloqué admissible), des **exemples de calculs** ;
- des **tableaux généraux comparatifs des caractéristiques** des différentes machines.
- des **schémas** de branchements **électriques** avec en correspondance les **caractéristiques mécaniques et électriques** obtenues (nécessaire pour déterminer les modes de démarrage).

*** Le cas de la documentation sur le variateur.**

d'utilisation des logiciels pour compatible PC.

* Leroy Somer. (1993). Matériel pédagogique. Catalogue technique.

Tous les documents sont édités par la société Leroy-Somer.

Deux mots-clés permettent d'appréhender les objectifs de ce document : **mise en service, entretien** :

- Dans un cadre d'installation (l'objet est vendu), il s'agit d'aider à la mise en place du matériel et de permettre de le paramétrer en fonction des contraintes de son environnement.
- Dans un cadre de maintenance, il est nécessaire d'entretenir le matériel et de reconnaître et au besoin de modifier ou de changer les composants, les programmes, les modes de branchements, etc.

Le document présente les renseignements de manière **descriptive** (description générale, caractéristiques) mais également **prescriptive** (conseils d'utilisation et surtout programmation, contrôle, dépannage).

Les informations sont données sous les formes suivantes :

- des **textes** (principe général, description de modes opératoires, sécurité, garantie, etc.) ;
- des **relations** d'électricité et d'électrotechnique, des **exemples de calcul** ;
- des **dessins** de l'objet ou de certaines parties de l'objet réel (bornier, clavier, composants de réglages) ;
- une **représentation fonctionnelle** globale servant de schéma-support pour l'explication du principe général de fonctionnement ;
- des **courbes empiriques** à partir desquelles peuvent être déterminées des valeurs de facteurs intervenant dans une relation (facteur de forme) ;
- des **schémas électriques** avec des **représentations unifilaires** (schéma de principe) ou **trifilaires** (pour présenter des dispositions de mesure) ;
- des **chronogrammes** ;
- des **courbes théoriques** relatives aux paramétrages de l'appareil (courbes $V(f)$) ;
- des **tableaux** relatifs aux pannes (indices et messages de défaut, raison du défaut, contrôle, solution) ;
- des **organigrammes** devant permettre la localisation des pannes.

L'aspect sécuritaire et les modes opératoires pour les mesures et les différents tests y sont longuement développés.

3 - 1 - 2 - Les documentations à destination des enseignants.

Les documents peuvent, a priori, être distingués en trois catégories. A leur lecture, on peut dégager différents mots-clés permettant d'appréhender leur sens :

- la notice technique : **connaissance** du matériel.
- la notice didactique : **utilisation** du banc en classe et résultats possibles.
- le catalogue général technique : **choix** de matériel.

Les renseignements sont présentés de manière **descriptive** (principe, matériel), **prescriptive** (utilisations des modules, des freins, du variateur, du logiciel, branchements à effectuer, etc.) et en termes de possible donc **propositionnelle** (fiches d'expérimentation).

Les informations sont présentées sous les formes suivantes :

- **textes** (description) ;
- **tableaux** (résultats d'essais, spécifications techniques) ;
- **dessins** (borniers, machines, ensembles matériels, dessins cotés des matériels, branchements électriques des différentes parties de l'ensemble entre elles) ;
- **schémas électriques** (branchements du moteur) ;
- **caractéristiques des machines** (courbes) ;

- **schémas de principe** (mesures de couples)
- **relations** électriques ou mécaniques et **exemples de calcul**.
- **oscillogrammes** ;
- **courbes théoriques** relatives aux paramétrages de l'onduleur (courbes $V(f)$) ;
- **copies d'écran** ;
- **organigrammes** (synoptique d'utilisation du logiciel)

3 - 1 - 3 - Synthèse.

Les différents aspects que nous venons de développer sont résumés dans le tableau suivant :

	Document technique “moteur”	Document technique “variateur”	Documentation banc Leroy-Somer
Destinataire	Concepteur	Technicien	Enseignant
Objectif général	Choix de matériel	Mise en service Maintenance, réglages	Utilisation en classe : Tracés et utilisations de caractéristiques
Type d’écrit	Descriptif, normatif	Descriptif, prescriptif	Descriptif, prescriptif, propositionnel
Formes des écrits	Textes, tableaux, dessins, schémas électriques, schémas de principe, exemples de calculs, caractéristiques électriques et mécaniques (grandeurs)		
	Formulaires généraux d’électricité et d’électrotechnique Courbes empiriques (coefficients) Problèmes de sécurité		
	Textes relatifs aux nor- malisations	Représentations fonc- tionnelle et “unifilaire”	Copies d’écran Oscillogrammes
Quelques	Caractérisation de gran- deurs spécifiques (couples d’accrochage, de décrochage, d’accélération, puissance exigée)	Chronogrammes Organigrammes (prescriptions) Courbes V(f) relatives à une programmation du variateur	

contenus	Variétés de caractéristiques mécaniques couple (vitesse) de machines avec repérages des grandeurs spécifiques		Une caractéristique couple (vitesse) par machine Exemples d'exploitation en classe
-----------------	---	--	---

3 - 2 - En Sciences et Techniques Industrielles.

La séquence de cours sur les systèmes techniques industriels que nous avons observée est relative à l'étude d'un variateur de vitesse. Nous avons relevé les différentes représentations associées à l'engin. Elles sont nombreuses et variées. Ce sont, dans l'ordre chronologique de leur utilisation :

- Des schémas et graphiques mettant en évidence les échanges d'énergie mécanique et électromagnétique et leurs conséquences en termes de signes pour les grandeurs couple (noté ici C), vitesse (V), courant (I) et tension (U) : présentation du principe général.

LES QUATRE QUADRANTS
deux fonctionnements liés à la mécanique

- Des chronogrammes vitesse (temps) et couple (temps) de principe puis réels sont mis en correspondance. L'enseignant y repère les différents modes de fonctionnement dans les différents intervalles de temps.
- Le schéma synoptique de la carte du variateur de vitesse.
- Le schéma blocs de la carte variateur remplaçant la carte variateur dans un environnement comprenant en particulier le moteur et sa charge, le capteur de vitesse.

- Un schéma électrique présentant le principe de fonctionnement des hacheurs en pont (structure du variateur 4 quadrants ; cas de la carte Parvex de la société Alsthom).
- Les chronogrammes montrant les formes d'ondes du courant et de la tension dans les fonctionnements suivant les 4 quadrants, les moments de conduction des diodes et des transistors sont repérés.

- Les schémas de structure du variateur sont complétés par les parcours du courant pendant les phases actives et pendant les phases de récupération pour les fonctionnements dans chaque quadrant.
- Le diagramme structurel d'un second variateur (Infranor).

On peut mettre en évidence simultanément :

- la progression choisie par l'enseignant,
- l'objectif général visé dans chacune des phases,
- les types de représentations adoptées.

PHASES	OBJECTIF GÉNÉRAL	RÉSOLUTION
Présentation	Quel est le problème ?	Diagrammes dans le plan $\{(U,V), (C,I)\}$
Applications	Comment se traduit-il dans les faits ?	Chronogrammes (vitesse, couple) = $f(t)$
Réalisations	Quel est l'engin permettant de résoudre le problème posé ?	Schéma synoptique associant fonction et composant. Schéma par blocs fonctionnels et relations entre fonctions formalisées.
Explications	Comment peut-on comprendre son fonctionnement ?	Schéma électrique de principe (structure matérielle)
		Chronogrammes (courant, tension) = $f(t)$
		Compléments d'informations sur le schéma électrique de principe.

L'explication, la compréhension de l'objet technique semblent favorisées par une étude faite à partir des composants mis en situation dans des schémas électriques simplifiés et par la traduction, ici par des chronogrammes, des lois de la physique. Cette partie est généralement gérée dans le cadre de la Physique Appliquée. Comme le hacheur 4 quadrants n'est pas au programme en PA, ce sont les enseignants de STI qui le traitent, avec les mêmes outils que les physiciens d'habitude.

La représentation de la réalisation de l'objet matériel est faite essentiellement par les fonctions.

Au-delà des représentations typiques que l'on peut trouver dans les documentations techniques de la pratique sociale de référence (technicien supérieur), c'est le cas du synoptique et du circuit électrique, apparaissent des représentations à visée explicative des fonctionnements du variateur, par exemple, les schémas électriques avec le parcours du courant, les chronogrammes (courant, tension) = $f(t)$.

Les représentations utilisées dans le cadre de l'enseignement en STI sont donc, dans le cas visé, celles utilisées dans le cadre des pratiques de référence auxquelles sont ajoutées d'autres représentations qui ont pour objectif d'aider à la compréhension du fonctionnement de l'engin.

4 - LES ÉLÈVES FACE À L'INTÉGRATION DE SAVOIRS MULTIDISCIPLINAIRES.

Les élèves constituent apparemment, intellectuellement et en traduction dans les faits ou au moins à travers les paroles, des cloisonnements entre les disciplines, comme en témoignent ces extraits d'observation :

Dépannage transgerbeur : 14 h 25 min : recherche sur la partie "théorique".

Les élèves sont mécontents :

- «*Cette partie n'a aucun rapport avec la manip'*»
- «*C'est de la physique !*»

Motorisation : 14 h 35 min : recherche des relations permettant de répondre à une des questions.

Les élèves protestent devant l'enseignant :

- «*C'est de la méca !*»

Motorisation : 15 h 05 min :

- «*Dans la phase 1, la vitesse est constante ?*»

Professeur : «Non ! Relie V à Ω ... Regarde la relation qu'on te donne...»

- «*C'est des math !*»

Motorisation : 15 h 20 min :

- «*Pfff ! Comment calculer I_c ?*»

...

- «*Ce doit être de la physique !*»
- «*On n'y arrivera pas !*»

Motorisation : 17 h 20 min :

- «*On fait des math, de la physique, de la méca, mais on ne manipule pas !*»

Comment interpréter ces cloisonnements ? Nous formulons quelques hypothèses :

- Il apparaît effectivement justifié de concevoir les ensembles techniques comme une rencontre intégrative de plusieurs points de vue qui s'enrichissent mutuellement.

La lecture de la fiche "motorisation" est en cela très caractéristique :

«Utilisation de la relation fondamentale de la dynamique [...]

Calculer le couple C_m [...]

Déterminer le courant I_c

Le moteur convient-il ? Justifier.»

- Des frontières sont tracées *sur* le système par les élèves qui ont caricaturé les structures disciplinaires et surtout n'ont pas créé les possibles liaisons interdisciplinaires, refusant implicitement de sortir des représentations qu'ils ont acquises : en "physique", on pose des équations en rapport avec des phénomènes électromagnétiques et on trace des courbes⁴, en "mécanique", les équations sont en relation avec le mouvement, les "mathématiques" permettent de résoudre des équations et de faire des calculs et en "étude des systèmes techniques industriels", on fait des mesures, des essais... et, "**on ne doit pas faire autre chose**" pourrait être leur devise !

⁴ Un élève précise même lors de la séquence de Physique Appliquée : «Je préfère quand, en physique, on fait des courbes sur du papier millimétré.»

L'institution ne favorise peut-être pas une quelconque mise en relation des contenus disciplinaires : nous avons relevé la dichotomie entre les finalités, les contenus et les méthodes des disciplines PA et STI (cf. § 1.2).

- Un autre fait mérite d'être relevé : un élève qui n'a pas su traiter la question relative à la détermination du courant I_c en "Étude des systèmes" aurait pu le faire en PA ; l'enseignant de PA que nous avons interpellé sur ce sujet nous l'a confirmé. La relation à utiliser est tout à fait commune. Son application ne pose *a priori* pas de difficultés.

Il semble en fait qu'il y ait une certaine variabilité intra-individuelle qui ferait que des choses "identiques" n'apparaissent pas toujours de la même façon, que la représentation que les individus en font change suivant les situations dans lesquelles ils se trouvent placés. Ce serait un effet de contexte ; les contraintes, les ressources, les buts, les lieux agiraient et modifieraient les significations que les individus donnent à ce qu'ils observent et à ce qu'ils font ou doivent faire.

Quelles relations entre Physique Appliquée et Sciences et Techniques Industrielles ?

Nous sommes alors en droit de poser la problématique des relations entre les différentes disciplines. Si la distinction forte existant institutionnellement entre les curriculums prescrits des deux disciplines peut être modulée, au vu de certains éléments de curriculums réalisés (cf. ci-dessus l'utilisation de relations de physique dans les deux sujets que nous avons étudiés⁵), il reste à concevoir de façon peut-être différente les interactions disciplinaires : les réflexions sur les contenus, mais aussi sur les rapports entre enseignants, sur leurs formations, et les recherches sur les effets de contexte restent à faire...

Conclusion.

L'observation et l'analyse de séquences de classe en Physique Appliquée et en Sciences et Techniques Industrielles nous a permis de mettre en évidence différentes pratiques de la part des enseignants amenant des écarts entre curriculums prescrits et curriculums réalisés et des écarts entre les activités en classe et les pratiques de référence, certains d'entre eux correspondant à des perversions importantes :

- En Physique Appliquée, l'enseignant s'attache à montrer un phénomène non inscrit dans les contenus institutionnels : la présence d'une zone de stabilité dans la caractéristique du moteur asynchrone, non utilisée industriellement car correspondant à un échauffement extrêmement important de la machine et donc à un rendement désastreux.

- En Sciences et Techniques Industrielles, l'utilisation systématique, dans le cadre des travaux pratiques d'étude des systèmes, de sujets de baccalauréat pose également problème.

Nous avons relevé la multiplicité des représentations utilisées dans les deux disciplines PA et STI. En STI, elles sont généralement issues du monde industriel et ont pour objectif la validation, la lecture des systèmes techniques : schéma synoptique, schéma fonctionnel, chronogrammes (vitesse, couple) notamment. Ce sont des représentations figurales ou formalisées⁶, outils pour l'action : valider, contrôler, maintenir en état. Toutefois, dans la mesure où des connaissances relatives à la compréhension des objets doivent également être apportées et dans le cas où la Physique Appliquée ne les aborde pas, d'autres

⁵ La Physique Appliquée prendrait alors dans ce cas le statut de "discipline de service".

⁶ Le code figural renvoie le plus souvent à un contenu spatialisé mais nécessitant une interprétation. Le code formel correspond à des constructions figuratives établies à partir d'énoncés propositionnels ou à des énoncés formels construits par abstraction de représentations analogiques. (J. Lambert (1994))

types de représentation, plus spécifique de dispositifs de formation, sont utilisés. C'est le cas des schémas électriques simplifiés sur lesquels sont portés des indications sur le sens du courant dans différents cas, des chronogrammes à visée explicative par exemple. Ce sont des représentations à opérationnalité différée. Si leur finalité peut être l'action, dans une première phase, il s'agit de comprendre un fonctionnement, un composant ou un agencement matériel.

Nous avons enfin mis en évidence le cloisonnement des disciplines qui apparaît dans les attitudes des élèves, "refusant" de prime abord de traiter dans une discipline des questions qui relèvent, selon eux, d'une autre discipline scolaire.

-----O-----

Éléments bibliographiques.

Calmettes, B. (1996). Contribution à l'étude des curriculums. Le cas de l'enseignement de l'électrotechnique dans les classes du second degré des Lycées d'Enseignement Général et Technologique. Thèse. Toulouse : Université Paul Sabatier, LEMME.

Cépec sous la direction de Gillet, P. (1991). Construire la formation. Paris. ESF éditeur.

Chatel, E. (1994). Constructions à tout faire : les programmes de sciences économiques et sociales *in* Collectif coordonné par Demonque, C. et Larue, R.. Qu'est-ce qu'un programme d'enseignement ? Paris : Hachette éducation et CNDP pp. 50/66.

De Corte, E. et al. (1979, 2ème éd. française 1990). Les fondements de l'action didactique. Bruxelles : De Boeck-Wesmael s.a. Traduction française par Van Cutsem, V. Paris : Éditions Universitaires.

De Landsheere, G. (1979). Dictionnaire de l'évaluation et de la recherche en éducation. Paris : PUF.

Martinand, J.-L. (1981). Pratiques sociales de référence et compétences techniques *in* Actes des 3ème JIES . Chamonix : A. Giordan et J.-L. Martinand éditeurs.

Martinand, J.-L. (1986). Connaître et transformer la matière. Berne : Peter Lang.

Martinand, J.-L. (1989a). Pratiques de référence, transposition didactique et savoirs professionnels en sciences et techniques *in* Les Sciences de l'Éducation n°2/1989. pp. 23/29.

Ministère de l'Éducation Nationale. (1992). Programmes des enseignements des classes de première et terminale des lycées, conduisant au baccalauréat technologique de la série : Sciences et technologies industrielles (STI). Organisation et horaires des enseignements dans les classes de première et terminale des lycées, sanctionnés par le baccalauréat technologique, série : Sciences et technologies industrielles (STI). BOEN n° 32. pp. 2226/2235.

Ministère de l'Éducation Nationale. (1992). Objectifs du baccalauréat technologique série "Sciences et technologies industrielles" (STI). Programmes d'enseignement. BOEN Hors-série du 24 septembre 1992. pp. 91/101 ; 299/383.

Pelpel, P. ; Troger, V. (1993). Histoire de l'enseignement technique. Paris : Hachette Éducation.

Perrenoud, P. (1990). Curriculum : le formel, le réel, le caché *in* collectif sous la direction de Houssaye, J. La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui. Paris : ESF éditeur. pp. 61/76.