Intermédiaires graphiques et CAO en technologie au collège

Patrice Laisney

Université d'Aix-Marseille, EA ADEF, Equipe Gestepro
p.laisney@aix-mrs.iufm.fr

Résumé

Les outils informatiques font désormais partie intégrante des moyens dont disposent les professionnels de la conception. Il s'agit donc de réfléchir à leur intégration dans l'enseignement de la technologie au collège. L'utilisation d'intermédiaires graphiques modifierait-elle et dans quel sens les performances des élèves de 5ème dans la phase de recherche de solutions dans le cadre d'une activité de conception en situation d'enseignement apprentissage ?

L'influence des outils de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) sur les activités de conception professionnelles a constitué l'objet de nombreuses recherches, mais peu se sont intéressées à l'activité des élèves au collège. Ainsi, en analysant des productions d'élèves à travers un dispositif expérimental nous nous demanderons si les élèves produisent plus de solutions sans utiliser les outils de CAO. L'activité de CAO favorise-t-elle la modélisation d'une solution en particulier ? Le dessin à la main précédant l'activité de CAO favorise-t-il alors une production de solutions variées et définies avec plus de précisions ?

Mots clés

Education Technologique – Résolution de problèmes - Conception Assistée par Ordinateur- Intermédiaires graphiques

Introduction

En classe de cinquième, l'enseignement de la technologie prend appui sur le domaine « habitat et ouvrages » pour analyser et concevoir des objets techniques. Les élèves sont amenés à représenter des solutions techniques. Ces représentations peuvent se faire sous forme de croquis ou de schémas à main levée et peuvent aussi être produites grâce aux outils de CAO. Les outils informatiques occupent d'ailleurs une place importante en technologie et font aussi partie intégrante des moyens dont disposent les professionnels de la conception. Il s'agit donc de s'intéresser au rôle des intermédiaires graphiques dans les performances des élèves de 5ème au cours de leurs recherches de solutions dans le cadre d'une activité de conception en situation d'enseignement apprentissage.

Cadre théorique

Résolution de problèmes et conception

Selon le modèle proposé par De Vries (1995) *« l'approche par la conception met l'accent sur les processus technologiques dans lesquels les élèves doivent résoudre des problèmes non déterminés. »* Pour autant les situations qu'il convient de proposer sont encore à définir, car la résolution de problèmes ne se décrète pas (Ginestié, 2005, 2010). Envisagée dans la réalité du fonctionnement de la classe, il arrive que le professeur procède par un fort guidage de l'action indiquant aux élèves ce qu'ils doivent faire pour arriver au résultat, allant jusqu'à leur indiquer des éléments de solution.

Lorsque la résolution de problèmes devient un moyen d'apprentissage, le dispositif didactique va se constituer autour d'un problème à résoudre par l'élève. Ce dernier permet à l'élève de s'engager dans la résolution d'un problème qui le conduira à élaborer des stratégies et à construire le savoir nécessaire à cette résolution. C'est ce savoir qui est au centre de l'apprentissage visé.

De nombreux travaux s'intéressent à l'enseignement ayant recours à la résolution de problèmes, en didactique des sciences, de la physique (Boilevin, 2005) et des mathématiques. En particulier, les travaux conduits par Arsac, Germain et Mante (1991) qui proposent la distinction entre problèmes ouverts et problèmes fermés. Alors que les problèmes fermés tendent à n'impliquer qu'une seule solution possible, les problèmes ouverts admettent plusieurs hypothèses de résolution.

Vers un modèle de l'activité de conception intégrant les outils

Le modèle général de l'activité de conception emprunté à Lebahar (1983) fait apparaître trois grandes étapes permettant de décrire le processus de conception en architecture. Ce modèle général assimile cette activité à la *« résolution de problèmes mal définis »* (Simon, 1991) et se caractérise par la « *conception créative »*. Cette notion de créativité se développe au travers des mécanismes qu'elle met en jeu : l'exploration, la génération de solutions et l'évaluation. Mais surtout ce modèle tient compte de l'aspect essentiel dans l'activité de conception, le dessin sous toutes ses formes y compris par l'utilisation d'outils informatiques.

Le dessin, support figuratif, outil de la pensée et plus précisément le croquis, est considéré comme partie intégrante des activités de conception créative. Il est défini comme l'outil prépondérant de la pensée. Le dessin est en effet vu par les spécialistes de la psychologie cognitive (Goël, 1995; Schon, 1983) comme une représentation de l'activité mentale, fixant les idées dans les premières phases de la conception. Mais plus que cela, ces représentations visuelles dessinées, qui prennent plusieurs formes suivant les phases de la conception, sont recombinées, modifiées et adaptées. Dans le modèle de Lebahar les intermédiaires graphiques apparaissent dans chacune des étapes :

(i) Le diagnostic architectural. C'est dans cette phase que l'architecte va cerner et définir le problème à résoudre au regard des contraintes. Il est alors en phase d'exploration et le résultat sera une première *« base graphique de simulation »*, mélange de notes et de premiers dessins.

(ii) La recherche de l'objet par simulation graphique. Dès lors, le concepteur va entamer la génération des solutions et leur évaluation, dans un processus incrémental et itératif. Et c'est le dessin qui va être le vecteur privilégié de cette démarche. Il va supporter la simulation, basée sur les transformations successives que va développer le raisonnement de l'architecte, jusqu'à une définition précise de solutions acceptables au problème. Dans cette situation, le dessin est plus qu'un support. Il représente, comme le souligne Lebahar, *« l'objet en création et la pensée qui le crée »*.

(iii) L'établissement du modèle de construction. Cette phase est l'établissement des représentations graphiques précises, destinées à rendre claire la solution pour les constructeurs. C'est la *« décision définitive »* concernant l'ensemble du projet (plans, dessins précis avec une échelle spécifiée, etc.).

L'apport des travaux de Rabardel et Weill-Fassina (1992) sur la mise en œuvre de systèmes graphiques, nous permet d'envisager l'analyse des intermédiaires graphiques qui interviennent dans chacune des trois étapes du modèle de Lebahar selon un triple point de vue fonctionnel, sémiologique et cognitif. Les intermédiaires graphiques constituent des objets sémiotiques intégrés à des tâches complexes ayant un caractère fonctionnel par rapport au travail à accomplir. Ainsi, le dessin est un outil, un instrument que le sujet utilise pour résoudre des problèmes de conception. La conception est ainsi considérée comme un processus créatif d'objet par élaboration progressive et intriquée d'une représentation mentale et de la figuration de cet objet par le sujet.

Rôle des outils CAO

Lebahar (2007) a étudié la place des outils de CAO dans ces nombreux entretiens et notamment l'articulation entre le dessin traditionnel, « à la main » et modélisation à l'aide de logiciel de CAO. *« Whitefield a montré, en comparant les travaux de designers industriels dessinant à la main, à ceux produits par des designers utilisant un système CAO, que les premiers avaient tendance à explorer plusieurs possibilités de solutions alternatives (stratégie en largeur), alors que les seconds, davantage concentrés sur leurs opérations de modélisation sur ordinateur, entraient davantage dans les détails et ne développaient qu'une solution unique, durant tout le processus (stratégie en profondeur.) »* Selon Lebahar, la stratégie en largeur est plutôt liée au dessin à la main alors que la stratégie en profondeur dépend de la mise en œuvre de système de CAO.

D'autres travaux de recherche sur les outils CAO (Huot, 2005) montrent que les *« logiciels actuels de CAO ne supportent pas (ou très peu) la créativité »*, et ne sont après tout que des *« techniques informatiques* ». Huot situe l'inadéquation des systèmes de CAO face à la démarche du concepteur à deux niveaux. Tout d'abord au niveau cognitif, car leurs méthodes de construction d'un modèle numérique tendent à imposer des choix à l'utilisateur et ne se fondent pas sur les données imprécises des phases initiales de la conception. Ce qui se traduit notamment par le fait que le concepteur est contraint très tôt à manipuler des entités géométriques précises. Les systèmes ne savent pas manipuler de telles données floues, imprécises, caractéristiques de la résolution de problèmes. Ensuite au niveau contextuel, car les modes de représentation et les paradigmes d'interactions qu'ils proposent ne placent pas l'utilisateur dans un contexte optimal pour la création.

Nous avons souligné l'importance que tient le dessin dans les premières phases de la conception pour la « liberté » qu'il induit dans la génération des solutions à un problème, essentiellement grâce à un rapport intuitif avec le concepteur. Il en va pourtant dans un tout autre sens pour les logiciels de CAO.

D'un point de vue des processus d'enseignement apprentissage, les travaux de Martin (2007) montrent l'apport que peuvent représenter les outils informatiques pour l'apprentissage du dessin à l'école. L'utilisation d'un outil numérique peut aider les enfants pendant qu'ils copient un modèle, mais n'améliore pas leur capacité à utiliser leur propre modèle interne. Au niveau du collège, Géronimi (Géronimi, 2009, 2005) montre la nécessaire « familiarisation » avec les outils de CAO pour favoriser l'engagement des élèves dans la tâche de conception, ainsi que le rôle des représentations. Tous ces travaux s'accordent sur le fait que, d'une part les outils informatiques doivent être adaptés à la situation d'enseignement-apprentissage et d'autre part qu'il est important de prendre en compte les représentations à chaque étape du processus.

Pour conclure, il s'agit de s'intéresser au développement d'activités liées à la conception par des élèves dans le cadre de l'enseignement de la technologie, là où traditionnellement cet enseignement se centre sur l'apprentissage de l'utilisation des outils (Brandt-Pomares, 2003). Nous proposons d'utiliser un modèle construit en envisageant une « zone d'incertitude » dans laquelle l'usage du dessin traditionnel ou des outils de CAO favoriserait le processus de recherche de solutions chez des élèves de collège. La créativité s'exprimant au travers de la variété des solutions élaborées par les élèves.

Méthodologie de l'étude

Partant du principe que le recours aux outils CAO ou au dessin « à la main » influence la recherche de solutions. Nous faisons l'hypothèse que le recours au dessin « à la main » favorise la mise en forme d'une plus grande variété de solutions, alors que l'usage d'outil CAO, favorise l'approfondissement d'une solution en particulier. L'ordre dans lequel les élèves utilisent ces outils aurait aussi une influence. Faire précéder l'activité de CAO d'une activité sans recours aux outils informatiques devrait aboutir à la production à la fin du processus de solutions valides au regard des contraintes, plus nombreuses, plus variées et définies avec plus de précisions.

Nous formalisons ainsi les trois hypothèses opérationnelles suivantes :

H1 : Les élèves produisent plus de solutions sans utiliser les outils de CAO.

H2 : La CAO favorise la modélisation d'une solution en particulier.

H3 : Le dessin à la main précédant l'activité de CAO favorise le processus de production de solutions.

Le dispositif

Pour vérifier ces hypothèses, nous proposons un dispositif dans lequel les élèves sont mis en situation de résoudre un problème plutôt fermé. Les professeurs demandent à leurs élèves de concevoir l'aménagement intérieur d'un conteneur. Nous avons relevé les productions réalisées par plus de 300 élèves de 5ème répartis sur 6 collèges (14 classes) de l'Académie d'Aix-Marseille confrontés à une tâche de conception. Le tableau n°1 présente la répartition de la population testée.

Collèges	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3
Nb classes	1	2	3	2	2	4
Nb élèves	14	35	59	42	43	100
Connaissance du logiciel Sweet Home 3D	108 élèves ont déjà utilisé le logiciel dans le cadre de l'enseignement de technologie.			185 élèves découvrent le logiciel lors de l'expérimentation.		

***Tableau n°1**. Population d'élèves testés*

Trois modalités de travail correspondent à ce que les élèves ont eu à faire au cours de deux séances de 50 mn. Lors de la première séance, (modalité 1), le groupe A doit réaliser la tâche de conception en utilisant exclusivement les outils de dessin traditionnel « à la main ». Pendant ce temps, le groupe B (modalité 2) doit réaliser cette même tâche en utilisant exclusivement le logiciel Sweet Home 3D. Lors de la deuxième séance (modalité 3) les deux groupes (A et B) sont à nouveau confrontés à la même tâche, c'est-à-dire qu'ils doivent poursuivre leurs recherches de solutions mais avec cette fois la liberté de choix des outils de représentation graphique. Afin de vérifier l'impact que pourrait avoir la familiarisation des élèves avec le logiciel, nous testerons deux populations d'élèves, ceux qui le « connaissent », parce qu'ils l'ont déjà utilisé dans le cadre d'un enseignement réalisé par le professeur de technologie lors des séances précédentes, et ceux qui le « découvrent ».

Les données recueillies

Les élèves ont réalisés des productions graphiques dans les conditions du fonctionnement ordinaire d'un cours de technologie au collège, en classe entière et avec leur professeur habituel. A l'issue des séances 1 et 2 et pour chacune des modalités 1, 2 et 3, l'ensemble des traces écrites et des fichiers numériques produits par les élèves a été relevé.

Les indicateurs et les critères d'analyse

Concernant la première hypothèse, les indicateurs retenus sont les nombres de productions et de solutions représentés par les élèves selon l'outil utilisé. Chaque trace papier ou fichier informatique élaboré par les élèves sera appelé *production*. Quel que soit l'état d'élaboration, qu'il s'agisse d'une simple ébauche ou d'un modèle numérique incomplet. Toute *production* sera considérée comme une *solution* éligible, c'est-à-dire une solution possible au problème posé. Une solution éligible n'est donc pas forcément à ce stade une solution finalisée du problème. Les nombres de productions et de solutions ainsi relevés lors des trois modalités du dispositif expérimental permettront la comparaison entre les deux groupes A et B.

Concernant la deuxième hypothèse, l'indicateur retenu est lié à l'état d'élaboration des modèles représentés par les élèves des deux groupes A et B, dans les trois modalités. Il prendra en compte le respect dimensionnel par la manipulation de l'échelle de représentation, la présence d'élément de décor et de texture des matériaux et l'approfondissement d'une solution unique déduite du nombre de solutions élaborées par élève.

Concernant enfin la troisième hypothèse, les indicateurs retenus sont de trois natures : la variété des solutions élaborées dans les trois modalités, les outils graphiques choisis et utilisés dans la troisième modalité (libre) et l'évolution des solutions entre les séances 1 et 2 pour le groupe A et B. La variété des solutions sera mesurée au regard de la diversité des propositions. L'évolution des solutions sera appréciée selon trois catégories, *identique* si on ne constate aucun changement dans les choix de conception, *évolution* si on ne constate que des changements mineurs et enfin *nouvelle* si les choix sont différents.

Analyse de la tâche

Les professeurs ont demandé à leurs élèves de concevoir l'aménagement d'un conteneur en habitation pour étudiant. La consigne suivante a été donnée aux élèves : « Votre travail consiste à proposer des solutions d'aménagement de l'intérieur du conteneur en respectant les contraintes du cahier des charges (cf. Annexe I). Vous disposez d'une liste d'équipements disponibles dans laquelle vous choisirez les nécessaires au respect du cahier des charges ».

Ainsi posée, cette tâche de conception relève d'un problème plutôt « fermé », c'est-à-dire qu'il s'agit d'un problème dont l'ensemble des solutions est limité. Dans ce cas l'élève est confronté d'une part au choix de la distribution des zones du logement, « manger », « dormir », « travailler » et « se laver ». D'autre part, l'élève doit faire le choix parmi plusieurs solutions de couchage proposées pour aménager la zone « dormir » : lit mezzanine, lits superposés, lit à deux places ou canapé lit à deux places. Nous avons codé les différentes solutions de la manière suivante :

- Solutions de distribution des zones possibles en enfilade : D1 (manger – se laver – dormir – travailler), D2 (travailler – dormir – se laver – manger), D3 (manger – travailler - dormir – se laver), D4 (travailler – manger – se laver – dormir) et Dz (autres solutions ne relevant pas des choix précédents).
- Solutions d'aménagement de la zone « dormir » possibles : A1 (lit à deux places), A2 (lit mezzanine), A3 (lits superposés), A4 (canapé lit à deux places) et Az (non conforme au cahier des charges).

A partir des choix, et de leur combinaison, il existe cinq solutions au moins de distribution des zones et quatre solutions d'aménagement de la zone « dormir », soit vingt solutions au total. L'illustration n°1 propose un exemple de solution d'aménagement du conteneur, la combinaison D1 et A4.

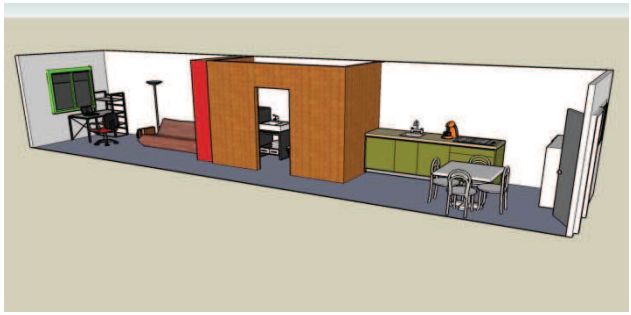


***Illustration n°1**. Exemple de solution (Solution D1-A4)*

Les résultats obtenus

Seules les productions et les solutions élaborées par les élèves lors de la séance 1 (modalités 1 et 2) sont présentées et analysées dans cette communication pour vérifier notre 1ère hypothèse. Les autres indicateurs permettant d'éprouver nos deux autres hypothèses font uniquement l'objet d'une présentation des résultats obtenus.

Nombre de productions et de solutions

Selon notre première hypothèse (H1), si les élèves n'utilisent pas les outils de CAO, alors ils produisent plus de propositions de solutions à un problème de conception. À partir du relevé de l'ensemble des traces que nous appellerons « productions » et de l'identification possible d'un aménagement par la présence des différentes zones de l'habitation, nous avons comptabilisé le nombre de « solutions » trouvées par les élèves.

Une organisation de nos données permet de conduire une analyse qui met en perspective le nombre de productions élaborées par chaque élève en fonction de la modalité suivi (sans ou avec informatique). Le tableau n°2 fait apparaître le cumul des productions réalisées : 1, 2 et plus à l'issue de la première séance par les élèves du groupe A et du groupe B, des différents collèges selon qu'ils ont suivi la modalité 1 ou la modalité 2.

	1	2	« + de 2 »	
Groupe A	70	83	4	157
Groupe B	142	6	0	148
	212	89	4	305

***Tableau n°2**. Nombre de productions élaborées lors de la séance 1*

Le test du Khi2 montre une différence statistiquement très significative entre les deux groupes (Khi2 = 94,888 ; Ddl = 2 ; $p<0,05$). Selon la nature des outils de représentation graphiques utilisés par les élèves des deux groupes A et B, les réponses sont significativement différentes. En proportion, le groupe A (sans informatique) propose plus souvent deux productions alors que le groupe B (avec informatique) n'en propose très majoritairement qu'une.

Cette même organisation de nos données permet de conduire une analyse qui met en perspective le nombre de solutions élaborées par chaque élève en fonction de la modalité suivie (sans ou avec informatique). Le tableau n°3 fait apparaître le cumul des solutions réalisées : 1, 2 et plus à l'issue de la première séance par les élèves du groupe A et du groupe B des différents collèges selon qu'ils ont suivi la modalité 1 ou la modalité 2.

	1	2	« + de 2 »	
Groupe A	85	60	3	148
Groupe B	122	3	0	125
	207	63	3	273

***Tableau n°3**. Nombre de solutions élaborées lors de la séance 1*

Le test du Khi2 montre là encore une différence statistiquement très significative entre les deux groupes (Khi2 = 59,671 ; Ddl = 2 ; p<0,05) ce qui nous permet de faire le même constat que pour le nombre de productions. C'est-à-dire que le groupe A (sans informatique) propose plus souvent deux productions alors que le groupe B (avec informatique) n'en propose très majoritairement qu'une.

Globalement l'analyse du nombre de productions et de solutions confirme notre première hypothèse (H1). C'est-à-dire que les élèves produisent plus de solutions sans utiliser les outils informatiques. Les deux groupes sont équivalents en termes de constitution et on observe statistiquement des différences significatives que nous attribuons à la tâche et donc au fait que dans un cas les élèves utilisent le dessin traditionnel « à la main » et dans l'autre, ils utilisent les outils CAO.

Différence entre connaissance et découverte du logiciel

Dans la perspective de regarder les effets du niveau de familiarisation des élèves avec le logiciel, nous avons différencié la population des élèves du groupe B selon qu'ils le connaissent ou qu'ils le découvrent. Une analyse des résultats montre certains éléments que nous regardons plus précisément à travers le tableau n°4. Ce tableau intègre les autres critères d'analyse, concernant les hypothèses 2 et 3, pour l'ensemble des élèves du groupe B. En distinguant les élèves qui connaissent et ceux qui découvrent le logiciel Sweet Home 3D, nous essayons d'analyser de façon globale les éventuelles différences qui pourraient apparaître dans les résultats obtenus par le groupe 2 lors de la modalité 2.

Critères	Modalité 2 : CAO Sans apprentissage préalable de Sweet Home 3D		Modalité 2 : CAO Avec apprentissage préalable de Sweet Home 3D		Modalité 2 : CAO Ensemble des élèves du groupe B	
Nombre d'élèves	94		55		149	
Validité des productions						
Nb. de productions	98	**f = 1,04**	57	**f = 1,04**	155	**f = 1,04**
Nb. de solutions	78	**f = 0,83**	51	**f = 0,93**	129	**f = 0,87**
Distribution des zones						
Non matérialisé	4	5,1 %	6	11,8 %	10	7,8 %
Solution D1	54	**69,2 %**	28	**54,9 %**	82	**63,6 %**
Solution D2	8	10,3 %	7	13,7 %	15	11,6 %
Solution D3	0	**0 %**	5	9,8 %	5	3,9 %
Solution D4	6	7,7 %	2	3,9 %	8	6,2 %
Autres sol. Dz	6	7,7 %	3	5,9 %	9	7,0 %
Aménagement de la zone « dormir »						
Solution A1	21	26,9 %	20	39,2 %	41	31,8 %
Solution A2	4	5,1 %	1	2,0 %	5	3,9 %
Solution A3	10	12,8 %	7	13,7 %	17	13,2 %
Solution A4	12	15,4 %	19	37,3 %	31	24,0 %
Non conforme Az	31	**39,7 %**	4	**7,8 %**	35	27,1 %

Tableau n°4. *Les résultats obtenus pour l'aménagement d'un espace avec CAO*

On ne relève pas de différence au niveau des fréquences des productions (1,04) élaborées par les élèves qui connaissent le logiciel et ceux qui le découvrent. On note par contre une différence sensible au niveau des fréquences des solutions (0,83 / 0,93). Sur ce point, si dans l'ensemble la variabilité des solutions reste

comparable, on constate néanmoins que les élèves qui découvrent le logiciel produisent plus de 39 % de solutions non conforme pour seulement 7,8 % chez ceux qui connaissent déjà Sweet Home 2D. De plus, l'exploration des solutions possibles est moins étendue pour les premiers (D1 à 69,2 % et D3 à 0 %) que pour les seconds qui exploitent toutes les possibilités.

Précision des modèles élaborés

Selon notre deuxième hypothèse (H2), si les élèves utilisent les outils de CAO, alors ils ne modélisent qu'une solution particulière d'un problème de conception. La prise en compte des dimensions et des échelles par les élèves du groupe B est largement guidée par l'outil informatique qui prend en charge cette difficulté, alors que les élèves du groupe A doivent représenter leur solution en respectant les proportions pour pouvoir obtenir un modèle décrivant au mieux l'aménagement de l'espace. Ce qui se traduit inévitablement par des erreurs de représentation à l'échelle des différents éléments d'aménagement.

De la même manière, nous constatons que l'outil informatique favorise la production de solutions comportant des éléments de décor et de texture, 44 % des fichiers en font l'objet, alors que les productions papiers n'en proposent aucun. Inversement, les dessins papiers sont quasiment toujours commentés, 98 % sont accompagnés d'informations textuelles.

L'analyse des productions réalisées par les élèves du groupe A, lors de la modalité 1 sur papier montre qu'ils produisent autant de traces que de solutions envisagées alors que ceux du groupe B, lors de la modalité 2 rendent compte de leur recherche de solution dans un fichier unique. Le dessin manuel permet « facilement » d'explorer plusieurs solutions sans être contraint d'effacer des traits de construction mais simplement de réaliser un autre dessin. De façons générales les élèves ne modifient pas leurs dessins mais en recommencent un nouveau. Cette manière de faire favorise l'exploration de solutions variées.

En CAO il est souvent plus coûteux en temps de dessiner avec l'utilisation des outils de dessin qui ne sont pas toujours « intuitifs » et qui nécessitent un temps d'apprentissage pour les élèves qui découvrent ou qui ne maîtrisent pas complètement le logiciel, alors que la modification s'avère moins coûteuse. Les élèves ne gardent pas de trace de leurs investigations dans la phase de recherche car il est plus facile de modifier l'existant que de recommencer. Les élèves modifient, déplacent des éléments de construction et font évoluer leur solution dans le même fichier numérique. Ils n'enregistrent que très rarement dans un fichier différent pour conserver une trace de leur recherche et au final ne produisent qu'un fichier constituant la production unique de leur solution et seulement 2 % ont produit 2 fichiers. Ce qui finalement contribue à l'approfondissement d'une solution unique comme nous en faisons l'hypothèse.

Variété des solutions élaborées

Selon notre troisième hypothèse (H3), si le dessin à la main précède l'utilisation des outils de CAO alors le processus de production de solutions est favorisé. C'est-à-dire que les solutions sont plus nombreuses et plus variées. Nous avons vu précédemment que les solutions produites par les élèves sans utiliser les outils de CAO étaient plus nombreuses, mais que la précision des ces modèles reste inférieure par rapport à des modèles numériques élaborés avec la CAO. De plus la quantité ne dit rien quant à la variété de ces solutions. Nous allons donc voir dans quelle mesure il existe une plus grande variabilité des solutions lorsque les élèves sont contraints dans un premier temps à élaborer leur recherche de solution sur le papier avant de modéliser dans un second temps à l'aide des outils de CAO.

Quantitativement les élèves produisent à l'issue de la première séance, plus de solutions dans la modalité 1 (1,32) que dans la modalité 2 (0,87). Ce qui va dans le sens de notre première hypothèse selon laquelle les élèves développeraient plus de solutions sans utiliser les outils de CAO. De plus dans la modalité 2 les élèves concentrent leurs propositions de distribution des zones sur un nombre de solutions inférieur (avec D1 qui représente à elle seule plus de 63 % des réponses) à celles proposées par les élèves dans la modalité 1 (ou D1 ne représente plus que 43,3 %) et semblent donc explorer moins la diversité des choix de solutions possibles. Ce qui va dans le sens de notre deuxième hypothèse selon laquelle la CAO favoriserait la modélisation d'une solution en particulier.

Par contre, au niveau des choix concernant l'aménagement de la zone « dormir », la tendance s'inverse avec 52,9 % des propositions sur la modalité 1 qui se concentrent sur la solution A4 alors qu'elle ne représente plus que 24 % dans la modalité 2.

On notera aussi que dans la modalité 2 les élèves produisent plus de 27 % de solutions non conformes, c'est-à-dire qu'ils choisissent une solution d'aménagement de la zone « dormir » qui ne respecte pas le cahier des charges (le plus souvent un lit à une place au lieu de deux).

L'analyse de la tâche montre que l'utilisation de la bibliothèque des éléments proposés dans le logiciel peut introduire une confusion entre les différentes propositions de couchage qui ne se différencient pas par leurs formes (un lit à une place « ressemble » à un lit à deux places) mais uniquement par leurs dimensions (90 x 190 ou 140 x 190), alors que dans la modalité 1 les élèves doivent dessiner « à la main » et donc prendre en compte les dimensions de l'élément. Cette dernière remarque, qui ne fait pas l'objet d'hypothèse préalable sur les fonctionnalités du logiciel et leur impact sur son usage par les élèves, concerne le niveau de maîtrise du logiciel et à une certaine perte d'efficacité de l'outil informatique dans l'exploration des solutions par les élèves qui finalement contribue au fait que les élèves produisent plus de solutions sans utiliser les outils de CAO. Une analyse plus approfondie de ce point en différenciant les élèves qui découvrent le logiciel par rapport aux élèves qui l'ont déjà pris en main préalablement à l'expérimentation vient confirmer cette explication. En effet, nous l'avons vu, les élèves qui découvrent le logiciel produisent 39 % de solutions non-conforme dues à une mauvaise utilisation de la bibliothèque, pour seulement 7,8 % pour les autres.

Outils graphiques utilisés

Les élèves (groupe A et B confondus) ont eu majoritairement recours à la CAO dans la modalité 3, ce qui semble confirmer que l'outil informatique de modélisation Sweet Home 3D ne pose pas de problème pour une prise en main rapide. Seuls les élèves du collège 2-1 ont massivement conservé le support papier suite à un problème de réseau, ainsi que près de la moitié (7 sur 16) des élèves du collège 1-2 suite à l'utilisation d'un parc informatique vieillissant. Ce qui nous permet d'écarter ces résultats à ce stade de notre analyse. La spécificité même de ce logiciel est d'intégrer des fonctionnalités permettant le passage du 2D à la 3D favorisant la résolution de problème d'aménagement d'intérieur. Cela permet aux élèves de se familiariser avec cet outil sans contrainte particulière.

On observe la tendance à conserver le support papier pour l'ensemble des élèves du groupe B qui découvrent le logiciel (26 % ont exclusivement utilisé le papier et 18 % l'ont associé à la CAO) alors que pour les élèves qui l'ont déjà utilisé, 94 % d'entre eux l'ont abandonné lors de la deuxième séance. Ce qui semble indiquer que dans cette phase de recherche de solutions, les élèves n'éprouvent pas forcément le besoin d'utiliser un outil de CAO qu'ils ont découvert lors de la séance précédente, aussi adapté soit-il a priori. On peut aussi expliquer cette différence en considérant que les élèves qui connaissent déjà le logiciel et qui sont donc familiarisés avec son usage, abandonnent plus facilement le support papier dans la modalité 3. Ils peuvent anticiper ce qu'ils vont pouvoir réaliser à l'aide du logiciel contrairement aux autres qui le découvrent. Ainsi nous pouvons constater qu'il est possible d'adapter les logiciels aux situations d'enseignement en fonction des apprentissages visés.

Evolution des solutions élaborées

L'analyse de l'évolution des solutions entre la séance 1 et la séance 2 montre que les élèves du groupe B n'ont pas autant exploré de nouvelles solutions que le groupe A. Ce qui permet de dire que le dessin à la main précédant l'activité de CAO semble favoriser le prolongement du travail de recherche de solutions.

Plus précisément, nous remarquons que les élèves du groupe A ayant déjà utilisés Sweet Home 3D ont tous fait évoluer ou élaborer de nouvelles solutions. De la même manière, seuls 20 % (dont une grande partie des élèves du collège 2-1 déjà évoqué au chapitre précédent) de ce qui l'on découvert ont continué à travailler sur des solutions identiques. Ce qui montre que l'utilisation du logiciel dans un deuxième temps, après le dessin à la main, non seulement n'entrave pas le processus de recherche de solutions mais peut favoriser l'émergence de solutions nouvelles.

Conclusion

Pour un problème de conception « plutôt fermé », en l'occurrence l'aménagement d'un espace, la phase d'exploration des solutions semble pouvoir utilement s'enrichir de l'usage des outils de dessin traditionnels. Le recours au dessin papier lors des premières phases de recherche de solutions permet aux élèves de mettre en forme des ébauches de solutions au problème de conception posé. Ils sont tous capables de produire des dessins qui permettent d'exprimer leurs idées. Les résultats de l'expérimentation montrent de façon significative que sans utiliser exclusivement les outils informatiques et notamment avec l'usage du dessin traditionnel, leur recherche est plus fertile et permet de développer plus de variétés dans leurs propositions de solutions.

D'autre part, l'outil de CAO Sweet Home 3D semble pouvoir être envisagé tôt dans le processus de recherche de solutions. On remarquera néanmoins que dans ce cas, l'exploration du champ des possibles se réduit et que les élèves tendent vers une solution unique. En fonction du niveau de familiarisation des élèves avec l'outil informatique, le passage d'un support à l'autre ne se fait pas de la même manière. On constate que les élèves qui

découvrent le logiciel y associent le dessin à la main alors que les autres l'abandonnent totalement avec pour résultat une moindre diversité des réponses.

De plus, les élèves ne sont pas confrontés de la même manière à la notion d'échelle puisque le logiciel gère automatiquement les contraintes de dimensionnement que les élèves doivent prendre en charge lorsqu'ils dessinent manuellement. Pour les élèves qui ont déjà utilisé le logiciel, les solutions proposées dans la modalité 2 ou grâce au recours à la CAO dans la modalité 3 sont donc forcément mieux définies sur le plan des dimensions. Pour ceux qui découvrent le logiciel, une utilisation inadaptée de ses fonctionnalités conduit les élèves à redimensionner des éléments d'aménagement. Cela pose la question des savoirs en jeu qui peuvent être distincts avec ou sans les outils informatiques. Dans ce cas, si on souhaite confronter les élèves aux problèmes d'échelle, on peut envisager l'apport que peut représenter le fait d'articuler dessin traditionnel et outils CAO. Cette expérimentation montre aussi que l'usage adapté des outils CAO permet aux élèves de contourner aisément les difficultés liées à l'échelle mais sans en avoir conscience. Elle montre aussi que le dessin à la main permet aux élèves d'ébaucher sans difficulté des solutions mais en commettant des erreurs d'échelle et que l'articulation des deux outils confronte les élèves à cette difficulté en leur permettant de franchir l'obstacle lors de la modélisation informatique de la solution préalablement représentée sur le papier.

Références bibliographiques

Arsac, G., Germain, G., & Mante, M. (1991). *Problème ouvert et situation-problème*. Villeurbanne: Institut de recherche pour l'enseignement des mathématiques.

Boilevin, J.-M. (2005). Enseigner la physique par situation-problème ou par problème ouvert. *Aster, 40*, 13-39.

Brandt-Pomares, P. (2003). *Les nouvelles technologies de l'information et de la communication dans les enseignements technologiques. De l'organisation des savoirs aux conditions d'étude : didactique de la consultation d'information.* Doctorat Décembre, Université de Provence, Marseille. Available from Atelier National de Reproduction des thèses, Lille

De Vries, M. (1995). L'enseignement de la technologie aux Pays-Bas et autres pays européens. *Skholê, n°3*, pp. 63-84.

Géronimi, A. (2009). *Familiarisation à la CAO et activité de conception : De l'analyse des situations d'enseignement à la recherche de liens entre elles.* Doctorat, Pierre Mendès France, Grenoble II.

Géronimi, A., De Vries, E., Prudhomme, G., & Baillé, J. (2005). « Objets intermédiaires » dans une situation de conception en technologie avec CAO au collège. *ASTER 41*, 115-137.

Ginestié, J. (2005). Résolutions de problèmes en éducation technologique. *Éducation technologique, 28*, 23-34.

Ginestié, J. (2010). How pupils solve problems in technology education and what they learn. In M. Barak & M. Hacker (Eds.), *Fostering Human Development through Engineering and Technology Education* (pp. sous presse). Rotterdam: Sense publisher.

Goël, V. (1995). *Sketches of Thought*. Cambridge, MA, USA.

Huot, S. (2005). *Une nouvelle approche pour la conception créative : De l'interprétation du dessin à main levée au prototypage d'interactions non-standard.* Doctorat, Université de Nantes, Nantes.

Lebahar, J.-C. (1983). *Le dessin d'architecte : simulation graphique et réduction d'incertitude.* Roquevaire: Éditions Parenthèses.

Lebahar, J.-C. (2007). *La conception en design industriel et en architecture. Désir, pertinence, coopération et cognition*. Paris: Hermès-Lavoisier.

Martin, P. (2007). *Instrumentation, créativité en éducation artistique : Le cas de l'utilisation des outils de création numérique à l'école.* Doctorat, Université de Provence, Aix-en-Provence. Available from Atelier National de Reproduction des Thèses, Lille

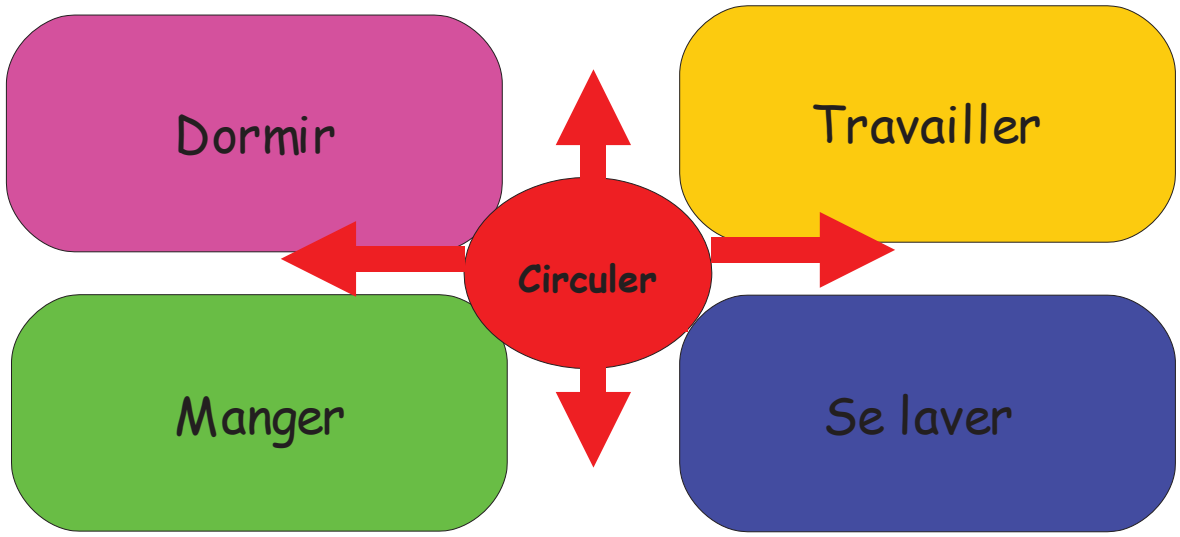
Rabardel, P., & Weill-Fassina, A. (1992). Fonctionnalités et compétences dans la mise en oeuvre de systèmes graphiques techniques. *intellectica, n°15*.

Schon, D. A. (1983). *The reflexive practitionner : how profesionals think in action*. New York: Basic Books.

Simon, H. A. (1991). *Sciences des systèmes Sciences de l'artificiel* (Réédition de 1969 ed.). Paris: Dunod.

Annexe I

Le cahier des charges



Fonctions	Contraintes à respecter	Equipements disponibles (au choix)
Dormir/ Se reposer	• Être au calme • Avoir la place pour mettre au moins un lit à 2 places. • Avoir des rangements	• Lit 2 places • Canapé-lit 2 places • Lit mezzanine 2 places • Table de nuit • Armoire • Commode • Meuble TV • Table basse • Vitrine
Manger	• Préparer les repas • Consommer les repas • Ranger • Recevoir des amis	• Réfrigérateur • Évier • Cuisinière • Lave-vaisselle • Lave-linge • Meuble de cuisine (rangement) • Table et chaises
Se laver	• Pouvoir se laver • Pouvoir faire ses besoins • Être à l'abri des regards • Pièce fermée	• Lavabo • Douche • Baignoire • WC
Travailler	• Être au calme • Être bien éclairée • Avoir un plan de travail • Avoir des rangements pour les documents	• Bureau et chaise • Table et chaise • Bibliothèque
Circuler	• Circuler entre les pièces • Pièce fermée (Se laver)	• Cloison • Porte