

Livrable F

Projet éducatif Formation en génie informatique et en génie logiciel

Département de génie informatique

22 mars 2007

(cheminements graphiques mis à jour le 12 avril 2007)

Table des matières

Introduction.....	1
1.1 Programme de génie informatique.....	1
1.2 Programme de génie logiciel	1
1.3 Département de génie informatique.....	1
1.4 Équipe pédagogique.....	1
1.5 Organisation du document	1
1.6 Notes importantes	2
Chapitre 2	3
Résumé des deux programmes	3
2.1 Caractères distinctifs du programme de génie informatique	3
2.2 Caractères distinctifs du programme de génie logiciel.....	3
2.3 Principes.....	4
Chapitre 3	6
Récapitulatif du nouveau programme.....	6
3.1 Cheminement complet des 4 années du programme	6
3.1.1 1 ^{re} année	6
3.1.2 2 ^e année.....	6
3.1.3 3 ^e année	12
3.1.4 4 ^e année	12
3.2 État récapitulatif pour les 4 années par rapport aux normes quantitatives et qualitatives du BCAPI.....	14
3.2.1 Respect des normes quantitatives du BCAPI	14
3.2.2 Respect des normes qualitatives du BCAPI	15
3.3 Encadrement des étudiants.....	15
3.4 Mécanismes de gestion continue de la qualité sur l'ensemble des 4 années	16
3.5 Intégration des matières.....	17
3.5.1 1 ^{re} année pour les programmes de génie informatique et génie logiciel.....	17
3.5.2 2 ^e année pour les programmes de génie informatique et génie logiciel.....	18
3.5.3 3 ^e année pour le programme de génie informatique	19
3.5.4 3 ^e année pour le programme de génie logiciel.....	19
3.6 Modalités associées aux méthodes d'évaluation	20
3.7 Modalités et moyens de contrôle de la charge de travail.....	20
3.8 Développement des habiletés personnelles et relationnelles (HPR).....	23
3.9 Compétences.....	24
3.10 Autres points	25
3.10.1 Organisation des stages.....	25
3.10.2 Projets intégrateurs	25
3.10.3 Cheminement pour un étudiant débutant à l'hiver	27
Chapitre 4	28
Organisation spécifique de la 4 ^e année	28

4.1	Modalités de mises en place pour le projet intégrateur de 4 ^e année	28
4.1.1	But et objectif.....	29
4.1.2	Caractéristiques.....	29
4.1.3	Ressources humaines requises	30
4.1.4	Structure dans le programme	30
4.1.5	Les concentrations et le projet intégrateur	31
4.1.6	Projet intégrateur dans l'industrie.....	31
4.2	Modalités de mise en œuvre d'innovations pédagogiques spécifiques à la 4 ^e année ...	31
4.3	Orientations et concentrations	32
4.3.1	Concentration informatique embarquée.....	32
4.3.2	Concentration génie biomédical	32
4.3.3	Concentrations multimédia	32
4.3.4	Orientation multimédia	37
4.3.5	Orientation réseautique	37
4.3.6	Orientation bio-informatique	37
4.3.7	Orientations thématiques et personnalisées	37
4.4	Moyens mis en œuvre pour l'internationalisation du cursus	38
4.5	Modalités pour le passage aux études supérieures.....	39
Chapitre 5		40
	Documents justifiant et détaillant la création de chaque nouvelle orientation ou concentration ou la refonte d'orientations ou de concentrations existantes	40
5.1	Projet de concentration multimédia pour le programme de génie logiciel	41
5.1.1	Mise en contexte	41
5.1.2	Pertinence de la concentration	41
5.1.3	Objectifs de la concentration	44
5.1.4	Description de la concentration multimédia	44
5.1.5	Description des cours.....	45
5.2	Projet de concentration informatique embarquée pour le programme de génie informatique.....	48
5.2.1	Introduction à l'informatique embarquée et historique de la concentration informatique industrielle.....	48
5.2.2	Nouveau titre et détails de la mise à jour.....	50
5.2.3	Dossier académique	51
5.2.4	Estimation de la clientèle étudiante	51
5.2.5	Description des cours.....	52
5.3	Projet de concentration génie biomédical pour le programme de génie informatique	55
5.3.1	Introduction au génie biomédical	55
5.3.2	Besoins socio-économiques.....	56
5.3.3	Dossier académique	58
5.3.4	Estimation de la clientèle étudiante	58
5.3.5	Description des cours.....	59
Conclusion		61
Annexes 1 à 4.....		62

Introduction

1.1 Programme de génie informatique

Le génie informatique est enseigné à l'École Polytechnique de Montréal depuis 1986. En plus de 15 ans, au-delà de 1200 ingénieurs informatiques ont été formés.

1.2 Programme de génie logiciel

Ce programme est le plus récent programme de baccalauréat en génie de l'École Polytechnique de Montréal. Démarré à l'automne 2001, il a diplômé ses premiers étudiants en mai 2005.

1.3 Département de génie informatique

Ce département est également le plus récent département de l'École Polytechnique de Montréal. Créé en 2001 et issu de la scission du département de génie électrique et de génie informatique, il compte présentement 29 professeurs pour une population d'environ 500 étudiants.

1.4 Équipe pédagogique

- Les professeurs :
 - Giuliano Antoniol
 - Guy Bois
 - Yves Boudreault
 - Farida Cheriet
 - Michel Desmarais
 - François Guibault
 - Hai Hoc Hoang
- Les étudiants :
 - Sophie-Anne Landry
 - Bruno Marc-Aurèle
 - Alexandre Viens

1.5 Organisation du document

Ce document présente les cheminements complets des programmes de génie informatique et de génie logiciel. Le chapitre 2 présente un sommaire des principales caractéristiques des programmes. Le chapitre 3 présente le récapitulatif des programmes en lien avec les principes organisateurs du *Cahier des charges du PDF*. Le chapitre 4 quant à lui présente l'organisation spécifique de la 4e année de chaque programme. Finalement, le chapitre 5 présente pour chaque programme une description détaillée de ses orientations ou concentrations.

1.6 Notes importantes

Ce document a été présenté et adopté à l'unanimité par l'Assemblée des professeurs du département de génie informatique (lors de la 31^e Assemblée tenue le 24 janvier 2007).

Chapitre 2

Résumé des deux programmes

2.1 Caractères distinctifs du programme de génie informatique

La structure actuelle du programme de génie informatique possède tous les éléments pour permettre la conception de systèmes informatiques. Ceci implique une connaissance solide et pratique des méthodes de résolution de problèmes (e.g. programmation, structures de données et algorithmes), ainsi qu'un juste équilibre entre le logiciel, le matériel et l'équipement de réseau. Alors que la plupart des aspects de l'informatique sont couverts, certains sont devenus au fil des années une spécialité de notre programme. C'est le cas particulièrement des interfaces graphiques humains/machines, de la réseautique et des systèmes embarqués.

Le génie informatique, né de l'hybridation entre la science informatique et le génie électrique, est basé sur les théories et principes de l'informatique, des mathématiques, des sciences naturelles et du génie. C'est sur ces bases que nous avons apporté des changements sur la formation scientifique de notre nouveau programme. Principalement nous proposons une nouvelle formation scientifique davantage contextualisée. Par exemple, des notions couvertes dans des modules développés spécifiquement pour le génie informatique et le génie logiciel du cours *PHS1101B Mécanique pour ingénieurs* seront mises en pratique dans le projet intégrateur.

2.2 Caractères distinctifs du programme de génie logiciel

Le programme de génie logiciel s'inspire des concepts pédagogiques du programme de génie informatique énumérés ci-dessus. De plus, il vise à former de nouveaux ingénieurs capables de s'intégrer efficacement aux équipes multidisciplinaires que l'on retrouve maintenant dans tous les domaines de l'industrie, et qui sont appelées à développer et à faire évoluer les logiciels de très grandes tailles sur lesquels reposent la grande majorité des activités économiques modernes.

À cette fin, le programme de génie logiciel vise à fournir aux étudiants des bases solides en informatique, en mathématiques et en sciences fondamentales, combinées à une maîtrise des disciplines et du processus de développement logiciel, acquises tant par des cours théoriques que par une mise en pratique concrète à travers quatre projets intégrateurs répartis sur chacune des années du cursus. L'accent est ainsi mis sur les méthodologies de développement logiciel les plus récentes, afin de sensibiliser les étudiants dès la première année, et tout au long de leur

formation, à l'équilibre entre les aspects techniques, humains et organisationnels liés au rôle d'ingénieur logiciel. Le programme accorde ainsi une grande importance aux aspects de travail collaboratif au sein d'équipes multidisciplinaires, et vise l'intégration et l'enseignement de chacune des disciplines techniques et de gestion dans une approche de développement logiciel basée sur des méthodologies rigoureuses et documentées.

2.3 Principes

Nous avons basé notre modèle pédagogique sur deux principes. Le premier principe est l'élaboration d'un projet intégrateur annuel alimenté par un ensemble de cours formant un tout cohérent. Le deuxième est la coordination de l'ensemble des cours d'une même année. Nous croyons que cette nouvelle approche amènera graduellement les professeurs à mieux connaître les sujets abordés par leurs collègues des autres cours et à construire sur les apprentissages spécifiques que les étudiants sont à faire dans les autres cours. Par le fait même, cela permettra l'atteinte d'objectifs qui nous sont chers : une intégration multidisciplinaire des matières et une diminution de la charge globale de travail pour les étudiants.

Du point de vue de la charge de travail, nous avons renversé une tendance lourde au sein de notre département, qui consistait à incorporer un projet ou une activité de l'ampleur d'un projet à l'intérieur d'un cours et cela pour plusieurs cours d'une même session. Ces projets ont été retirés de ces cours pour n'en proposer qu'un seul par année, soit le projet intégrateur.

Par conséquent, à chacune des années 1, 2 et 3 du programme, il y a un projet intégrateur destiné à la conception et à la réalisation d'un système informatique réaliste dont l'envergure s'accroît avec la maturité de l'étudiant. Le projet intégrateur des deux premières années de chaque programme permet aux étudiants d'acquérir une solide formation en conception de logiciels. Celui de la troisième année de génie informatique est consacré à la conception de systèmes embarqués avec ses aspects matériels, alors que celui de génie logiciel s'intéresse à l'évolution et à la maintenance d'un système logiciel. À la 4^e année de chaque programme, un projet final de conception d'une grande envergure confrontera les étudiants à une problématique réelle idéalement proposée par une entreprise.

Nous travaillons à mettre en place des mécanismes qui favorisent l'intégration de la matière basés sur un modèle de *coordination par session*. Le modèle de coordination par session implique donc une coordination de l'ensemble des cours d'une même session. À terme, cette intégration des matières permettra également une évaluation transdisciplinaire des apprentissages, dans la mesure où, au travers du projet intégrateur, les étudiants seront amenés à accomplir des tâches qui pourront servir dans l'évaluation d'autres cours de la même session. Par exemple, les notions de qualité du logiciel présentées en 1^{re} année dans le cours LOG1000 *Ingénierie logicielle* seront mises en pratiques dans le projet intégrateur de 1^{re} année et les réalisations dans le projet pourront contribuer à l'évaluation du cours LOG1000.

En ce qui concerne les habiletés personnelles et relationnelles, nous nous conformons aux demandes du conseil académique. Nous avons ainsi l'équivalent de un crédit de cours de relations interpersonnelles (intégré dans le cours INF1040 *Introduction à l'ingénierie*

informatique) et la formation au travail en équipe (1 crédit) est faite dans le projet intégrateur de 1^{re} année INF1995 *Projet initial en ingénierie informatique et travail en équipe*.

Au niveau évaluation, nous préconisons l'approche en J (Annexe 1) qui permet une évaluation concertée sur trois cours. Le J s'explique par la forme dessinée en reliant un cours de la session d'automne et deux de la session d'hiver. Ceci permet un renforcement entre les trimestres. Des mécanismes sont aussi mis en place pour permettre l'évaluation individuelle et d'équipe dans les différents cours de projet intégrateur.

Finalement, nous poursuivons nos efforts pour encourager le stage à l'étranger et la recherche d'institutions favorisant le double diplôme.

Chapitre 3

Récapitulatif du nouveau programme

3.1 Cheminement complet des 4 années du programme

Les tableaux 1a et 1b présentent le cheminement complet des 4 années du programme de génie informatique, alors que les tableaux 2a et 2b présentent le cheminement complet des 4 années du programme de génie logiciel. Ces cheminements concernent les filières classiques. Les cheminements propres aux concentrations seront présentés à la section 4.3.

3.1.1 1^{re} année

En observant les tableaux 1a et 2a on remarque que le cheminement pour la 1^{re} année en génie informatique et en génie logiciel est commun. Il est à noter que tous les cheminements présentés ici sont valides tant pour les étudiants débutant leur scolarité à l'automne que pour ceux qui la débutent à l'hiver. L'immense majorité des cours sont en effet offerts tant à l'automne qu'à l'hiver.

3.1.2 2^e année

Comme on peut le constater, la troisième session des deux programmes ne diffère que par un cours. Le passage d'un programme à l'autre après 3 sessions est ainsi facilité. Ce n'est qu'à la session d'hiver de la 2^e année que des différences importantes apparaissent entre les deux programmes. Durant la quatrième session, les étudiants de génie informatique poursuivent leur apprentissage des circuits électroniques et s'initient aux bases de l'infographie, alors que les étudiants de génie logiciel poursuivent leur approfondissement des méthodologies de développement de logiciel, en abordant les notions de conception d'interfaces personnes-machines et de vérification et validation du logiciel.

Par rapport au cheminement classique de génie logiciel présenté dans le livrable D, les cours de mécanique de l'ingénieur (PHS1101B) et d'équation différentielles ordinaires (MTH1110 et MTH1210) ont été permutés entre les sessions d'automne et d'hiver. Cette modification permet

aux étudiants de génie logiciel de reporter leur choix de concentration (classique ou multimédia) à l'hiver de la 2^e année. Des instructions spécifiques concernant les cheminements modifiés ont été envoyées aux étudiants déjà engagés dans le programme, afin de leur permettre de bénéficier immédiatement des choix de concentration qui leurs sont dorénavant offerts.

Tableau 1a – Cheminement complet des 4 années du programme de génie informatique – *filière classique*.

GÉNIE INFORMATIQUE – Filière classique (avec orientations)

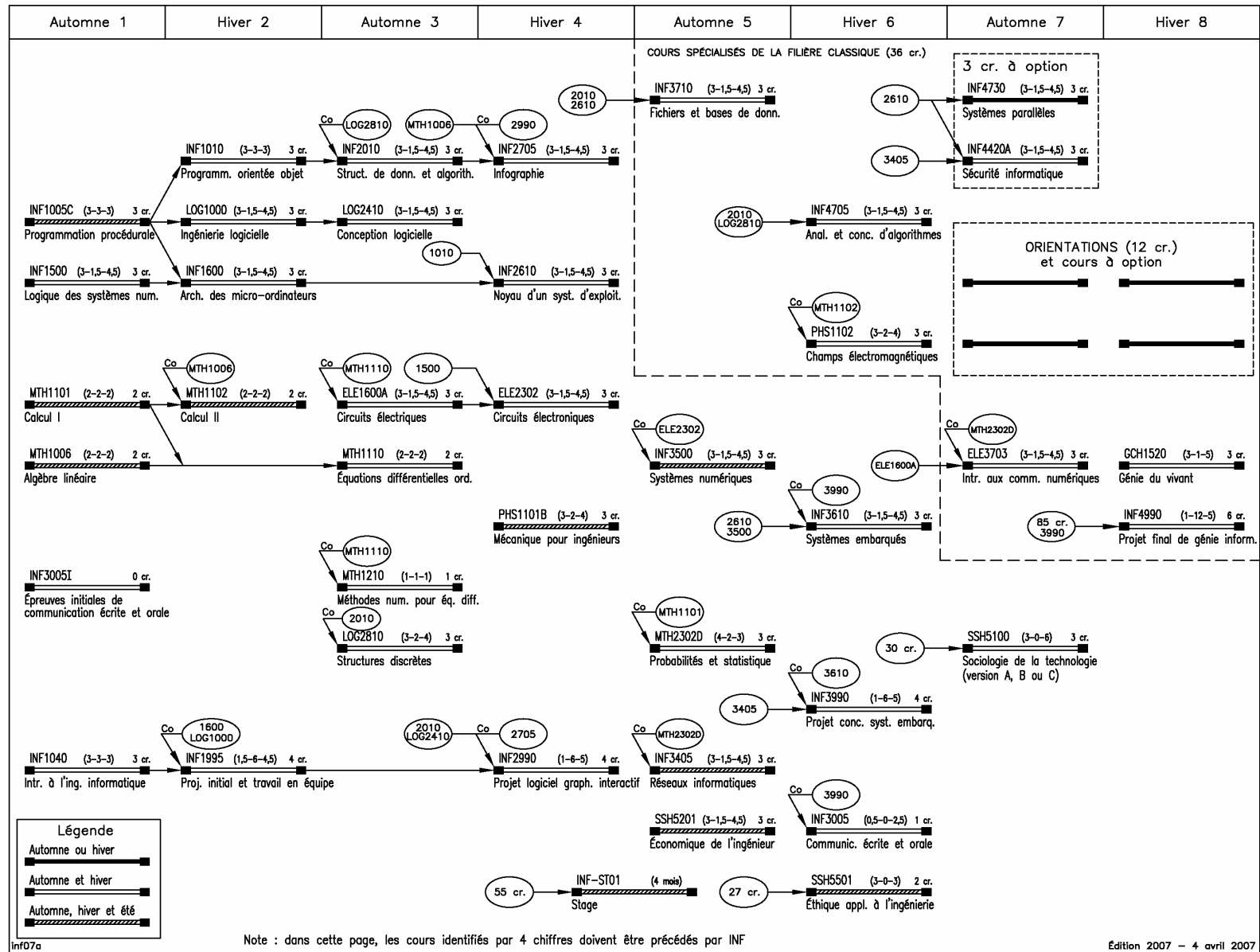


Tableau 1b – Programme de génie informatique – *filière classique*. Cours à option et orientations
GÉNIE INFORMATIQUE – Cours à option et orientations (12 cr.)

	Automne	Hiver			Automne	Hiver
			A			B
Bloc de cours à option (12 cr.)					Orientation MULTIMÉDIA (12 cr. à option)	
BACCALAURÉAT–MAÎTRISE INTÉGRÉ (BMI) L'étudiant désirant faire un BMI fera normalement les 2 cours d'études supérieures ci-dessus.					Note : pour obtenir la mention de l'orientation Multimédia, 12 cr. sur les 15 proposés doivent être faits.	
ORIENTATION PERSONNALISÉE				C	Orientation RÉSEAUTIQUE (12 cr. à option)	
L'orientation personnalisée est composée de 12 crédits de cours au choix de l'étudiant parmi les cours suivants : les cours de la présente page ou d'autres cours du baccalauréat ou des cycles supérieurs. Notes : – tous les cours doivent être approuvés par le responsable du programme – aucune mention de l'orientation personnalisée n'est faite sur le relevé de notes.						
BACCALAURÉAT–MAÎTRISE INTÉGRÉ					Orientations thématiques	
L'étudiant désirant faire un baccalauréat–maîtrise intégré devrait faire ce qui suit : – contacter son éventuel directeur d'études ou de recherche durant l'hiver 6 afin de planifier la maîtrise – à l'automne 7, déposer une demande d'admission à la maîtrise – à l'automne 7 et à l'hiver 8, faire 12 crédits dans le cadre de la maîtrise en remplacement du bloc de cours à option.					– INNOVATION TECHNOLOGIQUE – OUTILS DE GESTION – PROJETS INTERNATIONAUX	
					Note 1 : dans cette page, les cours identifiés par 4 chiffres doivent être précédés par INF	
					Note 2 : le registrariat ne peut assurer une compatibilité d'horaires entre les cours de cette page et les cours obligatoires de la filière classique ou de la concentration Multimédia	
inf07b					Édition 2007 – 12 avril 2007	

Tableau 2a – Cheminement complet des 4 années du programme de génie logiciel – *filière classique*.

GÉNIE LOGICIEL – Filière classique (avec orientations)

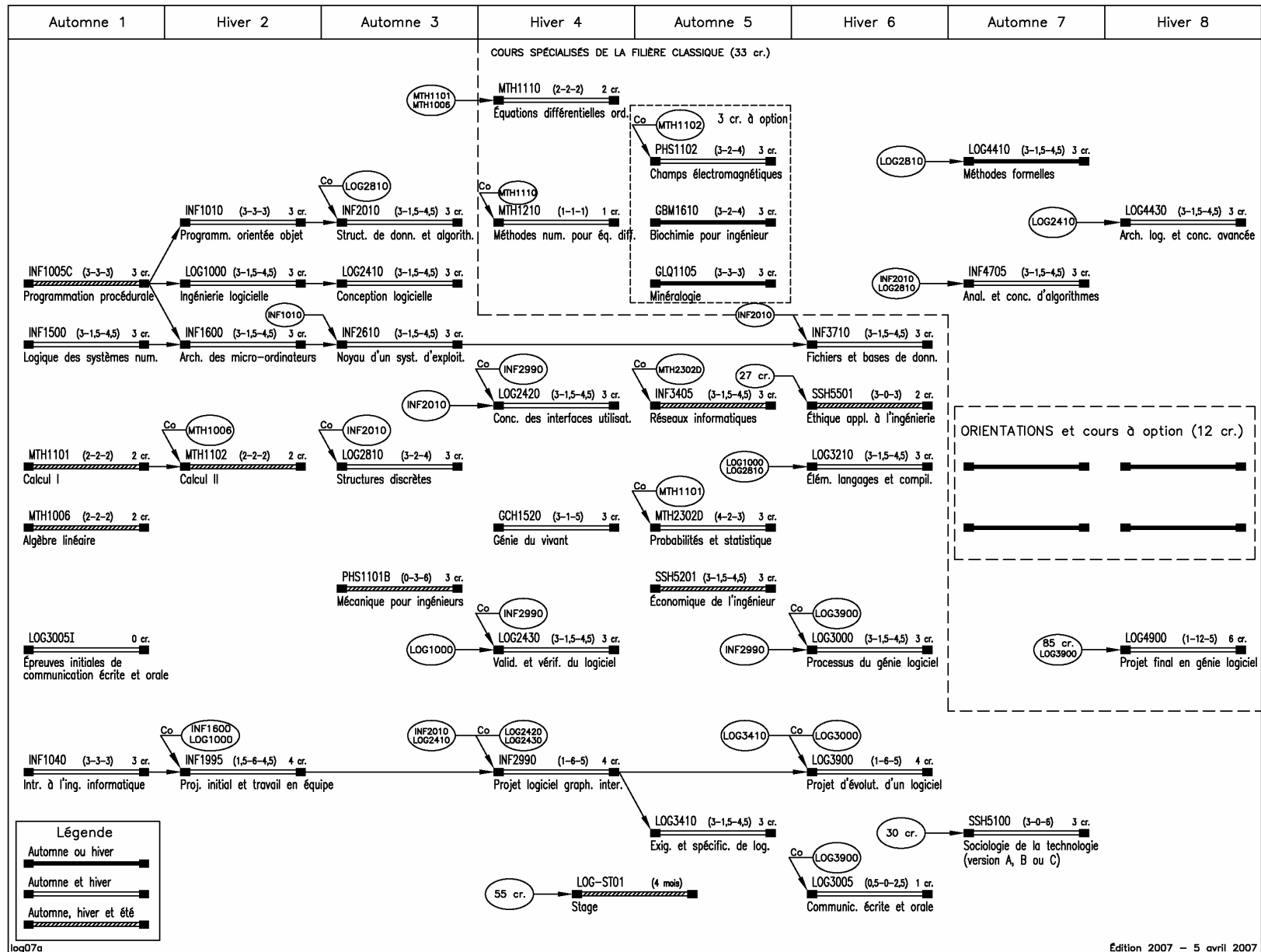


Tableau 2b – Programme de génie logiciel – *filière classique*. Cours à option et orientations

GÉNIE LOGICIEL – Cours à option et orientations (12 cr.)

Automne		Hiver	
Bloc de cours à option (12 cr.)		Orientation BIO-INFORMATIQUE (12 cr.)	
75 cr. INF4215 (3-1,5-4,5) 3 cr. Introd. à l'intellig. artificielle INF3405 INF4402 (3-1,5-4,5) 3 cr. Syst. répartis sur Internet 2610 INF4730 (3-1,5-4,5) 3 cr. Systèmes parallèles 60 cr. Co INF3710 LOG4420 (3-1,5-4,5) 3 cr. Sites web dynam. et transact. 2610 INF4420A (3-1,5-4,5) 3 cr. Sécurité informatique INF3405 INF4405 (3-1,5-4,5) 3 cr. Informatique mobile 85 cr. LOG3900 Co LOG4900 LOG4980 (2-1-6) 3 cr. Compl. au projet int. final Note : cours contingenté		75 cr. INF4215 (3-1,5-4,5) 3 cr. Introd. à l'intellig. artificielle INF2010 WTH2302b IFT3295 * (3-0-6) 3 cr. Bio-informatique BCM1501 * (3-0-6) 3 cr. Orig. biochimique de la vie 6 cr. à option BIO1203 * (3-0-6) 3 cr. Introd. à la génétique BIO2115 * (3-0-6) 3 cr. Princ. de phylogénie et syst.	
Notes : - tous les cours doivent être approuvés par le responsable du programme - aucune mention de l'orientation personnalisée n'est faite sur le relevé de notes.		Note : pour obtenir la mention de l'orientation, 12 cr. sur les 15 proposés doivent être faits, dont les 6 cr. obligatoires.	
ORIENTATION PERSONNALISÉE		Orientations thématiques - INNOVATION TECHNOLOGIQUE - OUTILS DE GESTION - PROJETS INTERNATIONAUX	
L'orientation personnalisée est composée de 12 crédits de cours au choix de l'étudiant parmi les cours suivants : les cours de la présente page ou d'autres cours du baccalauréat ou des cycles supérieurs.		BACCALAURÉAT-MAÎTRISE INTÉGRÉ	
Notes : - tous les cours doivent être approuvés par le responsable du programme - aucune mention de l'orientation personnalisée n'est faite sur le relevé de notes.		L'étudiant désirant faire un baccalauréat-maîtrise intégré devrait faire ce qui suit - contacter son éventuel directeur d'études ou de recherche durant l'hiver 6 afin de planifier la maîtrise - à l'automne 7, déposer une demande d'admission à la maîtrise - à l'automne 7 et à l'hiver 8, faire 12 crédits dans le cadre de la maîtrise en remplacement du bloc de cours à option.	
Note 1 : dans cette page, les cours identifiés par 4 chiffres doivent être précédés par LOG Note 2 : le registrariat ne peut assurer une compatibilité d'horaires entre les cours de cette page et les cours obligatoires de la filière classique			

log07b

Edition 2007 - 4 avril 2009

3.1.3 3^e année

Programme de génie informatique

Le cheminement de la troisième année du programme de génie informatique a subi un changement important par rapport à ce qui avait été proposé dans le livrable D. Principalement, il s'agit de la disparition du cours de mathématique *MTH2120 Analyse appliquée* du cheminement classique.

En effet, dans le cheminement classique MTH2120 n'est requis que pour le cours *ELE3703 Introduction aux communications numériques*. Nous avons donc convenu avec le responsable du cours ELE3703 que la matière requise serait intégrée directement dans le cours ELE3703 (nous estimons entre 3 et 6 heures). Ceci libère donc 3 crédits, permettant l'introduction d'un cours de spécialité informatique que nous jugeons important à la formation classique de l'ingénieur informatique d'aujourd'hui. Il s'agit du cours *INF4705 Analyse et conception d'algorithmes*. Notez qu'avant de prendre la décision d'enlever le MTH2120, nous avons consulté plusieurs de nos récents diplômés. Seuls les étudiants de la concentration informatique industrielle considéraient la pertinence de ce cours dans leur formation.

Programme de génie logiciel

La troisième année de la filière classique du programme de génie logiciel n'a subi que de très légers changements par rapport à la version proposée dans le livrable D. Un choix est maintenant offert au niveau d'un des cours de science fondamentale, afin de permettre aux étudiants d'acquérir des notions de science dans différents domaines, selon leurs intérêts et de leurs objectifs de carrière. Afin d'équilibrer le nombre de crédits à chaque session, le cours d'éthique a par ailleurs été ramené à la session d'hiver de la 3^e année, et le cours de sociologie placé à l'automne de la 4^e année.

Comparaison des cheminements des deux programmes

En 3^e année, seuls quelques cours sont communs aux deux programmes : MTH2302D Probabilités et statistiques, SSH5201 Économie de l'ingénieur, INF3405 Réseaux informatiques, INF3710 Fichiers et bases de données (pour les filières classiques) et le stage.

3.1.4 4^e année

Programme de génie informatique

La 4^e année comporte les cours SSH5100 *Sociologie de la technologie*, SSH5501 *Éthique appliquée à l'ingénierie* et GCH1520 *Génie du vivant*. Nous avons aussi rendu obligatoire le choix d'un cours parmi les deux cours de spécialité suivants: *INF4730 Systèmes parallèles* et *INF4420 Sécurité informatique*. Tout comme le INF4705, nous jugeons ces cours importants à la formation classique de l'ingénieur informatique d'aujourd'hui. L'étudiant pourra ainsi choisir le cours le plus pertinent en fonction de son profil de carrière.

Finalement, à cela s'ajoute 6 crédits à la session d'hiver pour le projet final, soit le cours *INF4990 Projet final de conception en génie informatique*, et 12 crédits de cours optionnels. Le choix des cours optionnels comprend aussi les orientations (Tableau 1b).

Programme de génie logiciel

La quatrième année du programme de génie logiciel inclut, outre les cours de sociologie et de communication orale et écrite déjà prévus dans le livrable D, deux nouveaux cours obligatoires de spécialité en génie logiciel. Le premier cours, *LOG4410 Méthodes formelles et fiabilité des systèmes critiques*, vise à modéliser mathématiquement et à valider les spécifications de systèmes informatiques, particulièrement dans des contextes où la sécurité des usagers peut être mise en jeu en cas de défaillance d'un programme. L'introduction de ce cours fait suite au recentrage du cours de 3^e année *LOG3410 Exigences et spécifications de logiciels* vers des approches moins mathématiques et au déplacement du cours de validation et vérification en 2^e année. Le second cours obligatoire, *LOG4430 Architecture logicielle et méthodes avancées de conception*, vise à combler un besoin identifié dès le livrable A au niveau de la formation aux approches de conception. En déplaçant l'ancien cours d'analyse et conception de logiciel de la 3^e à la 2^e année, les étudiants sont dorénavant exposés plus tôt aux bonnes pratiques de conception logicielle. En déplaçant le cours de la 3^e à la 2^e année, certains réaménagements de la matière présentée ont cependant été nécessaires. En particulier, plus d'emphasis est maintenant mise sur les notions de base en architecture logiciel, pour tenir compte de l'expérience moindre des étudiants. Ces changements ont entraîné le retrait de certaines notions plus avancées telle que les méthodes avancées de gestion des ressources en présences d'exceptions et les notions de base de la programmation orientée-aspects. Le nouveau cours de conception en 4^e année permettra de compenser cette réduction et d'aller beaucoup plus loin dans la présentation des architectures modernes utilisées pour la conception de systèmes logiciels. Finalement, le cours *INF4705 Analyse et conception d'algorithmes* est maintenant obligatoire dans la filière classique du programme.

Comparaison des cheminements des deux programmes

Mise à part quelques cours hors département et des cours de concentration, la 4^e année de génie informatique et la 4^e année de génie logiciel sont distinctes.

3.2 État récapitulatif pour les 4 années par rapport aux normes quantitatives et qualitatives du BCAP

3.2.1 Respect des normes quantitatives du BCAP

Tableau 3 – Bilan pour le programme de génie informatique* (détails Annexe 4, pp. 70 et 71)

	Total génie informatique	Minimum BCAP
Mathématiques	314	195
Sciences fondamentales	229	195
Mathématiques + sciences fondamentales	565	420
Études complémentaires	294	225
Sciences du génie	598	225
Conception en ingénierie	507	225
Génie + conception	1008	900
Total	2197	1800

* Incluant la filière classique et les concentrations *informatique embarquée* et *génie biomédical*

Tableau 4 – Bilan pour le programme de génie logiciel* (détails Annexe 4, pp. 72 et 73)

	Total génie logiciel	Minimum BCAP
Mathématiques	346	195
Sciences fondamentales	211	195
Mathématiques + sciences fondamentales	544	420
Études complémentaires	293	225
Sciences du génie	623	225
Conception en ingénierie	513	225
Génie + conception	1079	900
Total	2205	1800

* Incluant la filière classique et la concentration *multimédia*

3.2.2 Respect des normes qualitatives du BCAP

Tableau 5 - Respect des normes qualitatives du BCAP Génie informatique et génie logiciel

Gestion de projets	Projets intégrateurs de 2 ^e , 3 ^e et 4 ^e année
Économie de l'ingénierie	SSH 5201
Impact de la technologie sur la société	SSH5100
Méthodologies et cheminements intellectuels propres aux sciences humaines et aux sciences sociales	SSH5100, SSH5501, INF1040 et INF1995
Communication orale et écrite	INF4000 (GI) et LOG4000 (GL)
Rôle et responsabilité de l'ingénieur dans la société	SSH5501
Santé et sécurité du public et des travailleurs	INF1040
Mesures de sécurité dans les laboratoires	INF1995
Développement durable et gestion environnementale	GBM 1610 et GBM 2610 (GI concentration génie biomédical) GCH1520 (pour les autres)

3.3 Encadrement des étudiants

Au niveau de l'encadrement, nous comptons poursuivre les efforts déjà amorcés dans le cadre des deux premières années. Ces efforts comportent trois principaux volets : un encadrement personnalisé par les professeurs, l'accès à une personne ressource embauchée spécifiquement par le département et des rencontres entre l'équipe pédagogique et les étudiants de chaque année.

En premier lieu, au travers du cours d'introduction au génie informatique (INF1040) commun aux deux programmes, les étudiants sont regroupés en équipes d'environ 5 membres, et chaque équipe est assignée à un professeur responsable. Chaque professeur enseignant un cours de première année se voit confier la responsabilité d'une dizaine d'étudiants, qu'il rencontre individuellement au besoin au cours de la session d'automne. Ce pairage des étudiants avec un professeur doit permettre à chaque étudiant de développer des liens privilégiés avec au moins un membre du corps professoral au sein du département, en lui fournissant un point de contact initial en cas de besoin. Cette relation devrait se poursuivre naturellement tout au long des études mais nécessiter des rencontres moins fréquentes à mesure que chaque étudiant progresse dans son cursus et développe son autonomie.

Comme nous l'avons déjà souligné, un poste de coordonnatrice au soutien académique des programmes offerts par le département a été créé à l'automne 2005 afin de supporter les professeurs dans leurs tâches d'encadrement. Ce poste, occupé par Mme Johanne Lemieux, constitue un point de contact unique pour nos étudiants. Le principal objectif visé par la création de ce poste est d'offrir aux étudiants une ressource centralisée. Cette personne est capable de les diriger efficacement tant à l'intérieur du département qu'au niveau des services de l'École. Les principales tâches de Mme Lemieux comprennent la diffusion aux étudiants des informations sur les programmes académiques de 1^{re} cycle, et entre autres l'information sur les volets

internationaux, les concentrations et orientations, les cheminements particuliers, les stages et les projets, les sociétés techniques, etc. Depuis la création de son poste, Mme Lemieux a traité plusieurs centaines de demandes d'étudiants, tant lors de rencontres formelles incluant une prise de rendez-vous et un suivi, qu'au travers de rencontres plus informelles à son bureau. Les étudiants ont ainsi su identifier très rapidement cette ressource au sein du département et en tirer profit.

Enfin, lors des activités de la rentrée (fin du mois d'août), nous organisons une journée d'accueil (ou de retrouvailles) pour les étudiants de 2^e, 3^e et 4^e années. À travers des séances (activités), c'est l'occasion de donner un avant goût aux étudiants de ce qu'ils auront à réaliser au cours de leur prochaine année scolaire (projets, stage, etc.), ainsi que les possibilités qui leur sont offertes (concentration, année dans une autre université, etc.).

Certaines préoccupations ont récemment été exprimées en ce qui concerne l'encadrement des étudiants inscrits en année préparatoire. Bien que cette problématique soit assez récente, une réflexion s'est déjà amorcée au sein du département afin de mieux arrimer les étudiants en année préparatoire aux programmes et de développer leur sentiment d'appartenance au département.

Une piste intéressante qui est actuellement évaluée serait de réaménager légèrement le cheminement des étudiants en année préparatoire afin de les inscrire dès leur première année à l'École au cours INF1040 -- Introduction à l'ingénierie informatique. Les étudiants seraient ainsi immédiatement en mesure de confirmer leur choix de carrière et de s'intégrer, au moins partiellement, à une cohorte d'étudiant du département.

3.4 Mécanismes de gestion continue de la qualité sur l'ensemble des 4 années

Une réflexion en profondeur sur les mécanismes de suivi et de contrôle de la qualité des programmes est actuellement en cours au sein du département. Les principaux éléments de cette réflexion sont résumés dans le document présenté à l'annexe 3 (page 65) – « Réflexion sur le mandat et la composition du comité de suivi et du comité qualité ».

La proposition actuellement à l'étude prévoit que le suivi continu de la qualité du programme et de la charge de travail pour chaque session fasse partie du mandat d'un *comité de suivi*. Bien que le comité de suivi n'ait pas encore été formé officiellement au département, des mécanismes de suivi de la qualité sont déjà en place pour les quatre années. En particulier, chaque coordonnateur affecté à une année (M. Yves Boudreault pour la 1^{re} année, M. François Guibault pour la 2^e année, M. Guy Bois pour la 3^e année et M. Pierre Robillard pour la 4^e année), en collaboration avec Mme Lemieux, a mis en place une approche systémique de suivi du programme. Il organise des rencontres trimestrielles avec des représentants étudiants de chaque section de cours afin de faire le point sur le déroulement de la session. Ces rencontres planifiées, combinées à des rencontres informelles avec les étudiants, permettent d'identifier certaines difficultés, par exemple au niveau de la coordination entre les cours, et de réagir rapidement en cas de besoin. En cas de difficultés ponctuelles, les étudiants savent qu'ils peuvent consulter Mme Lemieux, le coordonnateur de l'année ou encore le professeur mentor qui les a encadré pour le cours INF1040. D'autre part, l'utilisation de questionnaires a permis de recevoir de l'information quantitative sur le degré de satisfaction et la perception des étudiants inscrits dans

le nouveau programme. Il reste à mettre en place une structure plus systématique de partage de l'information entre les différentes années, qui permette ensuite d'orienter les travaux du comité de programme.

Nous proposons par ailleurs de mettre en place un comité de Qualité, entièrement distinct des comités de suivi et de programme, qui puisse porter un regard indépendant sur l'ensemble des programmes et sur leur adéquation avec les besoins du marché. Une composition possible du comité Qualité pourrait être un professeur senior, un professeur junior, un membre du COCEP, un professeur retraité et un étudiant.

Il est souhaitable que cette réflexion soit suffisamment avancée au mois de juin pour permettre l'officialisation des nouveaux comités de suivi et de qualité lors du renouvellement des différents comités départementaux pour l'année 2007-2008.

3.5 Intégration des matières

Les projets intégrateurs forment les pivots autour desquels s'articulent tous les cours de spécialité des trois premières années. Tel que présenté initialement dans les livrables A et B, chacun des cours de spécialité durant une année sert à fournir une partie du bagage des connaissances mises en pratique dans le cadre du projet intégrateur. Ces connaissances sont fournies soit comme préalables à la session d'automne, soit en mode « juste à temps », en cours corequis, selon le schéma en J (Annexe 1).

3.5.1 1^{re} année pour les programmes de génie informatique et génie logiciel

Le tableau 6 présente le schéma en J pour la première année. Outre l'utilisation des connaissances acquises à la première session (*INF1005C Programmation procédurale*, *INF1040 Introduction à l'ingénierie informatique* et *INF1500 Logique des systèmes numériques*), le cours du projet intégrateur *INF1995 Projet initial en ingénierie informatique et travail en équipe* partage ses entrepôts informatisés avec le cours *LOG1000 Ingénierie logicielle* et bénéficie d'un travail réalisé dans le cours *INF1010 Programmation orientée objet*. Les étudiants forment les mêmes équipes pour les cours *INF1995* et *LOG1000*. De plus, quelques travaux réalisés dans le cadre du cours *INF1600 Architectures des micro-ordinateurs* exploitent le même processeur que celui du projet de cours. Plus précisément, les notions présentées et explorées dans le cours *INF1600* contribuent à faciliter la programmation d'un robot mobile.

Tableau 6 - Schéma en J pour la 1^{re} année GI et GL

Cours préalables	Cours corequis	Projet intégrateur
INF1040 INF1005C INF1500	LOG1000 INF1600	INF1995

3.5.2 2^e année pour les programmes de génie informatique et génie logiciel

Tel que mentionné ci-dessus, une attention toute particulière a été portée à l'insertion dans le curriculum de cours de sciences fondamentales capables d'alimenter les étudiants et de leur fournir les bases nécessaires pour aborder des problèmes dans diverses disciplines scientifiques. Cette vision est à la base du choix d'intégrer dans le programme des cours de science touchant à un spectre large de disciplines, qui pourront être réinvestis par les futurs ingénieurs dans des projets logiciels touchant des domaines variés d'applications.

Par ailleurs, l'intégration des mathématiques, particulièrement les mathématiques discrètes, et des sciences informatiques de base est assurée par le développement de paires de cours permettant de voir en parallèle la théorie mathématique et l'algorithmique basée sur ces notions, avec des échanges mutuels entre les cours. En particulier, la paire de cours *LOG2810 Structures discrètes* et *INF2010 Structures de données et algorithmes* a été conçue afin de fournir aux étudiants d'une part des connaissances solides de la théorie mathématique liée à la logique, à la manipulation d'ensembles, aux arbres, aux graphes, etc., et leur application concrète dans des structures de données et leur manipulation par des algorithmes appropriés. Ces deux cours fournissent les bases théoriques nécessaires à la conception de programmes, qui seront mises en pratique dans le cadre du projet intégrateur de 2^e année. Le cours de conception logicielle (*LOG2410*) fournira de son côté les bases méthodologiques nécessaires à la réalisation de projets logiciels complexes. Ces cours sont tous les trois préalables au projet intégrateur de 2^e année.

Selon un schéma de présentation de la matière « juste à temps », et afin de bien intégrer les notions disciplinaires spécialisées vues dans les cours de génie informatique de la quatrième session, le cours *INF2705 Infographie* est corequis au projet intégrateur de 2^e année. De même, les cours *LOG2420 Analyse et conception des interfaces utilisateurs* et *LOG2430 Validation et vérification de logiciel* sont corequis au projet intégrateur de 2^e année pour les étudiants en génie logiciel. Les travaux pratiques de tous ces cours seront directement intégrés au projet intégrateur et permettront aux étudiants de réaliser des activités spécifiques à chaque discipline, nécessaires à la réalisation globale du projet.

Les tableaux 7 et 8 présentent le schéma en J pour la 2^e année.

Tableau 7 - Schéma en J pour la 2^e année GI

Cours préalable	Cours corequis	Projet intégrateur
INF2010, LOG2810 LOG2410	INF2705	INF2990

Tableau 8 - Schéma en J pour la 2^e année GL

Cours préalable	Cours corequis	Projet intégrateur
INF2010, LOG2810 LOG2410	LOG2420 LOG2430	INF2990

Cette forte intégration des matières autour d'un pivot central constitué par le projet intégrateur amène l'équipe pédagogique à se questionner sur l'idée même de la promotion par matière. En effet, cette intégration des matières fait en sorte que les cours sont liés plus étroitement les uns

aux autres, et doivent donc être réussis plus ou moins simultanément pour permettre aux étudiants de passer d'une phase de formation à la suivante. Cette idée est en lien avec les thèmes de chacune des années identifiés dans le livrable A du programme de génie logiciel, soit la réalisation (1^{re} année), la conception (2^e année), les exigences et spécifications (3^e année) et le processus de développement (4^e année). Une réflexion est actuellement en cours au sein de l'équipe pédagogique afin de prévoir des mécanismes de rattrapage pour les étudiants qui vivraient des échecs dans certains cours afin de ne pas ralentir indûment leur cheminement.

Finalement, notons du côté génie informatique le début de la chaîne de cours « électrique » (*ELE1600A Introduction aux circuits électroniques* et *ELE2302 Circuits électroniques*) et dont l'intégration des connaissances se fera en 3^e année.

3.5.3 3^e année pour le programme de génie informatique

Selon le tableau 9, les cours de 3^e année *INF3405 Réseaux informatiques* et *INF3600 Systèmes embarqués* fourniront les bases pour la réalisation d'un système embarqué dans le cadre du projet intégrateur de 3^e année *INF3990 Projet de conception d'un système embarqué*. Ce projet intégrera également les notions avancées, liées à la conception d'un système embarqué présentées dans le cours *INF3610*. Comme dans le cas des cours disciplinaires de 2^e année, les travaux pratiques prévus dans le cours *INF3610* seront directement intégrés à la réalisation du projet de 3^e année.

Tableau 9 - Schéma en J pour la 3^e année GI

Cours préalable	Cours corequis	Projet intégrateur
INF3405 INF3610	INF3500	INF3990

3.5.4 3^e année pour le programme de génie logiciel

Les cours de 3^e année de statistique et *INF3405 Réseaux informatiques* fourniront les bases théoriques pour la réalisation d'applications logicielles distribuées proposée dans le cadre du projet intégrateur de 3^e année. Selon le schéma en J présenté au tableau 10, le cours *LOG3410 (Exigences et spécifications de logiciel)* fournira de son côté les bases méthodologiques pour la gestion et le suivi des exigences dans un processus d'évolution de logiciel. Ce projet intégrera également les notions avancées, liées au processus de développement du logiciel, présentées dans le cours *LOG3000*. Comme dans le cas des cours disciplinaires de 2^e année, les travaux pratiques prévus dans le cours *LOG3000* seront directement intégrés à la réalisation du projet de 3^e année. Cette approche pédagogique permettra aux étudiants de ressentir l'impact d'une méthodologie structurée de développement sur la réalisation d'un produit logiciel en évolution.

Tableau 10 - Schéma en J pour la 3^e année GL

Cours préalable	Cours corequis	Projet intégrateur
LOG3410 INF3405	LOG3000	LOG3900

3.6 Modalités associées aux méthodes d'évaluation

Nous sommes conscients qu'il reste du travail à faire pour mettre en place des méthodes d'évaluation à travers les 4 années. Jusqu'à maintenant nous avons surtout mis l'accent sur les mécanismes de rétroaction via le schéma en J. En effet, lorsque requise, la rétroaction est utilisée à l'intérieur des projets intégrateurs afin de renforcer des notions vues dans les cours préalables et corequis. Par exemple, en première année, la distinction entre les concepts de scrutation et d'interruption en programmation devient tangible lors de l'intégration des différentes opérations que doit réaliser le robot. Ou encore, les étudiants découvrent les forces et les faiblesses des paradigmes de programmation procédurale et par objet par l'expérimentation de stratégies de conception tout au long du développement logiciel du projet. Ces deux exemples démontrent la mise en place, par l'étudiant, d'une rétroaction réflexive s'inscrivant dans une introspection. En d'autres mots, il s'agit d'une « autorétroaction » de l'étudiant rendu possible par l'observation concrète des manifestations d'un concept abstrait.

Du point de vue de l'évaluation, au sens de notation, nous nous disciplinons à respecter quelques principes. Premièrement, informer l'étudiant de nos exigences, de nos attentes, de manière détaillée. Cela signifie, en clair, de fournir à l'étudiant une description précise du travail à réaliser incorporant le barème de correction. Deuxièmement, réaliser des évaluations dans des situations authentiques, i.e. lorsque l'étudiant exécute une activité propre à la pratique de son métier d'ingénieur.

3.7 Modalités et moyens de contrôle de la charge de travail

Les tableaux 11, 12, 13, 14 et 15 présentent pour les deux programmes (filiale classique) un sommaire de la charge de travail pour chaque session des 3 premières années. Les tableaux 12 et 13 sont présentés sur la même page afin de permettre de comparer la charge de travail entre les deux programmes lors de la deuxième année, alors que les tableaux 14 et 15 permettent la comparaison pour la 3^e année.

D'abord, le tableau 11 illustre les modalités d'évaluation et le nombre pour chaque cours de la 1^{re} année. On observe une moyenne d'évaluation par cours de 7 à la session d'hiver. Toutefois, de ce nombre, il faut considérer certaines évaluations qui ne demandent aucun travail extérieur au laboratoire. À ce titre, signalons :

4 mini-contrôles du cours MTH1102 d'une durée de 10 minutes,
ainsi que les 8 travaux dirigés (TD) du cours INF1010.

Ensuite, l'analyse de ces données montre que, durant les sessions d'automne de la 2^e et 3^e année, le nombre d'évaluations moyen par cours est de 6,3 et 5,6 respectivement pour le génie informatique, alors qu'il est de 5,8 et 6,2 pour le génie logiciel. Notez que les cours LOG2410, INF2010 et ELE1600 avec chacun 8 évaluations contribuent à la moyenne élevée de 6,3. Le comité qualité doit s'assurer, conformément aux analyses de cours, que les temps alloués aux

manipulations en laboratoire, à la rédaction des rapports de laboratoire et aux devoirs soient respectés.

En ce qui concerne les trimestres d'hiver de la 2^e et 3^e année, l'analyse de ces données montre que le nombre d'évaluations moyen par cours est de 4,8 et 4,4 respectivement pour le génie informatique, alors qu'il est de 4 et 3,4 pour le génie logiciel.

On remarquera qu'en général les sessions d'automne ont un nombre plus élevé d'évaluations qu'aux sessions d'hiver. Ceci s'explique par le fait que les étudiants n'ont pas de projet intégrateur à réaliser au cours de l'automne. Également, tout comme pour le projet intégrateur de 1^{re} année (livrable B), l'évaluation des projets intégrateurs de 2^e et 3^e année sera constituée d'une évaluation individuelle (environ 70% de la note) et d'une évaluation en équipe (environ 30% de la note).

Par manque de temps, la charge de travail pour les différentes concentrations n'a pas été complétée. Elle sera complétée et mise en Annexe d'ici peu.

Finalement, notez que l'évaluation continue de la charge de travail associée à chaque session fera partie intégrante de la gestion continue de la qualité du programme.

Tableau 11 – Évaluation de la charge de travail en 1^{re} année GI et GL filières classiques: nombre et pourcentage attribué à chaque évaluation

		Triplet	Examen	Contrôle	Travaux pratiques	Mini-Contrôles		Projet	Nombre
						Devoirs			
MTH1101	Calcul 1	2- 2- 2	50%	1 pour 35%	2 pour 15%				4
MTH1006	Algèbre linéaire	2- 2- 2	50%	1 pour 35%		3 pour 15%			5
INF1005C	Programmation procédurale	3- 3- 3	40%	2 pour 35%	6 pour 25%				9
INF1040	Introduction à l'ingénierie informatique	3- 3- 3			3 pour 40%	2 pour 20%			5
INF1500	Logique des systèmes numériques	3-1.5-4.5	40%	1 pour 30%	2 pour 30%				4
AUTOMNE	Total								27
	Moyenne par cours								5.4
MTH1102	Calcul II	2- 2- 2	50%	5 pour 45%					6
INF1600	Architecture des micro-ordinateurs	3-1.5-4.5	40%	1 pour 30%	5 pour 30%				7
INF1995	Proj. initiale et travail en équipe	1.5-6-4.5			3 pour 45%		2 pour 55%		5
INF1010	Programmation orientée objet	3- 3- 3	40%	1 pour 25%	8 pour 35%				10
LOG1000	Ingénierie logicielle	3-1.5-4.5	40%	1 pour 30%	5 pour 30%				7
HIVER	Total								35
	Moyenne par cours								7

Tableau 12 – Évaluation de la charge de travail en 2^e année de génie informatique – nombre et pourcentage attribué à chaque évaluation

		Triplet	Examen	Contrôle	Travaux pratiques	Mini-Contrôles		Projet	Nombre
						Devoirs			
MTH1110	Équations différentielles ordinaires	2- 1- 3	50%	1 pour 40%		4 pour 10%			6
MTH1210	Méthodes numériques pour équations différentielles ordinaires	1- 1- 1		1 pour 50%	2 pour 25%				3
INF2010	Structures de données et algorithmes	3-1.5- 4.5	40%	1 pour 30%	6 pour 30%				8
LOG2410	Conception logicielle	3-1.5-4.5	45%		6 pour 30%	1 pour 25%			8
LOG2810	Structures discrètes	3- 1- 5	60%			4 pour 40%			5
ELE1600	Introduction aux circuits électroniques	3-1.5- 4.5	35%	1 pour 25%	4 pour 30%	2 pour 10%			8
AUTOMNE	Total								38
	Moyenne par cours								6.3
INF2610	Noyau d'un système d'exploitation	3-1.5- 4.5	40%	1 pour 30%	3 pour 30%				5
INF2990	Projet logiciel graphique interactif	1- 5- 3					1 pour 100%		1
INF2705	Infographie	3 - 1.5 - 4.5	40%	1 pour 30%	4 pour 30%				6
ELE2302	Circuits électroniques	3 - 1.5 - 4.5	40%	1 pour 30%	6 pour 30%				8
PHS1101B	Mécanique pour ingénieurs	3- 2- 4	45%	2 pour 55%					4
HIVER	Total								24
	Moyenne par cours								4.8

Tableau 13 – Évaluation de la charge de travail en 2^e année de génie logiciel – nombre et pourcentage attribué à chaque évaluation

MTH1110	Équations différentielles ordinaires	2- 1- 3	50%	1 pour 40%		4 pour 10%			6
MTH1210	Méthodes numériques pour équations différentielles ordinaires	1- 1- 1		1 pour 50%	2 pour 25%				3
INF2010	Structures de données et algorithmes	3-1.5- 4.5	40%	1 pour 30%	6 pour 30%				8
INF2610	Noyau d'un système d'exploitation	3-1.5- 4.5	40%	1 pour 30%	3 pour 30%				5
LOG2410	Conception logicielle	3-1.5-4.5	45%		6 pour 30%	1 pour 25%			8
LOG2810	Structures discrètes	3- 1- 5	60%			4 pour 40%			5
AUTOMNE	Total								35
	Moyenne par cours								5.833333
PHS1101B	Mécanique pour ingénieurs	3- 2- 4	45%	2 pour 55%					4
GCH1520	Génie du vivant	3- 1- 5	35%	1 pour 25%		4 pour 40%			6
INF2990	Projet logiciel graphique interactif	1- 5- 3					1 pour 100%		1
LOG2420	Analyse et conception des interfaces utilisateurs	3-1.5- 4.5	35%	1 pour 30%	4 pour 35%				6
LOG2430	Validation et vérification de logiciel	3-1.5- 4.5	45%	1 pour 35%	1 pour 20%				3
HIVER	Total								20
	Moyenne par cours								4

Tableau 14 – Évaluation de la charge de travail en 3^e année de génie informatique – filière classique: nombre et pourcentage attribué à chaque évaluation

		Triplet	Examen	Contrôle	Travaux pratiques	Mini-Contrôles		Projet	Nombre
						Devoirs			
INF3610	Systèmes embarqués	3-1.5- 4.5	40%	1 pour 20%	3 pour 40%				5
MTH2302D	Probabilités et statistiques	4- 2- 3	40%	2 pour 60%					3
INF3710	Fichiers et base de données	3-1.5- 4.5	40%	1 pour 25%	3 pour 35%				5
SSH5201	Économique de l'ingénieur	3-1.5- 4.5	50%	1 pour 30%	5 pour 20%				7
INF3405	Réseaux téléinformatiques	3-1.5- 4.5	40%	1 pour 30%	6 pour 30%				8
AUTOMNE	Total								28
	Moyenne par cours								5.6
INF4705	Analyse et conception d'algorithmes	3-1.5-4.5	35%	25%	3 pour 40%				5
PHS1102	Champs électromagnétiques	3- 2- 4	40%	1 pour 30%	3 pour 15%	1 pour 5%	1 pour 10%		7
INF3990	Projet de conception d'un logiciel embarqué	1- 5- 3					1 pour 100%		1
INF3500	Systèmes numériques programmables	3-1.5- 4.5	40%	1 pour 20%	5 pour 40%				7
SSH5501	Éthique appliquée à l'ingénierie	3-0-3				1 pour 55%	1 pour 45%		2
HIVER	Total								22
	Moyenne par cours								4.4

Tableau 15 – Évaluation de la charge de travail en 3^e année de génie logiciel – filière classique: nombre et pourcentage attribué à chaque évaluation

LOG3410	Exigences et spécifications de logiciels	3-1.5- 4.5	40%	1 pour 30%	4 pour 30%				6
MTH2302D	Probabilités et statistiques	4- 2- 3	40%	2 pour 60%					3
PHS1102*	Champs électromagnétiques	3- 2- 4	40%	1 pour 30%	3 pour 15%	1 pour 5%	1 pour 10%		7
SSH5201	Économique de l'ingénieur	3-1.5- 4.5	50%	1 pour 30%	5 pour 20%				7
INF3405	Réseaux informatiques	3-1.5- 4.5	40%	1 pour 30%	6 pour 30%				8
AUTOMNE	Total								31
	Moyenne par cours								6.2
INF3710	Fichiers et base de données	3-1.5- 4.5	40%	1 pour 25%	3 pour 35%				5
LOG3000	Processus de développement des logiciels	3-1.5- 4.5	40%	1 pour 30%	1 pour 30%				3
LOG3900	Projet d'évolution d'un logiciel	1- 5- 3					1 pour 100%		1
LOG3210	Éléments de langages et compilateurs	3-1.5- 4.5	40%	1 pour 30%	4 pour 30%				6
SSH5501	Éthique appliquée à l'ingénierie	3-0-3				1 pour 55%	1 pour 45%		2
HIVER	Total								17
	Moyenne par cours								3.4

* Il existe en réalité un choix de 1 cours parmi 3 de sciences fondamentales, ici nous avons sélectionné 1 parmi 3

3.8 Développement des habiletés personnelles et relationnelles (HPR)

Les programmes de génie informatique et de génie logiciel cherchent à développer principalement deux volets des habiletés personnelles et relationnelles (HPR) chez les étudiants, soit d'une part leur capacité à travailler efficacement en équipe et d'autre part leurs habiletés de communication orale et écrite.

Dès la première année, dans le cadre du cours INF1040, des efforts particuliers sont consentis afin de transmettre aux étudiants les éléments de base du travail en équipe, et pour sensibiliser chaque étudiant à l'importance de la communication orale et écrite. Ce premier cours place les étudiants en situation concrète de travail en équipe et les oblige à une rétroaction immédiate sur leur expérience. Un crédit de ce cours est justifié par des activités de formation propres aux relations interpersonnelles pour le travail en équipe. Entre autres, l'évaluation initiale de la communication orale s'effectue dans le cadre de ce cours.

Suite à cette sensibilisation dans le cours INF1040, les projets intégrateurs à chacune des années sont vus comme le mécanisme privilégié pour le développement des HPR dans le cadre des deux programmes. Les projets de 1^{re}, 2^e et 3^e année incorporent chacun 1 crédit d'études complémentaires, comprenant, en première année, le second module de formation au travail en équipe. Les projets de 2^e et 3^e année intègrent, quant à eux, les deux premiers modules de gestion de projet de 0.5 crédit chacun, tels qu'ils ont été proposés par nos collègues du programme de génie industriel. Le professeur Michel Desmarais du département de génie informatique mettra en application ces propositions. Spécifiquement, chaque projet est réalisé en équipe d'au moins quatre étudiants, et les mécanismes d'évaluation comprennent tous des volets de communication orale et écrite.

Par ailleurs, nous tentons d'arrimer la formation de nos étudiants avec l'ensemble des activités proposées par le Centre d'études complémentaires. Madame Stéphanie Rivier est la personne ressource qui a été assignée à notre département. Nous apprécions grandement sa contribution à l'introduction de cette nouvelle facette dans la formation de nos étudiants.

Finalement, nous nous associons à la demande d'un projet FRAPP intitulé « Développement et implantation d'une organisation pédagogique et de matériel didactique pour la formation aux HPR dans les programmes du baccalauréat » sous la coordination du professeur Sylvain Turenne. Plusieurs programmes sont impliqués dans cette demande : civil, électrique, géologie, matériaux, informatique et logiciel. Le principal objectif du projet est de développer du matériel didactique approprié qui pourra être utilisé par les étudiants et les professeurs de tous les programmes du baccalauréat selon leurs besoins.

3.9 Compétences

Les assises de notre projet pédagogique s'expriment sous la forme d'objectifs d'apprentissage. Étant donné la vitesse à laquelle nous devons développer notre nouveau programme, il nous apparaissait utopique de se lancer dans cet exercice grandiose sans risquer d'être insatisfait du résultat obtenu. Par contre, nous estimons que notre approche particulière d'intégrer dans nos cours la formation aux HPR et d'articuler les cours d'une année autour d'un projet intégrateur favorise l'acquisition de savoir-faire et de savoir-être. Ces derniers complètent avantageusement les savoirs enseignés de manière à définir des compétences qui nous restent maintenant à identifier.

Pour le moment, aucun échéancier n'a été prévu pour l'élaboration d'un corpus de compétence.

3.10 Autres points

3.10.1 Organisation des stages

C'est au cours de la troisième année, après avoir complété les deux premières années (58 crédits de cours), qu'a lieu le stage en milieu industriel. La 3^e année de génie informatique et de génie logiciel a été structurée de manière à permettre un stage à l'automne, à l'hiver ou à l'été. Pour que l'étudiant puisse faire un stage à l'automne, il devra avoir complété le trimestre d'automne de la 3^e année (A5) durant l'été (E5). Également, l'étudiant désirant faire son stage à l'hiver devra avoir complété le trimestre d'automne (A5) de la 3^e année durant l'été (E5), pour ensuite compléter le trimestre d'hiver de la 3^e année (H6) à l'automne suivant (A5). Avec cette façon de faire, un trimestre d'été de 5 cours entre la deuxième et la troisième année est donc prévu.

Les cours INF et LOG de la session d'automne de la 3^e année (A5) sont zébrés puisque la session A5 peut être suivie à l'été (E5). Les seuls cours non zébrés et qui ne sont pas sous la responsabilité du département de génie informatique sont les suivants : *MTH2302D Probabilités et statistique* et *MTH2120 Analyse appliquée* (uniquement pour la concentration informatique embarquée). Dans le cas du MTH2302D, il pourra être exceptionnellement remplacé par le cours zébré MTH2302A offert dans les programmes de génie électrique et génie physique. Quant au cours MTH2120, nous verrons plus en détail à la section 4.3.1 par quel cours le substituer.

En ce qui concerne l'obligation pour un étudiant de s'inscrire durant l'une des trois sessions suivant la réussite de 55 crédits dans son programme d'étude, les deux programmes entendent appliquer les modalités d'inscription obligatoire à un stage proposées par l'École.

3.10.2 Projets intégrateurs

Chacune des trois premières années des programmes de génie informatique et de génie logiciel incorpore un projet intégrateur de 4 crédits à réaliser à l'hiver. Tel que mentionné à la section 3.6, ces projets forment les pivots autour desquels s'articulent tous les cours de spécialité des trois premières années.

Projet intégrateur commun de 1^{re} année

(Responsable : Yves Boudreault)

Tel que présenté à la section 3.5.1, le projet de intégrateur de 1^{re} consiste en la réalisation d'un véhicule robotisé. Le cours a déjà été offert à deux reprises. Les commentaires reçus des étudiants sont extrêmement positifs. Notre défi est de maintenir cette qualité de projet sur plusieurs sessions et de conserver l'enthousiasme d'une clientèle étudiante en croissance.

Projet intégrateur commun de 2^e année

(Responsable : Louis Granger)

Le projet de deuxième année est commun aux deux programmes. Les étudiants seront ainsi mis en contact, dès la deuxième année, à la réalité du travail en équipe multidisciplinaire. Le projet de deuxième année prévoit en effet la réalisation d'un logiciel graphique interactif en équipes mixtes GI/GL. La réalisation de ce projet exige la mise en commun de connaissances propres à chacun des deux programmes. Les étudiants de génie informatique suivront en effet le cours d'infographie 3D nécessaire pour réaliser le rendu des objets. Les étudiants de génie logiciel suivront, de leur côté, un cours de conception d'interface et un cours de validation et vérification de logiciel, qui les amèneront à prendre en charge ces facettes du projet. Lors de la constitution des équipes, les professeurs responsables devront s'assurer que la composition de chaque équipe reflète adéquatement les proportions d'étudiants en provenance de chacun des programmes.

Projet intégrateur de 3^e année en génie informatique

(Responsable Guy Bois)

Le projet de troisième année est spécifique à chaque programme. Dans le cas du programme de génie informatique, il s'agit du cours *INF3990 Projet de conception d'un système embarqué*. Tel que discuté à la section 3.5.3 (Tableau 9), ce dernier visera l'intégration des contenus vus dans les cours *INF3405*, *INF3500* et *INF3610*. Afin de faciliter la réutilisation, un ensemble de laboratoires de ces cours utiliseront une plate-forme commune. Cette dernière intégrera aussi bien les blocs logiciels que matériels. Certains blocs matériels seront donc développés dans le cours *INF3500* offert à l'automne précédent alors que certains blocs logiciels seront développés conjointement dans le projet intégrateur et dans le cours *INF3610*. Le projet consistera à concevoir, réaliser, vérifier et valider un système embarqué logiciel/matériel pour une application répartie. La méthodologie de conception devra en être une reconnue dans l'industrie. En plus de mettre en évidence des concepts d'architecture réseau (e.g. TCP/IP) du cours *INF3405*, le projet intégrateur permettra également de mettre en pratique la programmation réseau (par exemple à travers un client SMTP s'exécutant sur un processeur embarqué).

Notez que ce projet peut être vu comme une version beaucoup plus approfondie du projet de première année, qui permettra d'intégrer l'ensemble des connaissances acquises par les étudiants jusqu'à ce moment et de mettre en œuvre des habiletés avancées en matière de conception de systèmes embarqués.

Projet intégrateur de 3^e année en génie logiciel

(Responsable François Guibault)

Dans le cas du programme de génie logiciel, le projet intégrateur vise à placer les étudiants en situation la plus réelle possible tant au plan des exigences du projet qu'au niveau de la méthodologie de développement. À cette fin, le projet de 3^e année proposera aux étudiants non pas de réaliser un nouveau projet à partir de zéro, mais bien de faire évoluer un logiciel déjà existant à la lumière de nouvelles exigences et de nouveaux besoins. L'objectif du projet de 3^e année sera donc de planifier et de réaliser des modifications à un logiciel avec lequel ils seront plus ou moins familier, par exemple une version du logiciel interactif qu'ils auront produit lors du projet intégrateur de 2^e année. Ces modifications devront être planifiées et réalisées selon une méthodologie de développement sur laquelle les étudiants seront également amenés à se pencher.

Le cours de processus (LOG3000) amènera en effet chaque équipe à mesurer les efforts consentis pour la réalisation de chaque tâche liée au développement, et à comparer ces efforts à un modèle de prédiction des efforts de développement.

Notons en terminant que les nouveaux programmes de génie informatique et de génie logiciel ne comprennent pas de cours spécifique de gestion de projet. Les notions de gestion de projet seront intégrées directement aux projets intégrateurs des années 2, 3 et 4 de chaque programme. Le modèle d'intégration choisi correspond au découpage en trois modules de 0,5 ou 1 crédit proposé dans le document préparé par le département de mathématiques et génie industriel.

3.10.3 Cheminement pour un étudiant débutant à l'hiver

Le Tableau 16 illustre une simulation des scénarios de cheminement selon la session d'entrée et la session de stage. La seule contrainte qu'on observe (en foncé sur le tableau 16) est celle où un étudiant débutant à l'hiver souhaiterait compléter son stage à l'automne. Il devrait alors faire la session 6 (hiver de la 3^e année) à l'été. Mais, cela est impossible car tel que mentionné à la section 3.10.1, seule la session de l'automne de la 3^e année peut être complétée durant l'été.

Toutefois, en informant à l'avance nos étudiants de cette contrainte mineure, cela ne les empêchera pas de compléter leur programme en quatre années.

Tableau 16 - Scénarios de cheminements selon la session d'entrée et la session de stage

	A	H	E	A	H	E	A	H	E	A	H	E	A
Entrée A, stage E	1	2		3	4	S	5	6		7	8		
Entrée A, stage A	1	2		3	4	5	S	6		7	8		
Entrée A, stage H	1	2		3	4	5	6	S		7	8		
Entrée H, stage E		1		2	3		4	5	S	6	7		8
Entrée H, stage A		1		2	3		4	5	6	S	7		8
Entrée H, stage H		1		2	3		4	S	5	6	7		8

Chapitre 4

Organisation spécifique de la 4^e année

Le département de génie informatique propose trois concentrations et deux orientations. Plus précisément, le programme de génie informatique propose une concentration en informatique embarquée (anciennement informatique industrielle), une concentration biomédical, une orientation réseautique et une orientation multimédia. De son côté, le programme de génie logiciel propose une concentration multimédia et une orientation bio-informatique. Le projet de conception final occupe une place importante à la 4^e année. Le contenu de ce projet étant fortement lié à la concentration, il y aura au total 5 types de projet : en génie informatique filière classique, en génie logiciel filière classique, en concentration informatique embarquée, en concentration biomédical et en concentration multimédia. Afin d'assurer un maximum de connaissances lié à une concentration, les projets auront lieu à la dernière session. Dans ce qui suit nous allons d'abord discuter des projets intégrateurs de 4^e année et par la suite nous discutons de la mise en œuvre d'innovations pédagogiques spécifiques à la 4^e année. Puis, nous présentons chaque concentration et orientation en incluant un descriptif et une brève justification des orientations et concentrations existantes ou légèrement modifiées. Finalement, nous discutons des moyens mis en œuvre pour l'internationalisation du cursus et des modalités pour le passage aux études supérieures.

4.1 Modalités de mises en place pour le projet intégrateur de 4^e année¹

Nous prévoyons structurer nos projets intégrateurs de 4^e année en nous inspirant fortement de la formule *cours cliniques/liaison DGI – Industrie* développé et expérimenté par le professeur Pierre N. Robillard dans le cadre du cours *LOG4315 Atelier de génie logiciel*. Dans ce qui suit, les sections 4.1.1 à 4.1.4 présentent les grandes lignes du projet intégrateur pour les deux filières

¹ Notez que la structure présentée dans cette section ne s'applique pas à la concentration *génie biomédicale*. En effet, cette dernière propose une structure multidisciplinaire impliquant tous les programmes qui offrent la concentration (à travers le cours GBM4900 *Projet intégrateur en génie biomédicale*).

classiques fortement inspirées de la formule du cours clinique. La section 4.1.5 présente les particularités associées aux concentrations et finalement la section 4.1.6 propose une alternative aux étudiants qui souhaiteraient faire le projet intégrateur chez un industriel (c'est-à-dire au sein d'une équipe d'ingénieurs en entreprise).

4.1.1 But et objectif

Le but du projet final est de permettre aux étudiants de compléter leur formation par la réalisation d'un projet d'envergure reliée à une problématique industrielle. Dans le cadre de ce projet, les étudiants seront amenés à intégrer et approfondir l'ensemble des connaissances acquises au cours de leur formation, dans un cadre réel de réalisation d'un système informatique.

Tout comme les projets intégrateurs des trois premières années, ce type de formation permettra à l'équipe d'étudiants de s'approprier le projet et d'en assumer l'entière responsabilité.

Également, les étudiants peuvent assumer différents rôles au sein de l'équipe. Ils seront responsables de l'assignation des tâches, des livrables et des échéanciers. Ils devront respecter les exigences du projet dont ils ont la responsabilité et se conformer aux conditions de jalons et de date de livraison.

4.1.2 Caractéristiques

Une équipe d'étudiants travaillera sur un projet de type coopératif issu soit de l'industrie, des professeurs ou des étudiants eux-mêmes, en étroite collaboration avec les professeurs coordonnateurs et possiblement certains experts de l'industrie. Ils disposeront des ressources techniques nécessaires pour réaliser le projet. Ils auront accès à un local dédié à cette activité à l'École Polytechnique de Montréal. Leur horaire devra être adapté pour leur permettre de consacrer au moins 2 demi-journées par semaine au travail d'équipe.

Les étudiants seront assignés aux équipes en fonction de leur choix lorsque c'est possible. Le but est de former des équipes équilibrées et performantes dans l'intérêt du projet et des étudiants.

Le projet se déroule sur une période de 13 semaines. Ce cours de 6 crédits requiert donc 270 heures de travail par étudiant. Les projets pourront être réalisés par des équipes de 4 à 6 étudiants. Le tableau 17 illustre le nombre d'heures par projet en fonction de la dimension des équipes.

Tableau 17 – Nombre d'heures par projet en fonction de la dimension de l'équipe

Équipe	Heures
4	1080
5	1350
6	1620

Idéalement, chaque équipe aura son propre projet. Toutefois, il pourrait arriver que plus d'une équipe travaille à partir des mêmes exigences ou encore partage le même projet.

Les projets pour les programmes de génie informatique et de génie logiciel devront être centrés autour d'un système informatique et d'un logiciel, respectivement. Par exemple, il pourra s'agir de développer un produit logiciel, de modifier un logiciel existant, ou encore de tester un système logiciel.

Dans le cas de projets en collaboration avec l'industrie, le projet ne devra pas être sur le chemin critique de l'entreprise (échéancier ou valeur intellectuelle). L'entreprise devra fournir le matériel spécifique nécessaire au projet, s'il y a lieu. Les étudiants devront accepter dans certains cas de se conformer à des clauses de confidentialité concernant les documents qui leur sont remis. L'entreprise ne pourra exiger pour ces projets des clauses de confidentialité, de propriétés intellectuelles ou de non concurrence qui pourraient restreindre la future carrière professionnelle de l'étudiant.

L'expérience du cours clinique a démontré qu'une moyenne suffisante (de l'ordre de 2.75/4) est généralement requise afin d'assurer la réussite des projets et donc la satisfaction du collaborateur industriel. Un industriel satisfait sera intéressé à investir davantage de temps pour des projets subséquents. La priorité dans le choix des projets, et en particulier les projets ayant une composante industrielle, sera ainsi accordée aux étudiants ayant une bonne moyenne générale. En ce qui concerne les étudiants qui ne rencontreront pas le critère permettant d'avoir accès à des projets de nature industrielle, ils se verront assigner des projets de nature non coopératif.

Au niveau de l'organisation du travail, des locaux seront spécifiquement attribués à chacun des projets pour toute la durée de la session.

4.1.3 Ressources humaines requises

Professeur responsable de projets : maintient les liens avec les entreprises, valide les projets proposés, assure la qualité de la formation, assume un *coaching* auprès des étudiants et évalue les étudiants.

Professeur collaborateur : contribue en fonction de son expertise et des domaines d'applications des projets. Semblable à la formule de PFE dans le passé.

Chargé de projets : gère les environnements de travail, supervise l'ensemble des projets et coordonne les activités avec les collaborateurs industriels.

Dépanneur : assure le suivi quotidien des projets concernant les aspects techniques.

Collaborateur industriel : définit les exigences du projet et les livrables et agit comme personne ressource pour le projet soit à titre de client, utilisateur ou encore expert.

4.1.4 Structure dans le programme

Le projet intégrateur se donnera à la session d'automne et d'hiver (pour ceux qui ont débuté à la session hiver et automne, respectivement). Le projet intégrateur de la filière classique de génie informatique aura comme sigle INF4990 *Projet final de conception en génie informatique* alors

que le projet intégrateur de la filière classique de génie logiciel aura comme sigle LOG4990
Projet final de conception en génie logiciel.

En considérant 5 équipes (de 5 étudiants) par session par filière classique, ceci fait au total 100 étudiants par année.

4.1.5 Les concentrations et le projet intégrateur

Afin de maximiser les crédits propres à chaque concentration, nous avons créé un sigle de projet intégrateur par thème de concentration : l'informatique embarquée offre le cours *INF4920 Projet de conception finale en informatique embarqué* alors que la concentration en multimédia offre le cours *LOG4910 Projet de conception finale en multimédia*.

Par conséquent, tout comme pour les filières classiques, les projets pour les concentrations devront être centrés autour d'un système informatique. Cependant, le système devra être fortement lié à un domaine de la concentration.

Également, nous croyons que cette répartition des thèmes de projets intégrateurs facilitera le partage des tâches entre les professeurs responsables de projets. Par exemple, les professeurs spécialistes en architecture matérielle ou en informatique embarquée s'impliqueront davantage au niveau du cours INF4920.

4.1.6 Projet intégrateur dans l'industrie

À la section 4.1.2, nous avons mentionné que le projet se déroulerait entièrement à l'École Polytechnique de Montréal. Toutefois, nous ouvrons aussi la porte à la possibilité qu'une équipe d'étudiants (au moins deux) réalisent le projet chez un industriel. Ce dernier ne sera plus alors que le collaborateur industriel (section 4.1.3), mais il deviendra également le chargé de projet. Le professeur responsable des projets devra alors s'assurer de la qualité formative et du bon déroulement des projets. En particulier, ce projet ne devra en aucun cas devenir un second stage.

4.2 Modalités de mise en œuvre d'innovations pédagogiques spécifiques à la 4^e année

La quantité énorme de travail requise pour mettre en place les structures de la 4^e année (e.g. cheminements complets incluant orientations et concentrations) n'a pas jusqu'à maintenant donné beaucoup d'occasions aux membres du comité des programmes pour réfléchir sur l'introduction de projets d'innovation pédagogique spécifiques à la 4^e année.

Pour l'instant, la principale innovation pédagogique provient de l'adaptation de la formule *cours cliniques/liaison DGI – Industrie* pour structurer le projet intégrateur de 4^e année (section 4.1).

Nous croyons que la mise en contact avec une problématique industrielle, pour laquelle l'étudiant aura recours à l'ensemble des connaissances acquises au cours de sa formation pour la résoudre, contribuera à mettre en place une finalité professionnelle.

4.3 Orientations et concentrations

4.3.1 Concentration informatique embarquée

Tel que mentionné ci-haut et détaillé au chapitre 5, la concentration informatique embarquée est une mise à jour importante de la concentration informatique industrielle. Cette dernière a été créée à la fin des années 1990, l'époque où 300 étudiants étaient admis annuellement. Puisqu'il n'était pas souhaitable de produire tant de diplômés avec une formation identique, des concentrations furent alors proposées pour couvrir le plus de débouchés souhaitables. Toutefois, on remarque que seulement 3 cours (annuaire 2004-2005) sont véritablement propres à la concentration informatique industrielle. De plus, 2 de ces 3 cours sont disponibles dans les cours à option de la filière classique. Il en résulte qu'un étudiant de la filière classique pouvait obtenir son diplôme en ayant pratiquement suivi tous les cours de la concentration informatique industrielle. La nouvelle concentration informatique embarquée passe donc de 3 cours (9 crédits) de spécialité à plus de 30 crédits de spécialité (incluant les 4 cours à option). Le tableau 21 présente le cheminement de la nouvelle concentration et sa description détaillée est présentée à la section 5.2.

Un petit détail important concerne l'enseignement du cours MTH2120 Analyse appliquée à la session zébrée A5. Lorsque l'étudiant souhaitera poursuivre la session A5 durant l'été, il pourra alors permuter MTH2120 et SSH5501. Pour cette situation spéciale, le responsable du cours ELE3202 accepte que MTH2120 soit co-requis plutôt que préalable à ELE3202.

4.3.2 Concentration génie biomédical

Ce n'est qu'en février 2007 que le département de génie informatique s'est joint aux autres programmes offrant déjà une concentration génie biomédical (génie chimique, génie électrique, génie mécanique et génie physique). Le tableau 22 présente le cheminement de cette nouvelle concentration et sa description détaillée est présentée à la section 5.3.

4.3.3 Concentrations multimédia

Afin de satisfaire une demande claire du marché, qui s'est exprimée tant de la part de l'industrie au travers entre autres du COCEP du département que par les étudiants lors de rencontres d'orientation, le département de génie informatique propose de maintenir l'orientation multimédia (section 4.3.4) dans le programme de génie informatique, mais également d'élargir la spécialisation offerte dans le domaine du multimédia en mettant en place une concentration de plus de 30 crédits avec un cheminement adapté pour les étudiants de génie logiciel (Tableaux 23a et 23b). Une description détaillée de la concentration est présentée à la section 5.1.

Tableau 21 - Cheminement complet des 4 années du programme de génie informatique – *concentration informatique embarquée*.

GÉNIE INFORMATIQUE – Concentration Informatique embarquée

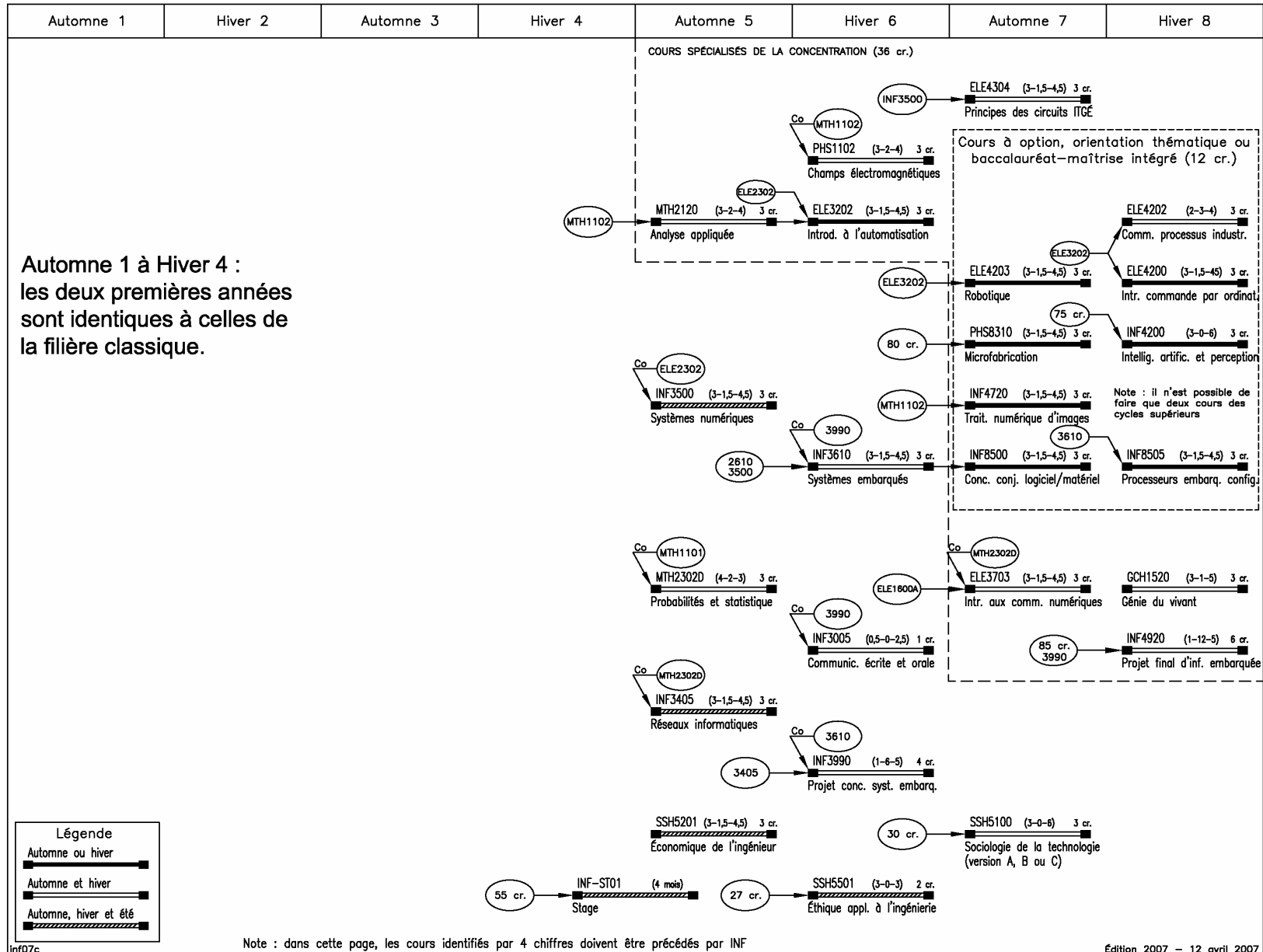


Tableau 22 - Programme de génie logiciel – concentration génie biomédical

GÉNIE INFORMATIQUE – Concentration Génie biomédical

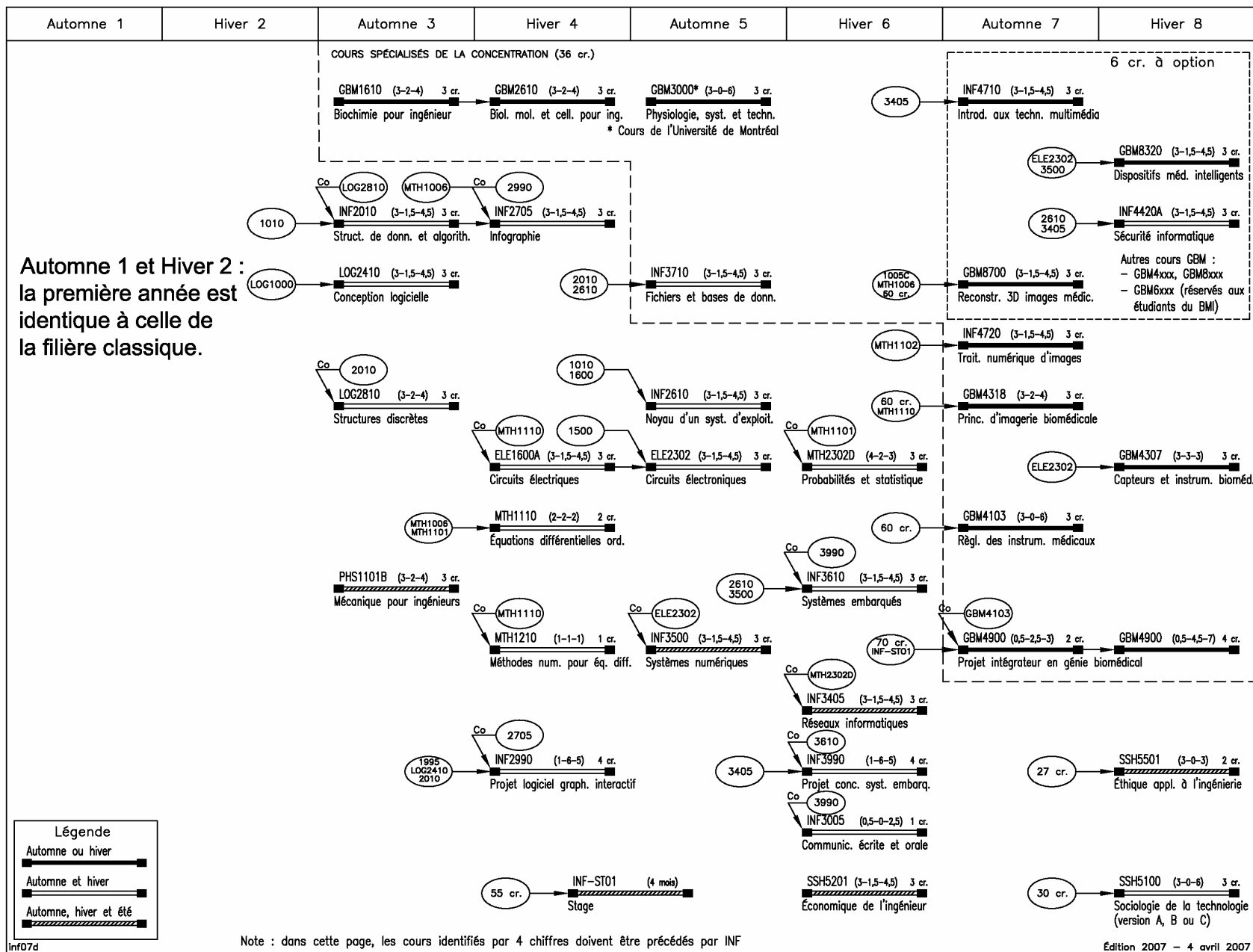


Tableau 23a - Cheminement complet des 4 années du programme de génie logiciel – *concentration multimédia*.

GÉNIE LOGICIEL – Concentration Multimédia

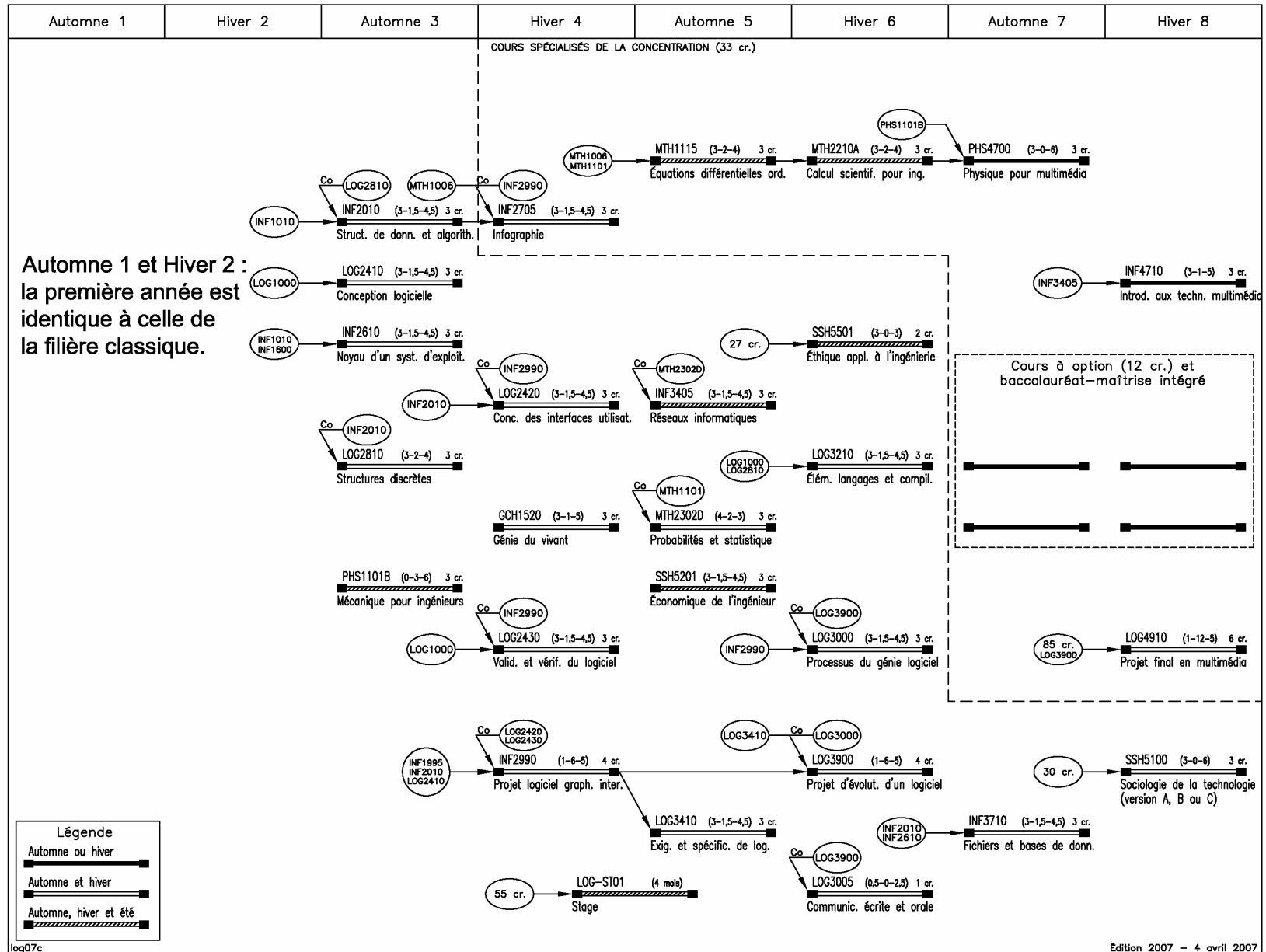


Tableau 23b - Programme de génie logiciel – *concentration multimédia*. Cours à option et orientations.

GÉNIE LOGICIEL – Cours à option de la concentration MULTIMÉDIA (12 cr.)

	Automne	Hiver		Automne	Hiver
Cheminement normal de la concentration	MTH1102 → INF4720 (3-1,5-4,5) 3 cr. Trait. numérique d'images			BACCALAURÉAT-MAÎTRISE INTÉGRÉ (BMI) L'étudiant désirant faire un BMI devra faire les cours INF4720 et INF4715. Il choisira d'autre part deux cours de cycles supérieurs parmi les cours ci-dessous.	
	6 cr. obligatoires INF2705 → INF4715 (3-1,5-4,5) 3 cr. Applic. multim. interactives			INF6803 (3-1,5-4,5) 3 cr. Traitement vidéo et applic. INF6802 (3-1,5-4,5) 3 cr. Réalité virtuelle INF6800 (3-1,5-4,5) 3 cr. Conc. géométrique et visual. INF6801 (3-1,5-4,5) 3 cr. Syst. multimédias et applic.	
	INF3405 → INF4402 (3-1,5-4,5) 3 cr. Syst. répartis sur Internet				
	75 cr. → INF4215 (3-1,5-4,5) 3 cr. Introd. à l'intellig. artificielle			INF2705 → INF8702 (3-1,5-4,5) 3 cr. Infographie avancée	
	INF2610 / INF3405 → INF4420A (3-1,5-4,5) 3 cr. Sécurité informatique			Co MTH2302D INF2010 → INF8701 (3-1,5-4,5) 3 cr. Simul. syst. évén. discrets	
	6 cr. à option				
	2410 → LOG4430 (3-1,5-4,5) 3 cr. Arch. log. et conc. avancée				
	INF2610 → INF4730 (3-1,5-4,5) 3 cr. Systèmes parallèles				
	Co INF3710 60 cr. → LOG4420 (3-1,5-4,5) 3 cr. Sites web dynam. et transact.				
	Co MTH2302D INF2010 → INF8701 (3-1,5-4,5) 3 cr. Simul. syst. évén. discrets				
	INF2010 / LOG2810 → INF4705 (3-1,5-4,5) 3 cr. Anal. et conc. d'algorithmes				
	Co LOG4910 85 cr. / LOG3900 → LOG4980 (2-1-6) 3 cr. Compl. au projet int. final Note : cours contingenté				
	INF2705 → INF8702 (3-3-3) 3 cr. Infographie avancée				
Note : ou autres cours approuvés par le responsable du programme.				Note 1 : dans cette page, les cours identifiés par 4 chiffres doivent être précédés par LOG Note 2 : le registrariat ne peut assurer une compatibilité d'horaires entre les cours de cette page et les cours obligatoires de la concentration.	

log07d

Edition 2007 - 4 avril 2009

4.3.4 Orientation multimédia

L'orientation en multimédia du programme de génie informatique, mise en place depuis l'automne 2004, jouit, depuis sa création, d'une popularité soutenue auprès des étudiants qui s'y inscrivent à raison d'environ une vingtaine d'étudiants par année. Cette orientation est maintenue dans le nouveau programme de formation en génie informatique (Tableau 1b, page 9), sans modification pour le moment, étant donné son succès et son introduction relativement récente dans le programme.

4.3.5 Orientation réseautique

Tout comme pour la concentration informatique embarquée, une concentration réseautique a été créée à la fin des années 1990. Celle-ci avait également un nombre de crédits propres à la concentration, nettement inférieure à 30 crédits. Ici toutefois, les professeurs du département de génie informatique, spécialistes en réseautique, ont jugés qu'il était préférable de faire passer la concentration réseautique à une orientation dans le cadre de la filière classique. Cette décision évite de créer les nouveaux cours nécessaires pour rendre la concentration réseautique suffisamment distincte de la filière classique et reflète un certain ralentissement au niveau du marché de l'emploi dans le domaine de la réseautique. Cette orientation est présentée au Tableau 1b, page 9).

4.3.6 Orientation bio-informatique

L'orientation en bio-informatique (Tableau 2b, page 11) offerte dans la filière classique du programme de génie logiciel vise à former des ingénieurs logiciels ayant acquis des connaissances de base leur aidant à œuvrer dans les systèmes logiciels des secteurs médicaux, pharmaceutiques et hospitaliers. Cette orientation est offerte en collaboration avec les départements d'informatique et de recherche opérationnelle (DIRO) et de biochimie de l'université de Montréal, qui ont confirmé leur intérêt pour la création de l'orientation. Afin de laisser suffisamment de flexibilité à l'orientation, particulièrement en ce qui concerne l'organisation des horaires, un seul cours offert à l'extérieur de l'École a été identifié comme obligatoire. Ce cours de bio-informatique, offert au DIRO, est jumelé à un second cours obligatoire en intelligence artificielle, offert à l'École. L'orientation est par ailleurs complétée par un ou deux cours aux choix parmi ceux offerts au département de biochimie.

4.3.7 Orientations thématiques et personnalisées

La structure de tous les cheminements proposés dans les deux programmes comportent un bloc de 12 crédits optionnels permettant aux étudiants de pleinement profiter des différentes options de spécialisation offerte à l'École soit sous la forme d'orientations thématiques, d'orientations de spécialités ou de programme de baccalauréat—maîtrise intégrés. Dans ce contexte, les quatre orientations proposées par nos collègues de génie industriel – *Projets internationaux*, *Outils de gestion*, *Gestion d'équipes de travail* et *Innovation technologique* – offrent des possibilités de spécialisation qui cadrent très bien avec les objectifs de formation des programmes de génie

informatique et de génie logiciel. Tous les étudiants sont donc admissibles à choisir l'une de ces orientations, sachant par ailleurs que dans le cas d'étudiants inscrits dans une concentration, ce choix entraînera cependant la perte de la mention de spécialisation associée à la concentration.

Par ailleurs, dans le cadre tant du programme de génie informatique que du programme de génie logiciel, une orientation personnalisée peut être assemblée par un étudiant ayant un intérêt particulier pour un domaine de spécialisation, sous réserve d'approbation par le coordonnateur du programme. Cette orientation offre la possibilité aux finissants de se spécialiser soit dans un domaine connexe de type applicatif, ou d'acquérir une formation complémentaire à leur formation en fonction de leurs intérêts propres. L'orientation sur mesure permet à l'étudiant de se définir une voie de spécialisation individuelle, sous la forme de quatre cours qui forment un tout cohérent dans un domaine de spécialité en lien avec sa formation de base. Cette orientation doit être approuvée par le responsable du programme.

4.4 Moyens mis en œuvre pour l'internationalisation du cursus

Au cours des dernières années (2003 à 2006), les statistiques montrent une participation régulière des étudiants du département de génie informatique au programme d'échange à l'étranger.

Depuis 2004, on note par ailleurs la participation d'étudiants en génie logiciel à ce programme d'échange (4 en 2004-2005 et 2 en 2005-2006). Afin de promouvoir les programmes d'échanges auprès des étudiants des deux programmes, les étudiants sont conviés à des séances d'information annuelles organisée par Mme Micheline Legault des Services aux étudiants. Ces séances permettent aux étudiants de mieux connaître l'existence de ces programmes et d'obtenir de l'information sur les démarches nécessaires pour participer à un programme d'échange à l'étranger. Par ailleurs, Mme Johanne Lemieux interviendra au besoin auprès des étudiants intéressés, particulièrement en ce qui a trait à l'intégration des programmes d'échanges dans les cheminements.

Deux initiatives sont par ailleurs en cours visant à conclure des ententes avec deux Écoles françaises afin de permettre aux étudiants de génie informatique et de génie logiciel de compléter leur formation en France. L'une de ces ententes vise à offrir aux étudiants de génie logiciel inscrits dans la concentration multimédia, la possibilité de compléter leur formation en suivant l'équivalent d'une session d'étude à l'INP-Toulouse. Les cours proposés aux étudiants dans le cadre de ce cheminement sont ceux associées à la scolarité du master *Technologie Multimédia* de l'ENSEEIH. Un protocole préliminaire d'entente a été signé en juin 2005 avec l'ENSEEIH et une version finale de l'entente est en bonne voie d'être complétée. Cette entente devrait permettre aux étudiants de suivre à l'ENSEEIH une session complète de formation, remplaçant ainsi la session d'automne de la quatrième année de la concentration en multimédia en génie logiciel. Cette session de formation offre une spécialisation complémentaire à celle offerte à l'École, en particulier au niveau du traitement du son et de la parole, qui n'est pas couvert dans nos cours.

Une seconde entente en cours de négociation vise à permettre tant aux étudiants de génie informatique que de génie logiciel de se spécialiser en sécurité informatique à l'ESIEA (École supérieure d'informatique, électronique et automatique) et d'obtenir, en complétant une année

supplémentaire de formation, un mastère spécialisé en plus de leur diplôme d'ingénieur de Poly. Quelques rencontres ont déjà eu lieu avec les autorités de l'ESIEA à cet effet, mais pour le moment, les détails d'une entente n'ont pas encore été arrêtés.

Par ailleurs, nous comptons informer les étudiants des possibilités de doubles diplômes offertes par le biais d'ententes déjà négociées par l'École avec certaines grandes écoles françaises. Parmi les écoles offrant des programmes pertinents pour les étudiants du département de génie informatique que nous examinerons, mentionnons:

École Polytechnique de Paris (l'X),
École Nationale Supérieure des Télécommunications (ENST),
École Nationale Supérieure des Mines de Paris (ENSMP),
École Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC),
École Nationale Supérieure D'Électricité (SUPÉLEC),
École Nationale Supérieure de Techniques Avancées (ENSTA),
École Centrale de Lyon (ECL),
École Centrale de Lille (ECL),
École Centrale de Nantes (ECN), et
Politecnico di Milano (PdM).

Finalement, dans le cadre d'efforts accrus du département afin de sensibiliser les étudiants aux possibilités d'échange et de formation à l'étranger, une séance annuelle présentant les programmes et les cursus menant à des doubles diplômes sera organisée. Cette séance/activité sera sous la responsabilité de Mme Johanne Lemieux. En plus de présenter les différentes possibilités, le témoignage d'étudiants ayant participé à des programmes d'échange à l'étranger pourrait être un élément motivateur.

4.5 Modalités pour le passage aux études supérieures

Dans le cadre des journées d'accueil organisées au début de chaque session, les étudiants de 3^e année qui sont intéressés pourront participer à une séance d'information sur les études supérieures. À cette occasion, les étudiants seront informés des modalités de passage à la maîtrise ou au doctorat, et sur les règles entourant le programme de baccalauréat—maîtrise intégrés (BMI). Sachant que toutes les normes minimales d'accréditation sont respectées à l'intérieur du noyau dur de 108 crédits de tous les cheminement de chacun des deux programmes et que la majorité des cours sont offerts tant à l'automne qu'à l'hiver, le programme de BMI s'intègre naturellement à chacun des cheminement. Pour faciliter cette intégration et rendre les cheminement BMI plus concrets pour les étudiants, deux cours d'études supérieures portant un sigle 8000 ont par ailleurs été identifiés pour chaque cheminement. Dans le cas des concentrations, des cours d'études supérieures ont été identifiés, qui permettent aux étudiants inscrits dans les concentrations de passer à la maîtrise tout en conservant la spécificité de leur diplôme de baccalauréat, et la mention de leur concentration, s'ils choisissent de poursuivre dans le même domaine de spécialité.

Chapitre 5

**Documents justifiant et détaillant la création
de chaque nouvelle orientation ou
concentration ou la refonte d'orientations ou
de concentrations existantes**

5.1 Projet de concentration multimédia pour le programme de génie logiciel

5.1.1 Mise en contexte

Le multimédia

De manière générale, le multimédia peut se définir ainsi :

« Le multimédia et les nouveaux médias est une industrie de convergence qui se consacre à la réalisation de produits et de services combinant sous forme numérique des contenus sonores, visuels et textuels dans un environnement potentiellement interactif. Ils font partie de ce qui est convenu d'appeler la « nouvelle économie ». (PriceWaterhouseCoopers, Étude du secteur du multimédia et des inforoutes au Québec, septembre 2000 –

http://www.numeriqc.ca/Francais/F_DeveloppementAffaires/F_VeilleInformationMarche/pdf/etudepwc.pdf)

Dans le contexte de la concentration, nous verrons que le programme se spécialisera sur des sous-secteurs du multimédia, notamment les jeux et les applications 2D et 3D.

Concentration offerte dans le programme de génie logiciel

Pour conserver une distinction suffisante entre les cheminements de génie informatique et de génie logiciel, cette concentration n'est offerte que dans le cadre du programme de génie logiciel. Certains cours de spécialisation pourront toutefois être suivis par les étudiants de génie informatique, dans le cadre de l'orientation en multimédia.

5.1.2 Pertinence de la concentration

Un atelier a été mis sur pied à l'automne 2003 pour étudier la pertinence d'une formation en multimédia et la forme qu'elle devrait prendre. Les conclusions de ce travail sont résumées dans cette section et regroupées par rapport aux besoins du marché du travail et aux autres programmes de formation en multimédia au Québec et ailleurs.

Le marché du multimédia et le profil des ingénieurs du secteur

Le marché du multimédia est très important mondialement. À lui seul, le marché des jeux interactifs dépasse celui du cinéma et s'établissait à plus de 6 milliards de dollars US aux É.U.

en 2001. Il est en forte croissance depuis plusieurs années. Malgré le ressac du secteur des technologies et du Web en particulier, le secteur des jeux interactifs a été peu affecté et demeure vigoureux.

Afin de mieux cerner le marché québécois, une étude a été réalisée par un consultant, M. Robin Bargar, auprès de plusieurs entreprises montréalaises œuvrant dans le secteur du multimédia.

Elle avait pour but spécifique d'éclairer les points suivants :

quels sont les principaux employeurs?

quels sont leurs besoins d'ingénieurs spécialisés en multimédia?
quel est le profil de compétence recherché?
quel pourrait être leur implication dans un tel programme de formation?

Les résultats de cette étude ont été consignés dans un rapport², duquel il ressort que le domaine du multimédia est un des pôles importants de la région montréalaise et qu'il offre des perspectives d'emploi intéressantes. Voici quelques statistiques issues de ce rapport :

12 800 emplois en 1999
de 15% à 35% des employés ont un profil d'ingénieur informatique/logiciel (jeux et graphisme)
1,1 M \$ US de revenus

L'étude fait aussi ressortir que le multimédia est en voie de se propager dans ce qu'il convient de nommer des "secteurs industriels secondaires" qui vont l'intégrer à leur gamme de technologies (télécommunications, commerce électronique, applications bureautiques, etc.), ce qui aura pour conséquence d'accroître la demande pour les technologies multimédia.

On constate par ailleurs que les ingénieurs informatiques sont plus actifs dans deux secteurs en particulier :

les jeux interactifs et
les applications graphiques.

Le ratio d'ingénieurs sur le nombre d'employé y est d'environ un tiers alors qu'il se situe nettement en dessous de ce chiffre dans les secteurs du Web et de la postproduction cinématographique, son et vidéo, et de l'industrie de la formation multimédia (10% et moins). C'est principalement ce constat qui nous a amené à la décision de spécialiser la concentration autour de ces deux secteurs.

Quant au profil des connaissances spécifiques au domaine multimédia, quatre domaines sont identifiés pour les secteurs du jeu interactif et du graphisme : (1) connaissances scientifiques de base de la physique, notamment la mécanique newtonienne et des mathématiques, (2) connaissances techniques en programmation, multimédia et graphisme, (3) connaissances du génie logiciel et finalement (4) connaissance en conception d'interfaces et création de contenu multimédia.

Il faut noter que plusieurs de ces connaissances sont déjà abordées dans le programme de 1er cycle en génie logiciel. Cependant, une formation de 30 crédits spécifiques dans le domaine permettra d'acquérir les connaissances spécialisées pour le secteur du multimédia des jeux et du graphisme, en permettant d'incorporer au cheminement non seulement des cours de spécialité, mais également des cours de sciences fondamentales et de mathématiques en lien direct avec la concentration.

² Bargar, Robin. « Industry survey and analysis for multimedia curriculum feasibility ». Rapport préparé pour le département de génie informatique de l'École Polytechnique de Montréal. Septembre 2003. 25 pages.

Finalement, les entreprises consultées se sont montrées très réceptives à collaborer avec l'École pour aider à définir et à bonifier ce programme de formation. Cette collaboration pourrait prendre plusieurs formes, notamment :

participation à un comité aviseur et à des tables rondes,
accueil de stagiaires,
accueil d'étudiants dans le cadre d'un cours projet.

Les programmes multimédia au Québec

Plusieurs programmes d'universités québécoises touchent au sujet du multimédia. Voici un bref survol de certains de ces programmes/formations. Cinq programmes sont particulièrement pertinents pour la concentration que nous voulons introduire :

Université de Montréal : le module d'initiation au multimédia du DIRO comporte 18 crédits. L'étudiant doit prendre 12 des 18 crédits offerts. Le module peut être suivi à temps partiel et l'étudiant obtient une attestation.

Université Laval : l'université offre un certificat en programmation graphique et multimédia. Ce certificat comporte 7 cours de 3 à 4 crédits, tous obligatoires, totalisant 30 crédits.

Université Concordia : le programme le plus original est offert à Concordia grâce à une entente entre le département d'informatique et la faculté des arts. Il s'agit d'un programme nommé Digital Image/Sound and Computer Science comportant 45 crédits d'informatique et 45 crédits de la faculté des arts.

ETS : l'ETS offre un programme de 114 crédits en génie des technologies de l'information. Plusieurs des cours de ce programme touchent aux aspects multimédia et aux compétences identifiées, y compris les aspects conception d'interface. Toutefois, il n'y a pas de cours spécifiques aux jeux et le volet génie logiciel n'est que très peu couvert.

Université de Sherbrooke : Les départements d'informatique et de mathématiques de l'université de Sherbrooke offrent un programme de baccalauréat en imagerie et médias numériques. Ce programme met l'accent sur les aspects algorithmiques et mathématiques du traitement numérique des images et des informations. Toutefois, les aspects de conception et de génie logiciel ne sont pas couverts dans le cadre de ce programme.

Ces programmes ne sont pas les seuls qui traitent du multimédia. Plusieurs abordent le multimédia au niveau collégial et on retrouve des cours universitaires dans ce domaine à travers différents programmes. Toutefois, les cinq mentionnés représentent les plus pertinents.

En somme, on peut conclure que malgré l'offre relativement intéressante de programmes multimédia au Québec, la concentration proposée offre néanmoins un caractère unique à Montréal avec son emphase sur les jeux interactifs et le graphisme, dans une perspective de conception propre à l'ingénierie.

Les programmes de multimédia à l'extérieur du Québec

Il existe une panoplie de programmes en multimédia aux É.U. et dans tous les pays industrialisés. Certains d'entre eux sont spécialisés spécifiquement pour les jeux interactifs. S'il existe des programmes spécifiques aux jeux, aussi bien les volets techniques, conception et création, il

existe relativement peu de programme de génie informatique qui ont un volet graphisme et jeux interactifs.

5.1.3 Objectifs de la concentration

La concentration en multimédia vise plusieurs objectifs stratégiques pour le département de génie informatique :

positionner l'École Polytechnique et le département de génie informatique dans le marché du travail montréalais qui offre de très bonnes perspectives en ce domaine (cf. rapport Bargar) et un marché de l'emploi toujours en croissance,
rendre visible et publiciser explicitement une offre de formation dans un domaine qui a un fort potentiel d'attraction auprès des jeunes,
répondre à un besoin exprimé par les étudiants actuels, notamment au travers d'un sondage des étudiants en 2002, qui a clairement révélé que le multimédia et notamment les jeux sont des sujets très en demande.

Le département compte offrir la concentration multimédia pour le programme de génie logiciel dès le trimestre d'automne 2007. Comme le domaine du multimédia est en demande chez les étudiants selon le sondage effectué en 2002 et que les perspectives d'emploi dans ce domaine sont fortes à Montréal, nous nous attendons à une forte inscription pour la concentration.

5.1.4 Description de la concentration multimédia

Tel qu'annoncé, la concentration multimédia vise plus spécifiquement les secteurs des jeux interactifs et du graphisme, tout en offrant une connaissance des autres secteurs comme le Web et l'Internet. Cette approche répond au besoin stratégique d'offrir un caractère distinct et pertinent à la concentration, tout en permettant à l'étudiant d'acquérir des compétences générales et qui auront une bonne pérennité.

Cheminements de la concentration

Le cheminement classique du programme de génie logiciel ne comprend pas le cours INF2705 *Infographie*. Ce cours est cependant très pertinent pour la concentration et présente une matière qui peut être immédiatement mise en pratique dans le cadre du projet de 2^e année, commun aux deux programmes. Il paraît donc logique d'inviter les étudiants intéressés au domaine du multimédia à suivre ce cours dès l'hiver de la deuxième année, afin qu'ils puissent profiter immédiatement des connaissances transmises dans ce cours pour la réalisation du projet intégrateur.

Les autres cours de la concentration sont offerts à compter de la 6^{ième} session, de façon à conserver la session d'automne de la 3^{ième} année commune à tous les cheminements, et ainsi faciliter l'intégration des stages à toutes les sessions, tout en limitant le nombre de cours qui doivent être offerts en session d'été.

La concentration en multimédia comprend deux cours de mathématiques et un cours de physique distincts du cheminement classique et trois cours obligatoires de spécialité. Les cours obligatoires comprennent, outre le cours d'infographie mentionné plus haut, un cours d'introduction aux technologies multimédia et le projet intégrateur final spécifique à la concentration. Le cheminement est complété par un bloc de quatre cours dont deux sont normalement obligatoires, et deux sont choisis parmi une liste de cours offerts dans les cheminements classiques. C'est ce dernier bloc de quatre cours qui pourra éventuellement être retiré du cheminement de la concentration lorsqu'un étudiant voudra faire un diplôme de baccalauréat—maîtrise intégrés, ou s'il change d'idée et désire plutôt compléter son cheminement avec une orientation thématique. Le tableau 22 présentent de façon graphique le cheminement pour la concentration.

Professeurs impliqués

Plusieurs professeurs du département de génie informatique sont impliqués dans des activités d'enseignement et de recherche en lien directe avec la concentration. Parmi ceux-ci, on compte les professeurs Guillaume-Alexandre Bilodeau, Farida Cheriet, Michel Desmarais, Louis Granger, François Guibault et Benoît Ozell. Ce bassin de professeurs permet de prévoir le maintien d'une implication soutenue des professeurs dans ce domaine au sein du département.

Estimation de la clientèle

Cette concentration étant la seule offerte dans le programme de génie logiciel et étant donné les excellentes perspectives de cette formation au niveau du marché de l'emploi, nous prévoyons que la concentration en multimédia attirera une proportion très importante des étudiants du programme de génie logiciel. Nos estimations conservatrices de la clientèle potentielle prévoyaient environ 50% des effectifs, soit entre 25 et 30 étudiants par année si l'on se fie aux niveaux de recrutement actuels. La réaction de la première cohorte d'étudiants qui sont arrivés à leur 4^e session cet hiver tend cependant à démontrer que la popularité de la concentration risque de dépasser largement les 50% de la population totale de génie logiciel.

5.1.5 Description des cours

INF2705 – Infographie – 3 crédits

Modes et appareils graphiques. Production d'images. Modèles géométriques. Systèmes à fenêtres multiples. Évolution des langages graphiques. Primitives graphiques et attributs. Transformations affines : translation, rotation, homothétie. Projections parallèles et perspective. Élimination des parties cachées. Modèles d'illumination et modèles de couleurs. Entrées interactives : classes et modes d'entrée. Représentation paramétrique de courbes dans le plan : forme paramétrique. Approximation : splines, courbes de Bézier, B-splines, B-splines rationnelles.

INF4710 – Introduction aux technologies multimédia – 3 crédits

Techniques de codage des objets multimédia : texte, image, vidéo, audio. Modèles psychovisuels de représentation d'images. Techniques de compression multimédia : outils de

compression sans perte, principe de compression avec perte, normes de compression multimédia. Techniques de synchronisation multimédia : approches locales, approches distribuées, interfaces multimodales. Protocoles de communication de données multimédia : concept de diffusion ciblée, réservation de ressources, transport en temps réel. Normes de communication multimédia. Codage des applications multimédia : les services Web et concept d'interopérabilité, vidéo à la demande, télévision interactive et concepts de synchronisation multimédia et d'interactivité.

INF4715 – Ingénierie des applications multimédia interactives – 3 crédits

Notions théoriques et pratiques de la réalisation d'une application multimédia interactive. Intégration de ces notions dans le cadre d'un projet. Composants et architecture des plateformes d'applications multimédia interactives. Animation et cinématique. Scénarisation et interactivité. Création et gestion de contenu multimédia. Intelligence artificielle pour les applications interactives. Plans de tests.

INF4720 – Traitement numérique d'images – 3 crédits

Introduction au traitement de signal : rapport signal / bruit, modélisation du bruit, convolution et corrélation de signaux. Analyse spectrale du signal : spectres continus et discrets, transformée de Fourier, théorème d'échantillonnage. Filtres numériques : transformée en Z, filtres impulsionnels à réponse finie et infinie. Filtrage d'images : dans le domaine spatial, dans le domaine fréquentiel. Restauration d'images : filtres de régularisation, filtres de déconvolution. Segmentation d'images : détection de contours, détection de lignes par transformée de Hough, techniques de seuillage, segmentation de régions, segmentation par la transformée Watershed.

INF4910 – Projet intégrateur final en multimédia – 6 crédits

Projet de conception où les notions et méthodes vues dans le programme de génie logiciel et la concentration multimédia sont appliquées à la conception et la réalisation d'un produit logiciel en équipe. Les étudiants mettront en pratique toutes les disciplines d'ingénierie et de gestion requises pour la réalisation d'un produit logiciel, de même que les connaissances spécialisées acquises dans le domaine du multimédia. Une attention particulière sera accordée à l'assurance qualité. Pour chacune des étapes, l'étudiant utilisera les outils logiciels appropriés. L'étudiant mettra en pratique le processus UPEDU (Unified Process for Education) et utilisera quelques pratiques des méthodes Agiles.

MTH1115 – Équations aux dérivées partielles – 3 crédits

Équations différentielles ordinaires. Équations d'ordre un : à variables séparables, exactes, linéaires, de Bernoulli. Équations linéaires d'ordre supérieur : ensemble fondamental de solutions, équations à coefficients constants (homogènes et non homogènes), équation d'Euler-Cauchy, oscillations libres et forcées. Systèmes d'équations différentielles d'ordre un : linéaires (homogènes et non homogènes), non linéaires (linéarisation et stabilité). Transformée de Laplace : propriétés et application aux équations linéaires non homogènes. Équations aux dérivées partielles. Équation de la chaleur pour une tige, équation d'onde pour une corde et une membrane vibrante, équation de Laplace et résolution du problème de Dirichlet pour un rectangle et un cercle, conditions aux frontières homogènes et non homogènes, méthode de séparation des variables, séries de Fourier. Solutions en séries entières.

MTH2210A – Calcul scientifique pour ingénieurs – 3 crédits

Interpolation, différentiation et intégration numérique. Discretisation des équations différentielles. Résolution numérique des équations algébriques. Méthodes directes et itératives pour les systèmes d'équations algébriques linéaires et non-linéaires. Modélisation mathématique. Erreurs de modélisation, de représentation et de troncature.

PHS4700 – Physique pour les applications multimédia – 3 crédits

Rappel des bases de la dynamique : les forces, les équations de conservation, les corps rigides, le problème à deux corps. La dynamique des particules : la physique statistique, les collisions et le ralentissement, l'équation de transport, l'équation de la diffusion. La dynamique des milieux continus : lois de conservation, solides, vibrations et fréquence de résonance, fluides et écoulements, la diffusion de particules dispersées dans des liquides. Les ondes transverses : propagation des ondes en milieu infini, interférence, collision entre ondes et solides. Les ondes longitudinales : acoustique et les ondes de choc, interférences et pulsation, réflexion, atténuation et dispersion. L'optique : les sources de lumière, l'optique géométrique, réfraction, dispersion et diffusion, réflexion, modèle de sources et perception de la lumière.

5.2 Projet de concentration informatique embarquée pour le programme de génie informatique

5.2.1 Introduction à l'informatique embarquée et historique de la concentration informatique industrielle

Qu'est-ce que l'informatique embarquée

L'informatique embarquée est présente plus que jamais dans la vie courante. Au delà des ordinateurs occupant communément nos bureaux et maisons, on retrouve des systèmes électroniques embarqués (Figure 1) dans des domaines aussi divers que la santé, le transport, les loisirs, etc. À titre d'exemple, une automobile incorpore actuellement près de 15 de ces systèmes embarqués et il est estimé qu'ils représenteront près de 40% du coût de fabrication des automobiles dans un avenir proche (<http://ns1.01net.com/editorial/265049/developpement/la-conception-systeme-s-impose-a-l-electronique-automobile/#>).

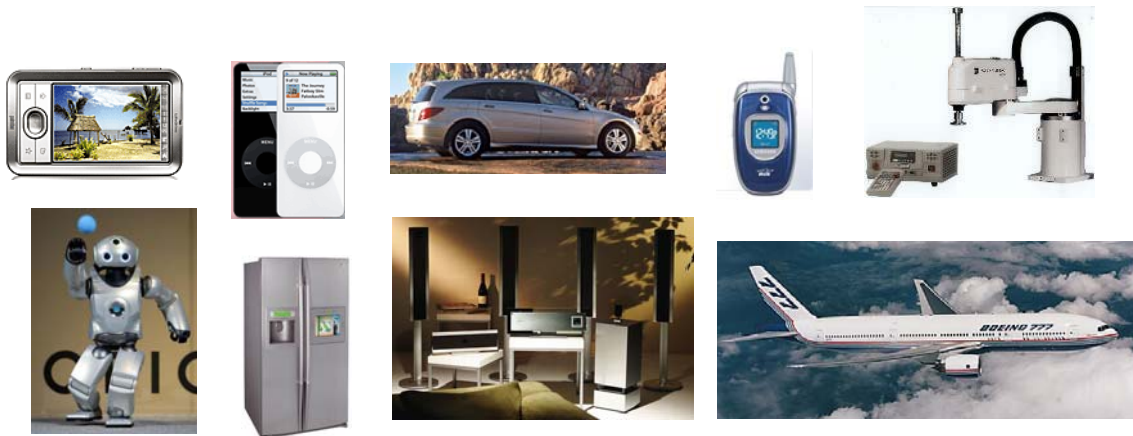


Figure 1 Exemples de systèmes électroniques embarqués

Ces nouvelles réalités causent leur lot de problèmes. D'une part, la grande pression des consommateurs pour produire des nouveaux équipements rapidement, et d'autre part, les fréquentes erreurs d'implémentation créent pour les entreprises des risques financiers énormes compte tenu des coûts exorbitants de fabrication (plusieurs millions de dollars pour des circuits intégrés spécialisés).

Les techniques pour fabriquer ces systèmes électroniques embarqués ne suivent pas leur complexité et leur nombre grandissant. Il en résulte des problèmes de retard de livraison. Par exemple, une des raisons sur l'incertitude des marchés entourant les différents reports de la sortie de la console de jeu *Playstation 3* de Sony reflète ces problématiques (http://news.com.com/2061-10797_3-6041208.html). En fait, les statistiques montrent qu'aujourd'hui 60% des projets de conception de systèmes embarqués ne rencontrent pas les délais initialement prévus (<http://www.virtio.com/>). Pour pallier à cette situation, des séquences de tests plus exhaustifs ont été mises en place. Tout ceci entraîne une élévation des coûts de

production. Également, il en découle la nécessité de façonner plus aisément l'architecture de ces systèmes (le contenu des puces électroniques et leur agencement).

Conception électronique au niveau système

Certains visionnaires ont créé un marché de la « conception électronique au niveau système », en anglais *Electronic System Level* ou *ESL*, qui vise à créer des logiciels de conception et de simulation sophistiqués permettant de valider le fonctionnement d'un système, ou d'une partie d'un système, avant même d'en envisager la fabrication physique. Différents outils inclus dans ces logiciels offrent notamment des fonctionnalités telles la modélisation, le débogage (résolution des erreurs), le monitoring (observation du comportement), une aide générale à la conception, la possibilité d'explorer différentes architectures. Toutes ces fonctionnalités permettent aux sociétés d'améliorer leur compétitivité dans le marché en concevant des produits plus rapidement, à moindres coûts. La nouvelle concentration en informatique embarquée vise à enseigner cette conception électronique pour le niveau système. Notez que cette discipline trouve ses principales sources dans le génie informatique et le génie logiciel : langages orientés objets pour la modélisation, exploration d'architectures matérielles, analyse de performance, méthodes de vérification fonctionnelle et même formelle, interopérabilité des différents outils, etc.

Le marché

Alors que l'industrie de 4 milliards \$US de l'Electronic Design Automation (EDA), le parent de l'ESL, a connu une période de ralentissement dans les années 2001 à 2003, Gartner Dataquest prévoit une augmentation exponentielle des revenus de cette industrie. Cette augmentation proviendra essentiellement du développement et de l'avènement des systèmes basés sur l'ESL. La figure 2 illustre la prédiction du marché de l'ESL par rapport aux autres technologies plus traditionnelles du domaine de l'EDA.

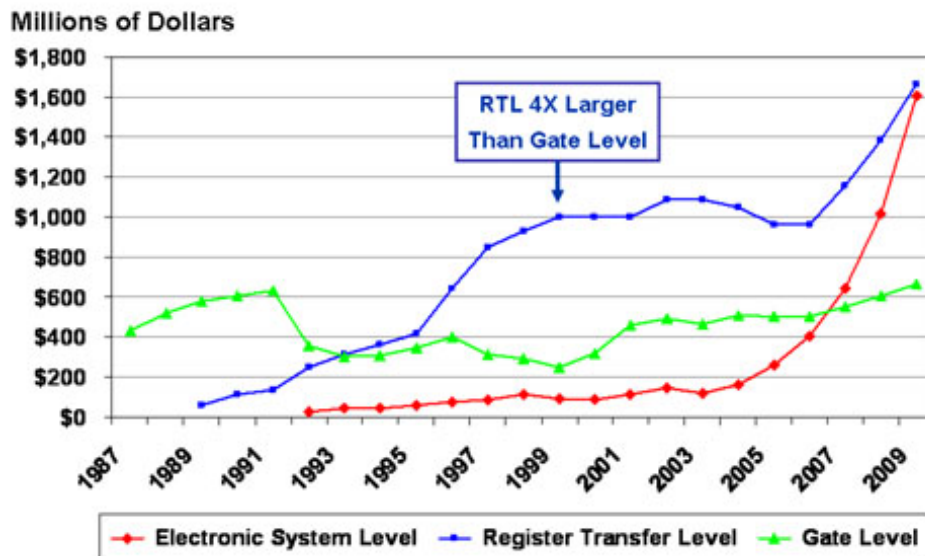


Figure 2 Revenus de l'industrie ESL

Cette croissance est favorisée par l'existence d'un marché mondial pour de multiples applications, comme le montrent les figures 3 et 4 ci-après. En particulier, la figure 4 illustre la distribution des applications utilisant des systèmes embarqués.

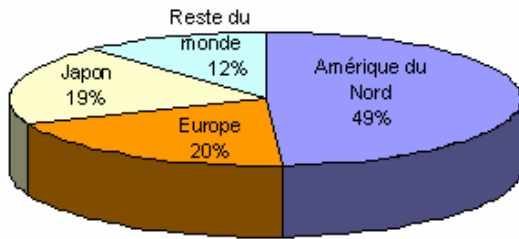


Figure 3 : Revenus de l'industrie EDA par région [Source : EDA Consortium, 2004]

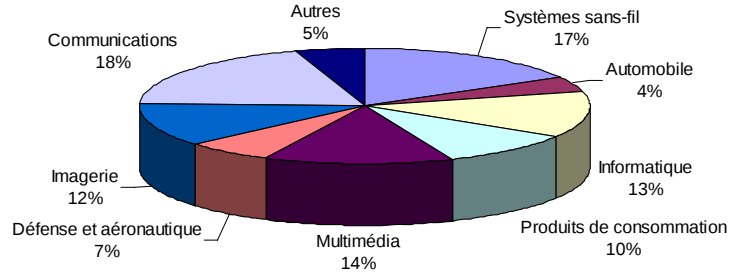


Figure 4 : Applications des outils ESL [Source : ESL Now! Juillet 2005]

5.2.2 Nouveau titre et détails de la mise à jour

Afin d'élargir l'éventail des applications de la concentration actuelle *informatique industrielle*, qui actuellement sont les systèmes orientés contrôles (commande de moteurs, de robots, etc.), nous avons renommée *informatique embarquée*. Ainsi, notre objectif est d'inclure l'étude de méthodologies de conception niveau système pour les applications orientées flot de données tel l'encodage MPEG, la communication sans fil, etc.

Un deuxième objectif est de faire augmenter le nombre de crédits propre à la concentration. Tel que mentionné à la section 4.3.1, la nouvelle concentration propose 8 cours (27 crédits) de spécialité. De plus, contrairement à l'ancienne concentration informatique industrielle, la nouvelle concentration propose des cours qui ne peuvent être suivis par d'autres cheminements du génie informatique.

Le cheminement complet des 4 années du programme de génie informatique – *concentration informatique embarquée* est donné au tableau 21. Dans ce qui suit nous décrivons et motivons les cours de spécialité obligatoires à la concentration:

MTH2120 *Analyse appliquée* permettra d'acquérir les notions fondamentales à la compréhension des systèmes embarqués orientés contrôles (e.g. la transformée en Z) et des systèmes orientés flot de données (e.g. le traitement du signal ou de l'image)

ELE4304 *Principes des circuits intégrés à très grande échelle* permettra de mieux comprendre les étapes de conception bas niveau et de fabrication d'un système embarqué.

ELE3202 *Introduction à l'automatisation* qui permettra d'acquérir les notions fondamentales à la compréhension des systèmes embarqués orientés contrôles (e.g. l'asservissement).

INF4920 Projet de conception finale en informatique embarquée qui permettra de réaliser un projet en équipe multidisciplinaire, possiblement en collaboration avec une entreprise du domaine.

Notez également l'ajout du cours à option *INF4720 Traitement numérique d'images* qui permettra d'acquérir des notions fondamentales pour des applications orientées flot de données et des deux nouveaux cours à option *INF8500 Conception conjointe logiciel/matériel pour systèmes embarqués* et *INF8550 Conception et implémentation de processeurs embarqués configurables* qui tout en répondant aux règles entourant le programme de baccalauréat—maîtrise intégrés (BMI) proposeront des approches de conception pour systèmes embarqués orientés contrôle ou flot de données. Le reste des cours à option sont des cours provenant de l'ancienne concentration.

5.2.3 Dossier académique

Objectifs de la formation pour la concentration informatique embarquée

Offrir à l'étudiant les bases théoriques et technologiques de l'informatique embarquée.

Permettre à l'étudiant de maîtriser les techniques de spécification, de vérification et de conception de systèmes embarqués.

Permettre à l'étudiant d'intégrer ses connaissances de l'informatique embarquée aux domaines d'application de la figure 4.

Préparer les étudiants à une carrière en génie informatique spécialisée dans le domaine de l'informatique embarquée.

Structure de la concentration informatique embarquée

Cette dernière est présentée à la section 4.3.1.

5.2.4 Estimation de la clientèle étudiante

On constate que le nombre de diplômés de la concentration informatique industrielle depuis 8 ans est de 66. Cela ne fait évidemment pas beaucoup. En fait, ces 66 diplômés se répartissent en 4 ans. Cela fait donc 16 diplômés par année. Cet automne, 13 étudiants sont officiellement inscrits dans cette concentration. Cela donne donc encore 13 diplômés à venir, des étudiants de l'ancien programme, évidemment. Nous croyons que ce nombre pourra augmenter à une trentaine d'étudiants. Les raisons qui motiveront cette augmentation sont les suivantes :

Tel que mentionné ci-haut, nous souhaitons élargir le domaine de spécialité à d'autres types d'applications, en particulier les applications orientées flot de données. L'introduction de nouveaux cours tel que le *INF8500 Conception conjointe logiciel/matériel pour systèmes embarqués*, *INF8550 Conception et implémentation de processeurs embarqués configurables*, *INF4720 Traitement numérique d'images* et *INF4920 Projet final de conception en informatique embarquée* vont contribuer à cet enrichissement.

Quatre professeurs ayant des activités de recherche et des intérêts d'enseignement dans le domaine de l'embarqué se sont joints au département de génie informatique au cours des dernières années (M. Sylvain Martel, M. François-Raymond Boyer, M. Pierre Langlois et Mme Gabriela Nicolescu). Avec le professeur Guy Bois cela fait 5 professeurs pouvant graduellement s'impliquer dans la concentration informatique embarquée (enseignement, recrutement, etc.). Nous pourrions donc graduellement offrir une plus grande diversité de cours propres à cette nouvelle concentration.

5.2.5 Description des cours

ELE4200 – Introduction à la commande par ordinateur - 3 crédits

Concepts généraux de la commande des procédés industriels par ordinateur. Considérations concernant le matériel informatique, l'instrumentation et l'interfaçage. Étude des phénomènes dus à la quantification et à la discrétisation. Application de la transformée en z aux calculs de fonctions de transfert et aux calculs des propriétés des asservissements échantillonnés.

Familiarisation avec les fonctions de Matlab servant aux systèmes discrets. Synthèse de l'algorithme de commande des systèmes monovariables; principaux compensateurs industriels.

ELE4202 – Commande de processus industriel - 3 crédits

Familiarisation avec les structures de commande et d'instrumentation : modélisation des processus, stratégie de commande, schéma d'instrumentation, normes et conventions. Automates programmables industriels, fonctionnement, programmation Grafcet et Gemma. Systèmes de commande répartie. Identification des paramètres : méthodes fréquentielles et temporelles, algorithmes des moindres carrés. Théorie de la commande optimale pour les systèmes linéaires: régulateur de Kalman, observateur d'ordre complet et d'ordre réduit, filtre de Kalman, théorème de séparation. Résolution de l'équation algébrique de Riccati. Contrôleur linéaire quadratique: réglage et robustesse. Recouvrement des propriétés. Exemples d'applications.

ELE4203 – Robotique - 3 crédits

Architecture mécanique et informatique d'un système de commande de robots. Cinématique directe, inverse, incrémentale. Comportement statique. Techniques de planification des tâches. Génération de trajectoire. Langages de programmation spécialisés. Planification de tâches et suivi de trajectoire pour des robots mobiles. Éléments de vision artificielle pour la commande des systèmes incorporant un robot. Commande par rétroaction d'images. Vérification et correction d'un scénario planifié à l'aide d'une simulation infographique.

ELE4304 - Principes des circuits ITGE - 3 crédits

Circuits intégrés à très grande échelle. Niveaux d'abstraction. Transistors MOS. Procédés de fabrication CMOS. Familles logiques statiques et dynamiques intégrées. Électromigration. Thyristors parasites. Règles de conception et dessin de masques. Logique à relais. Horloge à deux phases. Architecture à transferts de registres. Délais dans les interconnexions. Commande de grosses charges capacitives. PLA (Programmable Logic Arrays). Structures de mémoire. Méthodes de conception. Langage VHDL, synthèse, placement et routage. Circuits prédéfinis et à cellules normalisées. Modèles de panne et test. Exemples tirés de composants ITGÉ.

ELE3202 - Introduction à l'automatisation - 3 crédits

Systèmes industriels de commande : systèmes linéaires et stationnaires, analyse des systèmes de commande, contrôleurs PID (Action Proportionnelle, Intégrale et Dérivée). Modélisation, simulation et implantation de boucles de commande en temps continu et échantillonné : fonctions de transfert, modèle d'état, simulation numérique et contrôleurs industriels PID. Travaux pratiques : modélisation, conception et simulation d'asservissements en temps continu et échantillonné, expérimentation avec un moteur à courant continu (MATLAB-Simulink, LabVIEW).

INF4200 – Intelligence artificielle et perception - 3 crédits

Capteurs d'informations extéroceptives en robotique et modes d'interprétation des informations. Interprétation de l'information visuelle : vision monoculaire, vision stéréoscopique, télémétrie. Introduction à la reconnaissance de formes. Représentation des connaissances et techniques exploratoires. Calcul de prédicats. Planification des tâches.

INF4720 – Traitement numérique d'images - 3 crédits

Introduction au traitement de signal : rapport signal / bruit, modélisation du bruit, convolution et corrélation de signaux. Analyse spectrale du signal : spectres continus et discrets, transformée de Fourier, théorème d'échantillonnage. Filtres numériques : transformée en Z, filtres impulsionsnels à réponse finie et infinie. Filtrage d'images : dans le domaine spatial, dans le domaine fréquentiel. Restauration d'images : filtres de régularisation, filtres de déconvolution. Segmentation d'images : détection de contours, détection de lignes par transformée de Hough, techniques de seuillage, segmentation de régions, segmentation par la transformée Watershed.

INF4920 – Projet de conception finale en informatique embarquée - 6 crédits

L'analyse pour ce cours est toujours en développement. Ce cours constitue le projet final de conception de 4^e année pour les étudiants de la concentration informatique embarquée. Il s'agit d'un projet réalisé en équipes multidisciplinaires, possiblement en collaboration avec une entreprise du domaine.

INF8500 – Conception conjointe logiciel/matériel pour systèmes embarqués - 3 crédits

Introduction à la conception conjointe logiciel/matériel. Techniques de vérification fonctionnelle pour le matériel: génération aléatoire de tests sous contraintes, couverture de code, couverture fonctionnelle et assertions. Plan de vérification. Stimuli et réponse. Banc d'essai et concept de réutilisation pour différents niveaux d'abstraction. Langages *System Verilog* et *SystemC* pour la modélisation et la vérification de systèmes embarqués. De la vérification fonctionnelle à la covérification. Codebugage et cosimulation. Environnement de simulation intégré *SystemC/System Verilog* pour la covérification conjointe logiciel/matériel. Définition du codesign logiciel/matériel. Étapes de codesign : allocation, partitionnement logiciel/matériel, ordonnancement et raffinement. Estimation de performance. Synthèse du logiciel, du matériel et des communications. Implémentation. Études de cas d'outils industriels.

INF8505 – Conception et implémentation de processeurs embarqués configurables - 3 crédits
Revue des microprocesseurs. Flot de conception d'un processeur. Langages de description architecturale. Compilateurs polyvalents : principes et approches. Configuration automatisée d'un processeur : profilage de code et synthèse de jeu d'instructions, génération de co-processeurs, synthèse du chemin de données. Métriques de performance et de complexité. Configuration de processeurs pour FPGA.

MTH2120 – Analyse appliquée - 3 crédits
Fonctions d'une variable complexe. Fonctions analytiques. Formule de Cauchy. Séries de Laurent. Transformée en z. Calcul des résidus. Distribution de Dirac. Théorème d'échantillonnage. Séries de Fourier. Coefficients d'Euler. Conditions de Dirichlet. Transformées de Fourier. Identité de Parseval. Convolution. Inversion de la transformée de Laplace.

PHS4310 - Microfabrication - 3 crédits
Introduction à la microfabrication et à la nanofabrication. Photolithographie; techniques optiques et photorésines. Couches minces : méthodes physiques (évaporation, pulvérisation et laser), méthodes chimiques, dépôt électrochimique, procédé d'oxydation. Gravure : sèche par plasma et en milieu liquide. Notions de nanofabrication. Procédés pour la microélectronique, pour la photonique, pour les microsystèmes microélectromécaniques et les biocapteurs. Applications de la microfabrication. Laboratoire de microfabrication.

5.3 Projet de concentration génie biomédical pour le programme de génie informatique

5.3.1 Introduction au génie biomédical³

Le génie biomédical consiste dans l'application des principes du génie à l'étude, la modification et le contrôle des systèmes biologiques, ainsi qu'à la conception et la fabrication de produits pour la surveillance des fonctions physiologiques et pour l'assistance au diagnostic et au traitement de patients⁴.

La formation de l'ingénieur biomédical est donc multidisciplinaire et fait appel aux sciences de la santé, aux sciences du génie, aux sciences fondamentales et aux mathématiques (Figure 5).

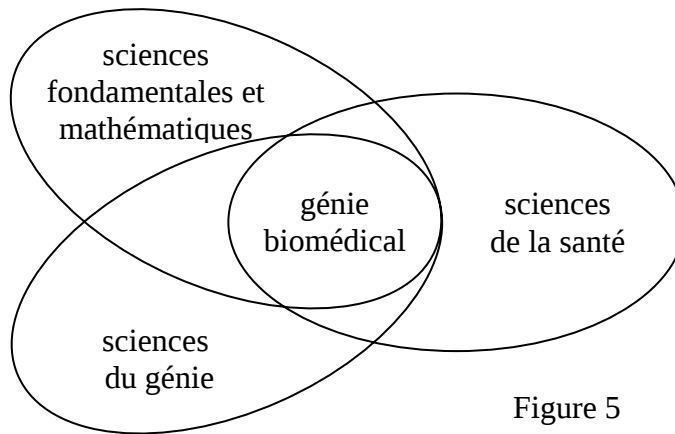


Figure 5

Ce qui distingue l'ingénieur biomédical d'un ingénieur de formation classique, c'est qu'il est capable d'analyser un problème à la fois du point de vue de l'ingénieur et à la fois du point de vue du médecin. Il doit être conscient des difficultés particulières associées aux êtres vivants et est appelé à évaluer un ensemble plus étendu de solutions que dans les domaines traditionnels du génie.

L'ingénieur biomédical doit aussi être capable de travailler en étroite collaboration avec des professionnels de plusieurs autres disciplines : médecins, chirurgiens, biologistes, biochimistes, pharmacologistes, physiothérapeutes, dentistes, infirmières, techniciens, administrateurs du réseau de la santé, etc.

³ Cette section est extraite du document intitulé *Nouveau programme de bac en génie biomédical* soumis à la CREPUQ en 2006.

⁴ Handbook of Biomedical Engineering, CRC Press, 1995

5.3.2 Besoins socio-économiques

Le génie biomédical a fait ses preuves en développant de nouvelles modalités de diagnostic et de traitement qui permettent d'accroître l'efficacité des systèmes de santé.

En cardiologie par exemple, le développement des moniteurs automatisés, du défibrillateur, de l'angioplastie et des prothèses endovasculaires (stent) a contribué à diminuer de 30% à moins de 10%, la mortalité durant l'infarctus aigu du myocarde au cours des trois dernières décennies. En chirurgie, le développement d'instruments laparoscopiques a permis de nouvelles modalités d'intervention qui ont diminué considérablement le temps de séjour à l'hôpital, le temps de convalescence et les complications post-opératoires. En neurologie, le développement de l'imagerie par résonance magnétique a permis de guider des interventions plus précoces et plus précises.

Actuellement, le vieillissement de la population dans les sociétés industrialisées augmente considérablement le besoin de rendre les systèmes de santé plus efficaces par l'innovation technologique. Ainsi, le total des dépenses dans le secteur de la santé au Canada a passé de 78 à 130 milliards \$ entre 1997 et 2004 et le *Conference Board of Canada* prévoit une augmentation annuelle de 5 milliards \$ pour les prochaines années.

Ce besoin se traduit par des emplois dans plusieurs secteurs pour les ingénieurs biomédicaux :

Entreprises industrielles : conception de nouveaux systèmes de diagnostic et de traitement basés sur une connaissance approfondie de la pathophysiologie humaine ; interface entre les équipes de conception, de fabrication et d'évaluation clinique des nouveaux produits ; marketing ; support à la vente; gestion.

Hôpitaux : assistance au choix de l'équipement; responsable de l'entretien et de l'utilisation sécuritaire de l'équipement; gestion.

Génie conseil : dossiers d'acquisition d'équipement pour les hôpitaux ; procédures d'homologation des nouveaux produits pour les entreprises ; formation de personnel qualifié; construction de clinique et d'hôpitaux.

Centres de recherche des hôpitaux universitaires: conception de systèmes sur mesure à des fins de recherche ; collaboration à des projets de recherche multidisciplinaires.

Agences gouvernementales : recherche (e.g. C.N.R.C.); élaboration des politiques d'achat (M.S.S.S.); évaluation des technologies (e.g. Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé : A.É.T.M.I.S.); évaluation de la sécurité et tests de nouveaux produits (e.g. Santé Canada).

Universités : recherche et enseignement.

L'obtention de données quantitatives qui permettent d'évaluer l'état actuel de l'emploi en génie biomédical ainsi que les projections pour les prochaines années est limitée par les sources de données disponibles. Dans le reste de cette section, nous fournissons quand même quelques indicateurs.

Dans l'ensemble du Canada, l'industrie des matériels médicaux comptait plus de 1000 entreprises en l'an 2000 et fournissait un emploi à 22,000 personnes⁵. Un peu plus de la moitié de ces personnes travaillent dans les secteurs des instruments et appareils médicaux et chirurgicaux, appareils électroniques et appareils de réadaptation. Près de la moitié des entreprises oeuvrent en recherche. La majeure partie des entreprises (93%) sont actives dans la fabrication, dont 80% sont de petites entreprises ayant moins de 50 employés. Les grandes entreprises, qui comptent plus de 150 employés, correspondent à 10% du nombre total d'établissements mais elles sont à l'origine de près de la moitié des ventes. Les entreprises canadiennes tirent 3 milliards \$ des ventes de matériels médicaux au Canada et à l'étranger.

Au Québec, l'Association de l'Industrie des Technologies de la Santé (AITS)⁶ regroupe environ 200 petites et moyennes entreprises qui génèrent des ventes annuelles de 300 millions \$. Une enquête réalisée par E&B Data en 2004 pour le compte de l'AITS révèle que 70% des entrepreneurs oeuvrant dans ce secteur anticipaient une croissance plus forte de leur entreprise en comparaison avec l'ensemble de l'économie.

La région du grand Montréal est un pôle de croissance remarquable avec les projets de construction de deux nouveaux centres hospitaliers universitaires. Il s'agit de projets porteurs ayant des effets multiplicateurs pour l'industrie des sciences de la vie. Ces centres ont un rôle de vitrine technologique. L'évaluation des technologies tout comme la gestion d'un parc technologique à la fine pointe impliquent un rôle important pour les ingénieurs biomédicaux.

L'École Polytechnique joue un rôle de premier plan dans le développement de cette industrie. Certains de nos chercheurs et de nos anciens étudiants ont ainsi participé à la création de nouvelles entreprises québécoises qui se consacrent à la mise au point de nouveaux outils de diagnostic et de traitement telles que : Biorthex (implants orthopédiques), Biosyntech (régénération du cartilage), Cardianove (pompe d'assistance ventriculaire), Orthosoft (chirurgie assisté par ordinateur), Tomovision (imagerie médicale), Y3D (analyse du mouvement).

Dans le secteur public au Québec, l'Association des Physiciens et Ingénieurs Biomédicaux du Québec⁷ regroupe actuellement 130 membres qui travaillent dans les hôpitaux ou dans le réseau de la santé. Ce nombre n'inclut pas les ingénieurs qui travaillent dans les entreprises, les centres de recherche des hôpitaux et les universités. Pour ce qui est des projections, une étude récente de planification de la main d'œuvre (P.M.O.) du Ministère de la santé et des services sociaux du Québec constate qu'il y a une pénurie d'une quinzaine d'ingénieurs biomédicaux dans le réseau de la santé et prévoit l'embauche annuelle de 7 à 8 ingénieurs par la suite.

Aux Etats-Unis, le *U.S. Department of Labor* a recensé 7,200 ingénieurs travaillant en génie biomédical en 2000 (le tiers dans le secteur manufacturier tandis que les autres travaillent dans les services de la santé, les agences gouvernementales ou la consultation) tandis que la *National Academy of Engineering* a recensé 32,000 ingénieurs travaillant dans le domaine des

⁵ Industrie-Canada, voir : <http://strategis.ic.gc.ca>

⁶ Voir : <http://www.aitis.ca>,

⁷ Voir : <http://www.apibq.org>

technologies de la santé¹. Toutes proportions gardées, nous aurions de 720 à 3200 ingénieurs biomédicaux au Canada, et de 140 à 640 au Québec. Il est important de noter que le U.S. Department of Labor prévoit un taux de croissance de l'emploi (de 2002 à 2012) qui sera largement supérieur dans le secteur du génie biomédical (25%) que dans l'ensemble des secteurs du génie (7%).

Les débouchés ne se limitent pas au génie biomédical. Les secteurs des biotechnologies et de la pharmacologie peuvent également constituer des secteurs d'emplois éventuels pour les ingénieurs biomédicaux⁸.

Par ailleurs, pour certains programmes de baccalauréat en génie biomédical des Etats-Unis, comme celui de l'université John Hopkins, près de la moitié des finissants poursuit des études en médecine après leur baccalauréat. Un pourcentage moindre de nos finissants pourra aussi continuer leurs études en médecine (M.D.). Nous anticipons que plusieurs finissants poursuivront des études de cycles supérieurs en génie biomédical et dans les disciplines connexes (nanosciences, pharmacie, etc.).

Finalement, il ne faut pas oublier que ce programme forme des ingénieurs ayant certaines habiletés dans les domaines traditionnels du génie et que des diplômés pourront ainsi trouver des emplois dans ces secteurs. Ils auront acquis durant leur formation d'excellentes aptitudes au travail multidisciplinaire et une grande ouverture vis-à-vis des autres disciplines.

5.3.3 Dossier académique

Les objectifs de la formation pour la concentration génie biomédical en génie informatique sont :

Offrir à l'étudiant les connaissances de base nécessaires pour analyser un problème et proposer une solution adéquate pour un contexte différent du contexte traditionnel.

Préparer l'étudiant à travailler dans un domaine multidisciplinaire.

Permettre à l'étudiant de maîtriser les techniques d'imagerie médicale et de visualisation de structures anatomiques.

Permettre à l'étudiant d'intégrer ses connaissances en génie informatique dans le développement de systèmes assistés par ordinateur pour le diagnostic, le suivi, l'évaluation et la planification de traitements.

5.3.4 Estimation de la clientèle étudiante

Des concentrations en génie biomédical dans les programmes de génie chimique, électrique, mécanique et physique sont offertes depuis l'automne 2005. Le nombre d'admissions a été contingenté à 50 étudiants par an à cause du marché de l'emploi et des contraintes

⁸ Voir : *Occupational Handbook*, U.S. Department of Labor, <http://bls.gov/oco/ocos262.htm>

professionnelles et matérielles de l'école. En offrant une concentration en génie biomédical dans le programme de génie informatique les 50 étudiants vont se répartir sur les 5 concentrations ce qui représente en moyenne 10 étudiants par concentration. Cependant, l'évolution rapide des besoins du marché dans le domaine des technologies de l'information dans les hôpitaux, les cliniques et les bureaux de médecin: dossiers de patients informatisés, gestion des rendez-vous, facturation, gestion des régimes d'assurance, soutien à la prise de décision, réseautique, ainsi que le développement de systèmes assistés par ordinateur pour le diagnostic, le suivi et l'évaluation et la planification de traitement va certainement attirer de plus en plus d'étudiants dans la concentration génie biomédicale en génie informatique. D'autre part, le département de génie informatique prévoit le recrutement de professeurs avec une expertise en génie biomédical. Ainsi, nous croyons que le nombre d'étudiants pourra augmenter à une trentaine d'étudiants.

5.3.5 Description des cours

GBM4103 - Réglementation des instruments médicaux II - 3 crédits

Importance de la gestion des risques associés aux instruments médicaux. Lois, règlements et normes. Instances gouvernementales. Organismes approuvant, élaborant et vérifiant les normes. Inventaire des normes techniques pertinentes. Gestion de la qualité. Documentation. Gestion des risques : analyse des risques; emploi prévu; identification des phénomènes dangereux physiques et biologiques; évaluation de la probabilité et de la sévérité des dommages; maîtrise des risques; suivi des incidents. Achat et opération sécuritaire des instruments médicaux en milieu hospitalier, vigilance. Épidémiologie clinique, évaluation quantitative et modalités des essais cliniques. Réglementations connexes : médicaments et matériaux biologiques.

GBM4307 - Capteurs et instrumentation biomédicale - 3 crédits

Conception des circuits électroniques des systèmes de monitoring et de diagnostic utilisés en médecine. Structure type d'un instrument biomédical. Normes de sécurité. Circuits électroniques de base pour le conditionnement du signal. Approches pour diminuer l'interférence et le bruit. Principes de fonctionnement de divers types de capteurs : changement d'impédance, sources de potentiel, rayonnement, optique, biochimique. Applications : biopotentiels, paramètres physiologiques, imagerie médicale.

GBM4318 - Principes d'imagerie biomédicale - 3 crédits

Imagerie à rayons X : sources et leurs caractéristiques, spectre, interaction avec les tissus, instrumentation, formation et caractéristiques de l'image, applications cliniques, extension à la tomographie. Médecine nucléaire: principes généraux, production de radio traceurs, leur bio-distribution, caméra gamma, caractéristiques des images, SPECT, applications cliniques. Tomographie d'émission de positron (TEP) : principes généraux, instrumentation, traceurs, formation d'image. Imagerie ultrasonore : propagation de l'onde ultrasonore, propriétés des tissus, transducteurs et propriétés, modes, applications cliniques. Imagerie à résonance magnétique : magnétisme nucléaire, description classique, réseau de spin et relaxation, séquences spin-écho, imagerie et encodage du signal, instrumentation, séquences d'excitation, imagerie fonctionnelle, applications cliniques.

INF4720 - Traitement numérique d'images - 3 crédits

Introduction au traitement de signal : rapport signal / bruit, modélisation du bruit, convolution et corrélation de signaux. Analyse spectrale du signal : spectres continus et discrets, transformée de Fourier, théorème d'échantillonnage. Filtres numériques : transformée en Z, filtres impulsionnels à réponse finie et infinie. Filtrage d'images : dans le domaine spatial, dans le domaine fréquentiel. Restauration d'images : filtres de régularisation, filtres de déconvolution. Segmentation d'images médicales : détection de contours, détection de lignes par transformée de Hough, techniques de seuillage, segmentation de régions, segmentation par la transformée Watershed.

GBM4900 - Projet intégrateur en génie biomédical - 6 crédits

Le projet intégrateur de grande envergure porte sur un mandat d'ingénierie et est réalisé par les étudiants en équipe multidisciplinaire. Le mandat comprend la détermination des objectifs du projet, le cahier des charges, la méthodologie de résolution et design proposé, l'échéancier et les ressources nécessaires à sa réalisation. Les étudiants doivent démontrer un grand niveau d'autonomie et de savoir-faire technique et de professionnalisme lors de la réalisation du mandat confié. Ils devront concevoir selon les règles de l'art, la réglementation, les normes et les standards, un produit, un procédé, un système, un prototype ou un service propre au domaine du génie biomédical. La gestion du projet devra tenir compte du budget, des contraintes de temps, des risques et des ressources. Les sujets de projet pourront provenir de l'industrie, des hôpitaux, des étudiants ou des professeurs. Le projet fera l'objet d'une présentation orale publique devant un jury d'évaluation.

GBM8320 - Dispositifs médicaux intelligents - 3 crédits

Conception des circuits intégrés pour les systèmes implantables servant à la surveillance et à l'électrostimulation neuromusculaire. Éléments de physiologie : système nerveux central et périphérique, types de nerfs, conduction neuronale, biopotentiels. Électrodes et capteurs : modèles électriques, matériaux, réseaux d'électrodes, types de capteurs. Circuits d'interfaces : bio-amplificateurs, considérations pratiques de mise en œuvre. Principes biophysiques de la stimulation électrique et magnétique neuromusculaire. Circuits électroniques des stimulateurs neuronaux pour le système nerveux central et le système nerveux périphérique. Applications typiques: cochlée, rétine, dystonie, épilepsie, dépression, apnée du sommeil, douleur, aide à la marche, incontinence.

GBM8700 - Reconstruction 3D à partir d'images médicales - 3 crédits

Systèmes de reconstruction 3D à partir d'images médicales. Systèmes de vision active : principe d'interférométrie, triangulation active, recalages d'images 3D, techniques de recalage rigide, techniques de recalage élastique, placage de texture. Systèmes de vision passive : calibrage de caméras et de systèmes à rayons-X, mise en correspondance de primitives, techniques de mise en correspondance de primitives géométriques, techniques de mise en correspondance basées sur l'intensité, géométrie épipolaire, reconstruction 3D. Reconstruction 3D à partir de séquences d'images : auto-calibrage, suivi temporel de primitives, reconstruction 3D à partir de mouvement, d'ombrage et de texture. Exemples d'applications de reconstruction 3D de structures anatomiques à partir d'images médicales.

Conclusion

Ce document visait à présenter le fruit de trois années de travail et de réflexion sur tous les aspects des programmes de génie informatique et de génie logiciel à la lumière des exigences d'élaboration des nouveaux programmes, telles que spécifiées dans le *Cahier des charges* du nouveau programme de formation. Bien que certains détails restent à compléter, une analyse des différentes balises proposées dans le cahier de charge nous permet d'affirmer que l'ensemble des approches prescrites ont maintenant été prises en compte et satisfaites.

La réflexion doit certainement se poursuivre, par exemple, sur l'encadrement que l'on souhaite fournir aux étudiants une fois les premières sessions d'adaptation à l'université complétées. Des mécanismes d'encadrement adaptés aux différentes années et qui visent à développer l'autonomie de nos futurs ingénieurs, doivent être mis en place et expérimentés dans les années 3 et 4 du programme. L'objectif de cet encadrement ne portera alors plus tant sur l'organisation du travail et la planification des tâches, mais davantage sur le développement d'habiletés spécifiques à chaque étudiant, en fonction de ses forces et de ses faiblesses propres. Cet encadrement devrait en particulier permettre aux étudiants de combler certaines lacunes au niveau des habiletés personnelles et relationnelles qui auraient pu être détectées durant les premières années du cursus.

Un autre aspect du programme que l'on doit mettre en application est le processus de suivi continu de la qualité du programme. Un mécanisme de suivi indépendant du comité de programme devrait être mis en place et impliquer au premier chef les étudiants. Le comité Qualité devra donc non seulement permettre aux professeurs et aux étudiants du département de vérifier que le projet de formation est bien mis en place tel qu'il a été conçu, mais également d'assurer le suivi de la tâche exigée des étudiants à chacune des sessions du cursus.

Finalement, nous devons poursuivre notre réflexion sur la question de l'intégration des étudiants en études préparatoires. Nous reconnaissons l'importance de l'intégration et l'encadrement de ces étudiants, mais la quantité de travail à accomplir pour produire ce document dans les délais prescrits, n'a pas permis jusqu'à maintenant de se pencher sur cette question.

Annexes 1 à 4

1) Rappel de la description du schéma en J

En vue de l'intégration des matières nous vous rappelons notre stratégie du schéma en J. Le schéma en J, présenté à la figure A.1, regroupe :

Cours préalable au projet Ce cours préalable représente des notions importantes au trimestre précédant le projet intégrateur. Ce cours préalable est donc un cours qui utilise le principe de *l'évaluation initiale*.

Cours corequis au projet Ce cours corequis qui présente des notions théoriques pertinentes au projet dans une demi-journée (probablement en juste à temps); dans l'autre demi-journée, le projet a lieu. Ce cours corequis s'inscrit dans une perspective de *formation*.

Projet intégrateur Ce projet met évidemment l'accent sur l'*application* des apprentissages des deux cours précédents. Ce cours évalue l'avancement dans le degré de maturité de l'étudiant. L'évaluation de ces trois cours est donc *cumulative*, et elle part du principe qu'il faut laisser un délai entre les apprentissages et qu'il faut également les renforcer entre les trimestres pour instaurer une bonne pratique.

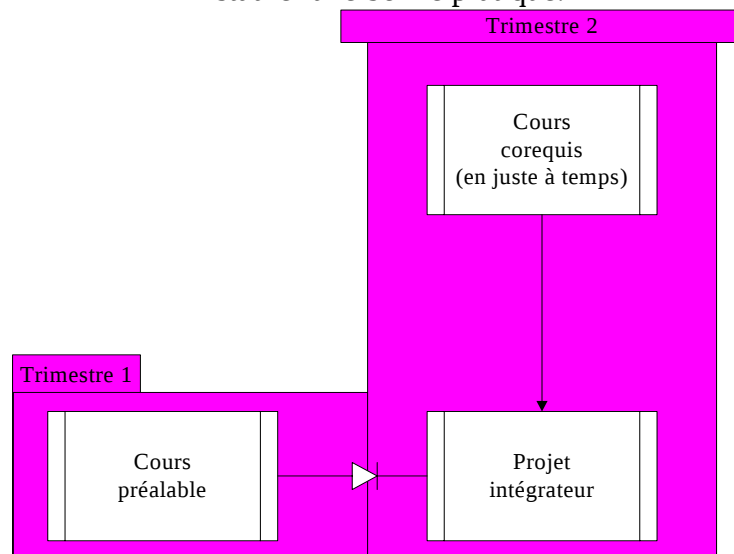


Figure A.1 Schéma en J : arrimage de trois cours pour assurer une continuité inter trimestrielle

Notez finalement que le schéma en J est généralisable avec plusieurs cours préalables et/ou corequis.

2) Système de numérotation de cours du programme de génie logiciel LOGWXYZ

W	Année
X	Catégorie du cours • 0 cours de processus • 2 cours de fondements informatiques • 4 cours disciplinaires • 8 cours de fondements mathématiques • 9 cours projet
Y	identificateur de cours
Z	version du cours

3) Réflexion sur le mandat et la composition du comité de suivi et du comité qualité

Dans ce qui suit nous présentons une réflexion en profondeur sur les mécanismes de suivi et de contrôle de la qualité des programmes, qui est actuellement en cours au sein du département.

**Réflexion
sur le mandat et la composition
du comité de suivi et
du comité qualité**

**Document de travail
Comité des programmes
génie informatique et génie logiciel
Mai 2006**

Comité de suivi

Le suivi de l'implantation de nos nouveaux programmes vise à recueillir l'information permettant d'effectuer les ajustements nécessaires à leur amélioration.

Plus spécifiquement, il est proposé de recueillir l'information et d'observer :

- comment les mesures mises de l'avant dans nos programmes sont implantées et portent fruit;
- si, globalement, nos étudiants réussissent mieux et persèverent, si leur identité professionnelle se confirme plus rapidement, si leur sens d'appartenance s'affermi et si leur plaisir d'apprendre et de vivre à l'École Polytechnique apparaît plus évident;
- comment les professeurs vivent ce changement important et y trouvent leur satisfaction professionnelle;
- comment les services s'adaptent aux exigences de nos nouveaux programmes et apportent le soutien attendu.

Paramètres de suivi

Pour réaliser ce suivi, les éléments suivants seront considérés :

- accueil : impact des accueils institutionnels et départementaux;
- intégration des matières et équipes d'enseignement : perception des professeurs et des étudiants;
- encadrement : modalités et impacts; point de vue des professeurs et des étudiants;
- taux de réussite (ou d'échec) des étudiants dans les cours de première année; il faudrait porter une attention particulière à l'obtention rapide des résultats aux intras;
- niveau de formation scientifique;
- impact auprès des étudiants de certains cours (p.e. cours d'introduction à l'ingénierie informatique, certains cours de math, etc.);
- projet intégrateur : rôle et impact sur l'ensemble des cours de l'année
- rétention des étudiants à la fin de la première année et persévérance des étudiants en deuxième année;
- taux général de satisfaction des étudiants;

Moyens mis en place pour obtenir l'information.

Voici quelques suggestions de moyens qui pourraient être mis en place afin d'obtenir les informations recherchées.

Une requête est effectuée auprès du registraire ou du SEP pour obtenir des informations sur le profil des étudiants (préparatoire, GI, GL, cote R, etc.)

Le coordonnateur d'une année, en collaboration avec Mme Lemieux, organise des rencontres mensuelles avec des représentants étudiants de chaque section de cours afin de faire le point sur le déroulement de la session. Ces rencontres planifiées, combinées à des rencontres informelles avec les étudiants, permettent d'identifier certaines difficultés, par exemple au niveau de la coordination entre les cours, et de réagir rapidement en cas de besoin.

Une requête est effectuée auprès du registraire ou du SEP pour obtenir les résultats aux intras de nos étudiants.

Les professeurs mentors devraient nous transmettre leurs impressions sur les étudiants qu'ils encadrent. Notre objectif ici est la détection de problèmes vécus par nos étudiants ou qu'ils risqueraient de vivre.

Une dernière requête est effectuée auprès du registraire ou du SEP pour obtenir les résultats finaux de nos étudiants. Il serait intéressant d'obtenir la moyenne générale de chaque étudiant afin de pouvoir intervenir lorsque la moyenne est en dessous d'un certain seuil.

Une discussion portant sur le vécu des étudiants tout au long de la session. Cette rencontre a lieu à la fin de la session avec l'ensemble des étudiants.

Composition du comité.

Le comité pourrait se composer des professeurs responsables de chacune des années de nos programmes, de la responsable du soutien académique pour les études de premier cycle et de deux étudiants (un par programme).

Comité qualité

Ce comité a comme mandat de s'exprimer sur la qualité de la formation dans chacun de nos programmes et de son adéquation avec les besoins des entreprises. Pour ce faire, il examine la pertinence des cours offerts ainsi que l'appréciation des enseignements reçus. Il s'intéresse également à la charge de travail exigé aux étudiants chaque session.

Plus spécifiquement, il est proposé de recueillir l'information et d'observer :

- la charge de travail (étudiante, professorale, dans les services);
- la présence de la conception dans la formation;
- l'impact des projets intégrateurs;
- l'ouverture internationale;
- le développement des HPR;
- la réputation de nos programmes dans les cégeps;

- la réputation de nos programmes dans les entreprises;
- l'évaluation des stagiaires.

Moyens mis en place pour obtenir l'information.

Le comité qualité peut partager certaines informations avec le comité de suivi. Pour obtenir d'autres informations, il pourrait également recourir à des entrevues de groupe ou individuelles, des observations dans les entreprises, des études de perceptions ou des enquêtes. Ce comité a tout avantage à utiliser la voie des membres du COCEP départemental pour recueillir diverses informations concernant le point de vue des entreprises.

Composition du comité.

Comme le comité qualité présente un point de vue extérieur, il serait pertinent que certains membres ne soient pas directement impliqués dans l'enseignement de notre programme. Ainsi, le comité Qualité pourrait se composer d'une ou deux personnes du COCEP, d'un professeur retraité, d'un professeur et un étudiant.

4) Analyse détaillée des exigences quantitatives du BCAP

Dans ce qui suit nous présentons l'analyse détaillée des exigences quantitatives du BCAP pour le programme de génie informatique et le programme de génie logiciel.

Analyse BCAP1 pour le génie INFORMATIQUE

NON FINAL

Mise à jour : 20 mars 2007

Tableau 1 : cours obligatoires et communs à toutes les filières, définis sur une base horaire

Sigle	Titre	Crédits	Unités d'accréditation							
			Total UA	Math	Sciences	Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
INF1005C	Programmation procédurale	3	58.50				39.00	19.50		58.50
INF1500	Logique des systèmes numériques	3	48.75	8.13			24.38	16.25	8.13	40.63
MTH1101	Calcul I	2	39.00	39.00					39.00	
MTH1006	Algèbre linéaire	2	39.00	39.00					39.00	
INF1040	Introduction à l'ingénierie informatique	3	58.50			29.25	29.25			29.25
INF1010	Programmation orientée objet	3	58.50				39.00	19.50		58.50
LOG1000	Ingénierie logicielle	3	48.75				32.50	16.25		48.75
INF1600	Architecture des micro-ordinateurs	3	48.75				32.50	16.25		48.75
MTH1102	Calcul II	2	39.00	39.00					39.00	
INF2010	Structures de données et algorithmes	3	48.75				24.38	24.38		48.75
LOG2410	Conception logicielle	3	48.75				16.25	32.50		48.75
ELE1600A	Circuits électriques	3	48.75				32.50	16.25		48.75
MTH1110	Équations différentielles ordinaires	2	39.00	39.00					39.00	
MTH1210	Méthodes num. pour équations diff. ordina	1	19.50	19.50					19.50	
LOG2810	Structures discrètes	3	45.50	22.75			22.75		22.75	22.75
INF2705	Infographie	3	48.75				24.38	24.38		48.75
INF2610	Noyau d'un système d'exploitation	3	48.75				16.25	32.50		48.75
ELE2302	Circuits électroniques	3	48.75				32.50	16.25		48.75
INF3500	Conception et réalisation de systèmes num	3	48.75				16.25	32.50		48.75
MTH2302D	Probabilités et statistique	3	65.00	54.17			10.83		54.17	10.83
INF3405	Réseaux informatiques	3	48.75				32.50	16.25		48.75
SSH5201	Économie de l'ingénieur	3	48.75			48.75				
INF3610	Systèmes embarqués	3	48.75				16.25	32.50		48.75
SSH5501	Éthique appliquée à l'ingénierie	2	39.00			39.00				
SSH5100	Sociologie de la technologie	3	39.00			39.00				
Sous-total 1		68	1173.25	260.54		156.00	441.46	315.25	260.54	756.71

Facteur K = 17.25 UA par crédit

Tableau 2 : cours obligatoires communs à toutes les filières, définis sur une base de proportionnalité

Sigle	Titre	Crédits	Unités d'accréditation							
			Total UA	Math	Sciences	Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
INF1995	Projet initial en ingén. informat. et trav. en	4	69.01			25.88	34.51	8.63		43.13
PHS1101B	Mécanique pour ingénieurs	3	51.76		43.13		8.63		43.13	8.63
INF2990	Projet de logiciel graphique interactif	4	69.01			8.63	17.25	43.13		60.39
INF3990	Projet de conception logiciel/matériel	4	69.01			8.63		43.13		43.13
INF4000	Communication écrite et orale	1	17.25			17.25				
Sous-total 2		16	276.06		43.13	60.39	60.39	94.90	43.13	155.28

Tableau 3 : cours obligatoires communs à toutes les filières (tableaux 1 + 2)

	Crédits	Unités d'accréditation							
		Total UA	Math	Sciences	Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
Cours obligatoires, toutes les filières	84	1449.31	260.54	43.13	216.39	501.85	410.15	303.68	911.99

Notes

INF4920 et INF4990 : analyse de cours non approuvée, chiffres approx.
INF4000 : analyse de cours non approuvée

Analyse BCAPI pour le génie INFORMATIQUE (suite)

Filière classique

Fond vert = base horaire. Fond bleu = base de proportionnalité

Cours obligatoires

Sigle	Titre	Crédits	Unités d'accréditation							
			Total UA	Math	Sciences	Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
INF3710	Fichiers et bases de données	3	48.75				24.38	24.38		48.75
INF4705	Analyse et conception d'algorithmes	3	48.75	16.25			16.25	16.25	16.25	32.50
PHS1102	Champs électromagnétiques	3	52.00		43.33			8.67	43.33	8.67
ELE3703	Introduction aux communications numériques	3	48.75	8.13			32.50	8.13	8.13	40.63
GCH1520	Génie du vivant	3	45.50		30.33		15.17		30.33	15.17
INF4990	Projet final de conception	6	103.52			17.25		86.27		86.27
	Orientation ou Cours au choix	12	156.00							
Sous-total 3A-1			33	503.27	24.38	73.67	17.25	88.29	143.69	231.98

Cours à option

Sigle	Titre	Crédits	Unités d'accréditation							
			Total UA	Math	Sciences	Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
INF4420A	Sécurité informatique	3	45.50			7.58	30.33	7.58		37.92
INF4730	Systèmes parallèles	3	48.75				32.50	16.25		48.75
Sous-total 3A-2 (minimum des 2 cours)			3	45.50			30.33	7.58		37.92

Total pour les 36 crédits de la filière classique

Sigle	Titre	Crédits	Unités d'accréditation							
			Total UA	Math	Sciences	Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
	Cours obligatoires et au choix (3A-1)	33	503.27	24.38	73.67	17.25	88.29	143.69	98.04	231.98
	Cours à option (3A-2)	3	45.50				30.33	7.58		37.92
Total			36	548.77	24.38	73.67	118.63	151.27	98.04	269.89

Concentration Informatique embarquée

Fond vert = base horaire. Fond bleu = base de proportionnalité

Cours obligatoires

Sigle	Titre	Crédits	Unités d'accréditation							
			Total UA	Math	Sciences	Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
MTH2120	Analyse appliquée	3	52.00	52.00					52.00	
ELE3202	Introduction à l'automatisation	3	48.75	8.13			24.38	16.25	8.13	40.63
PHS1102	Champs électromagnétiques	3	52.00		43.33			8.67	43.33	8.67
ELE3703	Introduction aux communications numériques	3	48.75	8.13			32.50	8.13	8.13	40.63
ELE4304	Principes des circuits ITGÉ	3	48.75				24.38	24.38		48.75
GCH1520	Génie du vivant	3	45.50		30.33		15.17		30.33	15.17
INF4920	Projet final de conception	6	103.52			17.25		86.27		86.27
	Orientation ou Cours au choix	12	156.00							
Sous-total 3A-1			36	555.27	68.25	73.67	17.25	96.42	96.42	96.42

Concentration Génie biomédical

Fond vert = base horaire. Fond bleu = base de proportionnalité

Cours obligatoires

Sigle	Titre	Crédits	Unités d'accréditation							
			Total UA	Math	Sciences	Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
GBM1610	Biochimie pour ingénieur	3	52.00		34.67		17.33		34.67	17.33
GBM2610	Biologie moléculaire et cellulaire pour ingé	3	52.00		34.67		17.33		34.67	17.33
GBM3000	Physiologie, systèmes et technologies (Ud	3	39.00		39.00				39.00	
INF3710	Fichiers et bases de données	3	48.75				24.38	24.38		48.75
GBM4318	Principes d'imagerie biomédicale	3	52.00		17.33		34.67		17.33	34.67
GBM4103	Règlementation des produits médicaux	3	39.00			39.00				
INF4720	Traitement numérique d'images	3								
GBM4307	Capteurs et instrumentation biomédicale	3	58.50				29.25	29.25		58.50
GBM4900	Projet intégrateur en génie biomédical	6	103.52			8.63		94.90		94.90
	Orientation ou Cours au choix	6	78.00							
Sous-total 3A-1			36	522.77		125.67	47.63	122.96	148.52	271.48

Bilan pour le programme de génie informatique

	Crédits	Unités d'accréditation							
		Total UA	Math	Sciences	Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
Cours communs à toutes les filières	84	1449.31	260.54	43.13	216.39	501.85	410.15	303.68	911.99
- Filière classique	36	548.77	24.38	73.67	17.25	118.63	151.27	98.04	269.89
- Concentration Informatique embarquée	36	555.27	68.25	73.67	17.25	96.42	96.42	96.42	96.42
- Concentration Génie biomédical	36	522.77		125.67	47.63	122.96	148.52	125.67	271.48
Total à Polytechnique (minimum)	120	1972.08	260.54	116.80	233.64	598.26	506.56	400.09	1008.41
Études antérieures (cégep)		225	53	112	60			165	
Grand total	120	2197	314	229	294	598	507	565	1008

Analyse BAPI pour le génie LOGICIEL

NON FINAL

Mise à jour : 15 mars 2007

Tableau 1 : cours obligatoires communs à toutes les filières, définis sur une base horaire

Sigle	Titre	Crédits	Total UA	Math	Sciences	Unités d'accréditation				
						Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
INF1005C	Programmation procédurale	3	58.50				39.00	19.50		58.50
INF1500	Logique des systèmes numériques	3	48.75	8.13			24.38	16.25	8.13	40.63
MTH1101	Calcul I	2	39.00	39.00					39.00	
MTH1006	Algèbre linéaire	2	39.00	39.00					39.00	
INF1040	Introduction à l'ingénierie informatique	3	58.50			29.25	29.25			29.25
INF1010	Programmation orientée objet	3	58.50				39.00	19.50		58.50
LOG1000	Ingénierie logicielle	3	48.75				32.50	16.25		48.75
INF1600	Architecture des micro-ordinateurs	3	48.75				32.50	16.25		48.75
MTH1102	Calcul II	2	39.00	39.00					39.00	
INF2010	Structures de données et algorithmes	3	48.75				24.38	24.38		48.75
LOG2410	Conception logicielle	3	48.75				16.25	32.50		48.75
INF2610	Noyau d'un système d'exploitation	3	48.75				16.25	32.50		48.75
LOG2810	Structures discrètes	3	45.50	22.75			22.75		22.75	22.75
GCH1520	Génie du vivant	3	45.50		30.33		15.17		30.33	15.17
LOG2420	Analyse et conception des interfaces utilis	3	48.75				24.38	24.38		48.75
LOG2430	Validation et vérification du logiciel	3	48.75				16.25	32.50		48.75
INF3405	Réseaux informatiques	3	48.75				32.50	16.25		48.75
MTH2302D	Probabilités et statistique	3	65.00	54.17			10.83		54.17	10.83
SSH5201	Économique de l'ingénieur	3	48.75			48.75				
LOG3410	Exigences et spécifications du logiciel	3	48.75				32.50	16.25		48.75
INF3710	Fichiers et bases de données	3	48.75				24.38	24.38		48.75
SSH5501	Éthique appliquée à l'ingénierie	2	39.00			39.00				
LOG3210	Éléments de langages et compilateurs	3	48.75	8.13			24.38	16.25	8.13	40.63
LOG3000	Processus du génie logiciel	3	48.75				32.50	16.25		48.75
SSH5100	Sociologie de la technologie	3	39.00			39.00				
Sous-total 1		71	1209	210.17	30.33	156.00	489.13	323.38	240.50	812.50
Facteur K = 17.03 UA par crédit										

Tableau 2 : cours obligatoires communs à toutes les filières, définis sur une base de proportionnalité

Sigle	Titre	Crédits	Total UA	Math	Sciences	Unités d'accréditation				
						Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
INF1995	Projet initial en ingén. informat. et trav. en	4	68.11			25.54	34.06	8.51		42.57
PHS1101B	Mécanique pour ingénieurs	3	51.08		42.57		8.51		42.57	8.51
INF2990	Projet de logiciel graphique interactif	4	68.11			8.51	17.03	42.57		59.60
LOG3900	Projet d'évolution d'un logiciel	4	68.11			8.51	17.03	42.57		59.60
LOG4000	Communication écrite et orale	1	17.03			17.03				
Sous-total 2		16	272.45		42.57	59.60	76.63	93.65	42.57	170.28

Tableau 3 : cours obligatoires communs à toutes les filières (tableaux 1 + 2)

Unités d'accréditation									
	Crédits	Total UA	Math	Sciences	Étúd. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
Cours obligatoires, toutes les filières	87	1481.45	210.17	72.90	215.60	565.75	417.03	283.07	982.78

Notes

LOG4900 et LOG4910 : analyse de cours non approuvée, chiffres approx.
 LOG4000 : analyse de cours non approuvée

Analyse BCAPI pour le génie LOGICIEL (suite)

Filière classique

Fond vert = base horaire. Fond bleu = base de proportionnalité

Cours obligatoires

Sigle	Titre	Crédits	Unités d'accréditation							
			Total UA	Math	Sciences	Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
MTH1110	Équations différentielles ordinaires	2	39.00	39.00					39.00	
MTH1210	Méthodes num. pour équations diff. ordina	1	19.50	19.50					19.50	
LOG4410	Méthodes formelles en sécurité et en fiabil	3	48.75	8.13			24.38	16.25	8.13	40.63
INF4705	Analyse et conception d'algorithmes	3	48.75	16.25			16.25	16.25	16.25	32.50
LOG4430	Architecture logicielle et conception avancée	3	48.75				16.25	32.50		48.75
LOG4900	Atelier clinique en génie logiciel	6	102.17			17.03		85.14		85.14
	Orientation ou Cours au choix	12	156.00							
Sous-total 3A-1		30	462.92	82.88		17.03	56.88	150.14	82.88	207.02

Cours à option

Sigle	Titre	Crédits	Unités d'accréditation							
			Total UA	Math	Sciences	Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
PHS1102	Champs électromagnétiques	3	52.00		43.33			8.67	43.33	8.67
GBM1610	Biochimie pour ingénieur	3	52.00		34.67		17.33		34.67	17.33
GLQ1105	Minéralogie	3	58.50		58.50				58.50	
Sous-total 3A-2 (minimum des 3 cours)		3	52.00		34.67				34.67	

Total pour les 36 crédits de la filière classique

Sigle	Titre	Crédits	Unités d'accréditation							
			Total UA	Math	Sciences	Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
	Cours obligatoires et au choix (3A-1)	30	462.92	82.88		17.03	56.88	150.14	82.88	207.02
	Cours à option (3A-2)	3	52.00		34.67				34.67	
Total		33	514.92	82.88	34.67	17.03	56.88	150.14	117.54	207.02

Concentration Multimédia

Fond vert = base horaire. Fond bleu = base de proportionnalité

Cours obligatoires

Sigle	Titre	Crédits	Unités d'accréditation							
			Total UA	Math	Sciences	Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
INF2705	Infographie	3	48.75				24.38	24.38		48.75
MTH1115	Équations différentielles	3	52.00	52.00					52.00	
MTH2210A	Calcul scientifique pour ingénieurs	3	52.00	43.33			8.67		43.33	8.67
PHS4700	Physique pour multimédia	3	39.00		26.00		13.00		26.00	13.00
INF4710	Introduction aux technologies multimédia	3	48.75				24.38	24.38		48.75
LOG4910	Projet final en multimédia	6	102.17			17.03		85.14		85.14
	Orientation ou Cours au choix	12	156.00							
Sous-total 3B		33	498.67	95.33	26.00	17.03	70.42	96.42	96.42	96.42

Bilan pour le programme de génie logiciel

		Unités d'accréditation								
		Crédits	Total UA	Math	Sciences	Étud. compl.	Génie	Conc.	Math+sc	Génie+conc.
Grand total	Cours communs à toutes les filières	87	1481.45	210.17	72.90	215.60	565.75	417.03	283.07	982.78
	- Filière classique	33	514.92	82.88	34.67	17.03	56.88	150.14	117.54	207.02
	- Concentration Multimédia	33	498.67	95.33	26.00	17.03	70.42	96.42	96.42	96.42
	Total à Polytechnique (minimum)	120	1980.12	293.04	98.90	232.63	622.63	513.45	379.49	1079.20
	Études antérieures (cégep)		225	53	112	60			165	
	Total Génie logiciel	120	2205	346	211	293	623	513	544	1079
	Exigence BCAPI		1800	195	195	225	225	225	420	900