

Titre: Réingénierie des méthodes et des moyens d'enseignement des principes et des normes de représentation graphique
Title: principles and norms of graphical representation

Auteur: André Cincou
Author:

Date: 2009

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Cincou, A. (2009). Réingénierie des méthodes et des moyens d'enseignement des principes et des normes de représentation graphique [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/8468/>
Citation:

Document en libre accès dans PolyPublie

Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/8468/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Yves Comeau, & Clément Fortin
Advisors:

Programme: Non spécifié
Program:

NOTE TO USERS

This reproduction is the best copy available.

UMI[®]

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

RÉINGÉNIERIE DES MÉTHODES ET DES MOYENS D'ENSEIGNEMENT DES
PRINCIPES ET DES NORMES DE REPRÉSENTATION GRAPHIQUE

ANDRÉ CINCOU

DÉPARTEMENT DES GÉNIES CIVIL, GÉOLOGIQUE ET DES MINES
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE CIVIL)

MAI 2009



Library and Archives
Canada

Published Heritage
Branch

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque et
Archives Canada

Direction du
Patrimoine de l'édition

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence
ISBN: 978-0-494-53928-6
Our file Notre référence
ISBN: 978-0-494-53928-6

NOTICE:

The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

The author retains copyright ownership and moral rights in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

AVIS:

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.

•
Canada

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

RÉINGÉNIERIE DES MÉTHODES ET DES MOYENS D'ENSEIGNEMENT DES
PRINCIPES ET DES NORMES DE REPRÉSENTATION GRAPHIQUE

présenté par : CINCOU André

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. CHAPLEAU Robert, Ph.D., président

M. COMEAU Yves, Ph.D., membre et directeur de recherche

M. FORTIN Clément, Ph.D., membre et codirecteur

M. ISAC Patrick, membre et codirecteur

M. BARON Luc, Ph.D., membre

DÉDICACE

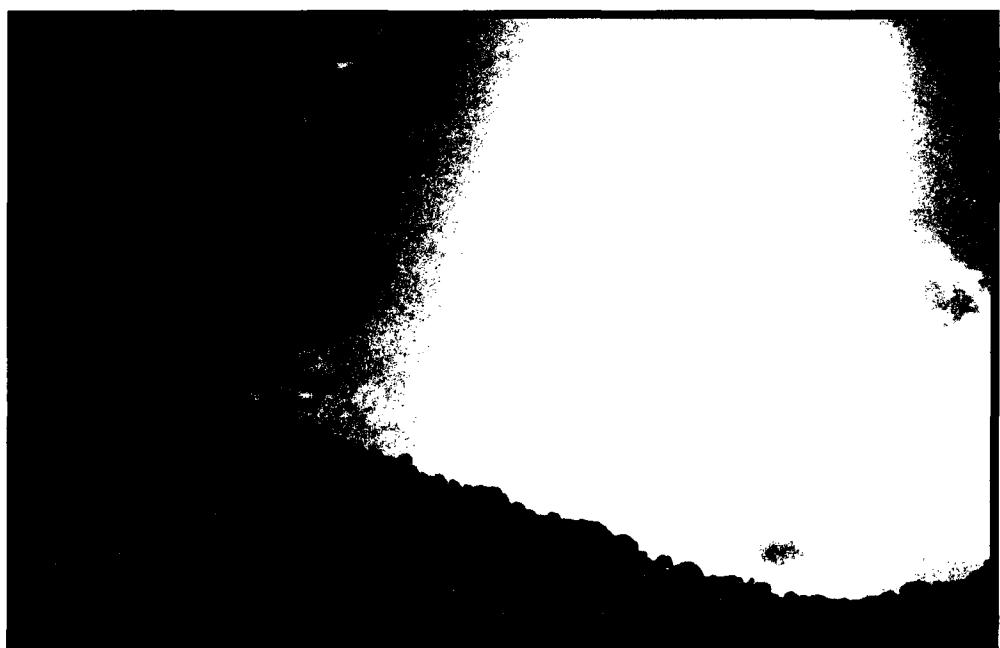
À la mémoire de Jacques Lapointe, chargé d'enseignement et coordonnateur du cours de dessin technique à Polytechnique, qui m'a donné l'occasion de faire mes premiers pas en enseignement à l'automne 1991.

À tous les étudiants que j'ai côtoyés et qui ont inspiré ce projet de recherche.

À tous mes collègues et amis qui m'ont supporté et encouragé sans relâche.

À Mathias le fils de mon meilleur ami.

À Raphaël...



Photographie prise par André Cincou, au sommet du mont Jefferson (New Hampshire), en mai 1998 : François, mon meilleur ami, après une dure bataille contre un cancer.

REMERCIEMENTS

Je tiens sincèrement à remercier les personnes suivantes sans lesquelles je n'aurais probablement pu mener ce projet à terme :

Yves Comeau, Clément Fortin, Patrick Isac et Luc Baron pour leurs précieux conseils et encouragements, mais surtout pour leur patience. En particulier, Yves Comeau pour un support financier qui a permis la compilation des résultats.

Sébastien Riendeau, Stéphane Brunet et Isabelle Dépatie, chargés de cours et fidèles partenaires, pour leur contribution scientifique et leur implication corps et âme dans le développement et l'amélioration de l'enseignement à Polytechnique.

Le Fonds de soutien à l'enseignement pour l'octroi des subventions qui ont permis la réalisation du didacticiel.

Lina Forest, Sylvain Lefebvre et Anastassis Kozanitis du Bureau d'appui pédagogique de Polytechnique pour leur encadrement et leurs précieux conseils lors de l'ébauche des questionnaires d'enquête et de la compilation des rapports.

Marie-Hélène Dupuis et Huguette Mallet de la bibliothèque de Polytechnique pour leurs précieux conseils lors de la réalisation de la revue de littérature et de la liste des références.

Constance Forest, directrice des Presses internationales de Polytechnique, pour ses précieux conseils lors de la réalisation du guide des normes.

Josée Dugas, secrétaire au département de génie mécanique, pour son travail de correction.

Jonathan Daniel-Rivest et François Riendeau pour avoir complété la compilation des résultats de l'enquête menée auprès des étudiants, Yannick Assénat pour avoir réalisé les statistiques sur cette dernière et finalement Cédrik Bacon pour avoir effectué les captures d'écran servant à présenter le didacticiel en annexe.

RÉSUMÉ

Ce mémoire présente une nouvelle approche de l'enseignement du dessin technique dans le but d'améliorer la qualité de l'apprentissage, notamment lors de la résolution de problèmes complexes de projection orthogonale menant à une visualisation spatiale de l'objet étudié et la maîtrise des normes et conventions de représentation graphique.

Cette nouvelle approche a été réalisée à l'aide de deux outils innovateurs qui s'inscrivent dans le respect des balises et des approches prescrites par le nouveau programme de formation (PDF) pour le baccalauréat en ingénierie de l'École Polytechnique depuis septembre 2005.

Un didacticiel multimédia 2D-3D ainsi qu'un guide des normes et conventions de représentation graphique ont été les extrants de ce projet de recherche.

Le didacticiel a permis d'illustrer, avec tous les avantages du multimédia, une stratégie de résolution de problèmes de projection orthogonale à travers plusieurs exemples ainsi que chacune des lois géométriques qui sont le fondement de la stratégie de résolution. Ces principes et techniques sont enseignés aux étudiants afin qu'ils développent leur capacité de visualisation spatiale. Une meilleure visualisation de ces règles de base (grâce aux avantages du multimédia) a permis aux étudiants de véritablement comprendre et imaginer en 3D ce qu'ils manipulent plutôt que d'appliquer mécaniquement une méthode de résolution.

Le didacticiel sert de support à un document de référence présentant les normes et conventions régissant la représentation graphique lors de la définition de produits. Ce guide est principalement composé de figures illustrant des exemples et des contre-exemples. De courts paragraphes de texte ou des annotations accompagnent les

illustrations. Le document se veut synthétique, actuel et principalement en accord avec les normes ACNOR CAN3-78-1-M83 et ISO 128-20.

L'ensemble du didacticiel et du guide des normes a permis aux enseignants de gagner du temps lors de l'enseignement de la matière. Cela a facilité l'intégration de nouveaux concepts en accord avec les attentes de l'industrie quant à la formation des futurs ingénieurs. Aussi, cela a permis à l'étudiant de gagner du temps dans l'apprentissage des concepts, de se prendre en charge et d'acquérir une démarche structurée lors de l'analyse d'un problème complexe de projection orthogonale pour mener inévitablement à une solution.

ABSTRACT

The present thesis innovates on the actual teaching of industrial drawing methods in order to improve learning quality which leads to a spatial visualization of the object in question, solve complex orthographic projection problems and master graphical representation standards and convention.

This new approach has been supported by two innovative tools in respect to the standards and the prescribed approaches of the new Bachelor of Engineering formation program at École Polytechnique de Montréal since September 2005.

The fruit of this research were a 2D-3D multimedia tutorial supported by a standard and convention guide for graphical representation.

The tutorial has allowed one to visualize, with all multimedia advantages, a resolution strategy for the orthographic projection problems with the help of many set examples. Those examples are followed with the geometric laws that are the foundation of the resolution strategy itself. These principles and techniques are taught to students to develop their capacity for spatial visualization. A better visualization of those basic laws has allowed students to fully grasp and imagine 3D objects instead of applying a step-by-step resolution method.

This tutorial is a tool to support a reference document outlining standards and conventions governing graphic representation when defining products. This guide is mainly composed of figures showing examples and counter examples which are followed with remarks or brief paragraph describing the figure. This document is complete, up to date and most of all follows the standards prescribed by ACNOR CAN3-78-1-M83 and ISO 128-20.

The combination of the guide and the tutorial has allowed the teachers to gain time when teaching the subject. This facilitated the integration of new concepts that conforms to the agreements made with the industry towards the formation of future engineers. Also, this has allowed students to gain time during the learning process of the concepts, to become self-governing and to develop a personalized resolution method for complex orthographic projection problems that will inevitably lead to one solution.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE	iv
REMERCIEMENTS.....	v
RÉSUMÉ.....	vi
ABSTRACT	viii
TABLE DES MATIÈRES.....	x
LISTE DES TABLEAUX	xiv
LISTE DES FIGURES	xv
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	xviii
LISTE DES ANNEXES.....	xix
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 - REVUE DE LITTÉRATURE.....	4
1.1 Ouvrages de représentation graphique.....	4
1.2 Didacticiel et exerciseurs	6
1.3 Méthodes d'enseignement.....	14
CHAPITRE 2 - MÉTHODOLOGIE	17
2.1 Guide des normes	17
2.2 Didacticiel	18

2.3	Vérification de la perception de l'utilité des nouveaux moyens et méthodes d'enseignement.....	19
2.3.1	Récit d'expériences de l'auteur	19
2.3.2	Récits d'expériences des enseignants.....	20
2.3.3	Enquête auprès des usagers	20
CHAPITRE 3 - GUIDE DES NORMES.....		22
3.1	Maquette et structure	22
3.2	Description et contenu.....	25
3.2.1	Définitions et conventions de base.....	26
3.2.2	Représentation conventionnelle des formes.....	26
3.2.3	Vues en coupes	27
3.2.4	Règles de cotation	27
3.2.5	Représentation et codification des filetages	27
3.2.6	Dessins de définition	28
3.2.7	Appendices	28
CHAPITRE 4 - DIDACTICIEL.....		29
4.1	Interface et structure	29
4.2	Description et contenu.....	37
4.2.1	Principes, conventions et lois géométriques.....	38
4.2.2	Résolution de problèmes à l'aide de la stratégie de résolution	39
4.2.3	Conventions de représentation graphique de cas particuliers.....	39
CHAPITRE 5 - PERCEPTION DE L'UTILITÉ DES NOUVEAUX MOYENS ET MÉTHODES D'ENSEIGNEMENT		40
5.1	Récit d'expériences de l'auteur.....	40

5.1.1	Période de 1991 à 1997	41
5.1.2	Période de 1997 à 2002	42
5.1.3	Période de 2002 à 2005	42
5.1.4	Période de 2005 à ce jour.....	43
5.2	Récits d'expériences des enseignants	44
5.2.1	Récit d'expériences de Luc Baron.....	44
5.2.1.1	Avantages et désavantages du guide des normes.....	44
5.2.1.2	Avantages et désavantages du didacticiel.....	45
5.2.1.3	Impact des nouveaux moyens d'enseignement.....	45
5.2.2	Récit d'expériences d'Isabelle Dépatie	45
5.2.2.1	Avantages du guide	45
5.2.2.2	Désavantages du guide des normes.....	46
5.2.2.3	Avantages du didacticiel	47
5.2.2.4	Désavantages du didacticiel	47
5.2.2.5	Impact des nouveaux moyens d'enseignement.....	48
5.2.2.6	Autres commentaires.....	49
5.2.3	Récit d'expériences de Stéphane Brunet	49
5.2.3.1	Avantages du guide des normes	49
5.2.3.2	Désavantages du guide des normes.....	49
5.2.3.3	Avantages du didacticiel	50
5.2.3.4	Désavantages du didacticiel	50
5.2.3.5	Impact des nouveaux moyens d'enseignement.....	50
5.2.4	Récit d'expériences de Sébastien Riendeau	50
5.2.4.1	Avantages du guide des normes	50
5.2.4.2	Désavantages du guide des normes.....	51
5.2.4.3	Avantages du didacticiel	52
5.2.4.4	Désavantages du didacticiel	52
5.2.4.5	Impact des nouveaux moyens d'enseignement.....	52

5.3	Enquête auprès des usagers.....	53
5.3.1	Récits d'expériences des étudiants	53
5.3.1.1	Récits d'expériences concernant le guide des normes	53
5.3.1.2	Récits d'expériences concernant le didacticiel	54
5.3.2	Résultats de l'enquête sur le guide des normes	54
5.3.2.1	Clarté du guide des normes	55
5.3.2.2	Utilité du guide des normes	56
5.3.2.3	Contenu du guide des normes.....	57
5.3.2.4	Fréquence d'utilisation du guide des normes	58
5.3.3	Résultats de l'enquête sur le didacticiel	58
5.3.3.1	Clarté du didacticiel	60
5.3.3.2	Utilité du didacticiel	60
5.3.3.3	Contenu du didacticiel.....	61
5.3.3.4	Fréquence d'utilisation du didacticiel	62
CHAPITRE 6 - DISCUSSION.....		63
6.1	Synthèse des récits d'expériences	63
6.1.1	Guide des normes	63
6.1.2	Didacticiel	63
6.1.3	Impact des nouveaux moyens d'enseignement	64
6.2	Synthèse des résultats des enquêtes auprès des usagers	64
CONCLUSION.....		73
RÉFÉRENCES		75
ANNEXES		80

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 5-1 : Pourcentage en accord et en désaccord relativement à la clarté du guide des normes.....	56
Tableau 5-2 : Pourcentage en accord et en désaccord relativement à l'utilité du guide des normes.....	57
Tableau 5-3 : Pourcentage en accord et en désaccord relativement au contenu du guide des normes	58
Tableau 5-4 : Pourcentage relatif quant à la fréquence d'utilisation du guide des normes	58
Tableau 5-5 : Pourcentage en accord et en désaccord relativement à la clarté du didacticiel	60
Tableau 5-6 : Pourcentage en accord et en désaccord relativement à l'utilité du didacticiel.....	61
Tableau 5-7 : Pourcentage en accord et en désaccord relativement au contenu du didacticiel	62
Tableau 5-8 : Pourcentage relatif quant à la fréquence d'utilisation du didacticiel	62

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Didacticiel utilisé pour l'apprentissage du dessin à vues multiples à l'Université Purdue (Connolly & Maicher, 2005).....	7
Figure 1-2 : Interface du didacticiel interactif (Connolly & Maicher, 2005).....	8
Figure 1-3 : Bonne réponse (Connolly & Maicher, 2005).....	8
Figure 1-4 : Élément manquant (Connolly & Maicher, 2005).	9
Figure 1-5 : Élément erroné ou mal disposé (Connolly & Maicher, 2005).	9
Figure 1-6 : Exemple tiré du didacticiel interactif (Ardebili, 2006).....	11
Figure 1-7 : Rotation d'un modèle solide 3D autour d'axes multiples à l'aide du logiciel Pro/Engineer (Ardebili, 2006).	11
Figure 1-8 : Exemple d'un test de visualisation spatiale dans un environnement virtuel (adapté de Hartman et al., 2006).	12
Figure 1-9 : Didacticiel européen pour l'apprentissage des normes et conventions de base utilisées en dessin technique (Benyayer, 2002).....	13
Figure 1-10 : Interface du didacticiel DessTech 2.1 (Benyayer, 2002).....	14
Figure 3-1 : Page typique du guide des normes.	23
Figure 3-2 : Zone de notes réduite et zone de définition.....	24
Figure 3-3 : Utilisation de l'écriture dans la zone d'illustration.	25

Figure 4-1 : Écran d'accueil et onglet « Menu »	30
Figure 4-2 : Manipulation des fenêtres à partir des onglets.	30
Figure 4-3 : Structure de la fenêtre « Principes ».....	31
Figure 4-4 : Structure de l'interface lors de la résolution d'un problème.	32
Figure 4-5 : Structure de la fenêtre « Résolution »..	33
Figure 4-6 : Fenêtre « Isométrie ».....	34
Figure 4-7 : Fenêtre « Vue 3D ».....	34
Figure 4-8 : Structure de la fenêtre « Vue 3D ».....	35
Figure 4-9 : Vue 3D avec repères.	36
Figure 4-10 : Structure de l'interface de la rubrique « Conventions de dessin ».....	37
Figure 6-1 : Clarté et utilité du document de référence utilisé dans le cours : comparaison entre l'hiver 2004 et la période entre l'automne 2006 et l'automne 2007 avec les résultats du degré d'appréciation « plus ou moins » distribués également sur les quatre autres degrés.....	66
Figure 6-2 : Clarté et utilité du document de référence utilisé dans le cours : comparaison entre l'hiver 2004 et la période entre l'automne 2006 et l'automne 2007 avec les résultats du degré d'appréciation « plus ou moins » distribués de façon désavantageuse pour le guide des normes.	67

Figure 6-3 : Clarté et utilité du document de référence utilisé dans le cours : comparaison entre l'hiver 2004 et la période entre l'automne 2006 et l'automne 2007 avec les résultats du degré d'appréciation « plus ou moins » éliminés.	68
Figure 6-4 : Fréquence d'utilisation du document de référence à l'hiver 2004.	69
Figure 6-5 : Fréquence d'utilisation du document de référence entre l'automne 2006 et l'automne 2007.....	69
Figure 6-6 : Pourcentage d'accord et de désaccord et moyenne de désaccord par palier pour la question 5 de l'évaluation de l'enseignement selon les trois ouvrages de référence utilisés : A, B et C.....	71
Figure 6-7 : Pourcentage d'accord et de désaccord et moyenne de désaccord par palier pour la question 6 de l'évaluation de l'enseignement selon les trois ouvrages de référence utilisés : A, B et C.....	72

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ACNOR :	Association Canadienne de Normalisation
AFNOR :	Association Française de Normalisation
ANSI :	<i>American National Standards Institute</i>
BAP :	Bureau d'appui pédagogique de l'École Polytechnique
CAO :	Conception assistée par ordinateur
CATIA :	Conception Assistée Tri-dimensionnelle InterActive
CAVE :	Cave Automatic Virtual Environment
DAO :	Dessin assisté par ordinateur
FLASH :	Technologie permettant de créer des animations vectorielles
ING1020 :	Sigle du cours « Communication graphique »
ISO :	<i>International Organization for Standardization</i> (Organisation internationale de normalisation)
MEC1510 :	Sigle du cours « Modélisation de systèmes mécaniques »
MEC1515 :	Sigle du cours « DAO en ingénierie »
PDF :	Nouveau programme de formation de l'École Polytechnique implanté à l'automne 2005

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I :	QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DE L'ENSEIGNEMENT – OUVRAGES ET LECTURES RECOMMANDÉES.....	81
ANNEXE II :	RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION D'ENSEIGNEMENT – OUVRAGES ET LECTURES RECOMMANDÉES.....	84
ANNEXE III :	RAPPORT D'ENSEMBLE DES QUESTIONS 5 ET 6 DE L'ÉVALUATION DE L'ENSEIGNEMENT POUR LES COURS ING1020 ET MEC1515	93
ANNEXE IV :	QUESTIONNAIRE POUR L'ENQUÊTE VISANT À VÉRIFIER LA PERCEPTION DE L'UTILITÉ DU GUIDE DES NORMES ET DU DIDACTICIEL	96
ANNEXE V :	RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE SUR LA PERCEPTION DU GUIDE DES NORMES ET DU DIDACTICIEL	99
ANNEXE VI :	GUIDE DES NORMES ET CONVENTIONS DE PRÉSENTATION GRAPHIQUE	113
ANNEXE VII :	DIDACTICIEL	164

INTRODUCTION

Le but de ce projet est d'améliorer la qualité de l'apprentissage du dessin technique dans un premier temps auprès des futurs ingénieurs formés à l'École Polytechnique de Montréal et, dans un second temps, auprès d'une clientèle issue de cégeps ou d'écoles professionnelles.

Le dessin technique permet de définir des produits à l'aide d'un langage graphique qui est régi par des normes et des conventions. Les moyens utilisés pour exprimer ce langage sont : le dessin à main levée (croquis), le dessin traditionnel aux instruments ou le dessin assisté par ordinateur (DAO).

L'objectif de ce projet est d'améliorer la qualité de l'apprentissage des normes et conventions de représentation graphique en accord avec les quatre premiers niveaux de la taxonomie de Bloom (acquisition de connaissances, compréhension, application et analyse) tel que présenté par Prégent (2009).

L'enseignement de cette matière, notamment lors de la résolution de problèmes complexes de projection orthogonale, est difficile à réaliser et à illustrer de façon claire à l'aide des moyens traditionnels (tableau noir, transparents, diapositives, papier, etc.) mis à la disposition des enseignants. Aussi, cette partie de la matière est assimilée de façon très hétérogène par les étudiants (qui n'ont pas tous le même bagage de connaissances au départ). Pour certains, une démonstration au tableau est suffisante, alors que pour d'autres il est nécessaire de revoir plusieurs fois cette démonstration ou encore une partie de celle-ci afin de maîtriser les principes fondamentaux menant à la résolution d'un problème de projection orthogonale (ce qui ne peut être fait en classe plusieurs fois). La résolution d'un problème de projection orthogonale ne repose pas simplement sur le fait de visualiser ou non un objet en 3D de façon intuitive : des principes, des techniques, des

mécanismes et une démarche structurée sont nécessaires afin de permettre aux étudiants de se construire mentalement une représentation spatiale (3D) d'un objet présenté en projection orthogonale (2D) et acquérir les habiletés nécessaires à l'apprentissage d'un logiciel de DAO ou de CAO.

L'utilisation des ressources multimédias (iconographie, animations, manipulation directe d'images, vidéo, etc.) peut aider, d'une façon remarquable, à la compréhension des concepts directement rapportés à la visualisation spatiale. L'aspect animation permet d'avancer, de reculer, de mettre à pause ou encore de revoir certaines parties d'une démonstration. L'aspect 3D d'un outil multimédia permet d'illustrer des phénomènes de manipulation 3D dans un véritable environnement 3D, ce qui évite ainsi d'être en proie à des illusions d'optique, comme lorsqu'on travaille sur un support 2D.

Le document de référence, traditionnellement utilisé à l'École Polytechnique pour l'enseignement magistral du dessin technique, date des années quatre-vingt et offre beaucoup trop de contenu par rapport à ce qui est utilisé dans le cours.

Les évaluations de l'enseignement, réalisées auprès de grands groupes d'étudiants dans le cadre du cours de dessin technique, montrent que, de façon générale, ces derniers sont satisfaits du cours. Toutefois, certaines facettes, telles les lectures recommandées en vue de mieux saisir la matière, obtiennent régulièrement des taux de satisfaction nettement plus faibles. En résumé, les étudiants mentionnent que le manuel, bien qu'étant une bonne référence, est mal structuré et qu'il est difficile de s'y retrouver. On mentionne aussi que le manuel mérite d'être actualisé.

Les activités réalisées pour atteindre les objectifs de ce travail ont visé à développer deux outils : 1) un document de référence synthétique et actualisé, utilisé avec une nouvelle approche dans la présentation des normes et conventions de représentation graphique et la résolution de problèmes, et 2) un didacticiel afin de supporter le livre de référence et

permettre aux étudiants de gagner du temps dans l'apprentissage des concepts théoriques, de se prendre en charge et d'adopter une démarche structurée lors de l'analyse de problèmes de projection orthogonale.

Ce mémoire est composé de 6 chapitres. Le chapitre 1 présente une revue de littérature recensant les différents ouvrages de représentation graphique, les didacticiels, les exerciseurs et les méthodes d'enseignements utilisées en communication graphique. Le chapitre 2 met en place la méthodologie employée pour la réalisation du document de référence et du didacticiel, ainsi que la méthode utilisée pour la vérification de la perception de l'utilité de ces nouvelles méthodes d'enseignement. Le chapitre 3 décrit la maquette, la structure et le contenu du guide des normes. De façon similaire au chapitre 3, le chapitre 4 porte sur le didacticiel. Le chapitre 5 énumère les résultats relatifs à la perception de l'utilité des nouveaux moyens et méthodes d'enseignement par le biais d'un récit d'expériences de l'auteur, quatre récits d'expériences d'enseignants et une enquête auprès des usagers. Le chapitre 6 amène une discussion sur l'ensemble des résultats présentés au chapitre 5. Une comparaison avec des enquêtes antérieures à l'implantation des nouveaux moyens d'enseignement, une analyse, ainsi qu'une synthèse des résultats, permettront de conclure et de proposer des développements futurs envisageables.

CHAPITRE 1 - REVUE DE LITTÉRATURE

1.1 Ouvrages de représentation graphique

Pendant près de vingt ans, l'ouvrage de référence Giesecke et al. (1982a) a été utilisé pour l'enseignement du dessin technique à l'École Polytechnique de Montréal.

Ce livre est une traduction en langue française du livre de Giesecke et al. (1980) et dont les éditions antérieures telle Giesecke et al. (1974) ont été également utilisées pour l'enseignement du dessin technique durant les années soixante-dix. De façon logique, l'auteur de ce mémoire de maîtrise a suivi son cours de dessin technique en 1979 en utilisant l'ouvrage de référence de Giesecke et al. (1974).

Le livre de Giesecke et al. (1982a) a servi d'ouvrage de référence à partir du début des années quatre-vingt jusqu'à l'été 2002. Puis, à l'automne 2002, une version allégée (Giesecke et al., 1982b) a été produite afin de ne retenir que les chapitres pertinents à l'enseignement du cours Communication graphique (ING1020). À partir de l'automne 2005, l'édition spéciale (Giesecke et al., 1982b) a été revue et corrigée (Giesecke et al., 1982c) afin d'essayer de répondre aux exigences de l'enseignement du cours DAO en ingénierie (MEC1515), issu du nouveau programme de formation (PDF). C'était un des seuls ouvrages en langue française et suffisamment complet pour satisfaire aux besoins des différents cours faisant appel aux notions de représentation graphique.

Aux environs de 1992, un mouvement s'est fait sentir afin de remplacer le livre de Giesecke et al. (1982a) par un ouvrage américain, celui de Boyer et al. (1991). Ce dernier a été sélectionné principalement à cause du fait que les thèmes abordés correspondaient au déroulement du cours à cette époque. Malheureusement, cet écrit était en anglais et les illustrations en accord avec la norme ANSI. Un projet de traduction en langue

française et de mise à jour afin d'être en accord avec la norme ACNOR a été proposé, mais n'a jamais vu le jour.

Le livre de Jensen & Mason (1975) est une version synthétisée d'un ouvrage plus exhaustif (Jensen, 1972) qui est comparable à celui de Giesecke et al. (1982a). Écrit en langue française, il contient, contrairement à Giesecke et al. (1982a), un chapitre sur les dessins de bâtiments, qui est un thème maintenant couvert dans le cours MEC1515. Le format ($7\frac{1}{2}'' \times 9''$) est un aspect intéressant au niveau de la manipulation et de la portabilité. Par contre, certaines illustrations mériteraient d'être mises à jour en fonction de la dernière version de la norme ACNOR. Le principal problème est que cet ouvrage n'est malheureusement plus disponible sur le marché.

On note une certaine stagnation quant à la production, en langue française, de nouvelles éditions d'ouvrages traitant de dessin technique. Faute de quoi plusieurs collèges et universités québécoises francophones se tournent encore de nos jours vers le livre de dessin technique de Giesecke et al. (1982a) pour l'enseignement du dessin industriel. Or, cet ouvrage offre beaucoup trop de contenu par rapport à la matière enseignée; c'est un ouvrage sous-utilisé et plus ou moins bien adapté à la réalité d'aujourd'hui. Certaines illustrations sont présentées selon la norme ACNOR, tandis que d'autres suivent la norme ANSI.

Du côté américain, plusieurs auteurs ont actualisé progressivement leurs ouvrages au cours des années. OC,est le cas de Jensen & Helsel (1996) ou de l'auteur très prolifique qu'est Earle (1999) pour n'en nommer que quelques-uns. Hormis le fait que ces livres soient rédigés en langue anglaise et en accord avec la norme ANSI, il n'en demeure pas moins que ces ouvrages présentent l'information avec la même « lourdeur » que Giesecke et al. (1982a) et s'adressent à des dessinateurs ou des technologues, plutôt qu'à des futurs ingénieurs.

Très peu d'ouvrages font une synthèse des normes et conventions de base régissant le dessin technique et pouvant convenir à des étudiants en ingénierie. Une traduction en langue française et une adaptation à la norme ACNOR du livre de Bertoline (2002) étaient nécessaires afin de donner un document de référence qui aurait pu convenir à l'enseignement de la communication graphique à Polytechnique.

Du côté européen, le Guide du dessinateur industriel de Chevalier (1996) met surtout l'emphase sur les illustrations. De courts paragraphes de texte sont directement jumelés aux dessins. Cela évite d'avoir à chercher l'information à travers plusieurs paragraphes, voire même plusieurs pages. L'information y est abondante (un peu trop pour nos besoins) et les illustrations sont conformes avec la norme AFNOR (qui diffère malheureusement de façon importante de la norme ACNOR). Cet ouvrage a inspiré fortement la réalisation du guide des normes (Cincou, 2006) qui est un des extrants de ce projet de recherche.

1.2 Didacticiel et exerciseurs

Le développement de l'habileté à pouvoir se construire mentalement une représentation spatiale (visualisation 3D) d'un objet présenté en projection orthogonale (dessin 2D) est fondamental dans plusieurs domaines de l'ingénierie. L'assimilation des principes menant à cette capacité de visualisation peut varier d'un étudiant à l'autre et peut demander de la part de l'enseignant un encadrement substantiel. En plus d'avoir écrit plusieurs articles sur la raison d'être et le développement de didacticiels nécessaires au développement de la capacité de visualisation spatiale chez les étudiants, Connolly & Maicher (2005) ont mis l'accent sur le développement d'un interface Web permettant de fournir aux étudiants une rétroaction en temps réel sur le rendement obtenu lors de la réalisation d'exercices de visualisation 2D/3D (voir Figure 1-1).

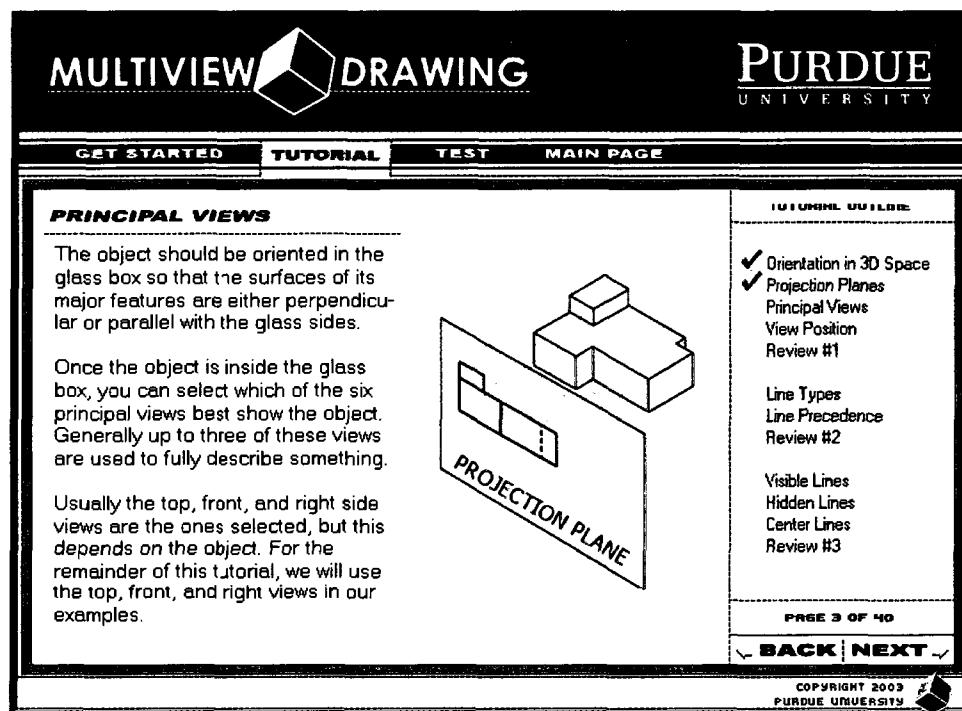


Figure 1-1 : Didacticiel utilisé pour l'apprentissage du dessin à vues multiples à l'Université Purdue (Connolly & Maicher, 2005).

Le didacticiel se veut autoportant et permet aux étudiants de réaliser un apprentissage à leur rythme et à l'enseignant d'uniformiser son enseignement pour un groupe ayant différents degrés d'habileté de visualisation spatiale.

Le didacticiel met l'accent sur la réalisation d'un dessin à vues multiples (2D) à partir d'une représentation isométrique. L'interface est composée de deux zones. La zone de gauche illustre une représentation isométrique d'un objet et la zone de droite sert à réaliser la projection à vue multiple de cet objet (voir Figure 1-2). Dans le haut de l'écran, une zone présente, entre autres, les instructions et les différents outils sous forme de boutons et d'icônes nécessaires à la réalisation de la solution.

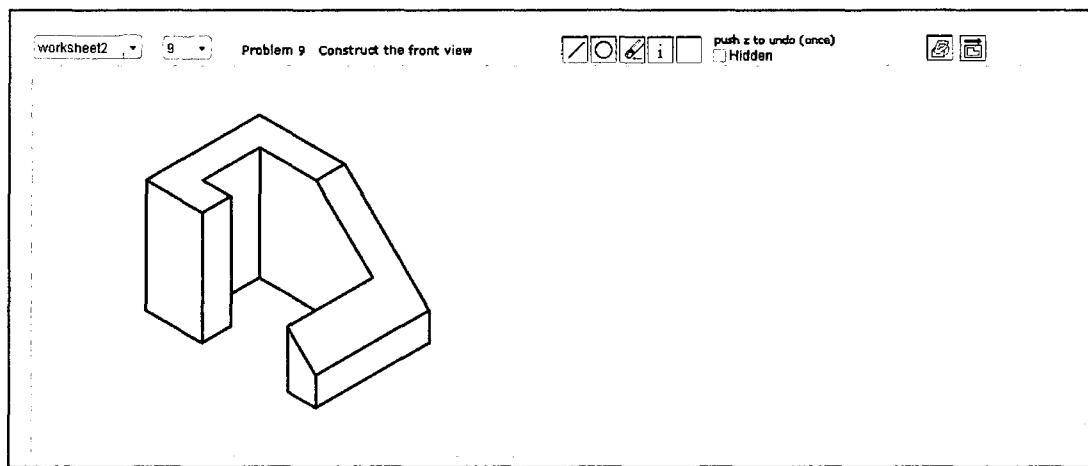


Figure 1-2 : Interface du didacticiel interactif (Connolly & Maicher, 2005).

La rétroaction sur la solution proposée se fait par l'entremise de commentaires et d'éléments (lignes) associés à un code de couleur : vert si la réponse est bonne (voir Figure 1-3), rouge pour un élément manquant (voir Figure 1-4) et jaune si un élément est erroné ou mal disposé (voir Figure 1-5).

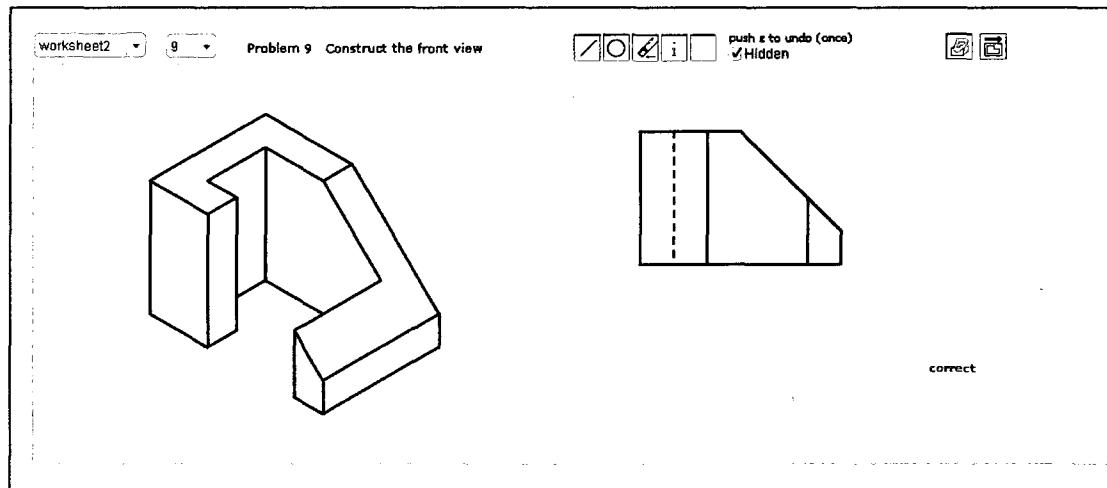


Figure 1-3 : Bonne réponse (Connolly & Maicher, 2005).

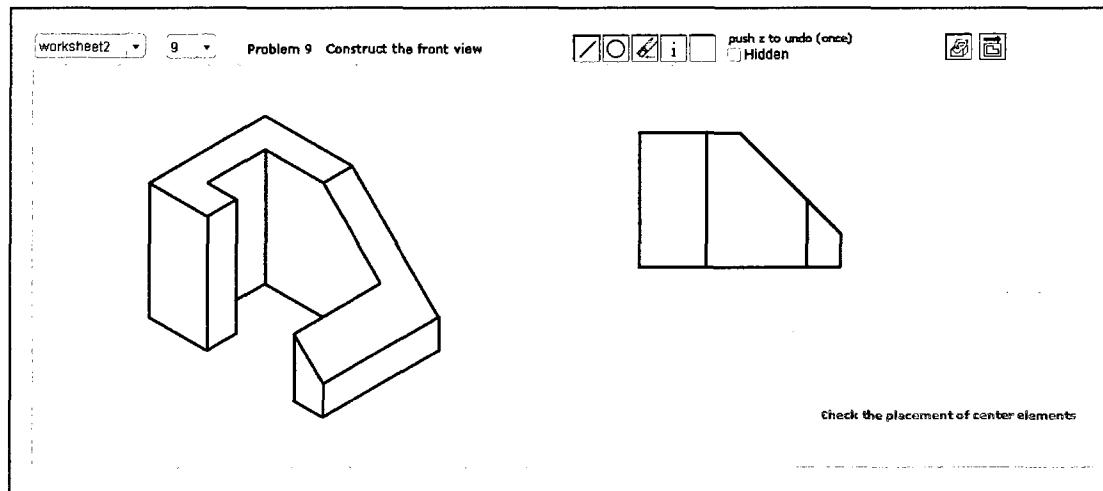


Figure 1-4 : Élément manquant (Connolly & Maicher, 2005).

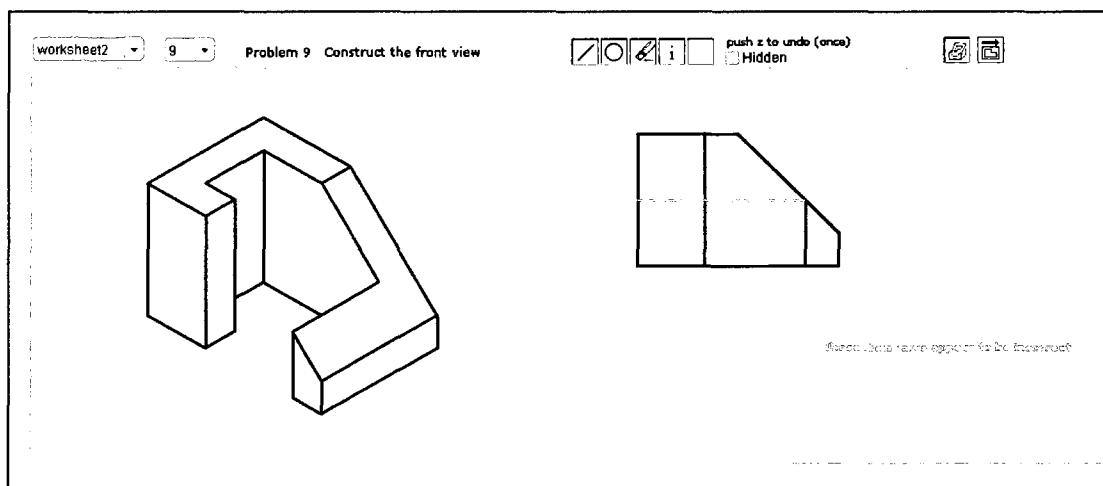


Figure 1-5 : Élément erroné ou mal disposé (Connolly & Maicher, 2005).

Le didacticiel a été validé auprès de quatre-vingts étudiants d'un cours d'introduction au dessin technique de l'Université Purdue. Les étudiants ont émis les commentaires suivants lors d'une enquête faisant suite à l'utilisation du nouvel outil d'apprentissage :

- le didacticiel est facile d'utilisation;

- le didacticiel a été utile pour la compréhension des principes de projection orthogonale menant à la réalisation de dessins à vues multiples;
- la rétroaction instantanée sur le rendement obtenu lors de la réalisation des exercices a favorisé un meilleur apprentissage.
- l'esthétique de l'interface devrait être améliorée afin d'améliorer la visibilité;
- les messages d'erreur ne sont pas toujours clairs et sont parfois trompeurs;

Il y a une croyance populaire qui prétend que la visualisation spatiale s'acquiert grâce à des expériences de vie et non pas par l'enseignement de concepts. Des recherches récentes réfutent cette affirmation et suggèrent plutôt que des étudiants exposés à un environnement d'apprentissage approprié vont développer avec succès leurs compétences en matière de visualisation spatiale (Ardebili, 2006). Un didacticiel multimédia (voir Figure 1-6) combiné à un logiciel de modélisation 3D (voir Figure 1-7) a été utilisé pour l'enseignement du dessin technique aux étudiants de première année du *City University of New York*. Les résultats ont démontré que la combinaison d'un didacticiel interactif et de la modélisation de solides 3D a un effet significatif dans le développement des habiletés de visualisation spatiale. L'évaluation a également indiqué que le seul fait de travailler uniquement avec un modeleur 3D ne permet pas aux étudiants d'améliorer leurs habiletés de visualisation spatiale. Toutefois, le fait de posséder cette habileté est un facteur important dans la capacité de l'étudiant à interagir dans un environnement de modélisation 3D.

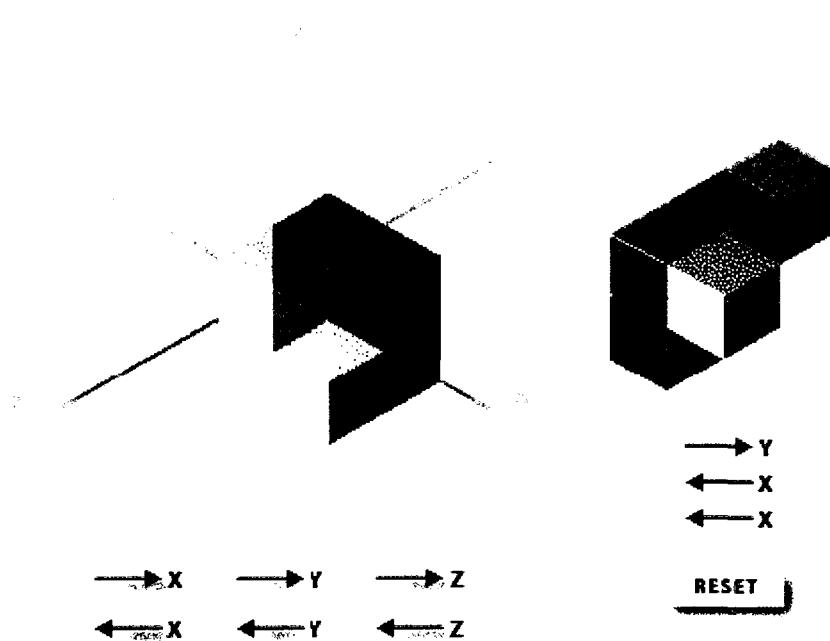


Figure 1-6 : Exemple tiré du didacticiel interactif (Ardebili, 2006).

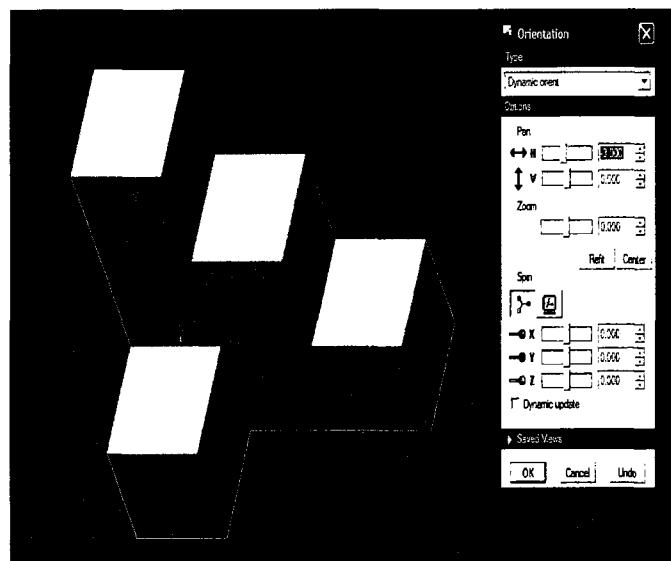


Figure 1-7 : Rotation d'un modèle solide 3D autour d'axes multiples à l'aide du logiciel Pro/Engineer (Ardebili, 2006).

Beaucoup de tâches dans notre monde moderne nécessitent des habiletés de visualisation spatiale afin d'être en mesure de naviguer et de manipuler des objets dans un environnement virtuel. Souvent, il est nécessaire de mesurer, à l'aide de tests, cette capacité à visualiser en 3D afin de prédire chez les individus leur niveau de réussite à l'accomplissement d'une tâche dans un environnement 3D. La plupart de ces tests sont de nature « papier-crayon » et ne sont pas suffisants pour mesurer correctement l'acuité spatiale. Hartman et al. (2006) ont développé un instrument permettant de mesurer la capacité de visualisation spatiale des étudiants dans un environnement virtuel (CAVE). Le participant est équipé de lunettes stéréoscopiques et n'a aucune interaction avec l'objet à étudier. L'objet est traversé par un plan de coupe et le participant doit sélectionner, parmi un choix de réponses, celle correspondant à la projection du plan de coupe (voir Figure 1-8). Ce nouvel outil est en développement et l'on espère qu'il contribuera à élaborer de nouvelles approches permettant d'améliorer le développement de la capacité de visualisation spatiale.

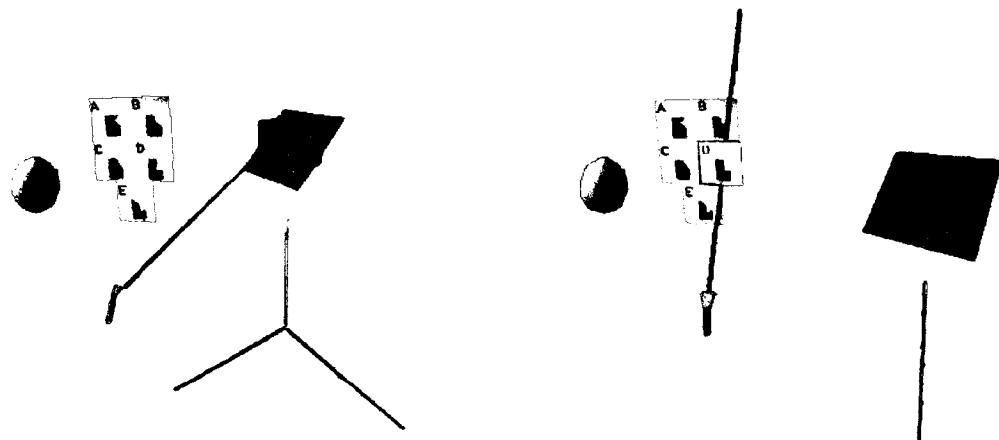


Figure 1-8 : Exemple d'un test de visualisation spatiale dans un environnement virtuel
(adapté de Hartman et al., 2006).

Du côté francophone, il ne semble pas y avoir autant de développement en matière de didacticiels et d'exerciseurs permettant l'apprentissage des normes et conventions de dessin technique. Un des rares didacticiels en langue française, répertorié à ce jour, est celui de Benyayer (2002) produit en accord avec la norme AFNOR et présente de façon très succincte les principes de base du dessin technique (voir Figure 1-9). Bien que le contenu soit juste et à propos, il n'en demeure pas moins qu'il est très limité tout en étant présenté à la manière d'une bande dessinée (voir Figure 1-10).

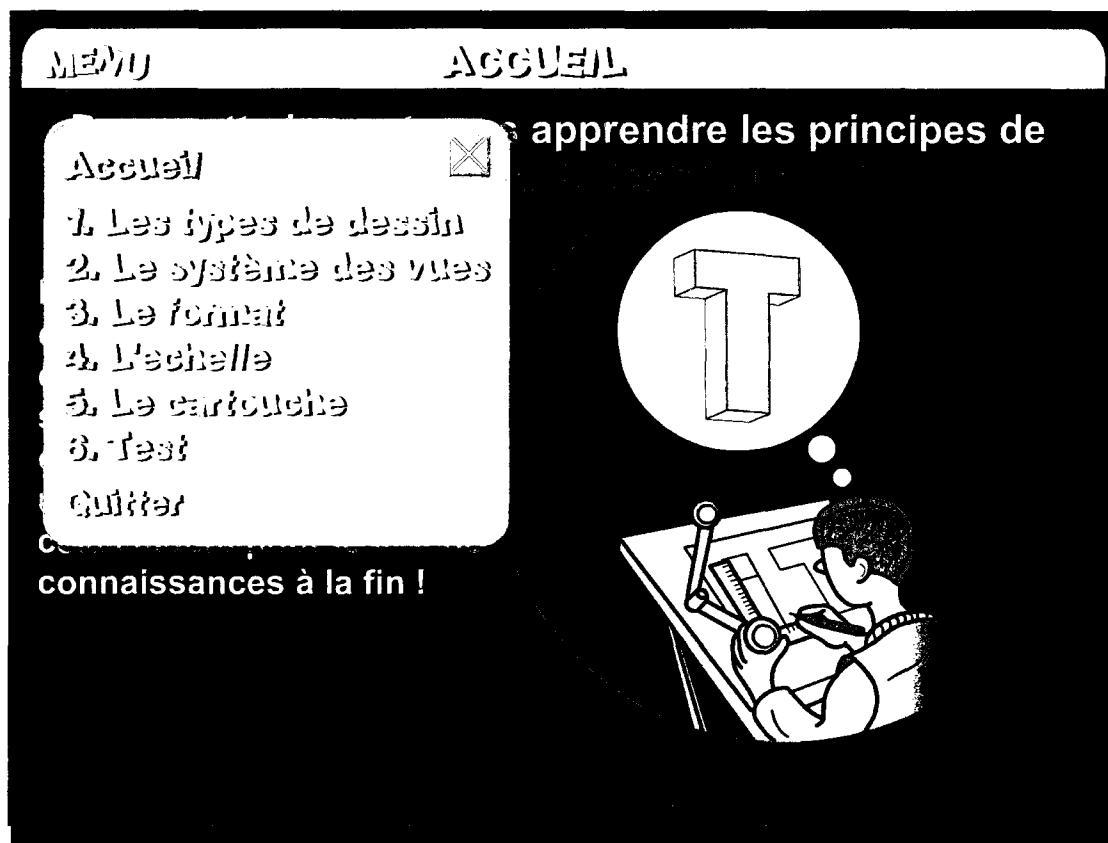


Figure 1-9 : Didacticiel européen pour l'apprentissage des normes et conventions de base utilisées en dessin technique (Benyayer, 2002).

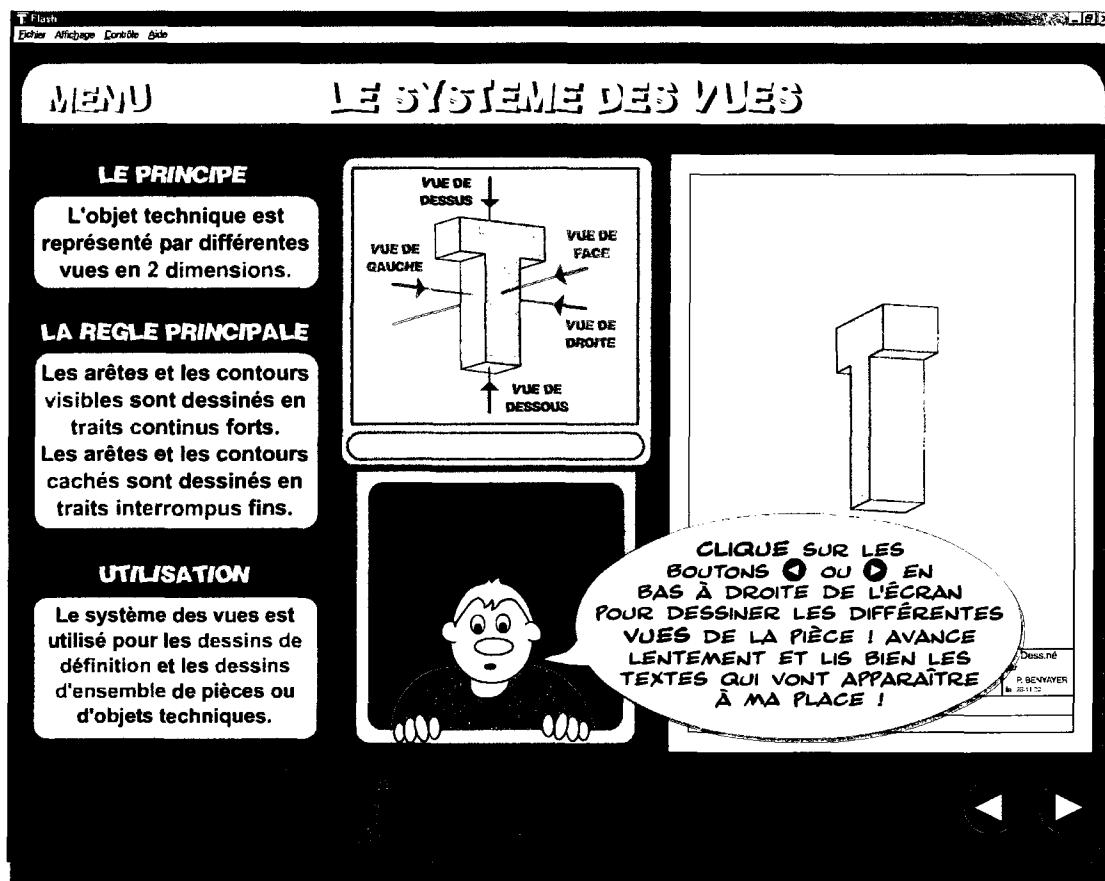


Figure 1-10 : Interface du didacticiel DessTech 2.1 (Benyayer, 2002).

1.3 Méthodes d'enseignement

L'évolution de la technologie informatique a entraîné d'importants changements dans le contenu des cours de première année. Les thèmes traités dans les cours, les manuels utilisés, le choix des logiciels et les méthodes d'évaluation sont différents d'un établissement d'enseignement à l'autre. Elrod & Stewart (2004) décrivent l'évolution du cours de dessin technique de première année à la *Georgia Institute of Technology* suite à une révision de celui-ci par la méthode « pédagogie par objectif » (*backward design*). Les nouvelles méthodes d'enseignement utilisées dans le cours d'introduction au dessin

d'ingénierie et visualisation spatiale de la *Georgia Institute of Technology* sont similaires à celles utilisées actuellement pour l'enseignement des cours MEC1510 et MEC1515 à l'École Polytechnique de Montréal.

À une certaine époque, à la *Youngstown State University*, l'enseignement de la DAO et de la CAO était prodigué sans que les étudiants aient suivi au préalable un cours de base couvrant les normes et conventions de représentation graphique. Les enseignants croyaient que les étudiants pouvaient apprendre ces notions à travers l'utilisation de logiciels de dessin 2D et de modélisation 3D. Les étudiants avaient de la difficulté à utiliser les logiciels pour dessiner quelque chose qu'ils ne comprenaient pas. Le dimensionnement des pièces s'est avéré un « désastre ». Les étudiants n'étaient pas en mesure d'atteindre un niveau satisfaisant de compétences en matière de dessin d'ingénierie. Il a été jugé nécessaire d'implanter un cours de base permettant d'enseigner les principes fondamentaux de représentation graphique afin de pouvoir utiliser efficacement les logiciels de DAO et CAO. Pierson & Suchora (2005) présentent le développement de ce cours de base. Encore une fois, les objectifs, le contenu du cours et les méthodes d'enseignement utilisées sont très similaires aux cours MEC1510 et MEC1515 enseignés à l'École Polytechnique de Montréal. Les résultats obtenus par les étudiants après avoir suivi ce nouveau cours sont jugés très satisfaisants et les étudiants sont beaucoup mieux préparés pour les cours subséquents qui nécessitent la maîtrise des normes et conventions de représentation graphique.

Lors de la présentation de théories d'apprentissage applicables à l'enseignement du dessin d'ingénierie et de la modélisation solide, Hartman & Branoff (2004) affirment que nous avons tous des raisons qui justifient notre manière d'enseigner. Il est possible que nous fassions les choses d'une certaine manière parce que c'est de cette façon que cela nous a été enseigné. Nos expériences antérieures ont définitivement une influence sur ce que l'on considère comme la bonne pratique à adopter. Il y a probablement autant de

méthodes d'enseignement qu'il y a d'enseignants. L'étude des théories d'apprentissage nous donne un moyen d'examiner systématiquement ce que nous faisons dans une salle de classe et de retenir les moyens par lesquels les étudiants apprennent le mieux. Dans de nombreux cas, il est même possible de découvrir qu'il existe une théorie fondamentale derrière les moyens utilisés pour enseigner. Un des arguments importants qui justifie cette réflexion et qui nous pousse à examiner les moyens utilisés pour enseigner un concept est que cela fait de nous de meilleurs éducateurs. Cela nous donne une compréhension plus approfondie sur la façon dont les étudiants apprennent le mieux les concepts présentés dans nos cours, ce qui, en retour, les préparent mieux à faire face à leur domaine d'activité professionnelle.

CHAPITRE 2 - MÉTHODOLOGIE

Dans ce chapitre et les suivants, les désignations *guide* ou *guide des normes* font référence au « Guide des normes et conventions de représentation graphique » (Cincou, 2006) présenté intégralement à l'annexe VI.

Il en est de même pour la désignation *didacticiel* (sauf indication contraire) qui fait référence au « Didacticiel : projection orthogonale et visualisation spatiale » (Cincou & Riendeau, 2004) présenté à l'aide de captures d'écran à l'annexe VII.

Ce chapitre présente en trois sections la méthodologie employée pour la réalisation du guide des normes et du didacticiel, ainsi que la méthode utilisée pour la vérification de la perception de l'utilité de ces nouveaux moyens d'enseignement.

2.1 Guide des normes

Le premier volet de la solution proposée est la réalisation d'un document de référence présentant les normes et conventions régissant la représentation graphique lors de la définition de produits.

Ce guide est principalement composé de figures illustrant des exemples et des contre-exemples. De courts paragraphes de texte accompagnent les illustrations.

Le document se veut synthétique, actuel et principalement en accord avec les normes ACNOR CAN3-78-1-M83 (1984), CAN/CSA-78-2-M91 (1992) et ISO 128-20 (1996).

2.2 Didacticiel

Le second volet de la solution proposée est la production d'un didacticiel multimédia qui viendra en support au guide des normes.

Le didacticiel permet d'illustrer, avec tous les avantages du multimédia, une stratégie de résolution de problèmes de projection orthogonale à travers plusieurs exemples, ainsi que quinze principes de base (lois géométriques) également présentés et qui sont le fondement de cette stratégie de résolution.

Cinq autres modules présentent les normes et conventions de représentation graphique de cas particuliers.

L'information est présentée à travers plusieurs fenêtres graphiques qui peuvent être déployées ou rétractées selon les préférences de l'usager.

Le didacticiel comprend aussi un module d'aide interactif accessible en tout temps.

La technologie Flash est utilisée pour la réalisation des animations 2D et 3D. Lancée en 1996, c'est une technologie qui est devenue très populaire pour la création d'animations et d'objets interactifs. Un grand avantage est que la majorité des systèmes d'exploitation sont en mesure de lire un contenu Flash sans problème. Largement diffusée sur le Web, il est permis de croire que la technologie Flash permettra d'assurer à court et à moyen termes (voire même à long terme) la pérennité du didacticiel.

Le didacticiel est hébergé sur un serveur Web dédié à l'enseignement (actuellement WebCT et éventuellement Moodle). Il peut être exécuté indépendamment du système d'exploitation (Windows, Mac OS X, Linux, Unix) ou du fureteur utilisé (Internet Explorer, Netscape, Safari, Firefox).

2.3 Vérification de la perception de l'utilité des nouveaux moyens et méthodes d'enseignement

Le moyen utilisé pour la vérification de la perception de l'utilité du guide des normes et du didacticiel est de recueillir les opinions des trois principaux acteurs qui ont été impliqués dans les cours ING1020, MEC1515 ou Modélisation de systèmes mécaniques (MEC1510). Il s'agit respectivement de l'auteur de ce projet, des enseignants donnant les cours impliqués et des étudiants suivant ces cours.

L'auteur de ce projet de recherche et un groupe de quatre enseignants sont en mesure d'apprécier l'enseignement des cours de dessin technique avant et après l'implantation des nouveaux moyens et méthodes d'enseignement. Les étudiants, quant à eux, sont amenés à fournir leur appréciation sur ces nouveaux moyens d'enseignement.

La convergence par « triangulation » des récits d'expérience de ces trois acteurs principaux permettra de vérifier l'impact de ces nouveaux moyens.

2.3.1 Récit d'expériences de l'auteur

Impliqué dans l'enseignement du dessin technique à l'École Polytechnique de Montréal depuis 1991, coordonnateur du cours ING1020 depuis 2002 et ayant participé à la mise sur pied des cours MEC1515 et MEC1510 dans le cadre du nouveau programme de formation (PDF), l'auteur de ce projet de recherche est en mesure de fournir un témoignage important permettant de mieux saisir et comprendre l'évolution de l'enseignement du dessin technique à Polytechnique.

Ce témoignage servira de fil conducteur aux récits d'expériences des enseignants et à ceux des étudiants.

2.3.2 Récits d'expériences des enseignants

Trois questions ont été posées à quatre enseignants des cours MEC1510 et MEC1515, qui ont eu l'occasion d'enseigner avant et après l'implantation des nouveaux moyens et méthodes d'enseignement. Les trois questions pouvaient se lire comme suit :

- Quels sont les avantages et les désavantages du guide des normes utilisé dans les cours MEC1510 et MEC1515 en comparaison avec l'ancien manuel de référence (Giesecke et al., 1982a; 1982b; 1982c)?
- Quels sont les avantages et les inconvénients à utiliser le didacticiel en comparaison avec les méthodes d'enseignement traditionnelles?
- Quelle est votre perception de l'impact de ces nouveaux moyens d'enseignement sur la qualité des apprentissages des étudiants?

2.3.3 Enquête auprès des usagers

Les étudiants ne peuvent fournir de témoignages permettant de mesurer l'impact des changements des nouveaux moyens d'enseignement. Par contre, il est possible de connaître leur perception de l'utilité de ces nouveaux moyens.

Entre l'automne 2006 et l'automne 2007, une enquête a été menée auprès des étudiants qui ont suivi les cours MEC1510 ou MEC1515.

Cinq cent soixante-trois étudiants ont répondu à un questionnaire élaboré en collaboration avec le Bureau d'appui pédagogique de Polytechnique (BAP). Un exemplaire du questionnaire est présenté à l'annexe IV.

Le questionnaire est divisé en deux parties. La première partie porte sur le guide des normes et la seconde sur le didacticiel.

Chacune des parties comprend douze énoncés et un espace permettant de recueillir des commentaires écrits.

Les étudiants répondent aux énoncés à l'aide d'un des quatre degrés d'appréciation proposés :

- L'étudiant inscrit le chiffre 4 s'il est tout à fait d'accord avec l'énoncé.
- L'étudiant inscrit le chiffre 3 s'il est plutôt d'accord avec l'énoncé.
- L'étudiant inscrit le chiffre 2 s'il est plutôt en désaccord avec l'énoncé.
- L'étudiant inscrit le chiffre 1 s'il est tout à fait en désaccord avec l'énoncé.

La comptabilisation des pourcentages d'accord et de désaccord sera effectuée pour chaque énoncé et les commentaires pertinents seront compilés et classés par catégories (voir annexe V).

CHAPITRE 3 - GUIDE DES NORMES

Ce chapitre est composé de deux sections. La première présente la maquette et la structure qui compose le guide des normes. La seconde section est consacrée à la description et au contenu du guide.

3.1 Maquette et structure

Note : les figures présentées dans cette section servent à illustrer la structure de la mise en page du guide des normes. Pour en apprécier le contenu, il faut se référer à l'annexe VI.

La mise en page du guide des normes a été réalisée sur un support format lettre U.S. ($8\frac{1}{2}$ " \times 11") avec une orientation paysage. Le document est relié à l'aide d'une spirale dans la marge supérieure.

Une page type est composée d'une zone d'illustration (qui n'occupe pas moins de soixante-quinze pour cent de la superficie disponible) et d'une zone (dans la marge de droite) favorisant la prise de notes (voir Figure 3-1).

L'emphase est mise sur l'illustration du thème présenté à l'aide d'exemples ou de contre-exemples.

Dans de rares cas (cinq pages sur cinquante), la zone de notes est réduite pour faire place à une définition ou une interprétation (voir Figure 3-2).

Les commentaires apportés aux illustrations sont écrits en italique alors que toute écriture appartenant au dessin (titres, dimensions, notes) est réalisée en écriture normalisée majuscule (voir Figure 3-3).

Une des caractéristiques du guide des normes est que l'information concernant un thème se retrouve entièrement sur une seule page. Le lecteur peut donc concentrer son attention à un endroit, plutôt que d'avoir à parcourir plusieurs pages afin de retrouver le renseignement désiré : « un thème, une page ».

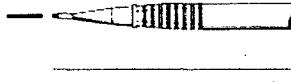
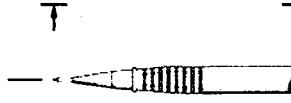
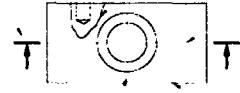
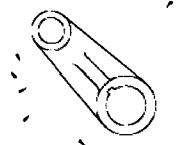
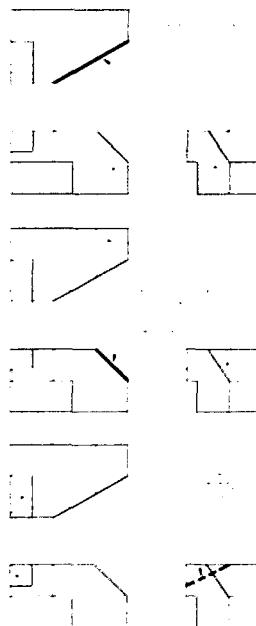
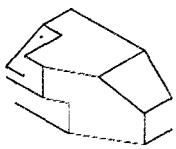
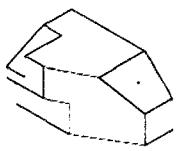
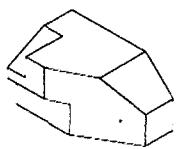
Chapitre 1	Definitions et conventions de base
<p>Nature et calibre des traits</p>     	<p>Notes</p>

Figure 3-1 : Page typique du guide des normes.

Signature graphique des surfaces inclinées**Définition****Surface Inclinée**

La surface plane perpendiculaire au fond des trois plans de projection et ne possède pas une surface inclinée.

Elle a un caractère graphique distinctif lorsque cette surface est représentée sur le plan et qu'il est perpendiculaire à la surface en question; réduisant ainsi la forme simplifiée et exactement le même nombre de sommets dans les deux autres plans.

Notes

Figure 3-2 : Zone de notes réduite et zone de définition.

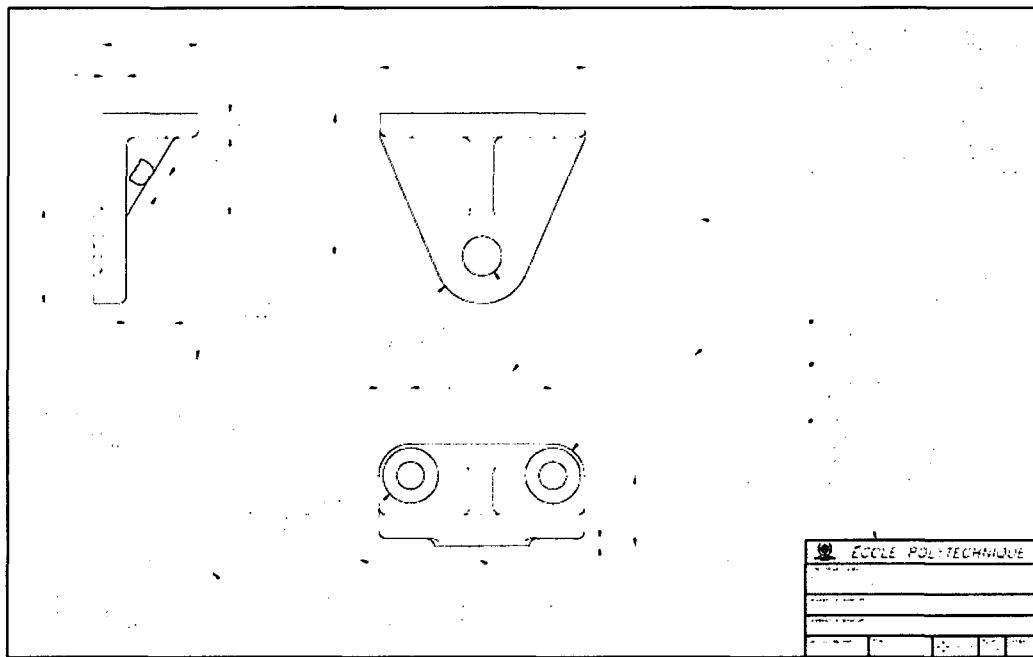


Figure 3-3 : Utilisation de l'écriture dans la zone d'illustration.

3.2 Description et contenu

Le guide des normes est composé de six chapitres et une section « Appendices » présentés dans l'ordre suivant :

- Définitions et conventions de base;
- Représentation conventionnelle des formes;
- Vue en coupe;
- Règles de cotation;
- Représentation et codification des filetages;
- Dessins de définition;
- Appendices.

Les thèmes abordés dans chacun des chapitres sont décrits aux sections 3.2.1 à 3.2.7 et le contenu détaillé de chacun de ces thèmes est présenté à l'annexe VI.

3.2.1 Définitions et conventions de base

Ce chapitre du guide des normes présente les thèmes suivants :

- Dessin aux instruments versus croquis;
- Écriture normalisée;
- Nature et calibre des traits;
- Convention des lignes cachées;
- Convention des lignes d'axe.

3.2.2 Représentation conventionnelle des formes

Ce chapitre du guide des normes présente les thèmes suivants :

- Dessin à vues multiples;
- Disposition des vues;
- Priorité des lignes;
- Représentation isométrique versus projection isométrique;
- Lignes cachées dans une représentation isométrique;
- Signature graphique des surfaces normales;
- Signature graphique des surfaces inclinées;
- Signature graphique des surfaces obliques;
- Stratégie de résolution d'un problème à deux vues complètes;

- Surfaces de révolution;
- Types de trous et outils de perçage;
- Intersections et tangences;
- Surfaces brutes et surfaces usinées;
- Représentation conventionnelle des congés et arrondis.

3.2.3 Vues en coupes

Ce chapitre du guide des normes présente les thèmes suivants :

- Principe d'une coupe;
- Traces de plan de coupe, normes et hachures;
- Coupe complète, à plans parallèles, à plans sécants et demi-coupe;
- Coupe de nervures, coupe locale, sections rabattues et sections sorties;
- Intersections et brisures conventionnelles.

3.2.4 Règles de cotation

Ce chapitre du guide des normes présente les thèmes suivants :

- Règles de base;
- Cotation des rayons, des trous, des cylindres et des cercles de centre;
- Cotation par contour; cotes de grandeur et de position.

3.2.5 Représentation et codification des filetages

Ce chapitre du guide des normes présente les thèmes suivants :

- Généralités;
- Proportions des vis et des écrous;
- Représentation et codification des filetages en système impérial;
- Représentation et codification des filetages en système métrique.

3.2.6 Dessins de définition

Ce chapitre du guide des normes présente les thèmes suivants :

- Représentation isométrique éclatée;
- Dessin de détail;
- Dessin d'assemblage;
- Dessin d'aménagement.

3.2.7 Appendices

Cette section du guide des normes présente les thèmes suivants :

- Équivalents décimaux des fractions du pouce;
- Échelles normalisées;
- Formats normalisés des feuilles à dessin;
- Filetage Unified National et grandeur des forets;
- Filetage métrique et grandeur des forets.

CHAPITRE 4 - DIDACTICIEL

Ce chapitre est composé de deux sections. La première décrit l'interface et présente la structure du didacticiel. La seconde est consacrée à la description et au contenu de ce dernier.

4.1 Interface et structure

Note : les figures présentées dans cette section servent à illustrer la structure de l'interface du didacticiel. Pour en apprécier le contenu, il faut se référer à l'annexe VII.

Lors du démarrage du didacticiel, l'écran d'accueil affiche la fenêtre « Menu » qui permet à l'usager de faire un choix parmi les différentes rubriques disponibles (voir Figure 4-1).

Les onglets des fenêtres « Menu » et « Principes de base » sont accessibles en tout temps, peu importe la rubrique choisie.

Il y a deux façons d'ouvrir une fenêtre à partir d'un onglet : la première façon consiste à cliquer sur les petites flèches situées à la droite de l'onglet (voir Figure 4-2). La flèche indique la direction vers laquelle la fenêtre se déplacera. Cette méthode permet d'ouvrir ou de fermer complètement la fenêtre.

La deuxième façon est d'utiliser le « glisser-déposer » (*drag and drop*) sur l'onglet de la fenêtre. Ceci permet une ouverture ou une fermeture partielle de la fenêtre.

La fenêtre « Principes » est située en bas à droite de l'interface et permet de visionner une série de principes et de lois géométriques sur lesquels repose la résolution d'un problème de projection orthogonale. C'est un peu comme avoir un dictionnaire à portée de la main en permanence.

La partie de gauche de la fenêtre « Principes » présente la liste des différents principes et lois géométriques. Pour accéder à un de ces principes, il suffit de cliquer sur l'item dans la liste (voir Figure 4-3, zone 1).

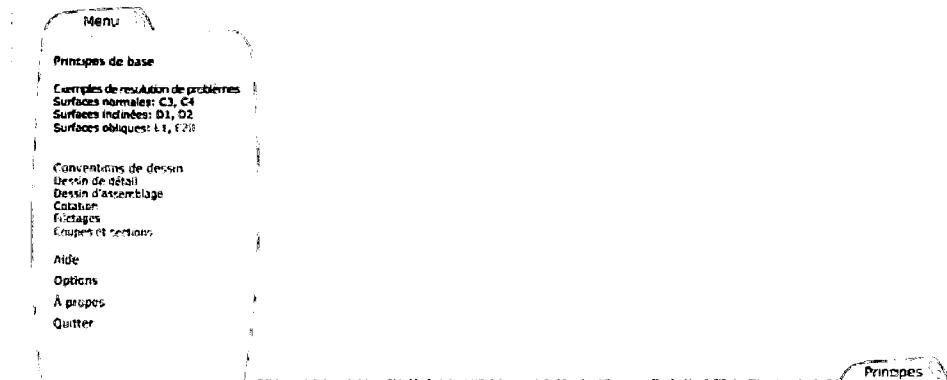


Figure 4-1 : Écran d'accueil et onglet « Menu ».

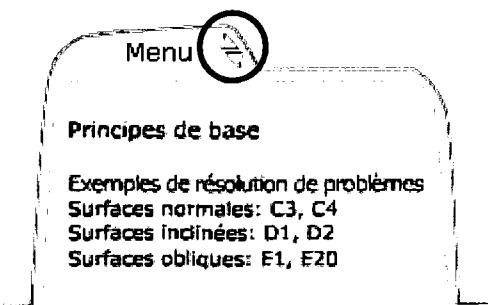


Figure 4-2 : Manipulation des fenêtres à partir des onglets.

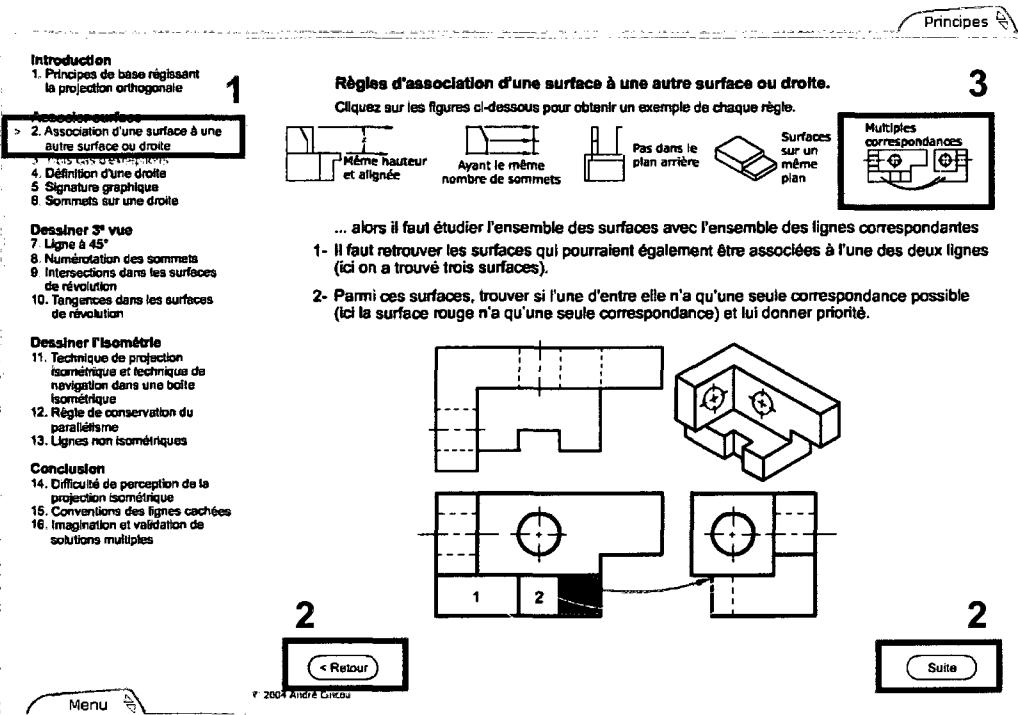


Figure 4-3 : Structure de la fenêtre « Principes ».

Certains principes ont plus d'une page. Pour passer d'une page à l'autre, il suffit de cliquer sur le bouton « Suite » ou « Retour » au bas de la fenêtre (voir Figure 4-3, zone 2). Souvent la partie supérieure de la fenêtre offre un menu afin de pouvoir passer à une section particulière du principe présenté (voir Figure 4-3, zone 3).

Dans le menu principal de l'écran d'accueil, en choisissant de visionner un des six exemples de résolution de problème, la fenêtre « Résolution » s'ouvre partiellement (Figure 4-4, zone 1). Il est possible d'afficher de l'information supplémentaire en faisant glisser la fenêtre verticalement à l'aide du « glisser-déposer ». Le titre du problème apparaît dans le coin supérieur gauche (Figure 4-4, zone 2), des instructions apparaissent dans l'espace de travail (Figure 4-4, zone 3) et des onglets permettant d'afficher la vue

3D et l'isométrie de l'objet étudié sont accessibles dans le coin supérieur droit de la fenêtre (Figure 4-4, zone 4).

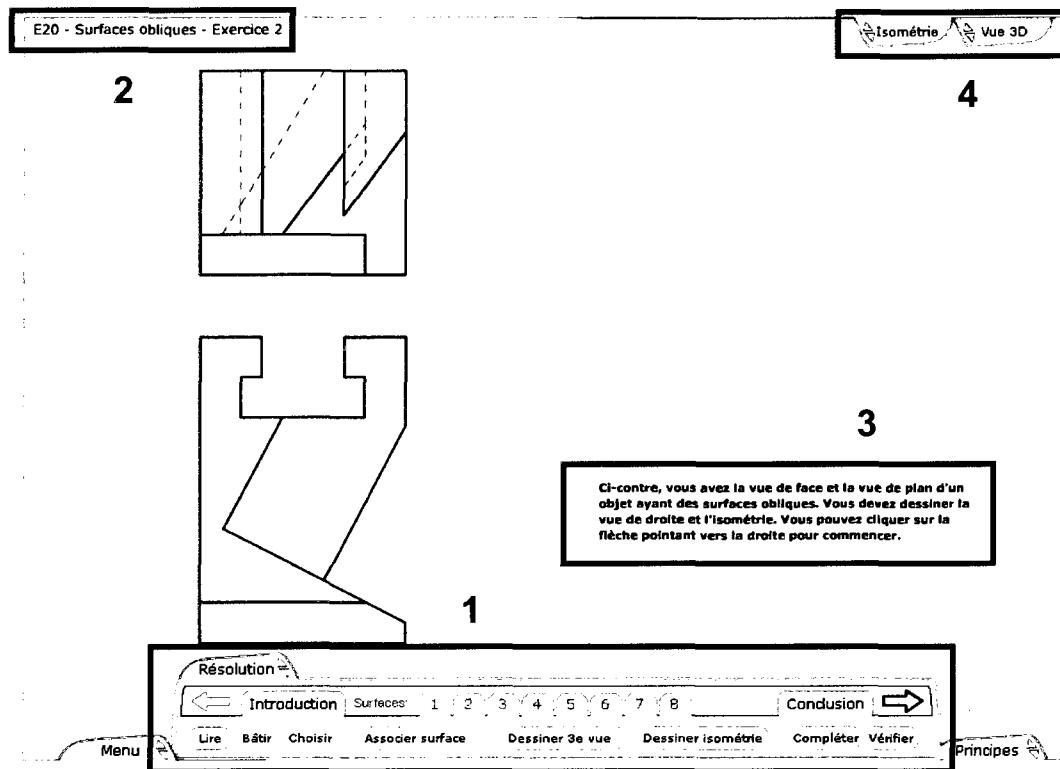


Figure 4-4 : Structure de l'interface lors de la résolution d'un problème.

Il y a cinq grandes parties à la fenêtre « Résolution » :

- l'introduction du problème avec ses trois étapes (Figure 4-5, zone 1);
- les surfaces de la pièce à solutionner avec ses trois étapes (Figure 4-5, zone 2);
- la conclusion du problème avec ses deux étapes (Figure 4-5, zone 3);
- une phrase qui résume l'étape actuellement en cours (Figure 4-5, zone 4);
- les notes complémentaires à l'étape actuellement en cours (Figure 4-5, zone 5).

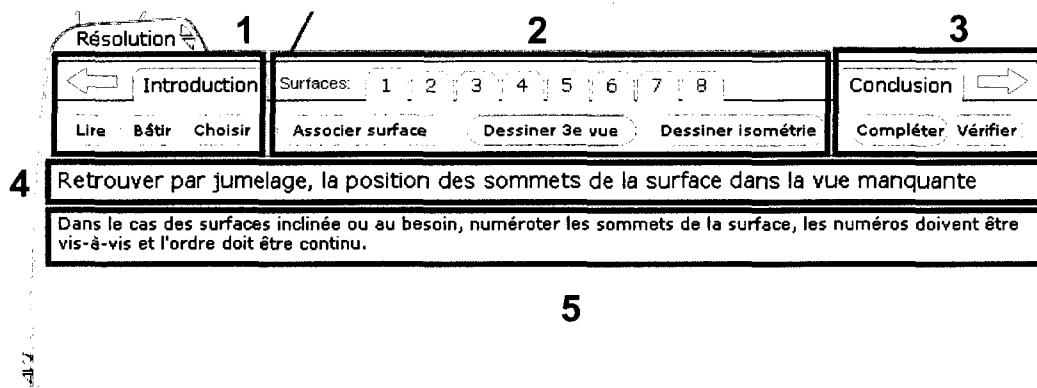


Figure 4-5 : Structure de la fenêtre « Résolution ».

Des flèches aux extrémités gauche et droite de la fenêtre permettent d'avancer ou de reculer lors du visionnement de la résolution d'un problème.

Dans la partie fournissant l'information sur les surfaces de la pièce (Figure 4-5, zone 2), des onglets indiquent le nombre de surfaces analysées lors de la résolution et l'onglet plus pâle indique la surface qui est en cours d'analyse.

La fenêtre « Isométrie » permet de présenter la vue isométrique de l'objet étudié au fur et à mesure que la résolution du problème progresse (voir Figure 4-6).

La fenêtre « Vue 3D » permet de visualiser et manipuler la pièce dans un environnement 3D (voir Figure 4-7).

En déplaçant la souris par-dessus l'objet 3D, il est possible de le faire pivoter dans l'espace 3D. L'angle de rotation est mis en évidence sur les axes du graphique à l'aide de marqueurs de couleur jaune (voir Figure 4-8, zone 1). En déplaçant la souris de façon à faire coïncider les marques jaunes avec les marques rouges des deux axes, cela permet de visualiser l'objet en projection isométrique.

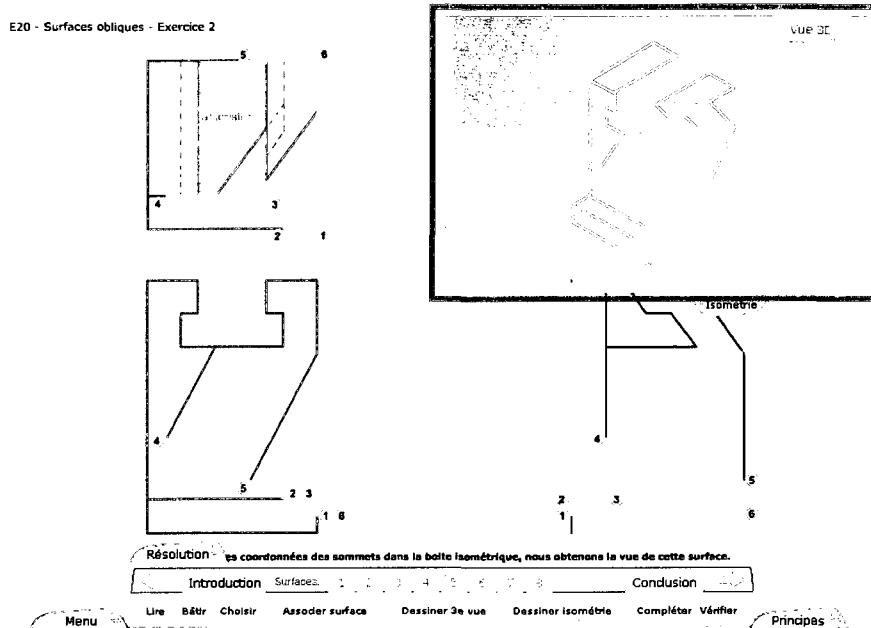


Figure 4-6 : Fenêtre « Isométrie ».

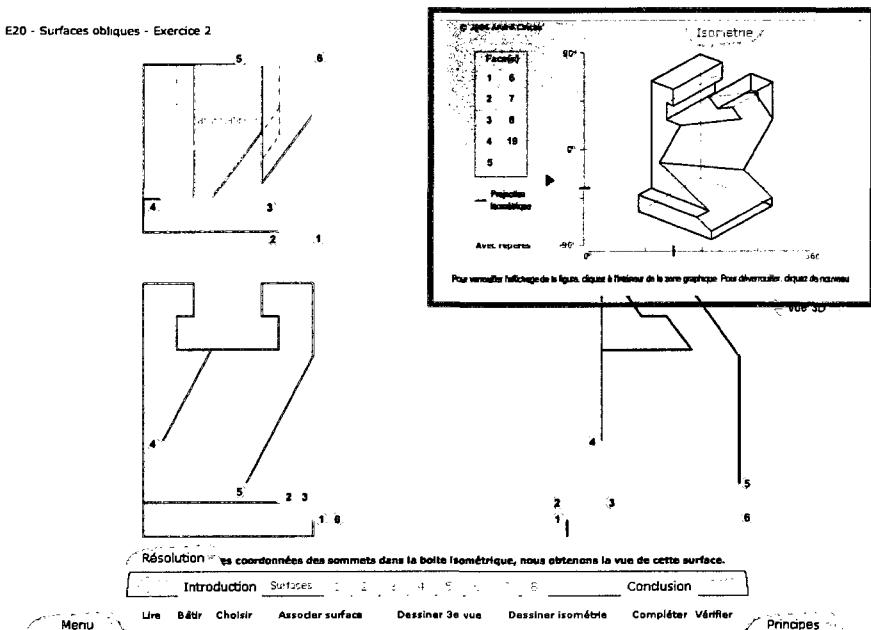


Figure 4-7 : Fenêtre « Vue 3D ».

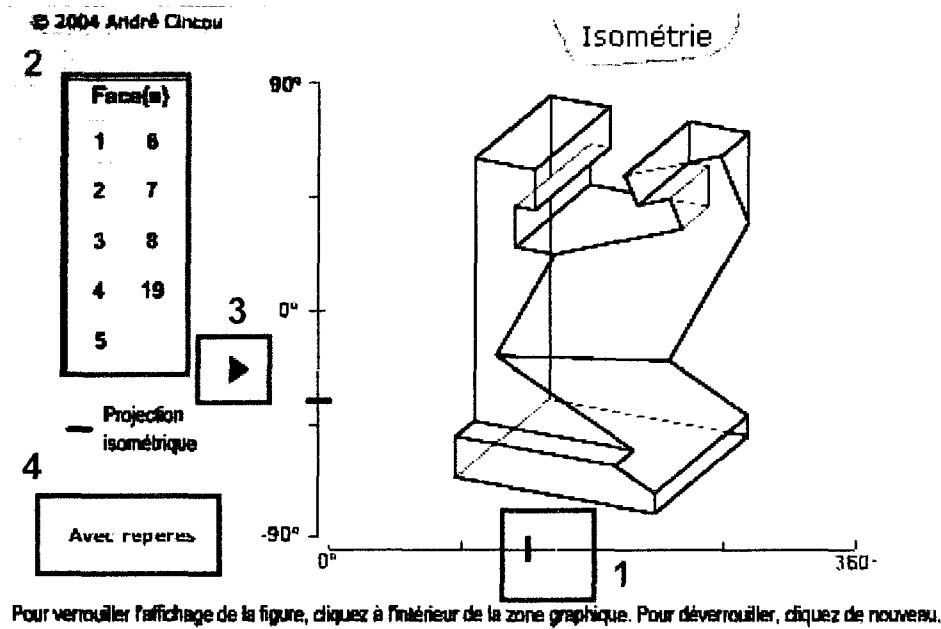


Figure 4-8 : Structure de la fenêtre « Vue 3D ».

Les boutons dans la section « Faces » permettent d'afficher un certain nombre de faces de l'objet tout en suivant l'ordre de résolution du problème (Figure 4-8, zone 2).

Le bouton en forme de flèche sur l'axe vertical permet de faire tourner l'objet en continu tout en gardant constante la valeur de l'angle affichée sur l'axe vertical (Figure 4-8, zone 3).

Le bouton « Avec repères » (Figure 4-8, zone 4) permet d'afficher des repères (petits points blancs, voir Figure 4-9) permettant de visualiser l'objet selon un des six plans de projection orthogonaux ou avec une vue isométrique. Pour activer le repère désiré, il suffit de cliquer à l'intérieur du point blanc (Figure 4-9, zone 1). Pour revenir au mode

de manipulation sur mesure, il faut cliquer sur le bouton « Sans repères » (Figure 4-9, zone 2).

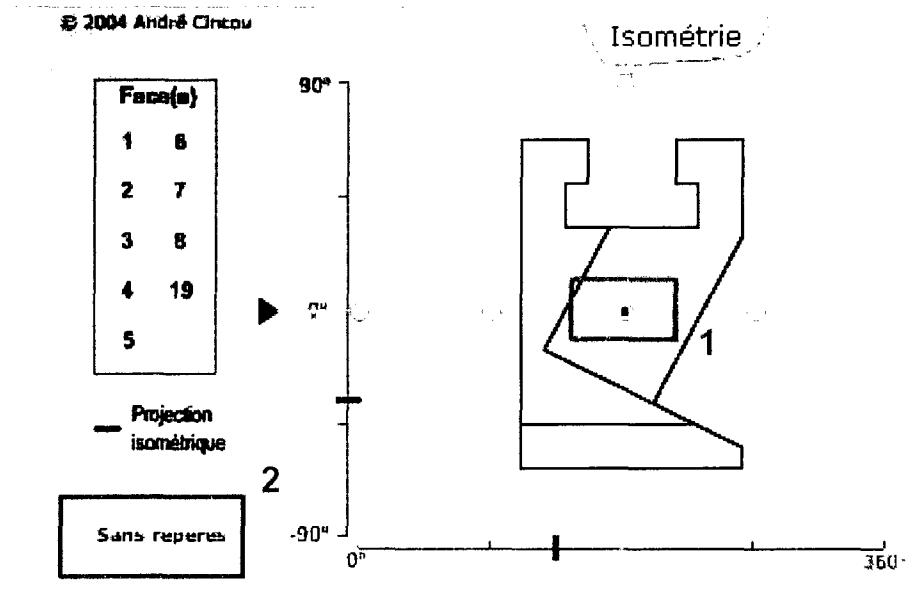


Figure 4-9 : Vue 3D avec repères.

L’interface pour les cinq modules de la rubrique « Conventions de dessin » est similaire d’un module à l’autre. Les différentes sections du module peuvent être consultées de façon indépendante en cliquant sur les boutons correspondants de la fenêtre « Contrôles » (Figure 4-10, zone 1). Il est possible de visionner les sections de façon séquentielle en cliquant sur les flèches aux extrémités droites ou gauches de la fenêtre « Contrôles » (Figure 4-10, zone 2).

Certains modules sont munis d’une loupe (Figure 4-10, zone 3) afin d’agrandir certains détails difficiles à distinguer à l’œil nu.

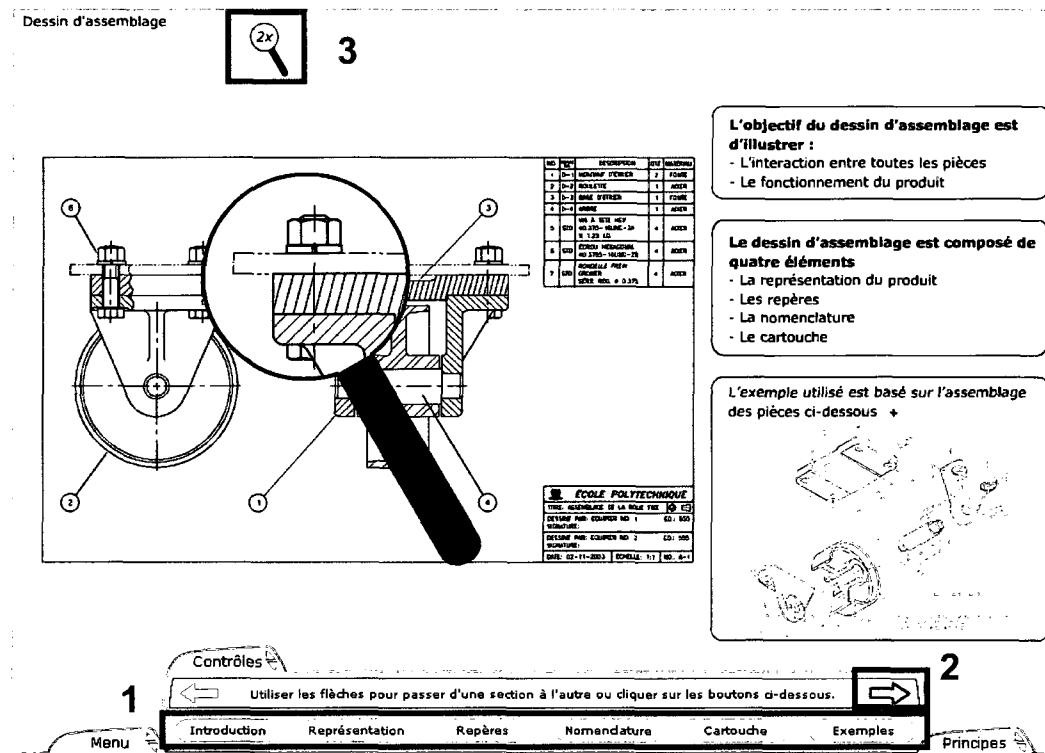


Figure 4-10 : Structure de l'interface de la rubrique « Conventions de dessin ».

4.2 Description et contenu

Le didacticiel comprend trois rubriques principales :

- Les principes, les conventions et les lois géométriques sur lesquels est basée la stratégie de résolution de problèmes.
- Une rubrique présente six exemples détaillés de résolution de problèmes à l'aide de la stratégie de résolution.
- Les conventions régissant la représentation graphique de cas particuliers.

Chacune des rubriques comprend plusieurs modules qui sont énumérés aux sections 4.2.1, 4.2.2 et 4.2.3 et chaque module comprend plusieurs animations.

Pour cette raison, seul un contenu partiel des modules est présenté sous forme de captures d'écran à l'annexe VII. Une présentation complète sur papier pour chacune des animations serait beaucoup trop laborieuse.

4.2.1 Principes, conventions et lois géométriques

Cette rubrique du didacticiel comprend les modules suivants :

- Principes de base régissant la projection orthogonale;
- Association d'une surface à une autre surface ou à une droite;
- Définition d'une droite;
- Signature graphique des surfaces planes;
- Localisation des sommets sur une droite;
- Ligne à 45°;
- Technique de numérotation des sommets;
- Intersections des surfaces de révolution;
- Tangences des surfaces de révolution;
- Technique de projection isométrique et navigation dans une boîte isométrique;
- Règle de conservation du parallélisme;
- Lignes non isométriques;
- Difficulté de perception de la projection isométrique;
- Convention régissant les lignes cachées;

- Imagination et validation de solutions multiples.

4.2.2 Résolution de problèmes à l'aide de la stratégie de résolution

Cette rubrique du didacticiel comprend les modules suivants :

- Deux exemples de résolution détaillés et orientés sur les surfaces normales;
- Deux exemples de résolution détaillés et orientés sur les surfaces inclinées;
- Deux exemples de résolution détaillés et orientés sur les surfaces obliques.

4.2.3 Conventions de représentation graphique de cas particuliers

Cette rubrique du didacticiel comprend les modules suivants :

- Conventions régissant les dessins de détail;
- Conventions régissant les dessins d'assemblage;
- Conventions de cotation;
- Conventions régissant la codification et la représentation des filetages;
- Conventions régissant la représentation des coupes et sections.

CHAPITRE 5 - PERCEPTION DE L'UTILITÉ DES NOUVEAUX MOYENS ET MÉTHODES D'ENSEIGNEMENT

La perception de l'utilité des nouveaux moyens d'enseignement est mesurée à l'aide de trois outils. Deux de ces outils font appel à des récits d'expériences : celui de l'auteur et ceux des enseignants qui ont eu l'occasion de connaître l'avant et l'après de l'implantation des nouveaux moyens et méthodes d'enseignement. Le troisième outil est une enquête menée auprès des usagers que sont les étudiants des cours MEC1510 et MEC1515, à l'aide d'un questionnaire présenté à l'annexe IV.

Trois sections composent ce chapitre. La première est consacrée au récit d'expériences de l'auteur. La seconde relate les récits d'expériences de quatre enseignants. La dernière section présente les résultats d'une enquête menée auprès de cinq cent soixante-trois usagers (étudiants).

Les récits d'expériences sont le fruit de réflexions personnelles et l'expression d'un vécu. Une partie de la présentation de ces récits est écrite au « Je » plutôt que sur un ton neutre.

5.1 Récit d'expériences de l'auteur

Impliqué dans l'enseignement du cours de communication graphique depuis 1991, je suis un témoin privilégié de son évolution. Le contenu, les manuels et les moyens d'enseignement ont changé au cours des années afin de s'adapter à la réalité de l'époque ou tout simplement dans le but d'améliorer le produit afin d'octroyer une meilleure formation aux étudiants. Il est à noter que depuis 1991 le cours ING1020, maintenant devenu MEC1515, a toujours été maintenu à deux heures d'enseignement magistral et

deux heures de travaux dirigés ou de travaux pratiques en laboratoire par semaine, totalisant cinquante-deux heures d'enseignement par trimestre.

Les sections 5.1.1 à 5.1.4 présentent les points principaux marquant l'évolution et les changements apportés aux cours ING1020 et MEC1515.

5.1.1 Période de 1991 à 1997

En plus des concepts encore enseignés aujourd'hui dans le cours, c'est-à-dire l'introduction à la projection orthogonale et à la représentation isométrique, la notion de croquis, la signature graphique des surfaces normales, inclinées et obliques, surfaces de révolution, cas particuliers d'intersections et de tangences, congés et arrondis, coupes et sections, cotation, types de dessins; les concepts suivants faisaient partie aussi du bagage transmis aux étudiants : utilisation et entretien des instruments traditionnels de dessin, constructions de formes géométriques et raccords, vues auxiliaires du premier degré et du second degré.

Pour chaque concept théorique enseigné s'en suivait une période équivalente de travaux dirigés (nécessaire) afin de permettre l'assimilation des concepts.

L'enseignement se faisait à l'aide de moyens traditionnels (tableau noir et transparents).

Malgré cela, des périodes de consultations en dehors des heures de classe étaient nécessaires pour plusieurs étudiants afin d'expliquer davantage les concepts théoriques ou encore pour reprendre les démonstrations faites en classe.

5.1.2 Période de 1997 à 2002

L'évolution de la technologie informatique et les besoins du marché ont fait en sorte que l'on a dû retirer certains thèmes du cours afin de faire place à des démonstrations en salle de classe sur le logiciel AutoCAD. Effectivement, l'utilisation et l'entretien des instruments traditionnels de dessin, les raccords et les constructions de formes géométriques ont été retirés du cours.

Quatre démonstrations de deux heures sont réalisées dans une salle de cours (et non en laboratoire) et permettent l'enseignement des rudiments de base de l'utilisation du logiciel de DAO AutoCAD. Aucune manipulation du logiciel n'est faite par l'étudiant lors des démonstrations. Les étudiants mettent en application les concepts enseignés par le biais de devoirs réalisés en équipe de deux en dehors des heures de classe.

De nombreuses périodes de consultations hors-cours sont toujours nécessaires afin d'expliquer davantage les concepts théoriques ou encore pour reprendre les démonstrations faites en classe.

5.1.3 Période de 2002 à 2005

Adoption d'une stratégie de résolution de problèmes de projection orthogonale permettant ainsi aux étudiants d'acquérir une démarche structurée lors de la résolution de problèmes.

Premiers pas dans la production d'un didacticiel reprenant les étapes de la stratégie de résolution.

Mise en place de six travaux pratiques en laboratoire pour l'enseignement du logiciel AutoCAD et production d'un aide-mémoire destiné à l'utilisation du logiciel. Pour cela, on doit comprimer davantage la matière et se limiter à l'enseignement des thèmes

essentiels et pertinents à la formation d'ingénieur. Les vues auxiliaires du second degré sont éliminées du programme du cours.

On constate une diminution importante des demandes de consultation en dehors des heures de cours. Cela est principalement dû à l'implantation de la stratégie de résolution de problèmes et à l'utilisation du didacticiel par les étudiants.

5.1.4 Période de 2005 à ce jour

Production d'une version spéciale du volume de référence (Giesecke et al., 1982b) permettant de présenter que l'information pertinente au cours. Cette action facilite la recherche d'information lors de la révision des concepts théoriques lors la préparation aux examens. Malgré cela, il reste que le volume de référence utilisé est plus ou moins adapté à la réalité de l'époque et comprend encore trop d'informations et de cas d'exception.

Mise en place d'une version très évoluée du didacticiel avec six exemples de résolution de problèmes, une dizaine de principes et lois géométriques et plusieurs conventions particulières de représentation graphique.

On note une diminution considérable des demandes de consultation. Les étudiants sont de plus en plus autonomes.

À l'automne 2005, implantation du nouveau programme de formation (PDF) à l'École Polytechnique.

Le cours ING1020 est scindé en deux versions : MEC1515 pour les spécialités de génie civil, géologique, des mines et industriel; MEC1510 pour génie mécanique.

Un autre effort de synthèse de la matière du cours MEC1515 est nécessaire afin de permettre la mise en place de dix travaux pratiques en laboratoire sur le logiciel

AutoCAD et de deux travaux pratiques en laboratoire sur le logiciel CATIA. Deux cours de deux heures portant sur la lecture de plans sont aussi ajoutés au programme du cours.

À l'automne 2006, adoption du guide des normes (Cincou, 2006) comme volume de référence.

Il n'y a pratiquement plus de demandes de consultation en dehors des heures de cours.

Les étudiants réussissent aussi bien, sinon mieux, que par les années passées pour un même degré de difficulté de problèmes lors des contrôles périodiques et des examens finaux.

5.2 Récits d'expériences des enseignants

5.2.1 Récit d'expériences de Luc Baron

Les sections 5.2.1.1 à 5.2.1.3 font référence au récit d'expériences de Baron (2008).

5.2.1.1 Avantages et désavantages du guide des normes

« Dans le contexte moderne d'exercice de l'ingénierie avec des outils de CAO performants, il est nécessaire de réduire le volume de l'information contenue dans un livre de dessin technique tel celui de Giesecke et al. (1982c) aux seuls éléments essentiels.

Ici, le guide des normes ne présente que les règles de « grammaire » du dessin technique avec des exemples d'applications, laissant ainsi beaucoup plus de place (temps d'enseignement) aux méthodologies et outils CAO. Il est difficile et même périlleux de tenter de produire un tel résumé sous forme de règles grammaticales du dessin technique. Jusqu'à maintenant, je n'y vois aucun désavantage, que des avantages. »

5.2.1.2 Avantages et désavantages du didacticiel

« Puisque le didacticiel utilise un support informatique (et souvent même 3D) pour transmettre les techniques d'interprétation et de construction des dessins d'ingénieries plutôt que des supports 2D statiques, il offre beaucoup plus de possibilités d'apprentissage aux étudiants. Le passage du 3D au 2D se visualise mentalement beaucoup plus facilement en 3D, puis le passage du 2D vers le 3D se fait moins laborieusement. Je vois le didacticiel comme un remplacement partiel et un complément aux méthodes traditionnelles. Le didacticiel ne permet pas de remplacer complètement la méthode traditionnelle, dont la solution de problèmes de façon magistrale. Je crois que les étudiants ont besoin de voir et entendre. »

5.2.1.3 Impact des nouveaux moyens d'enseignement

« L'utilisation du guide des normes à la place du manuel de dessin technique (Giesecke et al., 1982c) est indéniablement une amélioration qui allège la somme de travail des étudiants sans réduire la qualité de ces apprentissages. Les étudiants travaillent directement avec un document succinct qui est un résumé des normes présenté sous forme de règles systématiques à appliquer. »

5.2.2 Récit d'expériences d'Isabelle Dépatie

Les sections 5.2.2.1 à 5.2.2.6 font référence au récit d'expériences de Dépatie (2008).

5.2.2.1 Avantages du guide

« [Le guide des normes] offre une précision dans la matière enseignée; pas de surplus de matière qui peut mélanger les étudiants, seulement la matière à apprendre.

[Le guide des normes] permet de mettre l'accent sur les points importants et non sur de l'information d'il y a 30 ans dans le domaine du dessin technique en ingénierie. La matière est toujours valide dans le manuel de dessin technique (Giesecke et al., 1982c), mais moins adaptée au contexte actuel.

Le format est très intéressant, l'information concise et le document est plus facile à transporter.

Les figures et les exemples sont très bien condensés et il est plus facile d'expliquer rapidement les informations pertinentes. Nous n'avons plus besoin d'utiliser plusieurs figures [inutilement].

Par exemple, le ratio d'amélioration est peut-être de trois figures pour une, ce qui fait que la gestion de l'information est plus rapide et claire pour les étudiants.

L'ordre dans lequel est présentée l'information suit la logique du cours. C'est simple de s'y retrouver, le livre accompagne le déroulement du cours.

Il est aisément avec une lecture rapide de trouver l'information concernant un sujet.

Par contre, il faudrait vérifier si le format synthétique est un bon outil complémentaire à l'enseignement lorsqu'on n'assiste pas au cours.

Pour l'enseignement, c'est un excellent support pour prendre des notes et orienter les étudiants. Il est plus facile de les guider et les inciter à répondre à leurs questions par eux-mêmes. »

5.2.2.2 Désavantages du guide des normes

« Pour un usage futur avec des besoins si divers pour ces futurs ingénieurs de plusieurs domaines différents, il n'est peut-être pas le meilleur outil. Est-ce vraiment l'utilité d'un

manuel d'enseignement? À voir. C'est un bon premier outil et suffisant pour les étudiants qui ne feront pas trop de dessin [technique]; par contre, les autres devront se trouver un autre manuel plus étoffé en fonction de leurs besoins spécifiques. »

5.2.2.3 Avantages du didacticiel

« Le didacticiel est très intéressant pour visualiser certains concepts en 3D.

Par exemple, les intersections de cylindre ou la réalisation d'un filetage. Les étudiants comprennent mieux et du premier coup.

Pour la résolution de problèmes, c'est un excellent outil pour l'explication de la stratégie de résolution qui est privilégiée dans le cours. De plus, les étudiants peuvent revoir, à la maison, les démonstrations autant de fois qu'ils en ressentent le besoin.

Le didacticiel cible une population d'étudiants qui a des difficultés d'apprentissage. Les étudiants moyens ne semblent pas en avoir besoin étant donné que les explications en classe semblent suffisantes pour [favoriser] un bon apprentissage.

Autres avantages : la rapidité et la simplicité pour l'explication des concepts. Une figure vaut mille mots; une figure en 3D, un million!

J'aime bien utiliser le didacticiel pour enseigner la projection orthogonale afin de bien faire comprendre la présence des lignes cachées lors de leur projection sur les 6 plans [orthogonaux]. »

5.2.2.4 Désavantages du didacticiel

« [L'enseignant] doit aller au rythme des animations et doit idéalement attendre que ce soit terminé avant de parler, sinon il y a trop de stimuli pour les étudiants.

Une solution que j'ai trouvée afin d'aider au rythme et pallier ce désavantage est de réaliser une première explication sans animation, puis présenter l'animation sans explication et finalement présenter l'animation avec une explication. Habituellement, cela donne de bons résultats.

Il faut connaître par cœur l'ordre des animations sinon on risque de mélanger les étudiants. Par exemple, on ne peut pas parler d'une surface avant une autre pendant la résolution, ça devient trop mélangeant. Il faut vraiment suivre les étapes [présentées dans le didacticiel]. Il n'est pas possible de contrôler l'ordre des animations. La présentation des explications ne peut être personnalisée en fonction du pouls de la classe.

[Les exemples de résolution des problèmes avec le didacticiel] ont l'air tellement plus faciles que ça ne l'est en réalité. Les étudiants peuvent moins sentir le niveau de difficulté; c'est tellement bien expliqué et ça l'air si simple. »

5.2.2.5 Impact des nouveaux moyens d'enseignement

« Le niveau de rétention de la matière semble être plus grand. Les étudiants semblent avoir mieux retenu la matière. J'ai pu le remarquer lorsque je pose des questions; ils sont en mesure de répondre plus rapidement et savent où aller chercher l'information.

J'ai vraiment l'impression qu'ils deviennent de véritables ingénieurs et que leurs connaissances générales en la matière sont davantage retenues en mémoire.

Je suis très heureuse. La qualité des outils d'enseignement et la simplicité du guide des normes aident à moins éparpiller la matière et me permet de répéter plusieurs fois la même information de façon différente favorisant ainsi un maximum d'apprentissage et de rétention chez les étudiants. »

5.2.2.6 Autres commentaires

« J'ajouterai au guide des normes, en annexe, une liste de manuels de référence de dessin technique appliqués à différents domaines de l'ingénierie. Par exemple, un manuel ou un site internet de référence pour les dessins de composites, les dessins de plans électriques, hydrauliques ou autres. »

5.2.3 Récit d'expériences de Stéphane Brunet

Les sections 5.2.3.1 à 5.2.3.4 font référence au récit d'expériences de Brunet (2008).

5.2.3.1 Avantages du guide des normes

- « Beaucoup plus visuel (essentiel quand on parle de dessin!). »
- « Très bien organisé. »
- « Synthétique. »
- « À jour avec les normes. »
- « Le contenu est adapté sur mesure à la matière enseignée. »

5.2.3.2 Désavantages du guide des normes

- « Contient moins d'informations que le livre dessin technique (Giesecke et al., 1982a; 1982b; 1982c). »
- « Le livre Dessin technique de Giesecke et al. (1982a) contient une quantité impressionnante d'exercices, d'exemples et d'illustrations [ce qui n'est pas le cas pour le guide des normes]. »

5.2.3.3 Avantages du didacticiel

- « L'information est accessible en tout temps. »
- « Extrêmement visuel. »
- « Contrairement à un professeur, le didacticiel ne peut pas perdre patience. »

5.2.3.4 Désavantages du didacticiel

- « Aucune interaction personnalisée. Chaque étudiant a des besoins différents. »
- « Se limite aux exemples programmés dans le didacticiel. »
- « Le didacticiel n'est utile que si les étudiants font l'effort de le consulter. Probablement que d'assister à un cours est encore un réflexe plus courant. »

5.2.3.5 Impact des nouveaux moyens d'enseignement

« Définitivement une meilleure connaissance acquise et beaucoup moins de perte de temps à gérer de la paperasse et de l'information inutile dans le cadre du cours. Si tous les cours avaient des supports pédagogiques semblables, l'enseignement serait sûrement globalement très supérieur à Polytechnique. »

5.2.4 Récit d'expériences de Sébastien Riendeau

Les sections 5.2.4.1 à 5.2.4.5 font référence au récit d'expériences de Riendeau (2009).

5.2.4.1 Avantages du guide des normes

« Il est très confortable de travailler avec un document dont le contenu correspond directement à celui à enseigner. On évite, d'une part, de se perdre dans une montagne d'informations désuètes ou inutiles aux objectifs du cours. D'autre part, on évite d'avoir

à compléter le livre de référence [comme c'était le cas autrefois] par différents documents supplémentaires afin de pouvoir couvrir la matière enseignée.

La clarté des informations nous permet de passer la matière beaucoup plus rapidement et ainsi avoir davantage de temps pour intégrer dans le cours des éléments de matières supplémentaires telle la lecture de plans.

La légèreté du document en fait un outil disponible en tout temps et nous rend très à l'aise d'exiger des étudiants qu'ils le trimbalent avec eux, même en laboratoire, où son utilisation est moins importante que dans la partie magistrale.

On peut également anticiper que le prix réduit du document aura comme impact que les étudiants vont préférer conserver le guide des normes plutôt que de le revendre sur le marché des livres usagés. Ainsi, même les moins nantis conserveront avec eux un document de référence, utile dans leur pratique professionnelle. »

5.2.4.2 Désavantages du guide des normes

« Je me demande si le fait de faire prendre des notes aux étudiants ne les oblige pas à avoir au moins une fois tenté d'écouter de façon attentive et d'avoir fait l'effort intellectuel de résumer en ses propres mots le discours présenté.

Maintenant qu'ils possèdent la totalité des diapositives qu'on leur présente (exactement le contenu du guide des normes), ils peuvent se laisser aller à écouter d'une oreille distraite en se disant qu'ils n'auront qu'à réviser le guide des normes [pour se préparer aux examens].

Le fait d'avoir un document qui colle quasi parfaitement avec la matière enseignée ne permet pas aux étudiants d'avoir une vision plus large du domaine enseigné en ayant un

aperçu des thématiques que nous avons choisies de ne pas enseigner tels les vues auxiliaires ou encore les différents types de perspectives. »

5.2.4.3 Avantages du didacticiel

« Cela permet aux étudiants de revoir les démonstrations étapes par étapes. Il faut savoir qu'il n'est pas possible de prendre en note dans un délai raisonnable individuellement chacune des étapes.

Pendant le cours, cela permet d'avoir un bon contrôle sur la vitesse de défilement de la démonstration. Le fait d'avoir la démonstration de préenregistré permet de la faire passer rapidement pour en avoir une vue d'ensemble ou de passer plus vite sur une portion simple afin de s'attarder davantage sur un passage plus complexe. »

5.2.4.4 Désavantages du didacticiel

« Pour l'instant, je n'ai pas noté d'inconvénient à travailler avec cet outil pour enseigner et les étudiants n'ont pas, non plus, révélé avoir été incommodés par l'utilisation de cet outil. »

5.2.4.5 Impact des nouveaux moyens d'enseignement

« L'impression que j'en ai, principalement au niveau de l'utilisation du guide des normes, est que les étudiants peuvent absorber beaucoup plus rapidement la matière enseignée en classe et cela nous a permis d'enseigner davantage de matière. »

5.3 Enquête auprès des usagers

5.3.1 Récits d'expériences des étudiants

Les récits d'expériences des étudiants proviennent des commentaires qui ont été formulés lors de l'enquête sur la perception de l'utilité des nouveaux moyens et méthodes d'enseignement.

Ces commentaires sont trop nombreux pour être présentés ici. Par contre, on peut les retrouver intégralement et classés par thème à l'annexe V.

Les sections 5.3.1.1 et 5.3.1.2 présentent les thèmes sous lesquels sont classés les commentaires ainsi que le nombre de commentaires recueilli par thème.

La section 5.3.1.1 présente les thèmes des récits d'expériences concernant le guide des normes et la section 5.3.1.2 ceux concernant le didacticiel.

5.3.1.1 Récits d'expériences concernant le guide des normes

Les commentaires concernant le guide des normes ont été classés selon les thèmes suivants :

- Bon manuel, utile, structuré (62 commentaires);
- Pas assez d'information (4 commentaires);
- Suggestions ou améliorations (21 commentaires);
- Avoir plus d'exemples (23 commentaires);
- Plus ou moins clair, plus ou moins structuré (19 commentaires);
- Incomplet (2 commentaires);
- Inutile pour le cours (1 commentaire);

- Autres commentaires (6 commentaires).

5.3.1.2 Récits d'expériences concernant le didacticiel

Les commentaires concernant le didacticiel ont été classés selon les thèmes suivants :

- Utile pour le cours (35 commentaires);
- Devrait contenir plus d'exemples (18 commentaires);
- Pas assez mentionné dans le cours (3 commentaires);
- N'a pas eu à utiliser le didacticiel pour le cours (41 commentaires);
- Devrait contenir plus d'informations (8 commentaires);
- Remarques relatives à l'interface (7 commentaires);
- Autres commentaires (4 commentaires).

5.3.2 Résultats de l'enquête sur le guide des normes

Afin de pouvoir effectuer une comparaison avec les résultats de l'évaluation de l'enseignement concernant les ouvrages et les lectures recommandées (voir annexe II), les questions de l'enquête relatives au guide des normes (voir annexe IV) ont été regroupées en quatre catégories :

- Les questions qui font appel à la clarté du guide des normes.
- Les questions qui font appel à l'utilité du guide des normes.
- Les questions qui font appel au contenu du guide des normes.
- La question qui fait appel à la fréquence d'utilisation du guide des normes.

Pour les questions 1 à 11, il y a quatre degrés d'appréciation :

- L'étudiant inscrit le chiffre 4 s'il est tout à fait d'accord avec l'énoncé.
- L'étudiant inscrit le chiffre 3 s'il est plutôt d'accord avec l'énoncé.
- L'étudiant inscrit le chiffre 2 s'il est plutôt en désaccord avec l'énoncé.
- L'étudiant inscrit le chiffre 1 s'il est tout à fait en désaccord avec l'énoncé.

Pour la question 12, il y a trois degrés d'appréciation :

- L'étudiant inscrit le chiffre 3 s'il utilise le guide des normes régulièrement.
- L'étudiant inscrit le chiffre 2 s'il utilise le guide des normes quelquefois.
- L'étudiant inscrit le chiffre 1 s'il utilise le guide des normes rarement.

Les sections 5.3.2.1 à 5.3.2.4 présentent les énoncés des questions pertinentes à la catégorie et un tableau compilant les pourcentages en accord et en désaccord avec les énoncés de la catégorie.

Dans les tableaux, le « N » signifie le nombre de réponses valides et le « x » le nombre d'étudiants qui ne savaient pas quoi répondre ou qui n'ont pas répondu.

L'enquête a été menée auprès de cinq cent soixante-trois répondants au cours des trimestres d'automne 2006, d'hiver 2007, d'été 2007 et d'automne 2007.

Les résultats bruts sont présentés à l'annexe V.

5.3.2.1 Clarté du guide des normes

Questions relatives à la clarté du guide des normes :

Question 1 : L'information qu'on y retrouve est structurée et bien organisée (il est facile de s'y retrouver).

Question 2 : Les dessins et les figures sont clairs.

Question 3 : Les explications rattachées aux figures et aux dessins sont claires.

Question 8 : La mise en page du document est adéquate (format paysage, zone d'illustration, zone de notes).

Le Tableau 5-1 présente les pourcentages en accord et en désaccord avec les quatre questions ci-dessus.

Tableau 5-1 : Pourcentage en accord et en désaccord relativement à la clarté du guide des normes

Question	Fréquences brutes				N	x	Accord %	Désaccord %
	1	2	3	4				
1	0	9	186	364	559	4	98	2
2	0	2	165	392	559	4	100	0
3	0	14	255	290	559	4	97	3
8	0	9	166	384	559	4	98	2

5.3.2.2 Utilité du guide des normes

Questions relatives à l'utilité du guide des normes :

Question 5 : Les exemples présentés favorisent une meilleure compréhension de la matière.

Question 9 : C'est un guide utile pour la compréhension de la matière.

Question 10 : C'est un soutien utile aux exposés magistraux.

Question 11 : C'est un document que je conserverai comme livre de référence.

Le Tableau 5-2 présente les pourcentages en accord et en désaccord avec les quatre questions ci-dessus.

Tableau 5-2 : Pourcentage en accord et en désaccord
relativement à l'utilité du guide des normes

Question	Fréquences brutes				N	x	Accord %	Désaccord %
	1	2	3	4				
5	0	9	188	327	524	39	98	2
9	0	7	156	396	559	4	99	1
10	0	6	211	339	556	7	99	1
11	0	16	184	357	557	6	97	3

5.3.2.3 Contenu du guide des normes

Questions relatives au contenu du guide des normes :

Question 4 : L'information qu'on y retrouve est pertinente, actuelle et reflète le contenu du cours.

Question 6 : Les exemples présentés sont en quantité suffisante.

Question 7 : L'information qu'on y retrouve est suffisamment synthétique.

Le Tableau 5-3 présente les pourcentages en accord et en désaccord avec les trois questions ci-dessus.

Tableau 5-3 : Pourcentage en accord et en désaccord
relativement au contenu du guide des normes

Question	Fréquences brutes				N	x	Accord %	Désaccord %
	1	2	3	4				
4	0	4	163	392	559	4	99	1
6	0	7	156	396	559	4	99	1
7	0	6	211	339	556	7	99	1

5.3.2.4 Fréquence d'utilisation du guide des normes

Question relative à la fréquence d'utilisation du guide des normes :

Question 12 : Cochez la case correspondant à la fréquence d'utilisation :

rarement quelquefois régulièrement

Le Tableau 5-4 présente le pourcentage relatif quant à la fréquence d'utilisation du guide des normes.

Tableau 5-4 : Pourcentage relatif quant à la fréquence d'utilisation du guide des normes

Question	Fréquences brutes			N	x	Pourcentage relatif %		
	Rarement	Quelquefois	Régulièrement			Rarement	Quelquefois	Régulièrement
12	31	234	254	519	44	6	45	49

5.3.3 Résultats de l'enquête sur le didacticiel

En accord avec ce qui a été fait à la section 5.3.2, les questions de l'enquête relatives au didacticiel (voir annexe IV) ont été regroupées en quatre catégories :

- Les questions qui font appel à la clarté du didacticiel.
- Les questions qui font appel à l'utilité du didacticiel.
- Les questions qui font appel au contenu du didacticiel.

- La question qui fait appel à la fréquence d'utilisation du didacticiel.

Pour les questions 13 à 23, il y a quatre degrés d'appréciation :

- L'étudiant inscrit le chiffre 4 s'il est tout à fait d'accord avec l'énoncé.
- L'étudiant inscrit le chiffre 3 s'il est plutôt d'accord avec l'énoncé.
- L'étudiant inscrit le chiffre 2 s'il est plutôt en désaccord avec l'énoncé.
- L'étudiant inscrit le chiffre 1 s'il est tout à fait en désaccord avec l'énoncé.

Pour la question 24, il y a trois degrés d'appréciation :

- L'étudiant inscrit le chiffre 3 s'il utilise le guide des normes régulièrement.
- L'étudiant inscrit le chiffre 2 s'il utilise le guide des normes quelquefois.
- L'étudiant inscrit le chiffre 1 s'il utilise le guide des normes rarement.

Les sections 5.3.3.1 à 5.3.3.4 présentent les énoncés des questions pertinentes à la catégorie et un tableau compilant les pourcentages en accord et en désaccord avec les énoncés de la catégorie.

Dans les tableaux, le « N » signifie le nombre de réponses valides et le « x » le nombre d'étudiants qui ne savaient pas quoi répondre ou qui n'ont pas répondu.

L'enquête a été menée auprès de cinq cent soixante-trois répondants au cours des trimestres d'automne 2006, d'hiver 2007, d'été 2007 et d'automne 2007.

Les résultats bruts sont présentés à l'annexe V.

5.3.3.1 Clarté du didacticiel

Questions relatives à la clarté du didacticiel :

Question 13 : Les explications sont claires.

Question 14 : Les illustrations graphiques supportent bien les explications.

Question 19 : La navigation dans le didacticiel est facile.

Le Tableau 5-5 présente les pourcentages en accord et en désaccord avec les trois questions ci-dessus.

Tableau 5-5 : Pourcentage en accord et en désaccord
relativement à la clarté du didacticiel

Question	Fréquences brutes				N	x	Accord %	Désaccord %
	1	2	3	4				
13	0	1	178	293	472	91	100	0
14	0	2	135	335	472	91	100	0
19	0	10	207	251	468	95	98	2

5.3.3.2 Utilité du didacticiel

Questions relatives à l'utilité du didacticiel :

Question 15 : Les animations sont d'une grande utilité.

Question 18 : Le didacticiel aide à la compréhension du contenu abordé lors des cours magistraux.

Question 21 : Le didacticiel m'a permis de reprendre à mon rythme les démonstrations réalisées lors des cours magistraux afin de maîtriser les principes fondamentaux menant à la résolution d'un problème de projection orthogonale.

Question 22 : Le didacticiel m'a permis de développer et/ou d'améliorer ma capacité de visualisation spatiale.

Question 23 : C'est un didacticiel que j'utiliseraï comme source de référence.

Le Tableau 5-6 présente les pourcentages en accord et en désaccord avec les cinq questions ci-dessus.

Tableau 5-6 : Pourcentage en accord et en désaccord relativement à l'utilité du didacticiel

Question	Fréquences brutes				N	x	Accord %	Désaccord %
	1	2	3	4				
15	0	7	137	327	471	92	99	1
18	0	4	181	284	469	94	99	1
21	0	12	212	227	451	112	97	3
22	0	19	194	241	454	109	96	4
23	3	19	215	196	433	130	95	5

5.3.3.3 Contenu du didacticiel

Questions relatives au contenu du didacticiel :

Question 16 : Les exemples sont pertinents.

Question 17 : La quantité d'exemples est suffisante.

Question 20 : Le didacticiel offre à l'étudiant des branchements utiles (ramifications, renvois, développements complémentaires, exemples additionnels).

Le Tableau 5-7 présente les pourcentages en accord et en désaccord avec les cinq questions ci-dessus.

Tableau 5-7 : Pourcentage en accord et en désaccord
relativement au contenu du didacticiel

Question	Fréquences brutes				N	x	Accord %	Désaccord %
	1	2	3	4				
16	0	3	156	309	468	95	99	1
17	0	23	215	229	467	96	95	5
20	0	9	226	220	455	108	98	2

5.3.3.4 Fréquence d'utilisation du didacticiel

Question relative à la fréquence d'utilisation du didacticiel :

Question 12 : Cochez la case correspondant à la fréquence d'utilisation :

rarement quelquefois régulièrement

Le Tableau 5-8 présente le pourcentage relatif quant à la fréquence d'utilisation du didacticiel.

Tableau 5-8 : Pourcentage relatif quant à la fréquence d'utilisation du didacticiel

Question	Fréquences brutes			N	x	Fréquences %		
	Rarement	Quelquefois	Régulièrement			Rarement	Quelquefois	Régulièrement
24	162	224	65	451	112	36	50	14

CHAPITRE 6 - DISCUSSION

Ce chapitre est consacré à l'analyse et à la discussion de l'ensemble des résultats présentés au chapitre 5. On y retrouve, entre autre, une comparaison avec des enquêtes antérieures à l'implantation des nouveaux moyens d'enseignement, ainsi qu'une synthèse des résultats.

6.1 Synthèse des récits d'expériences

La synthèse des récits d'expériences des enseignants permet de faire ressortir les points communs relativement au guide des normes, au didacticiel et à l'impact des nouveaux moyens d'enseignement. Ces points communs sont présentés aux sections 6.1.1 à 6.1.3.

6.1.1 Guide des normes

- Le contenu est à jour avec les normes et est adapté au déroulement du cours.
- La quantité d'information présentée se limite aux éléments essentiels à l'enseignement du cours.
- Permet de couvrir la théorie plus rapidement et laisse plus de temps d'enseignement à d'autres concepts, tels la lecture de plans et l'utilisation d'outils de DAO et CAO.
- Format pratique et coût avantageux.
- Le contenu pourrait éventuellement être augmenté afin de fournir un aperçu de certains thèmes permettant d'avoir une vision plus large du domaine enseigné.

6.1.2 Didacticiel

- Permet d'aider à la visualisation 3D de plusieurs concepts.

- L'étudiant peut reprendre à son rythme, et autant de fois qu'il le veut, les démonstrations réalisées en classe.
- Permet à l'enseignant de réaliser une meilleure synthèse des concepts enseignés.
- Plus ou moins bien adapté aux différents besoins des étudiants.

6.1.3 Impact des nouveaux moyens d'enseignement

- Meilleure rétention de la matière enseignée.
- Diminution du temps à investir de la part des étudiants sans compromettre la qualité des apprentissages.
- L'implantation du guide des normes et du didacticiel a permis d'accélérer l'enseignement des concepts de base et ainsi d'ajouter du contenu nouveau.

6.2 Synthèse des résultats des enquêtes auprès des usagers

Les résultats des évaluations de l'enseignement réalisées dans le cours ING1020 entre l'automne 2001 et l'hiver 2004 montrent que les questions 5 (les lectures recommandées aident à mieux saisir la matière) et 6 (l'achat des ouvrages obligatoires pour le cours est justifié) obtiennent régulièrement des taux d'accord plus faibles (voir annexe III).

Afin de mieux cibler la source du problème, une enquête a été menée auprès des étudiants qui suivaient le cours à l'hiver 2004. Le questionnaire qui a été distribué aux étudiants est présenté à l'annexe I et les résultats de cette enquête sont présentés à l'annexe II.

Le questionnaire couvrait plusieurs documents utilisés dans le cours : le manuel de référence (Giesecke et al., 1982b), le cahier d'exercices et l'aide-mémoire utilisés pour l'enseignant du logiciel AutoCAD.

Les résultats de l'enquête ont démontré que le problème se situait au niveau de la clarté, de l'utilité et de la fréquence d'utilisation du manuel de référence (Giesecke et al., 1982b).

Afin de vérifier quel est l'impact du remplacement du manuel de référence (Giesecke et al., 1982b) par le guide des normes (Cincou, 2006), une enquête similaire a été menée auprès des étudiants qui ont utilisé le guide des normes entre l'automne 2006 et l'automne 2007. Le questionnaire qui a été distribué aux étudiants est présenté à l'annexe IV.

Les résultats de cette enquête quant à la clarté, l'utilité et la fréquence d'utilisation (présentés aux sections 5.3.2.1, 5.3.2.2 et 5.3.2.4 respectivement) ont été comparés aux résultats de l'enquête de l'hiver 2004.

Avant de pouvoir effectuer la comparaison, il a fallu ajuster les résultats de l'enquête de l'hiver 2004. Cette enquête utilisait cinq degrés d'appréciation et l'enquête entre l'automne 2006 et l'automne 2007, quatre.

Les deux premiers degrés de l'enquête de 2004 (très peu clair ou utile et peu clair ou utile) ont été jugés comparables aux deux premiers degrés de l'enquête 2006-2007 (tout à fait en désaccord et plutôt en désaccord). Il en est de même pour les deux derniers degrés de l'enquête de 2004 (clair ou utile et très clair ou utile) en comparaison avec les deux derniers degrés de l'enquête 2006-2007 (plutôt d'accord et tout à fait d'accord).

Que faire avec le degré médian (plus ou moins clair ou utile) de l'enquête de l'hiver 2004?

Trois scénarios ont été envisagés :

- Scénario n° 1 : les résultats correspondants au degré d'appréciation « plus ou moins » sont distribués également sur les quatre autres degrés d'appréciation.

- Scénario n° 2 : les résultats correspondants au degré d'appréciation « plus ou moins » sont distribués également sur les deux derniers degrés d'appréciation (clair ou utile et très clair ou utile).
- Scénario n° 3 : les résultats correspondants au degré d'appréciation « plus ou moins » sont éliminés et les résultats des quatre autres degrés sont ajustés proportionnellement en fonction du nouveau nombre de répondants.

L'application du scénario n° 1 permet de comparer les résultats ajustés de l'enquête de l'hiver 2004 avec ceux de l'enquête 2006-2007 en ce qui a trait à la clarté et à l'utilité du document de référence. Le graphique présenté à la Figure 6-1 cette comparaison. La clarté du guide des normes (Cincou, 2006) est considérée 33 % plus élevée que celle du document de référence (Giesecke et al., 1982b). Il en est de même pour l'utilité du document avec une différence de 41 %.

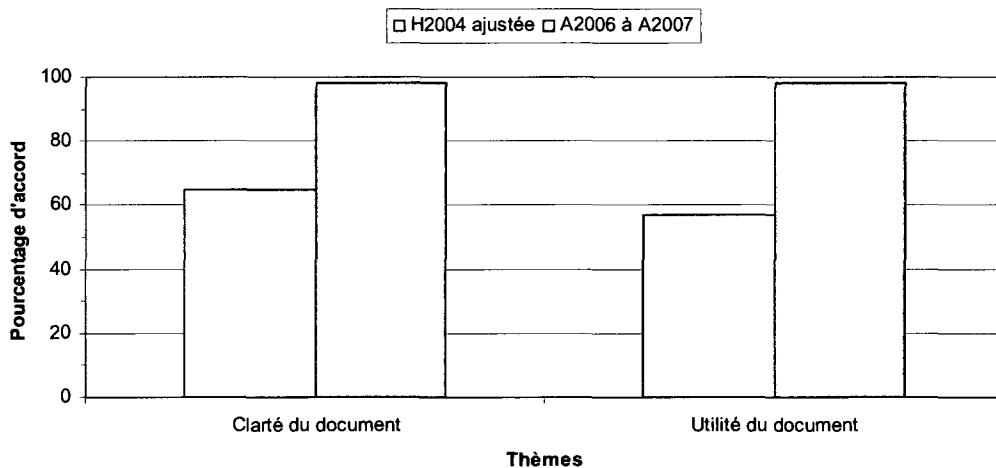


Figure 6-1 : Clarté et utilité du document de référence utilisé dans le cours : comparaison entre l'hiver 2004 et la période entre l'automne 2006 et l'automne 2007 avec les résultats du degré d'appréciation « plus ou moins » distribués également sur les quatre autres degrés.

L'application du scénario n° 2 n'est pas en faveur du guide des normes et donne le bénéfice du doute aux étudiants qui ont répondu « plus ou moins » lors de l'enquête de l'hiver 2004. Cette hypothèse généreuse suppose que les étudiants considéraient à parts égales le livre de dessin technique de Giesecke et al. (1982) comme étant clair ou utile et très clair ou très utile malgré cette situation désavantageuse pour le guide des normes (Cincou, 2006). La Figure 6-2 illustre que la clarté de ce dernier est considérée 19.2 % plus élevée que celle du document de référence (Giesecke et al., 1982b). Il en est de même pour l'utilité du document avec une différence de 25.8 %.

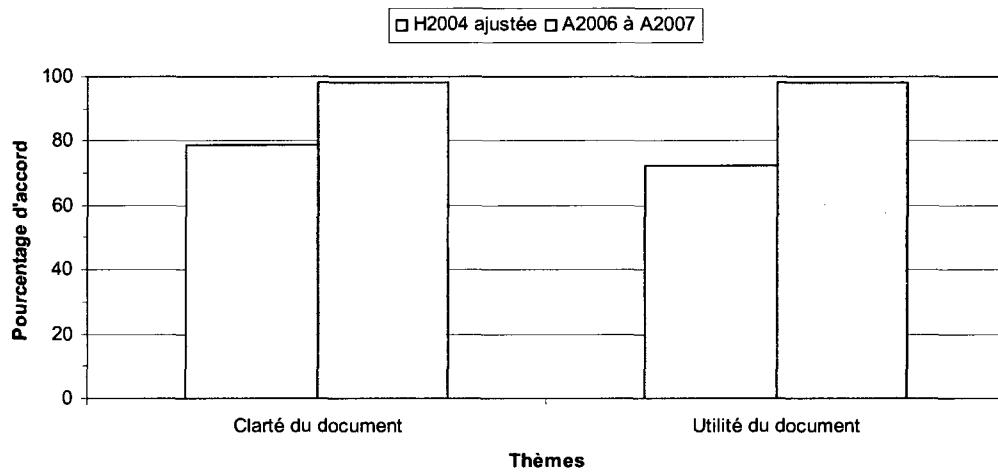


Figure 6-2 : Clarté et utilité du document de référence utilisé dans le cours : comparaison entre l'hiver 2004 et la période entre l'automne 2006 et l'automne 2007 avec les résultats du degré d'appréciation « plus ou moins » distribués de façon désavantageuse pour le guide des normes.

Le scénario n° 3 a été proposé suite à une suggestion du BAP. Il s'agit de ne pas considérer les résultats correspondants au degré d'appréciation « plus ou moins » et de recalculer le pourcentage correspondant aux quatre autres degrés d'appréciation en fonction du nouveau nombre de répondants. La Figure 6-3 illustre que la clarté du guide

des normes (Cincou, 2006) est considérée 27.6 % plus élevée que celle du document de référence (Giesecke et al., 1982b). Il en est de même pour l'utilité du document avec une différence de 38.2 %.

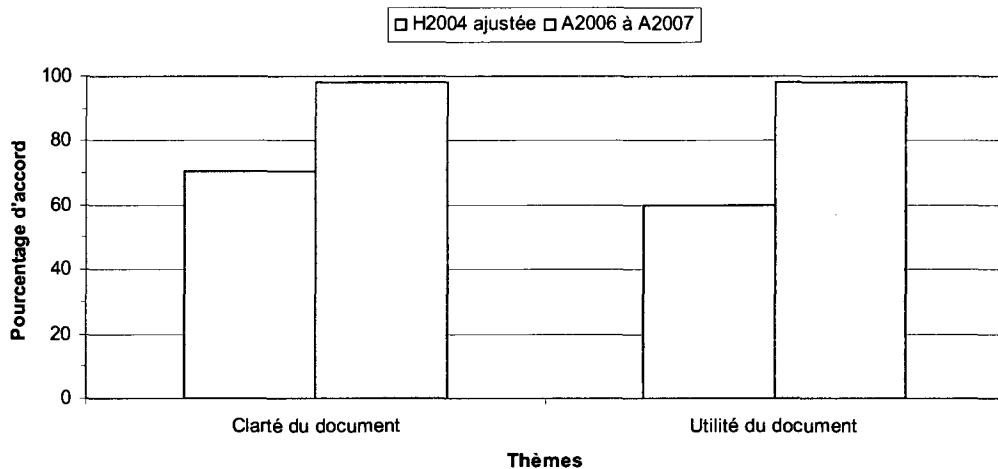


Figure 6-3 : Clarté et utilité du document de référence utilisé dans le cours : comparaison entre l'hiver 2004 et la période entre l'automne 2006 et l'automne 2007 avec les résultats du degré d'appréciation « plus ou moins » éliminés.

Plusieurs autres scénarios d'ajustement des résultats de l'enquête de l'hiver 2004 auraient pu être envisagés, mais il demeure que même dans le cas d'une situation désavantageuse pour le guide des normes, ce dernier se distingue de l'ancien volume de référence en termes de clarté et d'utilité.

Une dernière comparaison peut être effectuée relativement à la fréquence d'utilisation du document de référence entre l'hiver 2004 et la période allant de l'automne 2006 à l'automne 2007.

La Figure 6-4 illustre que 36 % des étudiants utilisent rarement le document de référence (Giesecke et al., 1982b), 46 % quelquefois et 18 % régulièrement.

La Figure 6-5 illustre que 6 % des étudiants utilisent rarement le document de référence (Cincou, 2006), 45 % quelquefois et 49 % régulièrement.

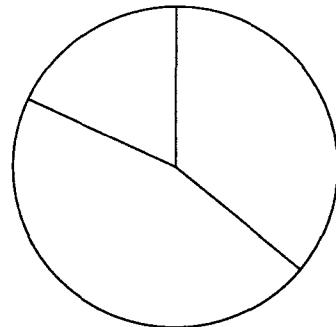


Figure 6-4 : Fréquence d'utilisation du document de référence à l'hiver 2004.

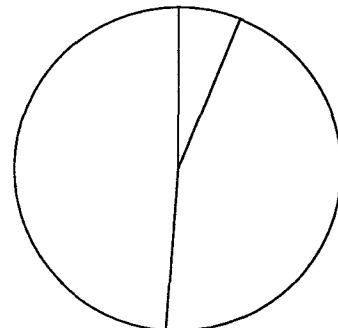


Figure 6-5 : Fréquence d'utilisation du document de référence entre l'automne 2006 et l'automne 2007.

La fréquence d'utilisation régulière du document de référence dans le cours fait un bond de 31 % suite à l'introduction du guide des normes. Par contre, le pourcentage des étudiants qui n'utilisent l'ouvrage de référence « que quelquefois » demeure sensiblement le même. Une hypothèse serait de croire qu'il s'agit d'étudiants qui comprennent les concepts au moment de suivre le cours.

Une dernière discussion peut être faite au sujet de l'analyse des résultats du rapport d'ensemble des questions 5 et 6 de l'évaluation de l'enseignement pour les cours ING1020 et MEC1515 (voir annexe III).

Le rapport d'ensemble couvre la période allant de l'automne 2001 à l'automne 2007.

La question 5 de l'évaluation de l'enseignement se lit comme suit :

« Les lectures recommandées aident à mieux saisir la matière »

et la question 6 :

« L'achat des ouvrages obligatoires pour le cours est justifié ».

La Figure 6-6 et la Figure 6-7 illustrent le pourcentage des étudiants en accord et en désaccord avec l'énoncé, ainsi que la moyenne des pourcentages en désaccord avec l'énoncé sur trois paliers correspondants à l'utilisation de trois volumes de référence différents :

- A : le livre de dessin technique de Giesecke et al. (1982a);
- B : le livre de dessin technique de Giesecke et al. (1982b; 1982c);
- C : le guide des normes de Cincou (2006).

Les résultats montrent que l'insatisfaction des étudiants quant à l'utilisation et l'achat des ouvrages de référence diminue au fur et à mesure qu'une version correspondant mieux aux besoins des étudiants est introduite dans le cours.

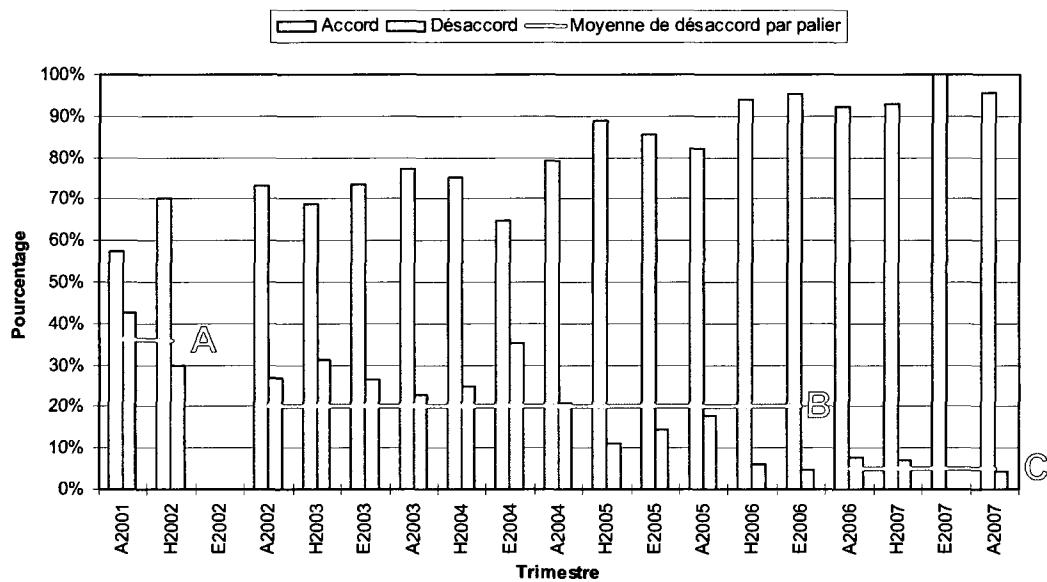


Figure 6-6 : Pourcentage d'accord et de désaccord et moyenne de désaccord par palier pour la question 5 de l'évaluation de l'enseignement selon les trois ouvrages de référence utilisés : A, B et C.

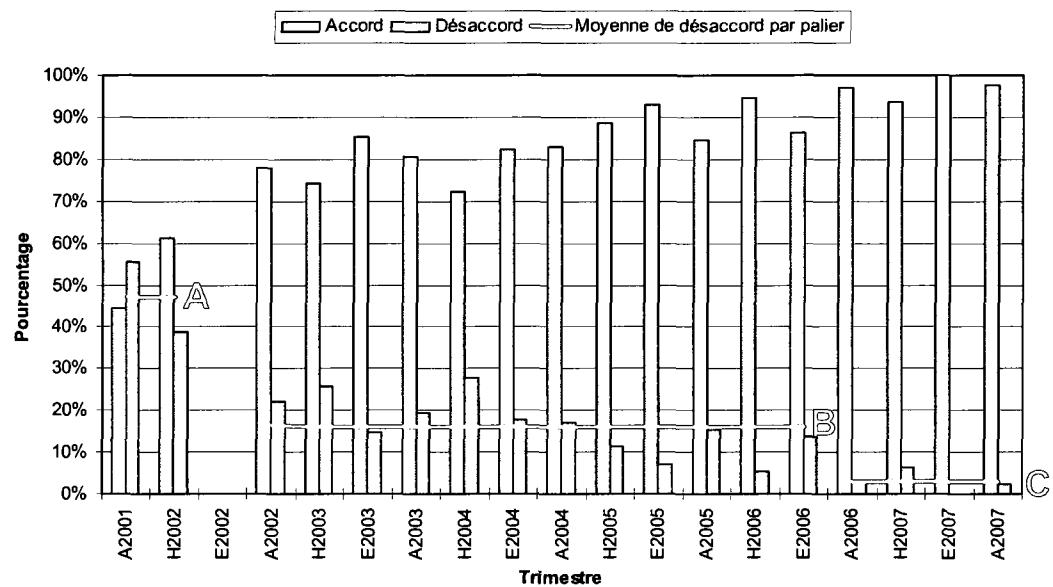


Figure 6-7 : Pourcentage d'accord et de désaccord et moyenne de désaccord par palier pour la question 6 de l'évaluation de l'enseignement selon les trois ouvrages de référence utilisés : A, B et C.

CONCLUSION

Ce travail de recherche a permis de répondre aux besoins suivants :

- Améliorer la qualité de l'apprentissage du dessin d'ingénierie à l'École Polytechnique.
- Permettre aux enseignants de gagner du temps lors de l'enseignement de la matière afin d'intégrer de nouveaux concepts en accord avec les attentes de l'industrie quant à la formation des futurs ingénieurs.
- Permettre aux étudiants de gagner du temps dans l'apprentissage des concepts théoriques, tout en adoptant une démarche structurée lors de l'analyse de problèmes de projection orthogonale.
- Rendre les étudiants autonomes lors de leur apprentissage.

Deux habiletés essentielles à la formation de tout ingénieur sont :

- L'analyse et l'interprétation de la définition d'objets menant à la visualisation spatiale de ces derniers.
- La maîtrise des principes et des normes de représentation graphique qui permettent un transfert bidirectionnel d'informations : qu'il soit nécessaire de produire la définition 2D d'un produit à partir du modèle 3D ou inversement de générer un modèle 3D à partir d'une esquisse 2D.

L'originalité de ce travail a été de produire deux extrants : un guide des normes et un didacticiel qui proposent une synthèse de la « grammaire » et des principes de la définition graphique de produits.

- À ce jour, aucun ouvrage ne fait une synthèse aussi exhaustive, claire et pointue de ces principes. Il est essentiel de préserver ces connaissances en les archivant dans un document qui pourra servir d'ouvrage de référence, peu importe la direction que

prendra à l'avenir, dans la formation d'ingénieur, la définition graphique de produits, étant donné que ces principes se révèlent fondamentaux et indépendants du canal choisi.

- La nature de l'outil et la façon dont il est conçu le rendent « autoportant » et utilisable dans toutes sortes de situations d'enseignement ou d'apprentissage : complément à un cours traditionnel, matériel d'appoint et outil d'autoformation accessible en tout temps. La flexibilité et la pérennité du didacticiel sont un atout déterminant dans le cadre du projet de réingénierie du programme d'études au baccalauréat à l'École Polytechnique.
- Les extrants de ce projet de recherche ne se veulent pas parfaits. Les suggestions et commentaires des étudiants et des enseignants continueront d'être considérés afin d'améliorer les produits. Ce sont des produits en constante évolution et qui pourraient être exportés vers d'autres institutions d'enseignement universitaire ou collégial.

Dans le but d'améliorer la qualité de l'enseignement à l'École Polytechnique, la méthodologie utilisée dans ce projet de recherche (synthèse de l'information et support multimédia avec animations) pourrait être aisément appliquée à d'autres cours du programme de formation afin de répondre à des besoins similaires, notamment pour des cours faisant appel à des notions où la communication visuelle joue un rôle important.

RÉFÉRENCES

- Ardebili, M. (2006). Using solid modeling and multimedia software to improve spatial visualization skills. *Proceedings of the 2006 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Chicago, IL*. Chantilly, VA: American Society for Engineering Education. Consulté le 12 janvier 2009, tiré de <http://www.asee.org/>
- Association canadienne de normalisation. (1984). *Dessins techniques – principes généraux*. Association canadienne de normalisation, CAN3-B78.1-M83.
- Association canadienne de normalisation. (1992). *Cotation et tolérancement en dessin technique*. Association canadienne de normalisation, CAN/CSA-B78.2-M91.
- Baron, L. (26 mai 2008). *Récit d'expériences sur la perception de l'utilité des nouveaux moyens et méthodes d'enseignement*. Manuscrit inédit. Document remis à A. Cincou, École Polytechnique de Montréal, Québec.
- Benyayer, P. (2002). *Le dessin technique. DessTech 2.1*. [Didacticiel]. Montpellier : Techno-flash. Consulté le 20 avril 2009, tiré de <http://www.techno-flash.com/animations.php/>
- Bertoline, G.R. (2002). *Introduction to Graphics Communications for Engineers* (2^e ed.). Boston: McGraw Hill.
- Boyer, E.T., Meyers, F.D., Croft Jr., F.M., Miller, M.J., & Demel, J.T. (1991). *Technical graphics*. New York: John Wiley & Sons.

- Brunet, S. (12 juin 2008). *Récit d'expériences sur la perception de l'utilité des nouveaux moyens et méthodes d'enseignement*. Manuscrit inédit. Document remis à A. Cincou, École Polytechnique de Montréal, Québec.
- Chevalier, A. (1996). *Guide du dessinateur industriel*. Paris: Hachette.
- Cincou, A., Riendeau, S., & Baron, L. (2003). *Demande de subvention au fonds d'aide aux technologies de l'information et de la communication*. Manuscrit inédit. Bureau d'appui pédagogique, École Polytechnique de Montréal, Québec.
- Cincou, A., Riendeau, S., & Baron, L. (2004). *Demande de subvention au fonds de soutien à l'enseignement*. Manuscrit inédit. Bureau d'appui pédagogique, École Polytechnique de Montréal, Québec.
- Cincou, A. & Riendeau, S. (2004). *Projection orthogonale et visualisation spatiale*. [Didacticiel]. Montréal: École Polytechnique de Montréal. Consulté le 20 avril 2009, tiré de <http://www.cours2.polymtl.ca/>
- Cincou, A. (2006). *Guide des normes et conventions de représentation graphique*. Montréal: Presses internationales Polytechnique.
- Connolly, P.E., & Maicher, K.R. (2005). The development and testing of an interactive Web-based tutorial for orthographic drawing instruction and visualization enhancement. *Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Portland, OR* (pp. 4273-4278). Chantilly, VA: American Society for Engineering Education. Consulté le 12 janvier 2009, tiré de <http://www.asee.org/>

- Dépatie, I. (5 juin 2008). *Récit d'expériences sur la perception de l'utilité des nouveaux moyens et méthodes d'enseignement*. Manuscrit inédit. Document remis à A. Cincou, École Polytechnique de Montréal, Québec.
- Earle, J.H. (1999). *Engineering Design Graphics: AutoCAD Release 14* (9^e ed.). Reading, MA: Addison Wesley Publishing Company.
- Elrod, D., & Stewart, M.D. (2004). Assessing student work in engineering graphics and visualization course. *Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Salt Lake City, UT* (pp. 767-774). Washington, DC: American Society for Engineering Education. Consulté le 12 janvier 2009, tiré de <http://www.asee.org/>
- Giesecke, F.E., Mitchell, A., Spencer, H.C., & Hill, I.L. (1974). *Technical drawing* (6^e ed.) New York: Macmillan Publishing.
- Giesecke, F.E., Mitchell, A., Spencer, H.C., Hill, I.L., & Dygdon, J.T. (1980). *Technical drawing* (7^e ed.) New York: Macmillan Publishing.
- Giesecke, F.E., Mitchell, A., Spencer, H.C., Hill, I.L., & Dygdon, J.T. (1982a). *Dessin technique*. Saint-Laurent, Qc.: Éditions du renouveau pédagogique.
- Giesecke, F.E., Mitchell, A., Spencer, H.C., Hill, I.L., & Dygdon, J.T. (1982b). *Dessin technique*. Édition revue et corrigée. Saint-Laurent, Qc.: Éditions du renouveau pédagogique.
- Giesecke, F.E., Mitchell, A., Spencer, H.C., Hill, I.L., & Dygdon, J.T. (1982c). *Dessin technique*. Édition revue et corrigée, version 2. Saint-Laurent, Qc.: Éditions du renouveau pédagogique.

- Hartman, N.W., & Branoff, T.J. (2004). Learning theories : applications for instruction in constraint-based solid modeling and other engineering graphics topics. *Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Salt Lake City, UT* (pp. 8953-8964). Washington, DC: American Society for Engineering Education. Consulté le 12 janvier 2009, tiré de <http://www.asee.org/>
- Hartman, N.W., Connolly, P.E., Gilger, J., & Bertoline, G. (2006). Developping a virtual reality-based spatial visualization assessment instrument. *Proceedings of the 2006 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Chicago, IL*. Chantilly, VA: American Society for Engineering Education. Consulté le 12 janvier 2009, tiré de <http://www.asee.org/>
- Jensen, C.H. (1972). *Dessin industriel*. Montréal: McGraw Hill.
- Jensen, C.H., & Helsel, J.D. (1996). *Engineering Drawing and Design* (5^e ed.). New York: McGraw Hill.
- Jensen, C.H., & Mason, F.H.S. (1975). *Initiation au dessin industriel*. Montréal: McGraw Hill.
- Organisation internationale de normalisation. (1996). *Dessins techniques : principes généraux de représentation. Partie 20*. (1^e ed.) Organisation internationale de normalisation, ISO 128-20:1996 (F).
- Pierson, H.M., & Suchora, D.H. (2005). Freshman engineering drawing and visualization at Youngstown State University. *Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Portland, OR* (pp. 6643-6653). Chantilly, VA: American Society for Engineering Education. Consulté le 12 janvier 2009, tiré de <http://www.asee.org/>

Prégent, R. (1990). *La préparation d'un cours.* Montréal: Éditions de l'École Polytechnique de Montréal.

Riendeau, S. (12 janvier 2009). *Récit d'expériences sur la perception de l'utilité des nouveaux moyens et méthodes d'enseignement.* Manuscrit inédit. Document remis à A. Cincou, École Polytechnique de Montréal, Québec.

ANNEXES

(sur CD-ROM)