

Discussion

Nous avons émis l'hypothèse selon laquelle *la maîtrise du DAO, et donc la capacité à communiquer par le dessin, sera d'autant meilleure que, lors de la formation, le dispositif pédagogique comprendra :*

- des phases d'auto-apprentissage, pour l'acquisition des nouveaux concepts de base;
- la possibilité, pour les étudiants, d'échanger en petits groupes;
- une intervention régulière et interactive de l'enseignant, pour aborder les aspects "méthode" et "analyse";
- un contexte d'apprentissage le plus proche possible de la réalité professionnelle.

Que penser de ces pistes au vu de nos expériences ? Nous diviserons notre discussion en quatre parties, relatives aux effets observés lors de l'utilisation de didacticiels, du travail en groupe et de l'intégration du DAO dans un apprentissage par projets. Dans la dernière partie, nous commenterons le rôle tenu par l'enseignant dans ces trois dispositifs.

1 Les outils d'aide à l'apprentissage autonome

Dans notre recherche, nous avons abordé le problème de l'auto-apprentissage de deux manières distinctes.

La première a consisté à mettre au point un didacticiel permettant d'aborder les notions de base du DAO en deux dimensions. Il a été intégré dès le démarrage d'un processus relativement classique d'enseignement, c'est-à-dire dans le cadre de la première séance d'exercices associée aux cours magistraux (expérience décrite au chapitre 4). Notre deuxième approche nous a conduits à créer et à utiliser plusieurs didacticiels couvrant l'ensemble de la matière du cours (2D et 3D). Ceux-ci ont été intégrés dans un dispositif pédagogique favorisant l'apprentissage par projets. De ces deux expériences, nous pouvons tirer quelques leçons.

1.1 L'utilisation de didacticiels

Nous avons pu démontrer la faisabilité, pour le cours de DAO, d'être abordé de manière *autonome*⁷⁸ et ainsi participer au développement de cette compétence d'autonomie chez les étudiants. Compétence qui, rappelons-le, est un des objectifs de la formation des futurs ingénieurs (page 27 et page 152). Ceci a, d'après nous, quelques conséquences importantes sur l'apprentissage.

L'acquisition d'un maximum d'autonomie est une nécessité chez l'étudiant, à la fois pour la conduite de ses futurs projets professionnels, seul ou au sein d'un groupe, mais aussi pour assumer sa *future formation continue*, vitale dans le contexte actuel. En effet, on évalue que les futurs diplômés sont confrontés actuellement, en un an, à plus d'informations que leurs grands-parents n'en recevaient durant leur existence. L'image est peut-être un peu forte, mais elle souligne toutefois l'importance croissante de pouvoir se prendre en charge et ne pas se contenter uniquement des connaissances acquises lors d'un cursus universitaire, aussi prestigieux soit-il. La période réservée aux formations instituées est limitée dans le temps. L'évolution des sciences et des techniques, la multiplicité des sources d'informations et des connaissances, obligent les individus à acquérir de nouvelles compétences et de nouveaux savoirs, tout au long de leur vie. Philippe Gauthier voit en l'autoformation, une des réponses possibles à cette nouvelle nécessité (Gauthier, 2001). L'utilisation de didacticiels, en formation initiale offre aux étudiants un cadre favorisant le développement de cette compétence, devenue un véritable enjeu social.

Si d'un côté l'enseignant souhaite développer davantage d'autonomie auprès de l'apprenant – et nous venons de voir que ce n'est pas dénué d'intérêt - d'un autre côté, l'apprenant souhaiterait davantage de *respect de son rythme d'apprentissage*. Or, dans l'ensemble, tous les étudiants n'ont pas le même bagage, qu'il s'agisse de leurs connaissances acquises antérieurement, par l'intermédiaire de l'école élémentaire, ou de leur environnement social et culturel. Leurs acquis hétérogènes sont une difficulté supplémentaire à gérer. L'introduction de didacticiels dans le processus d'apprentissage a permis aux étudiants, conformément à une revue de littérature de Grégoire, Bracewell et Laferrière, d'aborder l'apprentissage du dessin assisté par ordinateur "à leur propre rythme" (Grégoire & al., 1996). Qu'ils soient réputés forts ou faibles, tous les étudiants se voient accorder le droit de prendre le temps nécessaire (dans des limites raisonnables ...) à l'acquisition des concepts de base, indispensables pour aborder les notions plus complexes.

⁷⁸ Nous préciserons plus loin la forme d'autonomie considérée.

Cette autonomie des étudiants permet de *libérer du temps chez les enseignants*, qui peuvent ainsi se consacrer à d'autres problèmes. En effet, plutôt qu'être la seule ressource constamment interrogée par les étudiants, l'enseignant a pu consacrer davantage de temps aux questions méthodologiques posées par ce type d'apprentissage. Les étudiants, ayant trouvé dans le didacticiel un nouveau guide, ont pu, de manière plus autonome, gérer l'ensemble des difficultés de base inhérentes à une première approche de la discipline. Ceci confirme une étude de Laferrière pour qui l'utilisation d'outils issus des technologies de l'informatique permet de réduire la durée des exposés magistraux, et permet aux enseignants de se consacrer à d'autres tâches (Laferrière, 1997). Ceci répond aussi à une demande explicite des enseignants et des étudiants; nous avons rapporté ce propos au chapitre 1, page 36.

L'autonomie dans l'apprentissage *favorise aussi une individualisation de l'enseignement*. En effet, chaque étudiant gérant son processus d'apprentissage, utilise les ressources disponibles selon ses propres besoins. Nous avons pu observer la possibilité d'une intégration rapide d'étudiants issus d'autres programmes d'études ou d'étudiants étrangers, désirant entamer des cours de CAO (nécessitant, comme pré-requis, la maîtrise du DAO). Ceci confirme plusieurs études (Frey, 1988; Fleury, 1993; Cloutier, 1992) selon lesquelles l'utilisation d'outils d'auto-apprentissage favorise l'individualisation et la remise à niveau : Frey en parle comme d'une "pédagogie curative" (Frey, 1988).

Mais paradoxalement, en parlant d'individualisation, nous pouvons aussi souligner l'effet d'*imitation* généré par l'utilisation d'un didacticiel. Vu comme un premier exemple complet de représentation de dessin, il devient très vite l'Exemple à suivre, la référence pratique. Ainsi, nous avons pu observer de nombreux étudiants s'y référant lors du démarrage d'un nouveau dessin et en imiter la démarche. Ils ont poussé l'imitation jusqu'à reproduire quelques éléments identiques, tels que les noms et couleurs de couches, parfois même les limites, devenues inadéquates, puisque relatives à chaque dessin ! Nous n'avons pas comparé, systématiquement, un nouveau dessin réalisé par les étudiants à la suite de l'utilisation du didacticiel. Pourtant, il serait intéressant de comparer les cheminements adoptés, de manière à comprendre la portée de l'outil, son influence et ses limites.

D'un tout autre point de vue, notons que le niveau de *motivation* et d'*enthousiasme* des étudiants n'a pas été scientifiquement mesuré. Mais la surcharge d'occupation des salles informatiques et les commentaires positifs des étudiants permettent de penser que l'introduction des didacticiels dans l'enseignement du DAO a été une aide bien perçue, dans ce contexte de formation. Sans prétendre à une généralisation, nous confirmons, de visu, les études de plusieurs auteurs : Hargis parle d'un usage

plus stimulant pour l'apprentissage (Hargis, 2000) ; Dubreuil, Leblanc et Simoneau ont mesuré une augmentation du sentiment d'auto-efficacité, important pour la motivation (Dubreuil & al., 1995); Ball, Hannah, Cloutier et bien d'autres ont aussi souligné la plus grande motivation à apprendre, dans le cadre de l'enseignement assisté. D'autres auteurs encore parlent, tout simplement, du "plaisir d'apprendre" (Grégoire & al., 1996). Et pourquoi pas ? Cette dimension émotionnelle de l'apprentissage n'a pas été traitée ici, mais fait de plus en plus son apparition dans les nouvelles recherches en éducation (Bourgeois, Frenay, Bentein & Galand, 2003).

Enfin, notons que nous avons pu démontrer la possibilité, pour les étudiants, d'acquérir, seuls, l'ensemble des notions de base propres à la discipline (entités, opérations, outils de structuration, outils de précision, etc.). En revanche, la mise en œuvre des outils (pourquoi, quand et comment les utiliser) est plus délicate et l'auto-apprentissage seul n'a pu démontrer son efficacité, à ce niveau. Nous y reviendrons en parlant du rôle que doit tenir l'enseignant, face à ce problème.

Si nous avons pu souligner quelques intérêts à utiliser des didacticiels, pouvons-nous en conclure que n'importe quel outil d'auto-apprentissage aurait eu les mêmes effets ? Qu'en est-il de la qualité des outils proposés ?

1.2 La qualité des didacticiels

Pour être vraiment efficaces, les didacticiels doivent répondre à un certain nombre de *consignes de présentation*. Nous en avons fait large écho en page 113. Rappelons que, pour McKee, un didacticiel doit éviter le "surfing" exagéré, être facile à utiliser et d'un design simple (McKee, 1997). Pour Caro et Bétrancourt, la technique des fenêtres escamotables est à retenir pour favoriser la mémorisation, donner plusieurs niveaux de lecture et éviter au lecteur de perdre le fil conducteur (Caro & al., 1998). Pour Jay, un seul concept-clé doit figurer par page, au risque d'être ignoré (Jay, 1983). Pour Rouet, le texte se doit d'être lisible linéairement, pour assurer la continuité des idées (Rouet, 1997). D'après nous, il est aussi important de veiller à limiter les pages de consignes précédant le véritable sujet du didacticiel, prévoir un travail possible dès le premier niveau de lecture et fournir une possibilité rapide d'auto-évaluation (voire même à chaque page), etc. A l'état de prototype, les didacticiels n'ont pas (ou pas encore) fait l'objet d'une étude plus approfondie, quant à la portée de ces consignes de présentation. Néanmoins, nous pouvons encore proposer quelques pistes de réflexion quant à leur éventuelle amélioration.

Pour être complet, McKee préconise la présence d'une auto-évaluation, permettant de donner un feed-back et une mesure de son progrès à l'apprenant (McKee, 1997).

Le *niveau d'auto-vérification* fourni dans les didacticiels est très statique. Il consiste, en effet, en la donnée du dessin en cours d'avancement, à chaque nouvelle étape. Les lecteurs sont invités à lui comparer leur réalisation. Mais l'appréciation de celle-ci reste subjective, puisqu'elle dépend de l'utilisateur seul. Il serait toutefois possible de prévoir un niveau d'auto-évaluation plus dynamique, soit lors de la comparaison automatique de dessins, soit dans l'enregistrement, puis l'analyse interactive ou a posteriori des commandes effectuées par l'utilisateur. Celui-ci recevrait un compte rendu de ces erreurs ou, tout simplement, il lui serait impossible de continuer, tant que telle action n'ait été effectuée, la pose de balises soigneusement choisies l'en empêchant. Mais dans tous les cas, il importe de s'interroger, très concrètement, sur les dangers de la vérification exclusivement automatique. Comment s'assurer que tous les chemins possibles ont été pris en compte, avant de poser l'une ou l'autre balise ? Comment exploiter l'éventuelle liste de commandes effectuées par l'utilisateur ? Comment évaluer son parcours sur base de cette liste ? Comment s'assurer qu'il travaille spontanément sachant que toutes ses actions sont consignées ? Quelle rétroaction lui donner ? Toutes questions auxquelles il convient de trouver réponses avant de suivre, pas à pas, la démarche de l'utilisateur.

La présentation des *informations sous différentes formes* peut être un bel atout dans un didacticiel. Ainsi, selon Dubois, Vial et Bollon, l'ajout d'une image pertinente au texte peut apporter une aide intéressante, alors que des ajouts, qui se présentent comme des redondances, induisent une surcharge cognitive indésirable (Dubois & al., 1998). Pour Dubois et Tajariol, une présentation sous forme d'images et de texte sonore est plus efficace qu'une présentation exclusivement visuelle. Mais la redondance son et texte provoque une surcharge. L'ajout d'images dynamiques ne semble pas apporter d'amélioration significative (Dubois & Tajariol, 2001). Nos didacticiels sont exclusivement basés sur du texte et la présentation de quelques dessins. Toutefois, il serait intéressant d'étudier la portée qu'aurait un didacticiel de DAO, mêlant à la fois du texte, du dessin (statique ou dynamique, sous forme de vidéo) et un commentaire sonore. En effet, nous tenons peu compte des différents styles d'apprentissage qui coexistent et facilitent l'apprentissage des uns ou des autres, selon qu'ils sont plus auditifs, plus visuels, plus ou moins dépendants du champ, etc.

Des études de Gagné, Wagner et Rojas préconisent la donnée d'une *table des matières* et une organisation des contenus, permettant au lecteur de s'interrompre et de reprendre sa lecture, là où il le désire (Gagné, Wagner & Rojas, 1981). Nos didacticiels disposent de cette table des matières et des boutons de navigations permettant un parcours assez libre, quoique balisé pour rester cohérent. Ceci rejoint le souci du respect du rythme de travail et l'individualisation de l'apprentissage.

Cette structure du texte a aussi permis aux enseignants, principalement dans le cadre du tutorat, d'inciter les étudiants en difficulté à chercher réponses à leurs questions dans l'un ou l'autre des didacticiels, plutôt que recevoir des solutions immédiates. Ceci appuie une des conclusions de Grégoire, Bracewell et Laferrière, pour qui l'emploi de ces outils devrait stimuler la recherche d'informations et de solutions (Grégoire & al., 1996). Nous concluons en y voyant encore une occasion, pour l'étudiant, de développer son autonomie.

Mais notons une caractéristique de la présentation des didacticiels qui gagnerait peut-être à être modifiée. Les chapitres et paragraphes déjà parcourus par l'utilisateur ne sont marqués d'aucune manière, dans la table des matières (changement de couleur des hyperliens ou hyperliens précédés d'un symbole tel que ☑). Améliorer ce point permettrait un retour plus aisé à la table des matières, pour les utilisateurs qui parcourent le texte, linéairement, sans prêter attention au passage d'un paragraphe à un autre. Ceci diminuerait le *danger de désorientation* que signalent certains auteurs (Conklin, 1987; Foss, 1989).

Enfin, les didacticiels n'interagissent pas avec AutoCAD®. Outre la difficulté technique à gérer le dialogue entre les deux logiciels, ceci relève aussi d'un choix. Ce choix est de garantir un *maximum d'indépendance* des didacticiels face au logiciel de référence choisi et sur lequel ils sont basés pour aborder l'initiation du DAO. En effet, rappelons que les didacticiels doivent pouvoir être réécrits, en modifiant le moins d'éléments possibles, si un autre logiciel de référence est choisi comme support pratique. L'idéal est de pouvoir garder l'ensemble de la démarche et des concepts et ne devoir modifier que le déroulement des commandes et les quelques éléments spécifiques au nouveau logiciel.

Si l'introduction de didacticiels, dans le processus pédagogique a des effets sur l'apprentissage et le comportement des étudiants à un niveau individuel, qu'en est-il au niveau du travail en groupe ?

2 Le travail en groupe

Deux expériences nous ont permis d'observer les étudiants réalisant un même travail de groupes. La première a pu mettre en évidence le gain apporté par le travail en petits groupes de deux étudiants, sur l'apprentissage (chapitre 5). Et ceci rejoindrait plusieurs études effectuées sur le sujet (voir la méta-analyse de Johnson, Maruyama, Johnson, Nelson et Skon, 1981), s'il n'y avait pas une condition supplémentaire dont nous reparlons ci-dessous. La seconde, basée sur l'intégration du cours de DAO dans

un contexte de projets multidisciplinaires, nous a donné l'occasion de replonger notre enseignement dans une situation d'apprentissage en groupes, préconisée par le dispositif d'APProj (apprentissage par problèmes et par projets). Mais aucune étude systématique n'a pu être effectuée sur le seul apprentissage du DAO en groupes (de huit étudiants, cette fois), puisque cette manière de travailler était imposée pour la réalisation des projets, mais pas spécifiquement pour le cours de dessin (chapitre 6).

De notre première expérience du travail de groupes, nous n'avons pu démontrer une quelconque meilleure performance des étudiants en utilisant, pour seule modalité pédagogique, leur collaboration. En revanche, notre étude a pu démontrer un gain significatif, lorsque sont combinées deux modalités particulières : d'une part, les étudiants groupés par deux et, d'autre part, le rôle de tuteur tenu par l'enseignant (chapitre 5). Faut-il en déduire que le seul groupement d'étudiants ou le seul tutorat est insuffisant ? Nous reviendrons plus loin sur le problème du tuteur. Mais interrogeons-nous sur les causes éventuelles de ce résultat, du point de vue des groupes.

Rappelons qu'une seule séance d'exercices a été organisée sous ce dispositif. Etait-ce suffisant pour mesurer un effet, alors que, pour D. Johnson et R. Johnson, l'efficacité du travail de groupes réside, principalement, dans la possibilité qu'ont les étudiants à échanger leurs idées, débattre, s'écouter, s'entraider, ... (Johnson & Johnson, 1991). Nous n'avons pas laissé le temps aux étudiants, groupés aléatoirement et non par affinité, de se connaître et de créer entre eux une véritable *dynamique de groupe* (Monteil, 1996), voire même tout simplement d'apprendre à travailler entre eux ?

La *disposition physique des groupes*, c'est-à-dire le partage d'un seul ordinateur pour deux personnes, est peut-être une contrainte supplémentaire, non prise en compte dans notre plan d'expérience. La consigne de travail n'a imposé ni l'emploi de deux machines, ni le partage d'une seule. Les étudiants se sont organisés librement. Nous avons observé des groupes de deux étudiants utilisant un seul ordinateur et des groupes préférant l'emploi de deux (l'un pour relire le didacticiel et l'autre pour représenter le nouveau dessin). Nous n'avons effectué aucune étude systématique à ce sujet, mais il aurait été intéressant d'en voir les implications. En effet, divers commentaires spontanés ont pu être relevés auprès des étudiants : les uns trouvant un avantage à travailler à deux sur deux machines et d'autres estimant avoir perdu du temps à en partager une seule.

Une étude de Moust, Schmidt, De Volder, Beliën & De Grave (1996) semble affirmer que l'étudiant silencieux et moins actif d'un groupe n'obtient pas, nécessairement, de moins bons résultats que les autres. Une étude due à Webb

démontre l'égalité des performances pour l'étudiant qui manipule réellement le clavier et les autres étudiants du groupe (Webb, 1984). De notre expérience méthodologique, nous ne pouvons confirmer ou infirmer la conclusion de Webb, ni notre hypothèse, selon laquelle l'expérience pratique est nécessaire à l'acquisition des concepts du DAO (voir page 29). En effet, nous n'avons aucune mesure quant à la différence éventuelle de résultats entre les étudiants d'un même groupe. Quand deux étudiants partagent une même machine, celui qui manipule concrètement l'ordinateur est-il l'étudiant qui, parallèlement, prend toutes les initiatives méthodologiques et acquiert une bonne expérience ou est-il, au contraire, le simple exécutant, à qui l'on dicte la marche à suivre, sans en comprendre les fondements ? Il serait intéressant de considérer ce point de vue, lors d'une nouvelle expérience. Celle-ci pourrait mettre en évidence les modalités de manipulation concrète du logiciel (utiliser un ordinateur par groupe ou un par personne). Conformément à notre hypothèse, nous serions tentés d'affirmer, au contraire de Webb, qu'une différence doit se marquer, dans le cas du DAO. En effet, la seule acquisition d'un contenu théorique n'est pas suffisante, nous l'avons souligné en discutant des objectifs. La manipulation concrète de l'outil est nécessaire et est une tâche à ne pas négliger.

3 La nature de la tâche

Une des dimensions de l'approche pédagogique est, effectivement, la nature de la tâche. Ce choix de l'activité d'apprentissage pourrait-il influencer sur l'apprentissage des étudiants, selon le dispositif pédagogique mis en place ? Peu d'études en parlent. Pourtant, d'après Schmidt et Moust, la qualité des problèmes posés dans le cadre de l'APProj influence non seulement le fonctionnement du groupe, mais aussi le temps passé à l'activité et l'intérêt porté au sujet. Les problèmes auraient une influence directe sur tous les éléments de l'apprentissage (Schmidt & Moust, 2000). Voyons plus en détails ce que, de notre côté, nous pouvons conclure de nos expériences.

Nous avons discuté de l'impact de la collaboration entre deux étudiants et en avons déduit que cette seule modalité n'était pas suffisante à provoquer une augmentation des performances des étudiants. Interrogeons-nous sur la pertinence du choix de la tâche. Rappelons que celle-ci consistait, dans notre expérience méthodologique (chapitre 5), à représenter concrètement un dessin en deux dimensions, ainsi qu'une analyse critique des opérations à effectuer. Le travail proposé était-il réellement adapté à un apprentissage en groupe ? D'après des études de Cohen, Schmidt et Moust, une amélioration de l'apprentissage peut être significative, dans le cas de

tâches suffisamment complexes (analyse, résolution de problèmes mal structurés, etc.) nécessitant une réelle collaboration (Cohen, 1994; Schmidt & Moust, 2000).

Dans le cas de notre expérience, la tâche principale était probablement bien adaptée à une réflexion en groupe, puisqu'il s'agissait d'analyser un dessin, avant de le représenter. Mais il semble que l'échange au sein des groupes s'est davantage réduit à un partage de connaissances techniques, plutôt qu'à une véritable étude critique du dessin à produire, d'autant que le temps donné pour réaliser le dessin était relativement court (une séance de 1h30). Ceci expliquerait le gain apporté par l'enseignant tuteur qui a, de son côté, assumé l'approche analytique et méthodologique de la réalisation. Dès lors, si la tâche semble avoir son importance, quant aux performances d'un groupe de travail, nous ajoutons que le rôle joué par l'enseignant a été capital. Ceci expliquerait aussi les moins bons résultats des groupes ayant suivi un dispositif où l'enseignant ne fait que diffuser des informations, sans les préoccupations particulières d'un tuteur. Mais nous y reviendrons de manière plus précise, en parlant de l'impact du rôle de l'enseignant.

Dans notre dernière expérience, nous avons pu mettre en évidence, d'une autre manière, l'importance de la nature de la tâche dans le processus d'apprentissage, lors de l'intégration du DAO dans un contexte d'APProj. Dans ce nouveau dispositif, nous n'avons eu aucun contrôle sur le choix des tâches. Celles-ci nous ont été imposées et nous nous y sommes adaptés. Elles nous ont toutefois apporté de nouveaux enseignements.

Par la nature même de chaque projet, l'activité proposée dans le cadre du cours de DAO s'est intégrée dans un contexte ayant un sens, tâche non isolée et généralement plus complexe, car plus proche d'une réalité professionnelle (modélisation et validation de systèmes multicorps, simulation en images de synthèse, impression de plans à différentes échelles, dessins de circuits imprimés, etc.). Indissociables du contexte d'APProj, les tâches ont été davantage *contextualisées*⁷⁹, contrairement aux tâches proposées précédemment, où celles-ci, sans être simplistes, relevaient toutefois de choix plus académiques. Nous avons pu mettre en évidence le large éventail des possibilités du DAO abordé par les étudiants. L'utilisation concrète du DAO, dans les projets multidisciplinaires, a provoqué une augmentation très nette des concepts à maîtriser. Nous avons aussi pu observer une plus grande motivation pour tout ce qui touche aux projets. Le cours n'est plus une étape isolée au sein des

79

Une tâche est contextualisée si elle respecte le contexte de mobilisation, engage les étudiants dans des situations complètes et complexes, permet le développement de compétences, aborde des contenus pluridisciplinaires, etc. (Frenay & Bédard, sous presse).

études. Son insertion dans un processus plus global de formation par projet a prouvé son caractère motivant à l'apprentissage pour les étudiants. Tant et si bien qu'il nous faut admettre que certains d'entre eux ont parfois voulu aller trop loin ! Mais peut-on le leur reprocher ?

Notons encore une observation confortant l'idée que le contexte d'apprentissage par projets a un *sens plus authentique et motive davantage* les étudiants (Frenay & Bédard, sous presse; Jay, 1983). Dans le cadre des deux années d'APProj, les évaluations des dessins 3D ont été supérieures aux évaluations de dessins 2D. Ceci a de quoi surprendre, quand on sait que le dessin 3D est plus complexe et demande davantage de compréhension de concepts difficiles, tels que la visualisation dans l'espace selon différents points de vue, les systèmes de coordonnées (absolues, relatives polaires), les manipulations de volumes (canoniques ou composés), etc. Cette situation ne s'était jamais rencontrée les années précédentes, où les évaluations 2D étaient toujours les meilleures. L'explication que nous donnons à ce fait, est l'utilisation plus importante du dessin 3D dans le projet, permettant probablement aux étudiants d'acquérir de meilleures compétences en ce domaine et un entraînement plus important.

Les avantages du dispositif d'APProj sont d'avoir pu aborder les concepts de base du DAO, à partir de quelques cas soigneusement choisis pour les difficultés qu'ils apportent et les apprentissages qu'ils peuvent générer. Ce dispositif permet aussi de donner l'occasion, aux étudiants, de *transférer leurs acquis* à des réalisations plus concrètes, directement utiles à l'aboutissement de leurs projets. Nous devrions donc pouvoir observer une qualité de transfert des connaissances, supérieure à celle acquise les années précédentes, comme le préconisent Frenay & Bédard (sous presse). Mais nous ne pouvons qu'admirer, de visu, les très belles réalisations des étudiants - ayant fait preuve de recherche et de beaucoup d'imagination, comme le prône Lemaître (Lemaître, 2000) - sans émettre de commentaires plus scientifiques sur la qualité du transfert. En effet, les évaluations de ces travaux ont été globales, incluant toutes les matières intervenues dans les projets et pas seulement la composante "DAO" qui, seule, nous aurait permis une comparaison statistique valable.

Néanmoins, nous pouvons raisonnablement penser que les principes acquis, par les étudiants, sont loin d'être limités à la maîtrise du seul logiciel de référence. En effet, nous avons pu observer les comportements d'étudiants en troisième année de formation (soit deux années plus tard), lors d'un cours de CAO utilisant le logiciel ArchiCAD®. Nous avons d'abord observé la rapidité des étudiants à revoir les didacticiels et l'utilisation d'AutoCAD®, puis à aborder le nouveau logiciel. La

disposition de celui-ci étant très semblable à celle d'AutoCAD®, l'approche en était certes facilitée. D'un point de vue méthodologique, nous avons pu constater une série de réflexes acquis précédemment au cours de DAO. Les étudiants analysent un nouveau plan à dessiner et cherchent immédiatement à reproduire un certain nombre d'étapes-clés. Certaines existent sous une même forme (structuration en couches, définition des unités de dessin, ...), d'autres sont différentes (nécessité de définir très tôt les épaisseurs de plumes, le choix des axes de murs, ...) ou même, n'existent pas (c'est le cas des limites du dessin, par exemple). Mais l'important n'est pas dans la manière de réaliser l'ensemble de ces commandes. Il s'agit ici de constater que l'impact des cours de DAO, tels que nous les avons imaginés, est réel. Les étudiants sont capables d'aborder un nouveau logiciel et rappelons que c'était un des objectifs de formation que nous avions fixés. Cependant, une étude plus systématique et approfondie de cette question serait nécessaire pour documenter ces transferts d'apprentissage et en comprendre les déterminants.

Enfin, rappelons que, dans le cadre de l'APProj, la variété des projets de l'année et la nécessité d'y greffer le DAO nous avaient poussés à choisir un *fil conducteur*. Nous avons fait le choix délibéré de n'utiliser qu'un seul logiciel de référence, de manière à garantir une progression logique dans l'introduction des concepts, une continuité dans l'apprentissage et un gain de temps pour les étudiants, de plus en plus familiers avec les outils. Nous avons pu démontrer l'intérêt de ce fil conducteur. Il a été un gain de temps et a permis d'éviter la dispersion de l'attention des étudiants. Les difficultés sont apparues de manière progressive et toutes les étapes du processus d'apprentissage ont prouvé leur nécessité (pas de validation de modèle sans dessin 3D, pas de dessin 3D sans dessin 2D, pas d'utilisation de machine-outil sans dessin combiné à un outil de CAO, etc.). Le choix de ce fil conducteur nous a aussi permis de garantir le large éventail des notions acquises progressivement. Rappelons qu'ils ont abordé le DAO depuis ses possibilités de simple crayon électronique (environnement FIRST / dessin 2D / aide en ligne en français écrite par l'enseignant), jusqu'à la génération d'un film en images de synthèse (environnement ANIMATION / dessin 3D / aide en ligne officielle d'AutoCAD® écrite en anglais).

Ce fil conducteur n'apparaît en rien réducteur, dans la mesure où il a permis aux étudiants d'étudier en profondeur et non éparpillés une série impressionnante de concepts fondamentaux communs aux logiciels de DAO. Rappelons que l'ensemble du travail aurait pu se réaliser à l'aide d'un autre logiciel de référence, à condition qu'il soit suffisamment ouvert pour en permettre l'écriture d'applications dédiées à l'utilisateur.

L'introduction du DAO dans l'APProj est un avantage, nous venons d'en discuter. Mais que cela n'occulte pas les nouvelles difficultés qui surgissent.

Si la contextualisation, dont nous venons de parler, est importante et même requise dans un processus d'APProj, nous y voyons toutefois un inconvénient. En effet, nous estimons être passés d'une culture d'enseignement (peut-être trop) théorique et académique à une culture du "just in time". C'est-à-dire que, dans le contexte APProj, l'enseignement est principalement basé sur l'ensemble des notions à acquérir pour la bonne conduite du projet, au moment où celui-ci les requiert. Cela part d'un constat évident. Mais il n'est pas possible de faire intervenir toutes les matières de manière aussi motivante et chargée de sens dans tous les projets. De plus, la part d'abstraction, nécessaire à un apprentissage non contextualisé, peut aussi être un atout à ne pas négliger, pour le futur professionnel.

Qu'en est-il alors de ces cours de géométrie descriptive, qui permettaient aux étudiants de manipuler la représentation d'objets de l'espace sur support plan ? Qu'est devenu l'enseignement des standards graphiques (tels que PHIGS), qui permettaient de comprendre les fondements du dessin assisté et donnaient l'occasion de comprendre, par exemple, les techniques de visualisation ? Le débat reste ouvert entre les deux extrêmes possibles : faut-il enseigner le DAO pour son côté uniquement fonctionnel (manipulation d'outils) ou l'enseigner pour en comprendre les fondements, en établir la critique et éventuellement en imaginer les nouveaux développements ? Dans le cas qui nous préoccupe, rappelons que nous sommes chargés de la formation de futurs ingénieurs civils et que le rôle de ceux-ci, dans l'exercice de leur profession, ne se cantonnera pas à la manipulation, sans réflexion, d'un outil, aussi élaboré soit-il. Nous optons donc pour la deuxième alternative.

Enfin, nous avons pu observer "l'impatience" des étudiants à se lancer dans la représentation des dessins associés à leur projet, négligeant de ce fait la phase d'initiation proposée par les didacticiens. Le cadre de l'APProj ne pousse-t-il pas à cette contextualisation extrême, alors que l'acquisition de concepts de base pourrait encore se faire, sans conflit apparent, de manière plus traditionnelle ?

Finalement, comparant globalement les résultats des étudiants des deux années 2000-2001, 2001-2002 (réforme basée sur l'APProj) à ceux obtenus les années précédentes (avant réforme), nous observons des résultats significativement meilleurs hors du cadre APProj, c'est-à-dire durant les années précédant la réforme. Ceci va à l'encontre de certaines études effectuées sur l'impact de l'apprentissage par projets, selon lesquelles les résultats y seraient supérieurs. Dans une revue de littérature réalisée en 1993, Berkson compare 20 expériences menées sur l'efficacité

de l'APProj. Il relève 10 études affirmant que les étudiants obtiennent des résultats comparables à ceux des étudiants formés par des méthodes traditionnelles, 7 études affirmant une supériorité des résultats pour les étudiants en situation d'APProj et 3 seulement aboutissant à des résultats inférieurs (Berkson cité par Pochet, 1995). Ceci nous interpelle et nous émettons, à ce sujet, quelques commentaires.

Dans le cadre de l'APProj, nous avons beaucoup misé sur l'effet porteur des projets. Nous venons de voir que ce n'est pas dénué d'intérêt au niveau de la motivation, du transfert de connaissances et peut-être (sans mesure officielle) sur la durabilité des acquis. Mais le seul projet suffit-il ? Précédemment, nous avons observé que le choix de la tâche, aussi judicieux soit-il, semble ne pas suffire à mesurer une augmentation des performances des étudiants. Alors pourquoi, dans le cas de l'APProj, la tâche "projet" suffirait-elle ? Nous avons aussi observé que le seul travail de groupes ne pouvait non plus suffire. Ce travail de groupes est une des modalités "imposées" par l'APProj mais, contrairement à notre expérience précédente, les étudiants n'ont pas été obligés de se grouper pour le cours de DAO, cette collaboration étant surtout prévue pour la réalisation du projet. Les étudiants ont-ils travaillé seuls ? Ont-ils collaboré en cas de difficulté ? Nous le pensons mais ne pouvons l'affirmer. De plus, les modalités d'évaluation réalisées, si elles sont pratiquement identiques, impliquent un travail strictement individuel. Or, il se pourrait également que certains étudiants se soient, dans le projet, répartis les rôles et aient davantage focalisé sur l'apprentissage du DAO, alors que d'autres ont investi d'autres facettes du projet. Ainsi, le simple fait de mettre les étudiants en groupes de projets ne suffit pas. Encore, faut-il prévoir des activités et une gestion de ce groupe qui nécessitent la participation active de chacun, c'est ce que des méthodes comme celles de l'apprentissage coopératif proposent. Ce serait donc une piste supplémentaire à creuser. Enfin, si, ni le choix de la tâche, ni le travail de groupes ne suffisent, un autre facteur peut encore expliquer cette différence significative des résultats. Nous en avons déjà abordé brièvement la problématique, voyons finalement le rôle que tient l'enseignant dans le processus.

4 Le rôle de l'enseignant

Nous avons souligné qu'une des conséquences de l'introduction des didacticiels dans le cours de DAO a été de libérer du temps pour l'enseignant. Nous avons vu l'intérêt que cela avait pour les étudiants. Mais qu'en est-il pour l'enseignant ?

Si d'une part, il peut consacrer du temps aux étudiants, pour aborder des problèmes cruciaux, tels que la méthodologie de représentation d'un dessin ou l'analyse de

celui-ci avant de le démarrer, notons que l'enseignant a beaucoup d'autres activités à gérer. Son rôle a changé (Annoot, 1994). Il est, non seulement enseignant, mais il a pour mission de faciliter l'apprentissage (Tardif, 1996), de *créer les bonnes conditions*, l'environnement et les ressources nécessaires (Gauthier, 2001). Dans le cas qui nous concerne, le temps libéré par une diminution des cours encadrés (cours magistraux et séances classiques de travaux pratiques) a été largement utilisé à créer les didacticiels et environnements de travail. Ceci nous a permis, à un niveau personnel, de développer de nouvelles compétences et acquérir de nouvelles connaissances; nous en faisons écho en exposant les qualités attendues d'un concepteur d'outils hypermédias (chapitre 3). Et de ce point de vue, nous sommes certainement un exemple d'enseignant devenu *apprenant*, conformément à ce qu'en pense Tardif (Tardif, 1996).

Monique Linard souligne également ce "caractère irremplaçable du formateur, en tant que concepteur de démarches, d'outils, de ressources, mais aussi, dans le soutien de la *motivation*" (Linard, 1990). Et de nouveau, nous retrouvons cette dimension émotionnelle, inattendue dans ce type de travail, et qui est une des responsabilités de l'enseignant, dont il n'a peut-être pas toujours conscience.

Mais revenons à nos expériences, au cours desquelles nous avons pu mettre en évidence deux attitudes intéressantes de l'enseignant, face à l'apprentissage du DAO : l'une est relative à sa manière d'intervenir auprès des étudiants, l'autre est directement liée à sa présence active.

Dans l'expérience mettant en jeu quatre dispositifs pédagogiques, variant par la manière de travailler des étudiants et le rôle tenu par l'enseignant, nous avons pu vérifier l'importance du type d'intervention de l'enseignant. En effet, les étudiants ayant suivi un dispositif durant lequel l'enseignant, plutôt que de répondre spontanément à leurs questions, les amène à synthétiser, de manière interactive, une démarche type de représentation de dessin, font preuve de meilleures performances, quant à la réalisation de leurs dessins. L'enseignant est considéré ici comme un *facilitateur de l'apprentissage*; il aide à construire une démarche et des connaissances, plutôt que de les diffuser de manière encyclopédique. Il discute, anime le débat, propose des questions de réflexion. Il assure ce que certains courants de recherche nomment un "compagnonnage cognitif" (Frenay & Bédard, sous presse).

Parallèlement, l'enseignant va aussi au-devant de certaines questions, en les provoquant. En effet, un des dangers de l'approche par auto-apprentissage pourrait être que l'enseignant ne repère pas à temps les étudiants qui adoptent une mauvaise

méthode de travail ou qui ont mal compris une nouvelle notion. C'est pourquoi, il est important qu'à certains moments-clés de l'apprentissage, il encadre les étudiants. L'enseignant se charge alors de rencontrer les étudiants. Il les interpelle, en leur posant des questions sur la compréhension des concepts, relance à la fois le débat et la motivation. Il veille à ce que les étudiants ne soient pas en attente et maintiennent un rythme de travail. Dans ce cas, il joue davantage un rôle de *guide*, de *tuteur*, ce qui confirme plusieurs études dont celles de Tardif, Fleury, ...etc. (Tardif, 1996; Fleury, 1993).

Enfin, si la présence de l'enseignant est indispensable, du moins au démarrage du processus d'apprentissage, elle doit progressivement faire place à une prise en main autonome de la part de l'étudiant. Le retrait progressif de l'enseignant est un phénomène que l'enseignant lui-même doit prévoir et organiser (Frenay & Bédard, sous presse). Nous avons pu démontrer la faisabilité de ce retrait en prévoyant, en conséquence, l'ensemble des ressources à disposition des étudiants (didacticiels et aides en ligne propres aux environnements, tutorats réguliers et ciblés sur la méthodologie, puis mode d'emploi d'un outil et aide en ligne officielle du logiciel, tutorats davantage ciblés sur la production des groupes que sur l'apprentissage du DAO).

Annoot rapporte que plusieurs catégories d'enseignants coexistent (Annoot, 1994). Si nous ne citons que les deux extrêmes, nous voyons qu'il y a les convaincus par le système - les "moteurs du changement" - et les réfractaires, craignant d'être remplacés par une machine. Nous pouvons rassurer les détracteurs de l'introduction d'outils d'auto-apprentissage dans l'enseignement. En effet, notre dernière expérience nous a permis de mettre en évidence l'importance du tutorat dans la relation pédagogique. Nous avons pu constater une augmentation significative des résultats des étudiants lorsqu'un tuteur les encadre. Lors des monitorats libres, les résultats sont, sans conteste, nettement inférieurs. Et pour cause, l'enseignant attend les questions des étudiants, qui attendent tacitement l'aide de l'enseignant !

Et cette boucle n'est pas une surprise, quand on tient compte des nombreuses études relatives à l'auto-apprentissage qui, la plupart, s'accordent à souligner que sans encadrement, sans tuteur, rien ne se passe. L'auto-apprentissage doit être guidé (Linard, 1990). C'est peut-être là son paradoxe ! Un minimum d'encadrement est nécessaire aux étudiants. Les quatre cours de restructuration et d'exposé des concepts globaux, dispensés dans le cadre de l'APProj, ne suffisent pas à garantir la réussite des étudiants. Un encadrement régulier et de synthèse est indispensable. Ceci confirme un résultat de D. Johnson et R. Johnson, pour qui il est nécessaire de mettre en place régulièrement une synthèse en groupe-classe complet (Johnson,

Johnson, 1991). L'autonomie totale n'est pas envisageable ici. Peut-être est-ce dû au type d'étudiants, leur manque de recul ou d'expérience, leur habitude à être très (voire trop) guidés durant leurs études secondaires, ... ? Et si, précédemment, nous avons parlé d'autonomie des étudiants, précisons que nous optons, plus précisément, pour une *autonomie tutorée*.

Pour mettre encore en évidence l'importance de la place de l'enseignant dans le processus d'apprentissage, citons le résultat inattendu de l'expérience méthodologique décrite au chapitre 5. Nous avons pu démontrer qu'une intervention particulière de l'enseignant a significativement apporté de l'aide aux étudiants. Parallèlement, nous n'avons pu démontrer une amélioration significative des résultats des étudiants travaillant en petits groupes, par rapport aux étudiants travaillant seuls. *En revanche, l'intervention de l'enseignant, combinée au travail de groupe, est UNE modalité significativement supérieure aux autres*. Cet effet croisé est d'autant plus une surprise qu'il intervient après une seule séance de travaux pratiques d'une durée relativement courte (1h30), durant laquelle l'enseignant intervient à propos de la méthodologie de travail.

Nous pouvons donc en conclure que les concepts élémentaires du DAO ont pu être abordés de manière autonome par les étudiants. Mais l'atteinte d'objectifs visant plutôt la méthodologie et les savoir-être nécessite une intervention bien ciblée de l'enseignant, qui est d'autant plus efficace que les étudiants sont par deux pour la recevoir et la discuter.

Conclusion

Conscients de l'importance du Dessin Assisté dans la formation des ingénieurs, et des difficultés rencontrées par les débutants lors de son apprentissage (chapitre 1), nous avons posé une série de questions et émis quelques propositions, quant au dispositif pédagogique à adopter pour un tel enseignement.

Après avoir établi clairement les objectifs d'un cours de DAO (chapitre 1), après avoir passé en revue un ensemble de théories pédagogiques (chapitre 2) et quelques caractéristiques des outils d'aide à l'apprentissage actif et autonome (chapitre 3), nous avons testé plusieurs dispositifs. Le premier a consisté en l'introduction d'un didacticiel, permettant d'aborder les notions de base du dessin en deux dimensions, dès le démarrage du processus d'apprentissage (chapitre 4). La seconde expérience nous a permis de mettre en jeu, à la fois, le rôle de l'enseignant pour aborder des notions méthodologiques, et le travail par petits groupes de deux étudiants, lors de la phase initiale d'analyse d'un nouveau dessin à réaliser (chapitre 5). Enfin, la troisième expérience nous a conduits à intégrer le cours de DAO dans un contexte d'apprentissage par projets, permettant une introduction plus large d'outils d'auto-apprentissage et le tutorat de l'enseignant (chapitre 6).

Comme l'écrit Duggan, "[Engineering education needs to be seen] not as an end in itself, but as an integral part of much larger and wider system, and continuous in nature" (Duggan, 1995). Ne nous arrêtons donc pas aux conclusions mesurées ou observées que nous avons détaillées dans les chapitres précédents. Mais voyons ce que nous pourrions proposer pour l'avenir et dans une optique plus large que la seule période réservée à la formation initiale.

De ces théories pédagogiques et de nos expériences, pouvons-nous formuler "la" bonne méthode à adopter pour l'enseignement du DAO, garantissant à la fois l'intégration des connaissances transférables (contenus et méthodologie) et le développement de compétences nécessaires dans la vie professionnelle ?

"[...] Je crois que cette conception de "la" bonne méthode est, tout à la fois, dangereuse et impossible à mettre en place. Je crois plutôt à ce que Michel de Certeau nomme "l'occasion" : nous vivons des situations dans lesquelles

apparaissent des difficultés; nous faisons appel alors, tout à la fois, à notre mémoire et à notre jugement et nous tentons quelque chose en conscience de l'approximation dans laquelle nous sommes, mais bien décidés à répercuter cette approximation de la décision en examen avec celle des résultats obtenus" (Meirieu, 1996).

Nous avons donc émis et argumenté, sur base théorique et expérimentale, l'hypothèse d'une méthode de travail favorisant l'apprentissage du DAO. Celle-ci, présentée sous forme de proposition de nouveau dispositif pédagogique, permet de confirmer ou infirmer nos hypothèses de départ. La réforme, dite "de Bologne", à laquelle les institutions d'enseignement supérieur se préparent actuellement, devrait nous permettre de réorienter notre enseignement et de pouvoir tenir compte de ces propositions.

D'un point de vue global, nous proposons de recentrer le cours, entre la "décontextualisation classique" des premières années et la "contextualisation forte" d'aujourd'hui.

Pour être concret, nous proposerions de repartir d'un environnement tel que l'APProj, pour tous ses côtés positifs, qui vont du *sens à apprendre*, à la *motivation* à le faire, dans un contexte multidisciplinaire. Cet environnement de travail a, en effet, pu apporter la contextualisation qui manquait dans les dispositifs plus traditionnels. Et ceci confirme une de nos hypothèses, selon laquelle il est important de prévoir un contexte proche de la réalité professionnelle, donnant un sens aux apprentissages. Nous y voyons aussi l'intérêt majeur de ne pas considérer le DAO pour lui-même, mais bien pour tous les compléments qu'il peut apporter à d'autres disciplines.

Mais si l'APProj est un contexte très prometteur, en termes d'apprentissage qui a un sens, il nous semble occulter un autre phénomène. Nous avons souligné *l'absence de références théoriques* auprès des étudiants, qui sont capables de manipuler la plupart des concepts, sans en connaître les fondements. Nous pensons, par exemple, aux différents cours de géométrie et à l'infographie. Ceci nous est apparu un peu faible dans le cadre d'une formation scientifique, réputée solide, qu'est celle d'un futur ingénieur. A l'époque du "just in time", il ne semble peut-être pas opportun de charger les étudiants d'acquis "superflus". Mais est-ce réellement superflu que de comprendre le bien-fondé des choses ?

Nous sommes donc tentés de réintégrer, dans l'ensemble de la formation, des cours orientés vers les théories sous-jacentes au DAO. Quelques éléments de géométrie descriptive, par exemple, permettraient probablement de développer l'habileté à voir dans l'espace et à maîtriser les concepts de projection et perspective mais aussi de

résoudre pratiquement certains problèmes spatiaux présentés sur plan. Quelques cours de géométrie analytique donneraient une occasion de comprendre et manipuler les opérations mathématiques, à la base de toutes les opérations géométriques des logiciels de DAO. Leur connaissance facilite le choix d'opérations adéquates et leur réalisation concrète. Enfin, l'introduction de quelques concepts d'infographie permettrait, aux étudiants, de comprendre certains fondements des logiciels de DAO et d'en mieux apprécier l'interface conviviale qu'ils offrent aujourd'hui.

Nous avons également pu apprécier le *vaste éventail des notions abordées* par les étudiants, en un temps relativement court. Pour atteindre cela, nous avons mis en évidence l'importance du *fil conducteur* qui a permis une suite logique et progressive de l'apprentissage, sans perte de temps. Nous proposerions donc de continuer une approche complète du DAO, sur base d'un seul logiciel de référence, en supposant qu'il soit suffisamment ouvert pour permettre le développement d'outils adéquats.

Nous avons pu mettre en évidence la possibilité d'aborder aussi l'apprentissage, de manière plus *autonome*, puisque l'ensemble des concepts et de la pratique ont été acquis en auto-apprentissage, via l'utilisation de plusieurs didacticiels. Et l'on sait combien cette autonomie a d'importance, dans le curriculum professionnel de l'ingénieur qui devra continuer à se former régulièrement.

Nous proposons donc de continuer dans cette voie, et de soutenir l'apprentissage par l'emploi de didacticiels. Ceux-ci permettent d'aborder les notions de base de la discipline, de participer au développement de l'autonomie, de respecter le rythme de chacun et d'assurer une meilleure gestion du temps de l'enseignant. A l'observation d'étudiants issus d'autres programmes d'études, nous avons aussi pu mettre en évidence la possibilité d'utiliser les outils d'auto-apprentissage pour une *remise à niveau*, ces étudiants ayant rejoint leurs "collègues", sans retard significatif et avec un minimum d'investissement supplémentaire. Tout ceci confirme une hypothèse que nous avons formulée et selon laquelle il était, non seulement, possible, mais aussi bénéfique d'aborder les concepts de base, de manière plus autonome et à son propre rythme.

Mais grâce à nos expériences, nous avons aussi pu observer la faiblesse de certains dispositifs. Ainsi, nous avons pu confirmer que l'*autonomie totale* ne nous est pas apparue possible. Nous avons souligné ce fait comme paradoxal : l'autonomie doit être guidée, elle n'est pas innée et doit s'exercer. Mais est-ce vraiment une contradiction que de se former à l'autonomie, grâce à l'apport des autres ? Enseignants et autres étudiants n'ont-ils pas leur importance dans tous les processus d'apprentissage ? Pour Vygotsky, l'interaction sociale est non seulement un facteur

facilitant le développement de l'individu et ses apprentissages, mais elle est aussi une obligation dans le processus : on ne pourrait faire seul que ce que l'on aurait d'abord fait à plusieurs.

Une de nos hypothèses allait dans le sens d'un travail de groupes favorisant l'apprentissage. De ce point de vue, nous sommes obligés de nuancer nos propos. En effet, le seul fait de grouper les étudiants par deux, pour aborder les problèmes méthodologiques de la représentation de dessins, n'a pas été suffisant pour induire de meilleures performances. Néanmoins, nous avons pu mettre en évidence les avantages croisés d'un *apprentissage en groupes et d'un enseignant à la fois tuteur et "metteur en scène" des conditions d'apprentissage*. Le rôle du groupe n'est pas du tout négligeable, mais celui de l'enseignant y est nécessaire. Et nous rejoignons l'impact de l'asymétrie de l'interaction sociale, décrit par Vygotsky.

Concernant d'éventuels effets de groupes dans le processus d'APProj, nous ne pouvons, actuellement, tirer aucune conclusion, n'ayant pas proposé de dispositifs pédagogiques s'y rapportant. De ce point de vue, il serait intéressant de mettre en place une étude plus approfondie de l'impact du groupe (composé de six à huit étudiants) sur les performances en DAO. En cas de difficultés, les étudiants s'interrogent-ils mutuellement au sein d'un même groupe ? Peut-on observer une corrélation entre "réussir individuellement en DAO" et "tous les membres du groupe réussissent" ? C'est-à-dire, peut-on mesurer un quelconque effet favorable du groupe ?

En revanche, que les étudiants soient ou non groupés, nous avons souligné l'importance du rôle de l'enseignant, dans la phase de démarrage du processus d'apprentissage, lorsqu'il leur permet de déterminer un schéma méthodologique de représentation. Nous avons aussi pu confirmer le caractère non directif mais régulier du rôle de l'enseignant qui, durant la phase de travail individuel des étudiants, intervient en tant que *tuteur*. Conformément à ce rôle de guide, l'enseignant veille à ne pas fournir de réponses immédiates aux étudiants. Il a, pour mission, de les amener progressivement à construire des solutions, sur base de leurs erreurs et leurs acquis, ou de les orienter vers d'autres ressources, telles que aide en ligne, didacticiels, etc., dans un but avoué de future autonomie. Et nous soulignons, ici, la nécessité du retrait progressif de l'enseignant, favorisant davantage la prise d'initiative des étudiants, au fur et à mesure que se forge leur expérience (Frenay & Bédard, sous presse).

Selon la tâche (suffisamment complexe pour provoquer une confrontation des idées) et la bonne diffusion des consignes de travail, le groupe a été une aide à ne pas sous-

estimer. Mais, paradoxalement, en plus des bienfaits de la collaboration, nous avons pu observer un réel *besoin d'individualisation* de la part des étudiants. Sa prise en compte a été possible par les interventions du tuteur plus disponible, à l'écoute des étudiants et de leurs questions personnelles. Et de nouveau, nous soulignons l'importance du comportement de l'enseignant, ce qui confirme notre troisième hypothèse de travail.

Si les anciens cours magistraux ne sont plus d'actualité, dans un contexte de pédagogie plus active, force est de constater que les supprimer n'est pas une solution satisfaisante non plus. Quatre cours ont permis d'aborder succinctement les concepts généraux du DAO, mais un seul cours a pu être exploité pour la restructuration des connaissances des étudiants. Nous le déplorons, car ces cours de restructuration sont nécessaires pour fixer des acquis, mieux comprendre des erreurs ou se réorienter en cas de problème. Monique Linard soulignait déjà ce besoin, dans un article écrit en 2000 : "Il s'ensuit que deux moments particulièrement fragiles dans le parcours d'apprentissage sont à soutenir en priorité dans les conceptions de formation : d'abord le démarrage de l'activité naturelle pour lequel il faut rendre toutes les conditions, les ressources et les outils nécessaires immédiatement disponibles, explicites et faciles d'accès, *et ensuite la reprise des résultats de cette activité par un travail d'explicitation et passage au concept*" (Linard, 2000).

Nous proposons donc que des moments de *restructuration* soient prévus dans le parcours des étudiants. Ceux-ci pourraient être intégrés dans les cours magistraux de manière assez dirigée. L'enseignant pourrait opérer une remise à niveau collective, sur base des questions préalablement posées par les étudiants. Il pourrait aussi organiser quelques séances courtes, en groupes restreints (20 à 30 personnes, par exemple), durant lesquelles, outre les concepts de base du DAO et quelques notions plus théoriques, il proposerait des moments forts de discussion, de restructuration, des moments où il peut très vite remarquer l'étudiant faible ou celui qui prend une mauvaise direction. Quel que soit le choix des modalités pratiques, il serait intéressant de mesurer l'impact que pourrait avoir cette restructuration, sur les performances des étudiants.

Enfin, il reste un point sensible, un des "chevaux de bataille" de l'apprentissage par projets, que nous n'avons, effectivement, mis à l'épreuve d'aucune expérience. Que pouvons-nous dire à propos de la *durabilité des acquis* ? Si nous avons pu observer, de visu, un début de transfert de connaissances dans le cadre du cours de CAO, dispensé en troisième année de formation, qu'en sera-t-il plus tard ? Que maîtriseront encore les étudiants devenus professionnels ?

Le transfert est-il dépendant de la qualité des interactions entre les différents membres d'un groupe d'apprentissage (impact dû au groupe) ou sera-t-il supérieur lors d'un travail individuel, demandant peut-être davantage d'implication personnelle ? Pour Tardif et Meirieu, les tâches les plus susceptibles d'être transférées sont celles qui ont un sens, qui sont authentiques et suffisamment complexes, faisant appel à des connaissances de différentes catégories (Tardif & Meirieu, 1996). Qu'en est-il donc du transfert dans le cadre de l'APProj (impact dû à la nature de la tâche) ? L'apprentissage de base, effectué à l'aide de didacticiels, a-t-il aussi un impact significatif sur le transfert ? Le choix d'un fil conducteur, tel que nous l'avons proposé, favorise-t-il le transfert ou au contraire est-il un frein ? Le transfert est-il dépendant des aides disponibles dans les nouveaux logiciels ou est-il facilité par quelques heures de formation continue, basée sur les nouveaux logiciels à maîtriser (effets dus au dispositif ou aux outils) ? Enfin, tout simplement, le transfert est-il fonction des résultats obtenus par les étudiants durant leur formation initiale ?

D'après Frenay et Bédard (sous presse), il n'est pas possible de dissocier l'étude du transfert, des différents composants d'un dispositif pédagogique. Il ne serait donc pas possible d'imputer à la seule modalité du travail de groupes, du rôle de l'enseignant ou du choix de la tâche, ... la réussite du transfert. Quant à la mesure de la qualité du transfert, c'est une nouvelle recherche que nous proposerions à la suite de ce travail. *Sur base du dispositif pédagogique proposé, les étudiants seraient-ils capables de transférer l'ensemble de leurs acquis (connaissances et compétences) à une nouvelle tâche à réaliser à l'aide de nouveaux logiciels ?*

Nous concluons en proposant une réflexion sur l'exploitation de l'ensemble de nos outils et de nos observations, dans un processus d'apprentissage à distance, hors d'un milieu institutionnalisé. En effet, à une époque où la formation continue est un réel besoin, ne peut-on envisager de proposer une formation au DAO, à toute personne concernée par la conception technique et qui n'aurait pas eu l'opportunité de l'aborder durant ses études ? Quel serait le dispositif adéquat ?

Techniquement, la mise en réseau des outils est réalisable. De nouveaux logiciels d'aide existent dans ce but. Le problème se situerait davantage au niveau de l'encadrement des "étudiants" et aux moyens de restructuration que nous pourrions leur offrir. Car, du moins sur ces points, nous sommes formels : nous ne pouvons supprimer l'apport humain de l'enseignant, ni la nécessité de consacrer des moments de remise à niveau. Evidemment, certaines questions doivent trouver de nouvelles réponses, quant au rythme à tenir, à la profondeur de connaissances à atteindre, au rôle des projets, à la création d'un groupe d'utilisateurs, etc.

Quand et où un tuteur devrait-il intervenir ? Selon quelle modalité ? Peut-il interagir avec un seul étudiant, via des réseaux de communication médiatisés, ou serait-ce préférable, pour l'ensemble des étudiants, de se rassembler (effet du groupe) à des moments et lieux déterminés (impact de la présence et du rôle du tuteur) ? Les étudiants devraient-ils pouvoir échanger entre eux, via des groupes de discussion ou en classe réelle ? Les tâches proposées devraient-elles être complexes, au risque de décourager l'étudiant isolé, ou simples, au risque de manquer d'authenticité (impact de la nature de la tâche) ? Peut-on imposer un rythme, alors que les étudiants vivent dans des contextes sociaux probablement très différents (un travailleur actif aurait potentiellement, moins de temps à consacrer à sa formation continue qu'un chercheur d'emploi, s'engageant dans de nouvelles études pour valoriser son curriculum) ?

Il est loin le temps des premières machines à enseigner. Il est loin aussi le temps de l'individualisme exacerbé des étudiants. Les connaissances explosent, les outils évoluent, les distances diminuent. Etudiants et enseignants doivent donc impérativement s'adapter et s'unir pour relever de nouveaux défis. Et comme chaque fois, de nouvelles questions surgissent; mais, n'est-ce pas le propre des recherches traitant des sciences et des sciences humaines que de toujours s'interroger, pour évoluer en fonction des techniques et des hommes ?

