



Université catholique de Louvain
Faculté des sciences appliquées

Le Dessin Assisté par Ordinateur (DAO) dans la formation des ingénieurs.

Proposition et évaluation d'environnements d'apprentissage.

Anne Tourpe

Co-promoteurs :
Prof. M. Lejeune (FSA)
Prof. M. Frenay (PSP)

Février 2004

© Presses universitaires de Louvain, 2004.

Dépôt légal : D/2004/9964/3

ISBN 2-930344-43-1

Imprimé en Belgique

Tous droits de reproduction, d'adaptation ou de traduction, par quelque procédé que ce soit, réservés pour tous pays, sauf autorisation de l'éditeur et de ses ayants droit.

Diffusion :

www.i6doc.com, l'édition universitaire en ligne

Sur commande en librairie ou à
Diffusion universitaire CIACO
Grand-Place, 7
1348 Louvain-la-Neuve, Belgique
Tél. 32 10 47 33 78
Fax 32 10 45 73 50
duc@ciaco.com

Avant-propos

Un cours de Dessin Assisté par Ordinateur débute, à l'UCL, en septembre 1993. Dispensé par les professeurs Lejeune et Johnson, il s'adresse aux étudiants en première année de formation ingénieur civil. Suite à l'observation de son fonctionnement durant deux années, de 1993 à 1995, j'ai pu épingler les nombreux problèmes rencontrés pour appréhender cette discipline, tant au niveau des contenus que de la méthodologie et tant du côté des étudiants que des enseignants.

L'équipe didactique était alors composée de six personnes : les deux professeurs assumant les cours magistraux et quatre assistants encadrant les étudiants lors de leurs travaux pratiques et exercices. En partie responsable de cet enseignement en tant qu'assistante (mi-temps), et sensible aux problèmes pédagogiques en général, je me suis posée un certain nombre de questions relatives aussi bien aux méthodes qu'aux outils d'aide à l'apprentissage du DAO. C'est pourquoi, engagée dans ce travail depuis le début du cours en 1993, j'ai souhaité approfondir ses contenus et pédagogie, en proposant un sujet de recherche basé à la fois sur les sciences appliquées et sur les sciences de l'éducation. Soutenue par les enseignants, je me suis inscrite au doctorat en août 1995.

Depuis, trois étapes clés ont jalonné le parcours.

Mon rôle d'assistante m'a poussée à m'intéresser, plus particulièrement, aux difficultés rencontrées par les étudiants, lors des séances de travaux pratiques. Pour aider les étudiants lors du démarrage du processus d'apprentissage et permettre à leur assistant de se consacrer prioritairement aux problèmes méthodologiques, j'ai étudié l'impact que pourrait avoir l'utilisation d'un didacticiel pour aborder les notions de base du dessin à deux dimensions et j'ai proposé un premier scénario possible. Compétent en programmation et pour tout ce qui touche à la gestion des machines, le professeur Lejeune a créé le prototype sur base du scénario fourni et il a mis au point l'ensemble des outils nécessaires à assurer son bon fonctionnement. Ce premier didacticiel est testé auprès des étudiants, l'année académique 1995-1996 et il sera utilisé dans les séances de travaux pratiques jusqu'à l'année académique 1999-2000.

Mais si le didacticiel est un outil intéressant pour donner un premier exemple complet de réalisation de dessin, il n'apporte pas encore de réponses aux problèmes méthodologiques du démarrage d'un nouveau dessin. L'année académique 1996-1997, je prépare, avec l'aide du professeur Frenay, un plan d'expérience me permettant d'étudier le rôle de l'enseignant et l'impact du travail en groupes, dans cette phase cruciale d'analyse d'un nouveau dessin à réaliser.

Enfin, l'année académique 2000-2001, la faculté des sciences appliquées entame une réforme pédagogique basée sur l'apprentissage par projets. Le cours de DAO fait désormais partie des disciplines abordées par l'intermédiaire de projets multidisciplinaires. Une diminution du nombre d'heures encadrées oblige l'équipe enseignante à revoir en profondeur le dispositif pédagogique. Sur base de l'expérience positive d'auto-apprentissage lors de l'introduction du didacticiel 2D, le choix est fait de créer plusieurs didacticiels et environnements de travail permettant une approche plus autonome et couvrant l'ensemble de la matière. L'ensemble des concepts abordés en DAO est plus large, conséquence de leur utilité dans trois projets de diverses natures. Une nouvelle expérience est menée. Elle me permet d'observer l'impact du projet sur l'apprentissage et les possibilités d'aborder le DAO en auto-apprentissage. Elle me permet aussi de tester, sous une autre modalité que dans l'expérience précédente, le rôle de l'enseignant et l'importance des quelques cours magistraux. Nous ne sommes plus que trois personnes dans l'équipe didactique, le professeur Lejeune et deux assistantes (mi-temps), pour assumer la conception des outils et des environnements, leur implémentation, leur gestion et l'encadrement des étudiants.

Le texte qui suit présente l'ensemble de ce travail. Son fil conducteur est la chronologie des expériences répondant, au fur et à mesure, à des besoins concrets sur le terrain et à des exigences pédagogiques précises. Tout au long du discours, j'utiliserai le "nous" comme sujet, pour insister sur l'aide précieuse apportée par les professeurs et autres assistants, dans ma recherche de théories pédagogiques adaptées ainsi que dans la conception et la réalisation des outils et expériences.

Je profite d'ailleurs de l'occasion qui m'est donnée ici, pour les remercier.

Pour ses compétences techniques, son esprit critique et ses exigences de rigueur, mais surtout pour ces dix années de franche collaboration, je remercie, très sincèrement, le Professeur Lejeune.

Pour m'avoir donné l'impulsion de départ, avoir partagé ses compétences et son temps, je remercie vivement le Professeur Frenay. Sa vision positive et constructive du travail, ses encouragements et son amitié de longue date m'ont été précieux.

Membre du comité d'encadrement, le Professeur Laloux a apporté, par ses questions et ses propositions judicieuses, le nécessaire regard extérieur à ce travail. Qu'il soit ici remercié.

Merci aussi aux Professeurs Dillenbourg, Migrom, Willems et Thimus, membres du jury, pour l'accueil qu'ils m'ont réservé, l'attention qu'ils ont portée à ce travail et les remarques pertinentes qu'ils ont formulées.

J'associe, à mes remerciements, Paul Fisette, Robert Valembois, Dominique Roufosse, Pierre Latteur et Yvette Pelsser. Tout au long de ce travail, ils m'ont partagé leur expérience. Ils ont participé à de nombreux débats d'idées et ont accepté, spontanément, de coopérer dans les différents dispositifs proposés.

Pour les coups de main dans l'ombre, merci à Madame Otten et Christine Jacqmot.

Enfin, pour leurs encouragements, leur aide pratique et leur patience, pour leurs silences aussi, je remercie tout particulièrement Patrick, nos enfants, nos familles et nos amis.

Recevez aussi toute ma reconnaissance, vous que je n'ai pas nommément cités mais qui, de près ou de loin, avez apporté votre pierre à l'édifice.

Anne Tourpe

Introduction

De la préhistoire à nos jours, toutes les générations d'hommes ont dessiné. C'est en effet par le dessin que les hommes des cavernes nous ont communiqué leur histoire, leur vie, les premiers "plans" de leurs outils. C'est aussi en dessinant que les hommes ont imaginé les prémices de l'écriture. Est-ce à croire que le dessin est la forme innée de communication ou faut-il tout simplement en conclure qu'il est la manière la plus facile, la plus intuitive d'exprimer ce que de nombreux mots ne pourraient décrire ?

L'homme d'aujourd'hui n'a pas fondamentalement changé sa manière de communiquer. Même si depuis longtemps il a inventé l'alphabet, l'imprimerie et l'ordinateur, il n'en reste pas moins un dessinateur de talent. C'est d'abord par un dessin que l'enfant s'exprime. Bien plus tard, c'est toujours par dessins qu'un architecte impose son art, qu'un mécanicien fait naître de nouvelles machines. Nous avons compris l'importance de ce moyen de communication parce qu'il est un langage universel, visuel, ... plus spontané peut-être ! N'entendons-nous pas dire couramment "un dessin vaut mieux qu'un long discours" pour abréger une explication ou au contraire "faut-il vous faire un dessin ?" en s'adressant à ceux qui ne comprennent pas ?

Mais il ne suffit pas toujours de dessiner. Encore faut-il que l'interlocuteur interprète correctement ce qu'il voit. Un dessin, comme un texte, se lit. Les techniques de représentation, et donc de lecture, ont évolué au fil du temps. Les premiers dessins étaient plats et sans réelles proportions. Progressivement sont apparues les diverses techniques de perspective, de relief mais aussi les représentations plus techniques telles que celle de Monge dans son célèbre *Traité de géométrie descriptive* et enfin, bien plus tard, le Dessin Assisté par Ordinateur.

La maîtrise du dessin industriel est un excellent atout, dans la vie professionnelle, pour toute personne amenée à concevoir d'un point de vue technique et donc, a fortiori, pour l'ingénieur dont c'est un des rôles clés. En effet, plus qu'un moyen de communication, il est à la base de nombreuses conceptions. Qui dit conception dit aussi modélisation, validation et simulation préalables. Quelle que soit l'étape, le dessin intervient : d'un croquis rapide sur un morceau de papier jusqu'aux plans

d'exécution définitifs, en passant par les images de synthèse nécessaires à la représentation virtuelle sur ordinateur.

Or, pour concevoir un dessin de manière rapide (économie oblige) et efficace (une erreur peut être fatale), il est important de maîtriser un certain nombre d'outils. Le crayon finement taillé en est un et le reste dans certaines phases des projets. Mais l'ordinateur l'a avantageusement complété. La facilité de modification, la rigueur et la précision du tracé puis la possibilité d'animer l'image font, de cet ordinateur l'outil incontournable. De nombreux logiciels de dessin et de génération d'images ont déjà vu le jour. C'est ainsi que la plupart des écoles d'architecture et universités, de même que les établissements formant les futurs techniciens, ont intégré un cours de Dessin Assisté par Ordinateur (DAO), dans leur programme. Les mots parlent d'eux-mêmes : il s'agit d'y enseigner la manipulation d'outils informatiques d'aide à la représentation de dessins¹.

En 1993, un cours de DAO a aussi été introduit en première année de formation des futurs ingénieurs à l'Université catholique de Louvain. Ce cours présente *la philosophie générale* du Dessin Assisté par Ordinateur, dans la mesure où il n'y est pas question de vouloir former des spécialistes de l'utilisation d'un logiciel déterminé. *L'objectif principal de ce cours est d'amener les étudiants à "communiquer par le dessin à l'aide d'un outil de Dessin Assisté par Ordinateur". A l'issue du cours, les étudiants devront donc maîtriser les concepts du DAO afin qu'ils puissent, dans leur vie professionnelle, manipuler et critiquer tout nouveau système.*

Dès lors, quelle méthode d'enseignement du DAO adopter pour atteindre au mieux cet objectif à long terme ?

Dans le texte qui suit et qui tente de répondre à cette question, nous avons divisé la réflexion en trois parties.

¹ Plusieurs de ces cours portent aussi le nom inapproprié de CAO c'est-à-dire de Conception Assistée par Ordinateur. On parle aisément aujourd'hui de CAO quand, en réalité, on veut parler de DAO. La ligne de démarcation entre la CAO et le DAO est souvent bien floue. La différence est pourtant importante à souligner. La Conception Assistée par Ordinateur est un ensemble de logiciels et de techniques informatiques permettant la conception et la mise au point d'un produit. Son avantage majeur est de permettre la représentation puis l'étude du fonctionnement d'un objet avant de l'avoir véritablement fabriqué. C'est ainsi que sont testés les comportements de véhicules, de circuits électriques, la résistance de certaines pièces mécaniques, mais aussi que sont visualisés de futurs bâtiments soumis à diverses contraintes, etc. La Conception Assistée par Ordinateur fait non seulement appel au dessin assisté mais aussi à des modules puissants de calculs, de gestion de bases de données, etc. Jusqu'il y a encore peu de temps, la CAO était souvent réduite à une de ses composantes de base, le DAO. En effet, pour diverses raisons (budgétaires entre autres, mais aussi de capacité des ordinateurs) la CAO s'est développée moins rapidement que le DAO, ajoutant ainsi à la confusion.

La première partie (chapitre 1) aborde le contexte dans lequel se situe notre recherche. En effet, avant d'établir une méthode d'apprentissage du DAO adaptée à notre objectif général, nous nous sommes d'abord interrogés sur les motivations et la nécessité, pour de futurs ingénieurs, d'étudier le DAO. Nous nous sommes ensuite interrogés sur les objectifs spécifiques que devrait poursuivre un cours "idéal". Sur le terrain, outre les pratiques d'enseignement extérieures à notre université, nous avons analysé notre propre première expérience de cours, durant deux années, de 1993 à 1995.

De l'observation de ces cours mais surtout des travaux pratiques, nous avons pu épinglez les difficultés rencontrées tant par les débutants que par leurs enseignants, mettre en évidence les forces et faiblesses d'un tel apprentissage et énoncer un certain nombre de questions et constats. Parmi ceux-ci, trois ont plus particulièrement retenu notre attention, dans la mesure où ils sont à la base d'autres difficultés :

- Les étudiants, passifs dans leur apprentissage, attendent les directives successives de l'enseignant, sans prendre d'initiative. Ils ne profitent pas des cours pour développer d'autres compétences que celles propres à la discipline, compétences pourtant exigées dans la vie professionnelle telles que le sens de l'analyse et de la critique, l'autonomie, la communication, etc.
- De son côté, l'enseignant a tendance à répondre immédiatement à toutes les questions posées par les étudiants. Ceci a pour conséquence une mauvaise gestion de son temps d'encadrement. Tandis qu'il répond à une question de bas niveau, il ne peut consacrer du temps à exposer des notions plus complexes. Parallèlement, nous observons l'attitude spontanée de quelques étudiants qui se regroupent pour avancer à leur rythme, sans plus tenir compte de l'enseignant peu disponible.
- Les cours ne développent pas de méthodologie globale pour la réalisation de dessins, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas basés sur le caractère transférable de l'apprentissage à un autre logiciel que celui choisi comme référence. Par exemple, ils n'enseignent pas comment "lire" et "analyser" les dessins à représenter, alors que cette compétence est à acquérir indépendamment du logiciel.

Ces trois constats nous invitent à nous interroger sur le dispositif pédagogique mis en place. Les difficultés rencontrées sont-elles inhérentes à un cours de DAO, à une manière d'enseigner, à la motivation des étudiants ? Y aurait-il moyen d'imaginer un

dispositif permettant de modifier de tels comportements ? Quelle pratique existante, quelles méthodes ou quels outils pourrions-nous adopter pour aider à la fois les étudiants et les enseignants ?

Sur base de nos observations et en fonctions des impératifs professionnels, nous pensons que le cours de DAO doit idéalement :

- favoriser davantage la participation de l'étudiant afin de le rendre plus actif et plus autonome;
- prévoir un suivi régulier de l'enseignant pour aborder des aspects de méthodes, d'analyse et de restructuration des acquis;
- favoriser l'interaction entre les étudiants qui spontanément se groupent pour résoudre certains problèmes;
- donner un cadre motivant d'apprentissage en évitant la représentation de dessins élémentaires, cas d'école peu ou pas mobilisateurs.

Dans la deuxième partie de notre travail, nous nous documentons sur les dispositifs pédagogiques de méthodes plus actives et la conception d'outils d'aide à l'apprentissage autonome.

Partant de l'observation du comportement de certains étudiants et de la dimension sociale de l'apprentissage, nous nous sommes interrogés sur l'opportunité, pour les étudiants, de travailler en groupes. De nombreuses recherches ont tenté d'expliquer les relations liant l'apprentissage cognitif et les interactions sociales entre apprenants. Si l'on s'en réfère à ces études, l'interaction entre pairs semble améliorer le processus individuel d'apprentissage, sous certaines conditions.

D'un autre point de vue, puisque nous attachons de l'importance à la nature de la tâche dans le processus d'apprentissage, nous nous interrogeons sur l'opportunité de travailler dans le contexte d'un apprentissage par projets. Ici aussi, de nombreuses études semblent appuyer l'hypothèse d'une meilleure intégration des connaissances lorsqu'elles sont abordées dans un contexte ayant un véritable sens. Qu'en est-il au niveau du cours de DAO ? Ces approches seraient-elles envisageables ? Quelles sont les conditions de mise en place de tels dispositifs ? Quel rôle y joue désormais l'enseignant ? Nous en parlons dans le chapitre 2.

Dans le but d'accroître le caractère autonome des étudiants, nous formulons une autre hypothèse de travail. Pour atteindre progressivement un degré d'autonomie satisfaisant pour assurer plus tard leur auto-formation continue dans un cadre professionnel, nous pensons que les étudiants devraient être mis, dès leur formation initiale, dans des conditions favorisant ce type de démarche. De plus, nous pensons que le temps dégagé par une ou plusieurs phases d'auto-apprentissage des étudiants pourrait être mieux exploité par l'enseignant pour aborder des questions méthodologiques adéquates. Nous nous interrogeons donc sur la pertinence de l'utilisation

des technologies de la formation, les didacticiels. Les étudiants forment aujourd'hui un "public" gorgé d'images au quotidien. Qu'il s'agisse de télévision, cinéma, jeux vidéo, ordinateur, publicités, ... tous usent des images, du son et de l'animation virtuelle. Dans ce cadre-là, faut-il suivre le mouvement et fournir aux étudiants des produits ad hoc? Quel est l'impact de ces outils et comment les concevoir pour qu'ils assurent une amélioration significative des performances des étudiants ? Nous étudions les avantages, inconvénients et conditions d'efficacité de ces outils au chapitre 3.

Après cette étude de la littérature relative aux dispositifs pédagogiques de méthodes actives et aux outils d'auto-apprentissage, nous décrivons, dans la troisième partie de ce travail, trois expériences. Elles ont pour objet, d'une part, de mettre à l'essai les théories pédagogiques citées ci-dessus (utilisation de didacticiels, travail de groupes, rôle de l'enseignant, apprentissage par projets) mais aussi, d'autre part, de dégager une méthode globale d'apprentissage du DAO qui pourrait nous aider à atteindre l'objectif principal fixé.

Une première expérience est réalisée pour tenter de mesurer l'impact de l'auto-apprentissage. Nous créons un didacticiel permettant d'aborder les concepts et la réalisation d'un premier dessin en deux dimensions. Nous le testons auprès des étudiants dès le démarrage du processus d'apprentissage. Les premiers résultats sont encourageants. Les étudiants y voient une plus grande liberté du rythme de leur apprentissage; ils ont la possibilité de réaliser un premier dessin sur base d'un exemple complet détaillé; les enseignants peuvent consacrer davantage de temps aux questions de méthodes, plus fondamentales et non orientées sur le logiciel utilisé. Globalement, l'introduction du didacticiel a amélioré les performances des étudiants pour la réalisation de dessins en deux dimensions. Nous rapportons l'ensemble de cette expérience au chapitre 4.

Une seconde expérience nous a ensuite conduit à tester, auprès des étudiants, quatre dispositifs pédagogiques, mêlant à la fois l'apprentissage en petits groupes et le rôle tenu par l'enseignant dans une étape critique du processus de réalisation d'un dessin telle l'analyse. En effet, une des questions principales posée par les débutants face à un nouveau dessin à réaliser est "par où commencer ?". La phase d'analyse qui précède la réalisation effective du dessin est à la fois nécessaire et périlleuse pour la suite du travail. Il est capital de s'y attarder, d'autant que cette étape est essentielle dans tous les processus de conception auxquels les étudiants auront à participer, toutes disciplines confondues. L'objet de l'expérience menée tend à déceler une amélioration significative de cette phase, selon que les étudiants travaillent seuls ou par paires et selon le rôle de guide que joue ou non l'enseignant. Les résultats sont

sans appel : le travail en mini-groupes de deux personnes, couplé à un enseignant davantage tuteur, apporte de meilleurs résultats aux tests des étudiants. L'expérience et les études statistiques qui en découlent sont l'objet du chapitre 5.

Enfin, petit à petit, dans la faculté des sciences appliquées de l'UCL, se profile l'arrivée d'une nouvelle méthode de travail, prônant toujours plus d'autonomie et de responsabilité pour les étudiants de candidature², le tout dans un contexte élargi de multidisciplinarité. Le nouveau contexte, dicté par la réforme, nous oblige à revoir en profondeur l'ensemble du cours de DAO. Dorénavant, moins d'heures de cours magistraux lui seront attribuées et les séances d'exercices n'existeront plus sous leur forme classique. De plus, les étudiants auront à réaliser, tout au long de l'année, trois projets multidisciplinaires, dans des domaines aussi variés que l'informatique, la mécanique, l'électricité.

Cette expérience pédagogique donne l'occasion de tirer les leçons des pratiques précédentes. Nous avons acquis, précédemment, une expérience importante dans le domaine de l'auto-apprentissage et dans la maîtrise de dispositifs pédagogiques pour lesquels l'enseignant n'est pas réduit à un dispensateur de savoirs mais joue un rôle de concepteur de ressources et de tuteur. A la rentrée 2000, le cours reprend donc avec cinq nouveaux didacticiels et six environnements de travail, permettant une vue globale élargie du DAO, de l'apprentissage du simple crayon électronique au dessin en trois dimensions, en passant par l'animation d'objets 3D et un début de CAO pour la conception de circuits électroniques. Tous ces outils sont volontairement basés sur un seul logiciel de référence (AutoCAD®). Il est le fil conducteur, permettant aux étudiants d'approfondir des concepts de DAO sans se disperser dans l'apprentissage de différents logiciels spécifiques. Le cours prend désormais tout son sens dans la mesure où il a l'occasion de s'insérer dans des projets de grande envergure, et pour lesquels il devient un outil nécessaire à leur réalisation. Le détail des dispositifs pédagogiques, les tests effectués, les didacticiels réalisés et les comparaisons statistiques sont présentés dans le chapitre 6.

Nous terminons ce travail par la discussion des résultats obtenus au cours de ces trois expériences, en fonction des théories pédagogiques. Nous concluons en montrant l'ouverture possible de cette recherche vers l'enseignement à distance, dans un contexte où la formation professionnelle est toujours à compléter. Enfin, nous présentons quelques compléments possibles à apporter à l'ensemble du dispositif, dans l'optique d'une formation destinée aux futurs ingénieurs.

² On appelle "candidatures" les deux premières années de la formation universitaire.