

Etudier des objets intermédiaires pour analyser les moments-clés de la conception d'un EIAH

Matthieu Cisel

Université Paris-Descartes, Laboratoire EDA, 45 rue des Saint-Pères,
75006 Paris, France
matthieucisel@gmail.com

Résumé. Cet article porte sur le processus de conception d'une application à destination du programme Savanturiers, au sein d'un consortium regroupant recherche académique, acteurs de l'éducation et une entreprise privée. Nous nous focalisons sur le processus d'arbitrage dans les orientations technologiques. Le cahier des charges n'est pas fixé au début du projet, la seule contrainte imposée étant que l'EIAH doit instrumenter une pédagogie par projet dans le domaine scientifique. Une tentative de consensus sur l'orientation technologique à impulser a été réalisée via un vote sur les différentes fonctionnalités possibles, vote fondé sur une « matrice de décision ». Nous mobilisons la notion d'objet intermédiaire et une analyse mathématique de la matrice sur laquelle ce vote repose pour montrer que cette approche ne permet pas de satisfaire l'objectif visé par la démarche : répondre au mieux aux besoins des utilisateurs finaux, les enseignants. Nous extrapolons plus largement sur l'intérêt des objets intermédiaires pour l'analyse d'un processus de conception.

Mots-clés. Conception, objet intermédiaire, analyse des besoins

Abstract. We analyze in this article the design of a learning environment intended for the Savanturiers program. It was produced by a consortium made of a laboratory, a group of teachers and a private company, with no clear specifications when the project was funded. The only constraint was that it was supposed to be used in inquiry learning. A consensus on the orientation to impulse to the project was searched through a vote at the beginning of the project. We analyze the tool that was used to perform that vote through the notion of intermediary object. We show, mathematically, that the process failed to reach its intended objective: be as close as possible to the needs of the users, aka, teacher. We extrapolate over the interest of intermediary objects to grasp the underlying dynamics of a design process.

Keywords. Design, intermediary object, needs analysis

1 Introduction

1.1 Un consortium visant à développer un EIAH pour les projets Savanturiers

Via des appels à projets comme le Plan d'Investissements d'Avenir (PIA) eFRAN, (pour Espaces de Formation, de Recherche et d'Animation Numérique), l'Etat

encourage la co-conception d'EIAH au sein de consortiums regroupant recherche académique, acteurs publics de l'éducation et entreprises privées. Avec la montée en puissance de ce type de consortiums hétéroclites, il devient de plus en plus pressant de mieux appréhender les questions que soulèvent ces collaborations, entre des acteurs appartenant à des mondes sociaux aussi distincts qu'une entreprise, des enseignants, et un laboratoire de recherche.

Si la question des dynamiques sous-jacentes au processus de conception n'est pas nouvelle dans la littérature consacrée aux EIAH, elle porte généralement sur des artefacts produits par des laboratoires. Aux exemples français comme Cabri-Géomètre [14] ou Pépite [11] s'ajoutent, dans la littérature anglophone, des artefacts comme le Knowledge Integration Environment [16], conçus pour instrumenter l'enseignement de la démarche d'investigation [26]. Pour nombre des EIAH issus de la recherche et dont la conception a été documentée, l'artefact a souvent vocation à mettre à l'épreuve des théories, de tester des hypothèses [23]. Ce n'est généralement pas le cas pour des consortiums où l'artefact devient la propriété d'une entreprise, qui tâchera de le vendre sur le marché éducatif. Dans cette dernière configuration, les éléments qui guident le processus de conception peuvent être plus pragmatiques. Il peut être intéressant pour la recherche, en particulier lorsqu'elle se situe dans une perspective de recherche d'accompagnement, d'identifier comment s'articulent les influences des différents acteurs, ou en d'autres termes, comment se manifeste la multivocalité du processus.

À cette fin, nous nous proposons, sur la base du cas d'étude qu'est le projet eFRAN « Les Savanturiers du Numérique », de nous pencher sur la question des dynamiques de co-conception d'un environnement dédié à l'instrumentation de la pédagogie par projet dans l'enseignement scientifique, le Cahier-Numérique de l'Elève-Chercheur (CNEC). Le consortium a été réuni de 2016 à 2019 pour fournir une application numérique aux projets Savanturiers, fondés notamment sur un partenariat [10] avec des chercheurs pour l'encadrement des projets. Ceux-ci mettent en œuvre une approche qu'ils nomment l'Éducation par la Recherche, relativement proche de la démarche d'investigation [18], au sein de l'école primaire et du collège. En termes de caractéristiques du CNEC, le consortium a reçu pour seule spécification la nécessité d'instrumenter les projets Savanturiers.

1.2 Les problématiques de recherche et leur instanciation à un cas d'étude

Notre analyse du processus de conception s'inscrit dans deux problématiques distinctes. L'une relève de la montée en puissance des consortiums pour la création d'EIAH : Lors de processus de conception, comment la multivocalité consubstantielle des consortiums se manifeste-t-elle dans les caractéristiques des artefacts produits ?

Nous analysons les difficultés du processus de conception au prisme de la notion d'objet intermédiaire [12,13,25]. Nous cherchons en particulier à montrer comment ces artefacts circulant entre les acteurs permettent de réifier divers aspects d'un processus de conception. Ce faisant, la visée de nos recherches est également, dans une large mesure, méthodologique. Elles visent en effet à illustrer une approche relativement marginale de l'analyse des objets intermédiaires, en fondant l'analyse sur leurs caractéristiques propres plus que sur les interactions qui les entourent. Cette considération nous a amené à développer dans notre recherche une seconde

problématique d'ordre méthodologique, ancrée dans les analyses de contradictions relevant de la théorie de l'activité [6] : Dans quelle mesure l'analyse des caractéristiques des objets intermédiaires peut-elle révéler les contradictions internes aux processus de conception ?

Si ces problématiques ont guidé notre travail de recherche pendant les trois années qu'a duré le consortium, nous nous focalisons uniquement dans le cadre de cette contribution sur un moment clé du projet eFRAN, le choix des orientations technologiques. Il s'est en partie basé sur un vote initialement considéré par le consortium comme déterminant dans les orientations technologiques du CNEC. La question de recherche qui a guidé cet article, dérivée des problématiques exposées dans les paragraphes précédents, peut être formulée en ces termes : Dans quelle mesure les caractéristiques d'un objet intermédiaire utilisé pour créer consensus lors d'un moment pivot, en l'occurrence un arbitrage-clé, peut-elle révéler les contradictions à l'œuvre du processus de conception ?

Nous nous proposons de porter l'attention sur un arbitrage, réalisé sous la forme d'un vote, en début de projet quant aux orientations technologiques à suivre, sur la base de ce qui fut nommé la matrice de décision. Ce vote visait à prioriser le développement des fonctionnalités du CNEC. Il a associé l'ensemble des acteurs, y compris des enseignants, afin « d'être au plus près des besoins des utilisateurs ». Nous cherchons à appréhender comment la matrice de décision révèle la manière dont le point de vue des enseignants a été pris en compte dans le choix des grandes orientations technologiques. Bien que centrée sur une étude de cas, cette contribution ne constitue pas une évaluation du processus de conception dans le projet eFRAN qui a servi de base à l'étude.

Si l'étude vise à illustrer des contradictions apparentes dans un consortium produisant un EIAH, le propos est avant tout méthodologique. Plus particulièrement, nous étayons l'idée selon laquelle, par la réification de la multivocalité qui caractérise une co-conception, les objets intermédiaires offrent au chercheur une perspective incontournable sur les dynamiques à l'œuvre. Nous cherchons ce faisant à diffuser auprès de la communauté EIAH une notion à la fécondité éprouvée, tout en la mobilisant selon une perspective originale. Nous visons également à étayer l'idée selon laquelle une réflexion sur un processus de conception ne constitue pas un simple « retour d'expérience », et que le dit processus de conception peut constituer un objet scientifique à part entière. Pour ce faire, la notion d'objet intermédiaire peut être utile à la théorisation des analyses effectuées.

1.3 Le cadre notionnel de l'objet intermédiaire

La notion d'objet intermédiaire est apparue dans les années 1990 [13] pour mieux appréhender les dynamiques sous-jacentes au processus de conception d'artefact. Elle fait écho, sans en être une simple prolongation, à des travaux anglo-saxons plus anciens sur les objets-frontière [22], plus centrés sur des objets qui partagent des codes communs aux différents mondes sociaux qu'ils traversent. Nous reprendrons ici la définition d'objet intermédiaire que donne Decortis [5], relativement proche de celle de Vinck [25] : « un artefact construit par les acteurs du processus de conception, fortement investi par ceux-ci et qui circule entre eux. L'objet intermédiaire représente, traduit des idées et sert de médiateur et d'outil d'échange ».

Il est fréquent, dans les travaux consacrés aux objets intermédiaires, de se concentrer non pas sur les interactions qui entourent ces objets, et en particulier sur les interactions orales entre les acteurs qui les mobilisent [8]. Leurs caractéristiques peuvent pourtant constituer la focale des recherches, tant elles révèlent des aspects saillants du processus de conception, sans interférer par trop avec le processus. Enregistrer et analyser des interactions orales constituait une procédure trop invasive par les différents acteurs du consortium concernés. Force est de constater que l'on retrouve assez peu de travaux s'inscrivant dans cette logique, et le fait que nous ayons pu identifier à travers l'analyse d'un objet intermédiaire unique certains obstacles complexes à mettre en évidence constitue selon nous un argument en la faveur de cette approche.

La matrice de décision présente un double avantage. Le premier est celui de réifier la manière dont se matérialise la multiivocalité qui définit le consortium eFRAN ; en effet, la plupart des acteurs ont pris part à ce vote. Pour reprendre le cadre notionnel mobilisé par Decortis, cette matrice constitue un objet intermédiaire de type médiateur ouvert [12]. Ces objets « laissent de nombreuses marges de manœuvre à ceux qui les utilisent, incitent à un travail d'interprétation et visent à fournir une variété de possibles en vue d'ouvrir des horizons de conception et des premières pistes de recommandation » [5]. Par ailleurs, un objet est médiateur lorsqu'il « peut contribuer à faciliter, rapprocher, dissuader, participer à l'élaboration de compromis entre les acteurs », ce qui constitue justement la fonction première de cette matrice (ibid, p.86).

Le second avantage de cette matrice est qu'elle se prête à une analyse mathématique, qui objective certaines difficultés à prendre en compte le point de vue des utilisateurs dans le choix des orientations technologiques. Nous présentons dans la section qui suit le contexte qui a entouré la genèse et l'utilisation de la matrice de décision, ainsi que l'approche statistique mobilisée.

2 Méthodologie

2.1 Retour sur la genèse de l'objet intermédiaire étudié

La matrice de décision est une initiative de l'industriel [2], Tralalère, qui utilise des outils analogues pour des prises de décision en interne de manière routinière. Précisons que la matrice de décision, et non les fonctionnalités qu'elle porte, représente l'objet intermédiaire d'intérêt. C'est la première fois que ce type de matrice est utilisé par l'entreprise pour réaliser des prises de décision collégiales avec des partenaires. La première mouture de la matrice a été réalisée par l'industriel au cours des premiers mois du projet. Elle a été enrichie par les divers chercheurs impliqués, sur la base d'une revue de la littérature portant sur les EIAH dans l'enseignement des sciences, et sur la base de réflexions faisant suite aux observations réalisées en classe [3]. A la suite de ce travail, trois réunions entre industriel et chercheurs ont eu vocation à harmoniser le vocabulaire utilisé, et à regrouper les fonctionnalités en grandes familles.

La chef de projet a proposé des scores au nom des Savanturiers, après avoir échangé avec des collègues. Un ingénieur de Tralalère a établi un score Stratégie, censé correspondre à la stratégie de l'entreprise, ainsi qu'un score de faisabilité estimée de développement. Il n'était pas inclus dans le score Stratégie de Tralalère, car la faisabilité des développements devait pour le partenaire industriel être tenue comme indépendante des orientations stratégiques qu'il défendait.

Les différents partenaires ont ensuite identifié ce qu'il convenait de soumettre aux enseignants pour le vote. Les fonctionnalités dont le développement était jugé indispensable au bon fonctionnement de l'application par l'industriel et les Savanturiers n'ont par exemple pas été soumises au vote, afin de ne pas disperser inutilement l'attention des enseignants. En définitive, trente-trois "fonctionnalités" ont été soumises au vote des enseignants. Les quatre enseignants investis ont voté lors d'une réunion organisée chez le partenaire industriel, nommée Comité de Conception, réunion à laquelle les chercheurs ont assisté.

En tant que chercheurs, nous nous sommes positionnés en observateurs, et n'avons pas voté. Au sein de ce consortium, nous travaillions dans une large mesure selon une perspective dite de Recherche Orientée par la Conception [19], ou Design-Based Research (DBR) dans la littérature anglo-saxonne [1]. Ce paradigme autorise une certaine réflexivité sur des actions dans lesquelles nous sommes impliqués. Néanmoins, nous étions en désaccord sur cette manière de procéder au choix des orientations technologiques. Ne pas voter nous permettait d'analyser cette étape en tant que simples observateurs, ce qui clarifiait notre positionnement épistémologique.

A l'issue de l'arbitrage, quatre scores ont été fournis pour chaque fonctionnalité : le score *Enseignants*, le score *Savanturiers*, le score *Stratégie* de l'entreprise Tralalère, et un score *Faisabilité*, lui aussi calculé par l'industriel, chacun étant compris entre 0 et 10. Notons que le score *Enseignants* a été calculé comme la moyenne des scores attribués individuellement par chaque enseignant. Les conséquences de ce mode de calcul seront traitées en détail dans les analyses qui seront présentées. Le score final, dont a dépendu dans une large mesure l'ordre de priorité de développement des fonctionnalités, correspond à la somme pondérée des scores attribués par les différents acteurs. Détail central, il a été décidé à l'initiative de l'industriel que la pondération des scores donnés par les enseignants serait doublée par rapport aux autres acteurs, afin d'accorder plus de poids au point de vue de l'enseignant et pour « être au plus près des besoins des utilisateurs ». Nous allons voir que malgré cette mesure, le poids des enseignants dans l'arbitrage a été plus limité que celui des autres acteurs.

2.2 Analyse statistique de la matrice de décision

Nous avons réalisé dans le cadre de cette contribution une analyse statistique portant uniquement sur la matrice de décision. Nous nous sommes intéressés au poids des différents acteurs sur le score final attribué à chaque fonctionnalité. Nous avons procédé d'une part à une analyse de variance et d'autre part à une analyse en composantes principales. L'analyse de variance permet d'extraire la part de variance du score final qui est attribuable à un acteur donné. Ce chiffre correspond donc à la somme des carrés pour un critère donné, divisée par la somme des carrés totaux, il sera fourni dans une table d'ANOVA. Cette approche permet de quantifier

mathématiquement le poids relatif des différents acteurs dans le score final, et, ce faisant, sur cette étape du processus de conception.

Ce poids peut dépendre de plusieurs facteurs : la pondération attribuée à chaque acteur, mais aussi la variabilité dans les scores attribués et la corrélation avec les scores des autres acteurs. Dans la mesure où le score final est une combinaison linéaire des scores attribués par les différents acteurs, plus la variance des scores attribués par un acteur est élevée, plus la probabilité d'influer sur le score final s'accroît. En d'autres termes, un acteur plus enclin à mettre des notes élevées et des notes basses pèsera davantage qu'un acteur qui donne des notes relativement homogènes. Ensuite, le poids d'un acteur est fonction de la plus ou moins forte corrélation de sa manière de noter avec celle des autres acteurs. A cet égard, l'analyse en composantes principales permet de visualiser les corrélations entre les différentes variables, et, à travers une telle analyse, les convergences entre les points de vue des acteurs au moment du vote.

Notons que cette analyse statistique ne constitue pas à elle seule une démonstration des difficultés rencontrées eu égard à la prise en compte des besoins des utilisateurs, dans la mesure où elle ne porte que sur un moment délimité du processus de conception. Elle vise en revanche à s'ajouter à un faisceau de preuves, issu essentiellement du travail d'observation de trois ans mené par les chercheurs, et dont l'exposé, qui nécessiterait de longs développements, dépasse le cadre de cette contribution.

3 Résultats

3.1 Des utilisateurs qui pèsent peu dans le choix des orientations prises

Nous commencerons par montrer que les enseignants ont eu un poids plus faible que les autres acteurs dans l'attribution du score final, à travers une analyse multivariée de la matrice de décision qui permet de visualiser les convergences et divergences entre acteurs dans la manière de noter. Pour expliquer cet état de fait, nous reviendrons plus en détail sur les scores attribués par les enseignants, ce qui nous permettra d'identifier, d'un point de vue mathématique, les déterminants de leur faible influence. Nous allons montrer que les modalités d'articulation des scores qui ont été retenues, doublées par les divergences dans les notes attribuées par les enseignants, ont induit un lissage sur le calcul de leur score, ce qui a réduit mathématiquement leur influence au cours de l'arbitrage analysé.

La première étape de notre analyse consiste en une ANOVA visant à expliquer le poids de différents facteurs explicatifs sur la variation du score final, score qui détermine la priorité des fonctionnalités, et donc celles qui seront retenues. Calculer l'impact sur la variance du score final constitue une manière d'objectiver le poids d'un acteur sur la détermination du score, et donc, dans un certain sens, de la forme que prend l'artefact final. L'ANOVA, dont les statistiques sont présentées dans le Tableau 1, montre que le score *Enseignant*, malgré la pondération plus forte qui a été établie, n'explique que 12% de la variance expliquée du Score final. En revanche le score *Stratégie* de l'industriel explique 41% de cette variance, et la faisabilité,

également établie par l'industriel, 23%. Enfin, les Savanturiers pèsent pour 25% de la variance de ce score.

Tableau 1. Table d'ANOVA du modèle permettant d'expliquer le score total attribué à une fonctionnalité en fonction des scores attribués par les différents acteurs du consortium ayant voté

	DDL	Somme des carrés	Part de la variance expliquée	F-value	Pr(>F)
Faisabilité estimée	1	299	23%	1,70E+31	< 2.2e-16
Stratégie industriel	1	532	41%	3,03E+31	< 2.2e-16
Score Savanturiers	1	325	25%	1,85E+31	< 2.2e-16
Score enseignants	1	144	12%	8,16E+30	< 2.2e-16
Résidus	26	0			

3.2 Des enseignants différents, dont les points de vue s'annulent mutuellement

Plusieurs éléments sont susceptibles d'expliquer le faible poids du score enseignant sur le score final. Nous avons émis l'hypothèse d'un « effet lissage », lié notamment au fait que les différents enseignants impliqués seraient porteurs de visions assez divergentes des fonctionnalités à prioriser, de sorte que le calcul d'un score moyen lisse considérablement la variabilité du score enseignant. Nous allons voir que cette hypothèse est soutenue par l'analyse multivariée des scores attribués par les enseignants. Pour la mettre à l'épreuve, nous avons calculé de nouveaux scores finaux, mais en identifiant le score enseignant au score attribué par un enseignant en particulier, pour mimer la situation au cours de laquelle un seul enseignant choisirait le score enseignant, au lieu de calculer la moyenne de quatre scores. En d'autres termes, nous nous penchons sur quatre situations, au cours desquelles chacun des quatre enseignants aurait le monopole de l'établissement du score.

On constate que le score enseignant, lorsqu'il est calculé de cette manière, influe considérablement sur le score final, puisqu'il explique entre 22% et 40% de la variance du score final, selon l'enseignant considéré, alors qu'il ne correspond qu'à 12% lorsqu'il est calculé comme la moyenne des différents scores enseignants. Si chaque enseignant décidait seul du « score enseignant », il aurait une influence très importante sur le score final, et donc la forme finale de l'artefact, ce qui s'explique également par le fait qu'ils ont une pondération plus importante de leur score.

Nous en avons conclu que le fait de calculer le score enseignant sur la base d'une moyenne conduit à un lissage du score, qui diminue mécaniquement la variabilité de ce score enseignant, et, par conséquent, la part de variance du score final qu'il explique. En somme, le choix de la procédure adoptée - établir un point de vue qui correspond à la moyenne des points de vue des enseignants, est en grande partie responsable de la faiblesse de l'influence des enseignants dans le processus de vote. Néanmoins, l'intensité de ce lissage est fonction de la corrélation entre les scores

attribués par les enseignants. Plus ces corrélations sont faibles, ou en d'autres termes plus les notes attribuées par les enseignants divergent, plus le lissage est important et plus faible est leur influence. Cette considération nous a amené à réaliser une analyse en composantes principales (Figure 1), qui permet de visualiser les corrélations entre les scores des quatre enseignants impliqués en les projetant sur un plan bidimensionnel composé de deux dimensions représentant respectivement 32% et 27% de la variance du jeu de données.

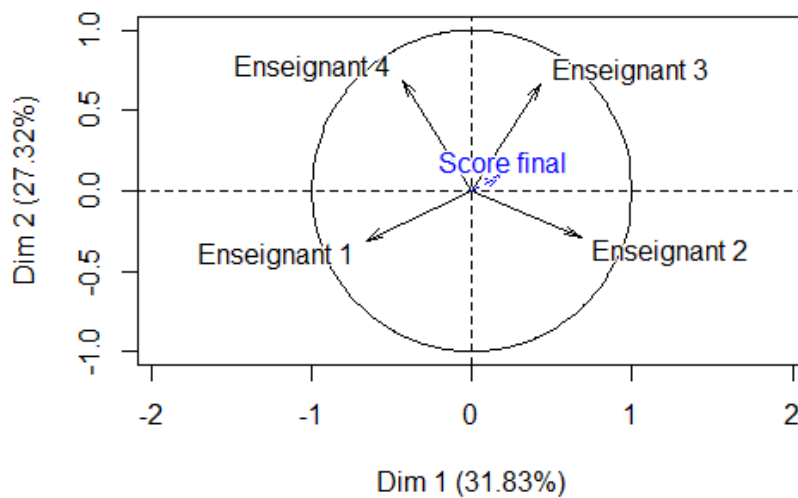


Fig. 1. Cercle des corrélations de l'analyse en composante principale. Il permet de visualiser les divergences entre les scores attribués par chacun des enseignants pour les différentes fonctionnalités soumises au vote. Le « Score final », en bleu, est présenté comme variable illustrative.

Le cercle des corrélations permet de visualiser la faible corrélation entre ces scores. Le tableau des corrélations, qui n'est pas fourni ici, montre que la corrélation entre les scores de deux enseignants atteint au mieux 0,17, et qu'elle est négative dans la majorité des cas. Ce phénomène se traduit dans le cercle des corrélations entre les scores de chaque enseignant, qui permet de visualiser les divergences dans les manières de noter d'un enseignant à l'autre (Figure 1). Cette analyse confirme dans une large mesure que la divergence des points de vue des enseignants quant à la priorisation à accorder aux fonctionnalités a considérablement atténué leur poids sur le score final, et partant de là, sur l'arbitrage effectué. Les différences d'approches pédagogiques, de matières et de niveaux complexifient l'émergence d'un consensus, ce qui questionne la pertinence qu'il y a à vouloir prioriser des besoins selon une logique de vote d'un échantillon limité d'enseignants, dont on peut discuter la représentativité. Cette considération va nous amener à discuter, dans les paragraphes qui suivent, des limites d'une approche inductiviste de la spécification des besoins.

4 Discussion

L'arbitrage que nous avons analysé ici a conduit le consortium à écarter un certain nombre de propositions. Le CNEC, dont un prototype a été finalisé en 2019, partage en définitive beaucoup de caractéristiques avec des environnements comme le WISE (Web-Based Inquiry Science Environment) [17,21]. Il inclut au terme du processus – les dernières versions du prototype ont été codées – une palette d'artefacts articulés entre eux, allant d'outils de brainstorming à des outils de structuration d'écrits analogues à ceux du Knowledge Forum [15,20]. Sa forme finale reflète dans une large mesure l'esprit dans lequel la matrice de décision a été construite : une agrégation de fonctionnalités qui viennent remplir des besoins relativement distincts. Les tests utilisateurs réalisés jusqu'à présent questionnent la cohérence de l'artefact pris dans son ensemble, et révèlent un certain nombre de difficultés que nous attribuons en partie à l'inductivisme qui a caractérisé le choix des orientations technologiques suivies.

4.1 Une approche inductiviste de la conception qui nuit à la cohérence de l'artefact

Les perspectives des différents acteurs ont largement divergé quant à la manière d'identifier les besoins des utilisateurs. Ces résultats suggèrent que la négociation d'une position commune a fini par nuire à la prise en compte du point de vue des utilisateurs, alors même que celui-ci avait vocation à être central. Cette constatation souligne selon nous les difficultés qui émergent d'une vision inductiviste du processus de conception [3]. Par approche inductiviste, nous entendons une vision qui consiste à refuser la moindre idée préconçue sur ce que devrait instrumenter l'artefact à concevoir, et vouloir identifier les fonctionnalités d'intérêt principalement sur la base de discours d'utilisateurs et d'observations de terrain, avec une interprétation aussi minimaliste que possible. Cette approche fait écho à la multiplication des injonctions des politiques publiques visant à intégrer davantage les enseignants dans le processus de conception d'un EIAH, selon une logique de conception participative [7].

On constate à la lueur de nos analyses l'écart qui existe entre une volonté proclamée de s'inscrire dans une logique de conception participative, avec une pondération plus importante du vote des utilisateurs, et l'influence effective des utilisateurs finaux à un moment supposé clé du processus de décision. Cet inductivisme se manifeste par un discours, et comme nous le voyons ici, des pratiques, qui consistent à affirmer que les besoins doivent « émerger du terrain », mais sans qu'il n'y ait de réel consensus sur la méthodologie pour les faire émerger.

En effet, l'approche suivie au cours du vote rend le processus de décision particulièrement sensible aux modalités d'articulation des points de vue d'une poignée d'enseignants, sans régler la question de leur représentativité. L'analyse de cet arbitrage constitue selon nous une nouvelle illustration des limites d'une démarche inductiviste, qui mettrait au second plan des modèles théoriques préexistants. Cette considération nous amène à souligner l'importance qu'il y a, pour appréhender les dynamiques traversant un processus de conception, à identifier les quelques objets intermédiaires qui jouent un rôle central dans la direction que prend le processus, et

que Decortis qualifie d'objets intermédiaires pivot [5, p.85], c'est-à-dire qui acquièrent un rôle central dans la conception, vont impulser de manière irréversible des orientations au projet dans son ensemble.

4.2 Identifier les objets intermédiaires pivots d'un processus de conception

L'idée d'utiliser le CNEC en premier lieu comme un terrain pour tester des hypothèses scientifiques [23] n'a pas eu d'écho favorable au sein du consortium, dans la mesure où une telle initiative paraissait incompatible avec l'intention dans laquelle était conçu l'artefact : produire un outil industrialisable. En revanche, les chercheurs ont tenté de proposer des modèles théoriques en guise d'objets intermédiaires pivot.

Dans une recherche qu'elle mène sur POGO, un artefact dédié à l'écriture créative, Decortis [5] avait utilisé un modèle théorique, le modèle NAM, pour orienter la conception. Ce modèle avait connu de multiples simplifications successives, et permis une meilleure intercompréhension entre industriel et chercheurs. L'auteur souligne le rôle cadrant du modèle pour la production d'artefacts [5, p.106]. Cette démarche d'adaptation réalisée par des chercheurs est nécessaire si l'on veut que de tels modèles aient une influence sur le processus de conception.

Le principal obstacle que nous avons rencontré a été la difficulté à trouver un consensus quant au modèle théorique le plus approprié, et si le modèle de la co-élaboration de connaissances [20] emporta un temps l'adhésion d'un certain nombre des membres du consortium, ce ne fut jamais au point de devenir un objet pivot du processus de conception.

L'intérêt qu'il y a à identifier et à analyser la genèse et les caractéristiques d'un objet pivot est que ceux-ci permettent de simplifier la compréhension du processus dans son ensemble en réifiant un certain nombre de dynamiques. La conception d'un artefact comme le CNEC est faite de centaines, voire de milliers de décisions prises dans des lieux variés. Il est impossible de documenter, dans une optique de recherche, la totalité des réunions et des décisions prises, et à plus forte raison d'analyser l'ensemble des interactions afférentes. L'analyse que nous avons présentée vise à étayer l'idée selon laquelle, en sélectionnant un nombre réduit d'OIP, et en se centrant sur leurs caractéristiques plus que sur les interactions qui les entourent [8], le chercheur peut appréhender les tenants des moments clés du processus de conception.

5 Conclusion

L'une des limites de notre recherche réside dans le fait que l'analyse de la matrice ne présage en rien de l'influence effective des enseignants impliqués dans la conception du CNEC à l'échelle de l'ensemble du projet - ils sont intervenus à bien d'autres moments de la conception pendant près de deux années après cet arbitrage. Il serait nécessaire de prolonger le travail que nous avons mené ici pour mieux comprendre comment les « besoins des utilisateurs » ont été pris en compte par les différents acteurs du consortium, tout au long du processus de conception.

Cette étude suffit néanmoins à pointer le fait que, pour mesurer l'influence des enseignants sur un projet de conception, on ne peut se satisfaire de bilans comptables

du nombre d'heures que ceux-ci auraient investi dans les réunions. L'injonction à impliquer davantage les enseignants dans la conception des technologies éducatives subventionnées par l'Etat résulte possiblement d'une volonté d'anticiper des critiques putatives contre le financement public de solutions déconnectées des problèmes du terrain.

Néanmoins, puisqu'il n'y a pas de consensus sur ce que sont ces besoins, ni sur la manière dont les acteurs du système éducatif peuvent contribuer à les identifier, on peut se demander dans quelle mesure le fait de collaborer étroitement avec des enseignants améliore effectivement l'adéquation des EIAH conçus avec les besoins des praticiens, quelle que soit la manière dont on les définit.

Nous concluons sur le fait que l'ancrage empirique d'une stratégie gagnerait à être accompagné d'une analyse approfondie de l'offre technologique existante, et de ses évolutions futures. Ce travail inclurait non seulement un état de l'art sur les technologies éducatives publiées dans la littérature, réalisé par ailleurs dans le cadre de ce projet [4], mais aussi sur celles qui sont utilisées au quotidien, dans les salles de classe, sans nécessairement avoir reçu l'attention de la part de la communauté scientifique. Reste à déterminer dans quelle mesure l'analyse de cette offre logicielle constitue un objet légitime pour les chercheurs en sciences de l'éducation.

6 Références

1. Amiel, T. et Reeves, T. C. (2008). Design-Based Research and Educational Technology: Rethinking Technology and the Research Agenda. *Journal of Educational Technology and Society*, 11(4), 29–40
2. Cisel, M., Beauné, A., Bernard, F., Voulgre et E. Baron, G. (2017, juin). Analyse d'un outil de décision mobilisé dans la conception d'un EIAH. Dans *Actes de la 8ème conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Strasbourg, France. (p.382-385).
3. Cisel, M. et Baron, G.-L. (2018, juin). Conception d'un EIAH à destination du programme Savanturiers : difficultés engendrées par une approche inductiviste de la spécification des besoins. Dans Boule'h, L., Voulgre, E (Eds.), *Actes de la 3ème conférence Ecole et Technologies de l'Information et de la Communication (ETIC3)*, Paris, France.
4. Cisel, M. et Baron, G. (2019, avril). Vers des intelligences artificielles pour l'enseignement du raisonnement scientifique. Dans *Actes du Séminaire Inter-Laboratoires sur l'Education Scientifique et Technologique*. Patras, Grèce.
5. Decortis, F. (2015) *L'ergonomie orientée enfants. Concevoir pour le développement*. Paris, France : PUF.
6. Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki, Finland: Orienta-Kosultit Oy.
7. Frascara, J. (2003). *Design and the Social Sciences: Making Connections*. CRC Press.
8. Grégori N., Blanco E., Brassac C. et Garro O. (1998). Analyse de la distribution en conception par la dynamique des objets intermédiaires, p. 135-154, dans Trousse B., Zreik K. (éds). *Les objets dans la conception*. Paris, France : Europa.
9. Hasni A., Bousadra F. et Lebeaume J. (dirs) (2018). *Les démarches d'investigation scientifique et de conception technologique. Regards croisés sur les curriculums et les pratiques en France et au Québec*. Saint Lambert, Québec : Cursus universitaire.
10. Houseal, A. K., Abd-El-Khalick, F., et Destefano, L. (2014). Impact of a student–teacher–scientist partnership on students' and teachers' content knowledge, attitudes toward

- science, and pedagogical practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 84–115.
11. Jean-Daubias, S. (2000). *Pépète, un système d'assistance au diagnostic de compétence*. (Thèse de doctorat non publiée). Université du Mans. France
 12. Jeantet, A., Tiger, H., Vinck, D. et Tichkiewitch, S. (1996). La coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit. *Coopération et conception*, Toulouse, France : Octares.
 13. Jeantet, A. (1998). Les objets intermédiaires dans la conception. Éléments pour une sociologie des processus de conception. *Sociologie du travail*, 40(3), 291–316.
 14. Laborde, C. (2002). Integration of technology in the design of geometry tasks with Cabri-Geometry. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(3), 283-317.
 15. Laferriere, T. et Lamon, M. (2010). Knowledge Building/Knowledge Forum®: The Transformation of Classroom Discourse. Dans M. S. Khine et I. M. Saleh (Eds.), *New Science of Learning* (pp. 485–501). New York, NY : Springer.
 16. Linn, M. C. (2000). Designing the Knowledge Integration Environment. *International Journal of Science Education*, 22(8), 781–796.
 17. Linn, M. C. (2013). *Internet Environments for Science Education*. Abingdon-on-Thames, UK : Routledge.
 18. Quintana, C., Zhang, M. et Krajcik, J. (2005). A Framework for Supporting Metacognitive Aspects of Online Inquiry Through Software-Based Scaffolding. *Educational Psychologist*, 40(4), 235–244.
 19. Sanchez, É. et Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception. *Education et didactique*, 9(2), 73–94.
 20. Scardamalia, M. et Bereiter, C. (2003). Knowledge building environments: Extending the limits of the possible in education and knowledge work. *Encyclopedia of Distributed Learning*, 269–272.
 21. Slotta, J. D. et Linn, M. C. (2009). *WISE Science: Web-Based Inquiry in the Classroom*. New York, NY : Teachers College Press.
 22. Star S.L. et Griesemer J. (1989). Institutionnal ecology, 'Translations' and Boundary objects: amateurs and professionals on Berkeley's museum of vertebrate zoology. *Social Studies of Science*, 19, 387-420.
 23. Tchounikine, P. (2011). *Computer Science and Educational Software design - A Resource for Multidisciplinary Work in Technology Enhanced Learning*. Berlin, Allemagne : Springer.
 24. Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps, J.-F., Amiel, A., Lutz, G. et Morcillo, A. (2003, avril). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. Dans Cyrille Desmoulins, Pascal Marquet, Denis Bouhineau (Eds), *Actes de la conférence the Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain* (EIAH 2003) (p. 391–402). Strasbourg, France
 25. Vinck, D. (2009). De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 1(1), 51–72.
 26. Wu, H.-K. et Hsieh, C.-E. (2006). Developing Sixth Graders' Inquiry Skills to Construct Explanations in Inquiry-based Learning Environments. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1289–1313.