



Projet de formation : baccalauréat en génie électrique

(ensemble des livrables A)

23 décembre 2004

Table des matières

1. Vision et objectifs

1.1	Définition de l'ingénieur en génie électrique et but de la formation	3
1.2	Valeurs de l'ingénieur en génie électrique.....	4
1.3	Compétences prônées par le nouveau programme	4
1.4	Analyse de la situation actuelle	5
1.5	État du consensus des professeurs	6

2. Tableau des cours du programme

2.1	Principes généraux	7
2.2	Tableaux des cheminements.....	10

3. Forces incontournables citées dans le Cahier des charges

3.1	Formation scientifique solide	18
3.2	Formation à la conception	18
3.3	Habiletés personnelles et relationnelles	19
3.4	Aspect international du programme.....	20

4. Autres composantes de votre programme

4.1	Intégration des matières	21
4.2	Caractère pratique accentué	22
4.3	Réduction de la charge de travail étudiante et du contenu dans les cours	22
4.4	Méthodes pédagogiques et étudiants plus responsables.....	22
4.5	Encadrement	23
4.6	Évaluation des apprentissages.....	23
4.7	Projets intégrateurs	25
4.8	Stages	27
4.9	Mécanismes d'évaluation continue du programme	29
4.10	Modalités pour le passage aux études supérieures	29
4.11	Respect des normes du BCAPL.....	30
4.12	Nouvelle concentration en génie biomédical	30
4.13	Autres modifications	34

1. Vision et objectifs

1.1 Définition de l'ingénieur en génie électrique et but de la formation

L'avènement de l'électricité et de l'électronique est sans doute le facteur fondamental de l'évolution technologique du XXe siècle. Les progrès qui n'ont jamais cessé d'en découler ont modelé le rôle des ingénieurs en génie électrique, qui s'intéressent à tout ce qui a trait à la production, au transport, à la distribution et à l'utilisation de l'électricité dans des secteurs aussi variés que l'industrie de la fabrication, l'électronique et ses applications multiples, les communications terrestres et spatiales, les contrôles automatiques et le génie biomédical.

Plan stratégique du département de génie électrique

Qu'est-ce qu'un ingénieur en génie électrique, et quelle est la formation que l'École Polytechnique doit procurer à ses étudiants en génie électrique ?

Lorsque l'on pose ces questions à des interlocuteurs différents, on obtient des réponses différentes :

- ✎ Le propriétaire d'une PME répond que c'est quelqu'un de débrouillard et de flexible, qui doit pouvoir répondre à toutes les questions techniques, qui donne un support au vendeur et qui est aussi capable d'installer l'ordinateur de la secrétaire.
- ✎ Le chef d'un service d'une entreprise à la fine pointe de la technologie en microélectronique ou en télécommunication répond que c'est quelqu'un de brillant, capable de concevoir des systèmes complexes utilisant la toute dernière famille de circuits intégrés à très grande échelle ou le tout dernier protocole de télécommunications.
- ✎ Le président d'un grand conglomerat multinational répond que c'est quelqu'un qui a une vision globale, qui n'est pas confiné aux aspects techniques et qui est capable de convaincre et de motiver ses partenaires et ses employés.
- ✎ Finalement, le professeur d'électrotechnique répond que c'est quelqu'un qui maîtrise la distribution du courant triphasé, le professeur d'électronique répond que c'est quelqu'un qui maîtrise les circuits intégrés à très grande échelle, et le professeur actif en recherche répond que c'est quelqu'un qui peut imaginer des approches innovatrices.

Bref, on peut conclure que quel que soit l'interlocuteur, il cherche d'une certaine façon à reproduire sa propre « caste ».

Nous devons donc procéder à la mise à jour de notre programme d'une manière à pondérer chacun de ces points de vue et à aller à l'essentiel.

Ainsi, l'objectif principal de notre programme est de constituer pour nos étudiants une expérience qui va les transformer en leur démontrant qu'ils peuvent réaliser des projets complexes, innovateurs et utiles à la société en maîtrisant des connaissances scientifiques et des techniques spécifiques au génie électrique et en étant capable de travailler en groupe d'une manière efficace.

1.2 Valeurs de l'ingénieur en génie électrique

L'ingénieur en génie électrique et l'étudiant en génie électrique, peuvent s'inspirer des contributions de précurseurs tels que Thomas Edison, Nikola Tesla, Guglielmo Marconi, Norbert Wiener, Claude Shannon, Wilson Greatbatch, Jack Kilby (prix Nobel 2000), Steve Jobs, etc. Ces précurseurs avaient des personnalités certes différentes, mais partageaient un certain nombre de valeurs et d'idéaux tels que :

- ✎ L'originalité : pour imaginer des solutions qui redéfinissent les limites de la réalité quotidienne pour des milliards d'individus.
- ✎ L'humanisme : pour vaincre des maux comme l'obscurité, l'isolement et la maladie qui affligent l'être humain.
- ✎ La rigueur scientifique : pour formuler et résoudre des problèmes complexes.
- ✎ L'esprit de collaboration : pour construire et diffuser des systèmes trop complexes pour être réalisés par une seule personne.

Les professeurs se reconnaissent dans ces valeurs et veulent les faire partager à leurs étudiants tout en leur permettant de développer leur propre personnalité. Les professeurs donnent également leur appui à l'énoncé des valeurs communes adopté par le Conseil académique (celles-ci coïncident avec ou complètent la liste précédente) :

- ✎ La responsabilité professionnelle, le sens de l'éthique, l'intégrité, la rigueur, l'honnêteté intellectuelle et l'autonomie;
- ✎ Le souci de répondre aux besoins de la société, le souci de la protection du public, des travailleurs, de l'environnement et du patrimoine;
- ✎ L'ouverture face aux autres, à la différence, au travail en équipe et à l'innovation. »

1.3 Compétences de l'ingénieur en génie électrique

Nous partageons également la vision du rôle et des compétences de l'ingénieur élaborée par le « Comité de réflexion sur la formation au premier cycle à l'École Polytechnique » :

- ✎ Le rôle principal de l'ingénieur est la conception, qui fait appel à l'ingéniosité, à l'imagination, aux connaissances, à la compétence, à la discipline et au jugement appuyés par l'expérience.
- ✎ La formation de l'ingénieur s'appuie sur l'acquisition de connaissances scientifiques et techniques très solides, sur le développement de compétences professionnelles et sur la sensibilisation aux responsabilités de la profession. Les enseignements au baccalauréat à l'École visent à former des diplômés qui:

connaissent :

- les mathématiques, les sciences fondamentales et les sciences appliquées
- les règles d'éthique, de la santé et de la sécurité, les lois et règlements de la profession, le rôle de l'ingénieur dans la société
- les concepts de développement durable et de gestion environnementale

- les sujets contemporains relatifs aux sciences humaines et sociales

sont capables de :

- concevoir des systèmes d'ingénierie en utilisant les techniques et les outils les plus récents
- gérer des projets d'ingénierie
- concevoir, réaliser et analyser des essais expérimentaux
- analyser et gérer des systèmes complexes caractérisés par l'ambiguïté et l'incertitude, résoudre des problèmes ouverts
- innover, entreprendre de nouveaux projets
- communiquer efficacement

sont des personnes :

- autonomes, qui savent travailler en équipe
- qui sont conscientes de la nécessité de parfaire leur formation durant toute leur carrière
- ouvertes sur les autres professions et les autres cultures.

1.4 Analyse de la situation actuelle

Eu égard au « Cahier des charges », la situation actuelle du programme de génie électrique est unique en ce sens qu'un important travail de mise à jour fut réalisé au cours des deux dernières années et que des modifications importantes qui ont été appliquées dès l'automne 2004, satisfont déjà à certaines exigences et principes du « Cahier des charges ».

Pour mieux situer le lecteur parmi tous ces changements, nous convenons donc de définir les termes suivants qui seront utilisés dans le reste de ce document:

- ✎ le « Programme actuel » est le programme de baccalauréat en génie électrique qui est déjà approuvé par le Conseil Académique et qui est appliqué depuis l'automne 2004.
- ✎ notre « Proposition » est le document intitulé « Proposition de modification du programme de génie électrique » qui justifie les changements qui ont mené au programme actuel.
- ✎ le « Nouveau programme » est celui qui sera appliqué à l'automne 2005 et qui fera suite aux contraintes du « Cahier des charges ».

Le « Cahier des charges », en faisant disparaître des contraintes institutionnelles qui ont freiné l'évolution de notre programme durant de nombreuses années, nous permet donc de poursuivre plus loin notre travail de mise à jour.

Notre Proposition présente un projet éducatif prenant en charge les 120 crédits. Ce projet a été élaboré par le Comité de programme durant une période de deux ans en concertation avec les professeurs, les étudiants et le COCEP du département¹. Notre Proposition a tenu compte des nouveaux objectifs de formation de l'École Polytechnique, a introduit de nouvelles approches pédagogiques (GEPP : génie électrique par projet), mais a surtout redéfini le contenu du programme. Le contenu et la séquence des cours ont été élaborés

¹ Notre Proposition fut élaborée suite à 4 assemblées départementales, 7 réunions du COCEP, une douzaine de réunions du comité de programme et 1 sondage spécifique auprès des diplômés avant 1998.

après une étude comparative des 19 autres programmes de génie électrique au Canada. En résumé, les principales modifications apportées par notre Proposition sont :

1. Accroître le nombre de crédits des cours obligatoires de génie électrique de 46 à 49 crédits, et ceux des cours optionnels de 18 à 24 crédits.
2. Offrir plus tôt dans le cheminement 10 cours de génie électrique.
3. Créer un nouveau cours sur la *Physique des composants électroniques*; rendre obligatoire le cours *Microcontrôleurs et applications*; retirer *Infographie et CAO*.
4. Adopter les modalités d'apprentissage par projet pour certains cours avancés.
5. Retirer du programme, 4 cours du tronc commun.

Rappelons que ces modifications couvrent l'ensemble des 4 années du programme.

Nous comptons conserver l'essentiel de ces modifications dans le Nouveau programme. Toutefois, d'autres modifications sont maintenant nécessaires pour se conformer à certaines contraintes du « Cahier des charges ». Ainsi un bloc de cours optionnels de 12 crédits sera partiellement remplacé par un stage obligatoire de 3 crédits, un projet intégrateur de grande envergure de 6 crédits.

1.5 État du consensus des professeurs

Notre Proposition originale fut élaborée suite à 4 Assemblées départementales, 7 réunions de notre COCEP, une douzaine de réunions du comité de programme et 1 sondage spécifique réalisé par notre COCEP auprès des diplômés avant 1998. Elle fut formellement approuvée par l'Assemblée départementale du 22 octobre 2003.

Les modifications suivantes ont été débattues lors des Assemblées suivantes :

- ✎ Création d'une pleine session d'été pour rendre le stage obligatoire : Assemblée départementale du 18 février 2004 (supporté par les professeurs impliqués).
- ✎ Remplacement du projet de fin d'études par un projet intégrateur de grande envergure de 6 crédits ; définition du cours *ELE1041 Introduction aux projets en génie électrique*, valeurs de l'ingénieur en génie électrique ; nouveau cours sur la transmission de l'information et les réseaux de télécommunication : Journée de réflexion du 13 mai, travail en atelier et assemblée plénière.
- ✎ Création d'une nouvelle concentration en génie biomédical (27 octobre 2004). Cette concentration est supportée par la création d'une nouvelle section administrative en génie biomédical regroupant 6 professeurs ainsi que par l'engagement d'un nouveau professeur en génie biomédical (poste actuellement affiché).

Les sujets suivants ont été discutés avec le COCEP de génie électrique :

- ✎ Les stages : avantages, problèmes, modalités : 17 novembre 2003
- ✎ Le projet intégrateur de grande envergure: 10 mai 2004

Finalement, l'Assemblée départementale du 27 octobre 2004 qui a traité du document actuel (*Livable A*), a confirmé que les cours de génie électrique faisant partie du cœur du programme (total de 80 crédits) ne peuvent pas être retirés pour les besoins d'une concentration. Pour faire suite à cette résolution, nous avons incorporé le stage dans le cœur du programme (plutôt que dans les concentrations) et nous avons choisi la version modulaire de *IND2301 Gestion de projets* qui sera intégrée aux projets intégrateurs de troisième et quatrième année et réduit de 1 crédit le projet de première année.

2. Tableaux des cours du programme

2.1 Principes généraux

Les grands axes pédagogiques et leur justification de notre Proposition originale :

1. accroître le nombre de cours de génie électrique	→ pour pouvoir mettre à jour notre programme et assurer le développement de la discipline qui repose sur une grande variété de cours
2. offrir plus tôt une dizaine de cours de génie électrique	→ pour accroître la motivation des étudiants
3. créer de nouveaux cours spécialisés (physique des composants, microcontrôleurs)	→ pour mettre à jour notre programme aux points de vue scientifique et technique
4. adopter les modalités d'apprentissage par projet pour certains cours (GEPP : génie électrique par projet)	→ pour accroître la motivation des étudiants et développer leurs habiletés personnelles et relationnelles.
5. retirer du programme 4 cours du tronc commun et un cours de CAO.	→ pour rendre l'ensemble du programme plus intégré, plus cohérent

Pour le Nouveau programme, les grands axes pédagogiques et leur justification sont :

6. remplacer le projet de fin d'étude par un projet intégrateur de grande envergure de 6 crédits et mettre à jour la chaîne des projets intégrateurs annuels	→ pour mieux développer les habiletés de conception et les habiletés personnelles des étudiants; et mieux intégrer les connaissances acquises
7. ajouter un stage obligatoire de 4 mois	→ pour mieux développer les habiletés personnelles et relationnelles des étudiants et accroître leur employabilité.
8. ajouter un cours sur la transmission de l'information et les réseaux de télécommunication	→ pour mettre à jour notre programme
9. apporter des changements à l'organisation du département	→ pour améliorer l'encadrement et réduire la charge de travail des étudiants
10. inclure un volet international en dernière année	→ pour améliorer l'ouverture d'esprit, les habiletés sociales et l'employabilité de nos étudiants

11. réorganiser les concentrations et les orientations	→ pour uniformiser la structure du programme
12. ajouter une nouvelle concentration en génie biomédical	→ pour accueillir une nouvelle clientèle et donner une meilleure formation en génie biomédical (voir section 4.12)

Dans le nouveau programme, les objectifs de formation ne sont pas changés, il s'agit plutôt de mieux développer certaines habiletés des étudiants comme les habiletés personnelles et relationnelles et les habiletés de conception.

De même, le rôle de certains professeurs sera modifié :

- ✎ ceux qui seront impliqués dans des cours plus précoces (par exemple, le cours d'*Introduction aux circuits logiques* qui passe du 4^{ième} au 1^{er} trimestre), devront modifier le contenu de leur cours (problèmes moins complexes) et leur approche pédagogique (explications plus détaillées) pour tenir compte du degré de préparation et de maturité des étudiants ;
- ✎ ceux qui seront impliqués avec cours avec apprentissage par projet pour certains cours spécialisés devront remplacer les cours magistraux par des projets significatifs ;
- ✎ le projet intégrateur de grande envergure avec volet industriel impliquera la collaboration des ingénieurs de l'industrie, ce qui amènera une nouvelle expertise au sein du département.

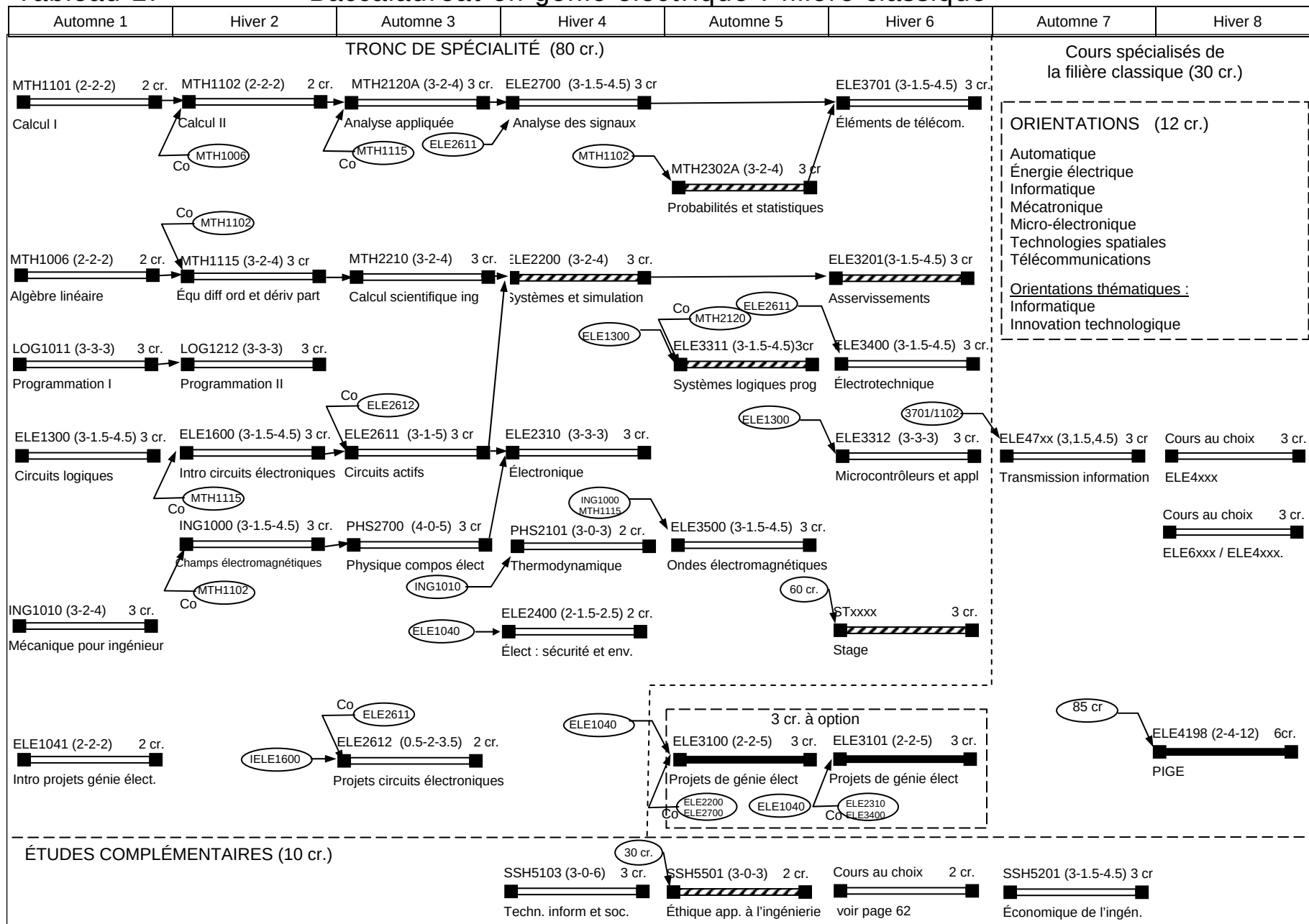
Finalement, le contenu du programme sera le plus complet de tous les autres programmes de génie électrique au Québec (Table 1). En particulier :

- ✎ McGill n'exige pas de cours d'asservissement ou de télécommunications ;
- ✎ Concordia, ETS et Sherbrooke n'exigent pas de cours sur la sécurité, l'environnement et le développement durable ;
- ✎ ETS n'exige pas de cours sur la physique des composants électroniques ou sur l'électrotechnique ;
- ✎ aucun des autres programmes n'exige de cours sur la transmission de l'information et les réseaux de télécommunication ;
- ✎ aucun des autres programme n'exige présentement de projet intégrateur de grande envergure (toutefois, l'Université de Sherbrooke prépare un tel projet).
- ✎ la nouvelle concentration en génie biomédical est unique au Québec.

TABLEAU 1 : COURS OBLIGATOIRES DES PROGRAMMES DE GÉNIE ÉLECTRIQUE AU QUÉBEC (2004-2005)

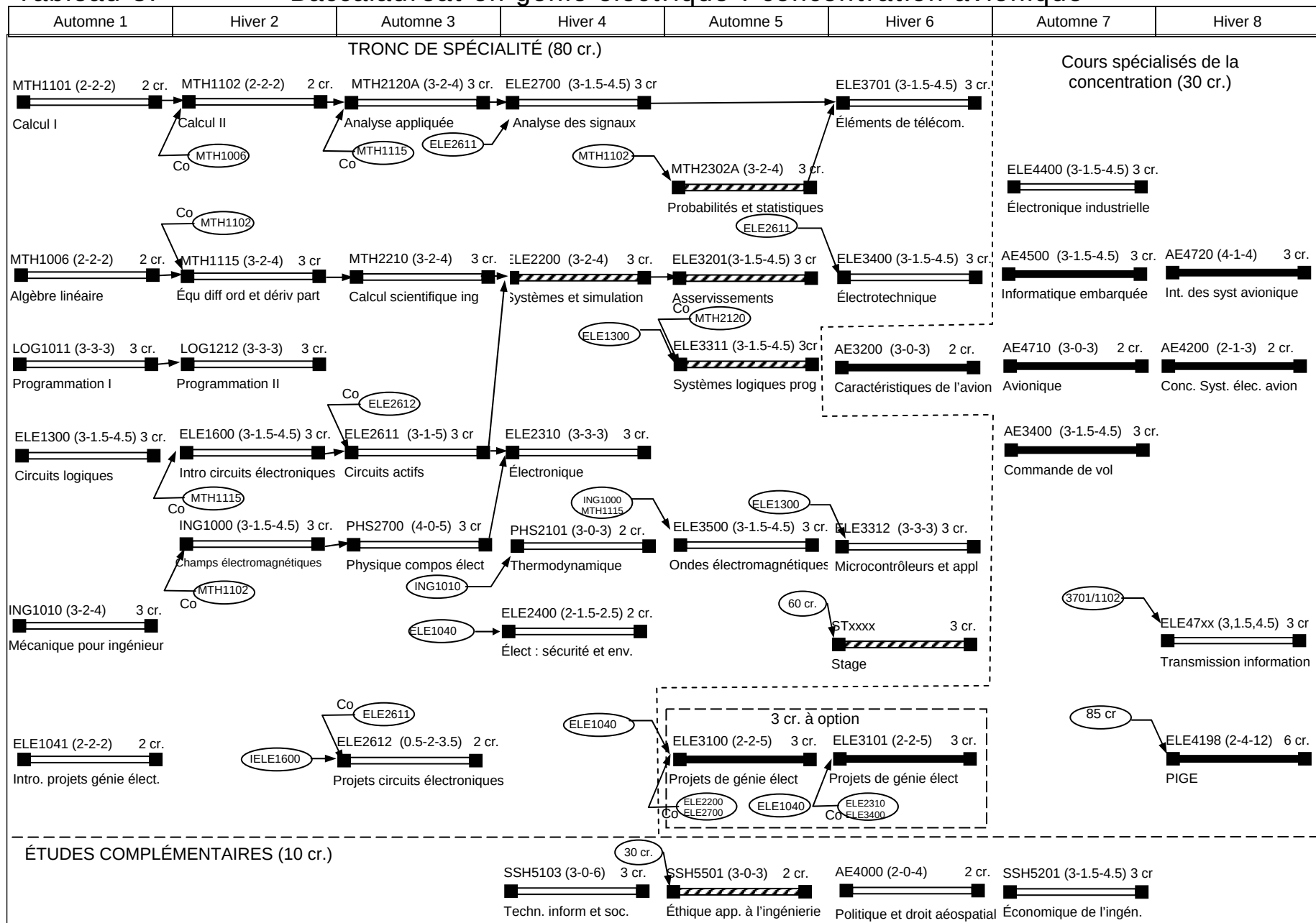
	1 Polytechnique	2 Laval	3 McGill	4 Sherbrooke	5 Concordia	6 É.T.S.
A	MTH1101 Calcul I 2 MTH1102 Calcul II 2 MTH1115 Équations différentielle 3 MTH1006 Algèbre linéaire 2 MTH2305 Probabilités pour ing 3 MTH2210 Calcul scientifique ingé 3 MTH2120 Analyse appliquée 3	MAT10363 Math de l'ingénieur I 3 MAT10364 Math de ingénieur II 3 MAT19961 Calcul matriciel 2 STT20694 Probabilités pour ing. 3 MAT18996 Analyse numérique in3	MATH260 Intermediate Calculus MATH265 Advanced Calculus MATH261 Differential Equations MATH270 Applied linear algebra ECSE305 Probability, random sig.I MATH381 Complex Variables	GEN120 Algèbre lin et équat diff 3 GEL350 <u>Éléments de statistiques</u> 1	EMAT233 Advanced calculus 3 ELEC332 Vector calculus &PDE 3 EMAT213 Ordinary differen equ 3 COEN231 Intro discrete math 3 ENGR371 Prob & statist in engi 3 ENGR391 Num methods in eng 3 ELEC261 Complex varia EE&CE3	MAT115 Calcul différé et intégral 3 MAT135 Algèbre lin, analyse vect3 MAT235 Équations différentiell 3 MAT320 Probabilités statistiques 3
B	ING1010 Mécanique pour ingéni 3 PHS2101 Thermodynamique 2 PHS2700 Physique des composants	GML10463 Matériaux de l'ing 3 GEL10255 Physique composants 3	CIVE281 Mechanics PHYS271 Quantum Physics	GEL410 Statique et dynamique 3 GEL360 Phénomè m échange chal 1	 ELEC321 Intr semicon mat dev 3.5	ING120 Statique et dynamique 3 CHM101 Chimie et matériaux 3 ING130 Thermo et mécan fluides 3 PHY105 Physique des ondes 3
C	SSH5201 Économie de l'ingén 3 SSH5103 Techn, information, soc 3 SSH5501 Éthique appl à l'ingén 2	ECN15452 Anal écono ingénierie 3 SOC17707 Sociol innovation tech3	MIME310 Engineering Economy	GEN400 Ingénieur et société 2 GEN500 Droit, santé et sécurité 3 GEN600 Éthique 2	ENGR401 Eng econo & manag 1.5 ENGR492 Impact of tech on soci 3 ENGR402 Engineering law 1.5	GIA400 Analy rentabilité projets 3 TIN501 Environ, technol, société 3
D	LOG1011 Program I : concepts base 3 LOG1212 Program II : orienté objet 3	IFT19965 Prog en C++/Linux 4 IFT19966 Algorithmes de l'ing. I 3	COMP202 Introduction to Comp I ECSE322 Computer Engineering	GEN140 Programmation et micro 3 GEL240 Conception de logiciels 3	COEN243 Programming meth I 3 COEN244 Programming meth II 3 COMP352 Data structures & algo 3	INF115 Program av et langage C 3
E	ING1000 Champs électromagné. 3 ELE3500 Ondes électromagné. 3	GEL19879 Électromagnétisme 3 GEL19881 Transmission ondes 4	ECSE351 Electromagnetic Fields ECSE352 EM Waves and Optics	GEL620 Propagation guidée onde 2 GEL630 Antenne, prop non guidée2	ELEC251 Fund applied electrom 3 ELEC351 Electrom waves & guid3	ELE110 Électromagnétisme 3 ELE212 Ondes électromagnétique 3
F	ELE1600 Intro circuits électroniq 3 ELE2611 Circuits actifs 3 ELE2612 Projet circuits électron 3	GEL21945 Circuits 3 GEL21944 Systèmes et mesures 3	ECSE200 Fundamentals of EE 3 ECSE210 Circuit Analysis 3 ECSE291 Electrical measure lab 2	GEN130 Composants circuit élec 3 GEL230 Électronique des signaux3	ENGR273 Basic circuit analys 3.75	ELE105 Circuits électriques 4 ELE430 Concept filtres analogiq 4
G	ELE2310 Électronique 3	GEL21948 Électro compo discrets3 GEL21949 Électro compo intég 3	ECSE330 Electronic Circuits I ECSE334 Electronic Circuits II	GEL310 Dispositifs électroniques 2 GEL320 Électronique analogique 3 GEL330 Systèmes électroniques 3	ELEC311 Electronics I 4.5	ELE200 Circuits électroniques 4
H	ELE1300 Circuits logiques 3 ELE3311 Systèmes logiques progra 3	GIF10279 Circuits logiques 4	ECSE221 Intro to Computer Eng ECSE323 Digital Systems Design	GEL220 Circuits logiques 3 GEL520 Électronique, interfaces 2	COEN312 Digi syst design I 3.75	ELE140 Concept systèmes num 4
I	ELE3312 Microcontrôleurs et appli 3	GIF16116 Ordi: structure, applic 3		GEL530 Microprocesseurs 4	COEN311 Comp org & software 3	ELE340 Concept systèmes ordiné4
J	ELE2400 Électricité:sécurité,envir2	GMN16209 Santé, sécurité ing II 2	MIME221 Prof practice/health safet			
K	ELE3400 Électrotechnique 3c	GEL15216 Électrotechnique 4 GEL15217 Machines électriques 4	ECSE 361 Power Engineering	GEL340 Électrotechnique 3	ELEC331 Fund elec power eng3.75	
L	ELE2700 Analyse des signaux 3	GEL19962 Analyse des signaux 3	ECSE 304 Signals & Systems II	GEL510 Traitement num signaux 3	ELEC361 Signals and Systems 3	ELE263 Signaux et systèmes 3
M	ELE2200 Systèmes et simulation 3	GEL19964 Signaux syst. discrets 3	ECSE 303 Signals & Systems I	GEL210 Systèmes et signaux 3 GEL420 Modélisa, analyse, simul 3	ELEC370 Model anal phy syst 3.75	
N	ELE3201 Asservissements 3	GEL21946 Syst commande lin. 3		GEL400 <u>Concept asservissement</u> 3 GEL430 <u>Asservissements analogi</u> 2 GEL440 <u>Asservissements numéri</u> 2	ELEC372 Fund control system 3.75	ELE275 <u>Asservissement linéaire</u> 4 ELE472 <u>Commande num microp</u> 4
O	ELE3701 Télécommunications 3 ELE47xx Transmission information 3	GEL16120 Syst de communicat 4		GEL610 <u>Communicatio anal/num</u> 3 GEL600 <u>Conception syst commu</u> 4 GEL640 <u>Intro réseaux, protocoles</u> 2	<u>ELEC461 Fund teleco systems</u> 3.75	
P	ELE1040 Intro génie électrique 3 ELE3100 Projets de génie électri 3 ELE4199 PIGE 6	GEL21148 Éléments de design 3 GEL21404 Design II 3 GEL21405 Design III 3 GEL21406 Design IV 3	EDEC 206 Communication in Engi ECSE 494 Project laboratory	GEL200 <u>Conception syst électro</u> 3 GEL300 <u>Concep syst élect électro</u> 3 GEL500 <u>Concep syst embarqués</u> 3 GEN100 <u>Proces résol prob génie</u> 3 GEN110 <u>Communication, inform</u> 3	ENCS282 Tech writing commu 3 ELEC490 Elec eng project 4	COM110 <u>Méthodes communicat</u> 3 ELE790 <u>Projet synthèse génie éle</u> 3
Q	STxxx stage	GEL21395 Formation en entrep I 1		Stages I, II, III, IV	(Programme COOP disponible)	PCE110/210/310 <u>Stages industriels en génie électrique I/II/III</u> 3 X 3cr

Tableau 2. Baccalauréat en génie électrique : filière classique



Automne ET hiver. Automne OU hiver. Été/ automne / hiver.

Tableau 3. Baccalauréat en génie électrique : concentration avionique



Automne ET hiver. Automne OU hiver. Été/ automne / hiver.

Tableau 4. Baccalauréat en génie électrique : concentration génie biomédical

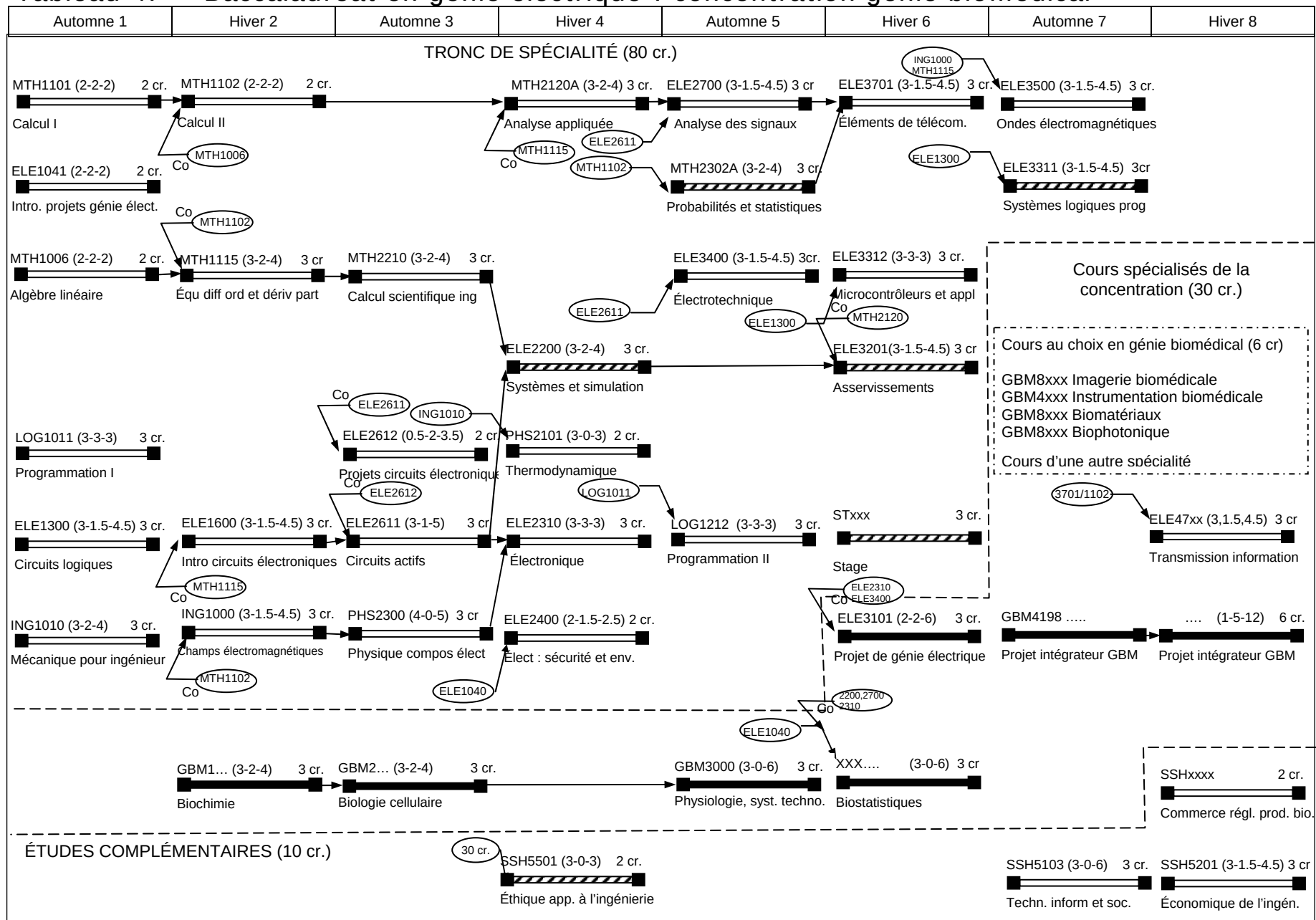
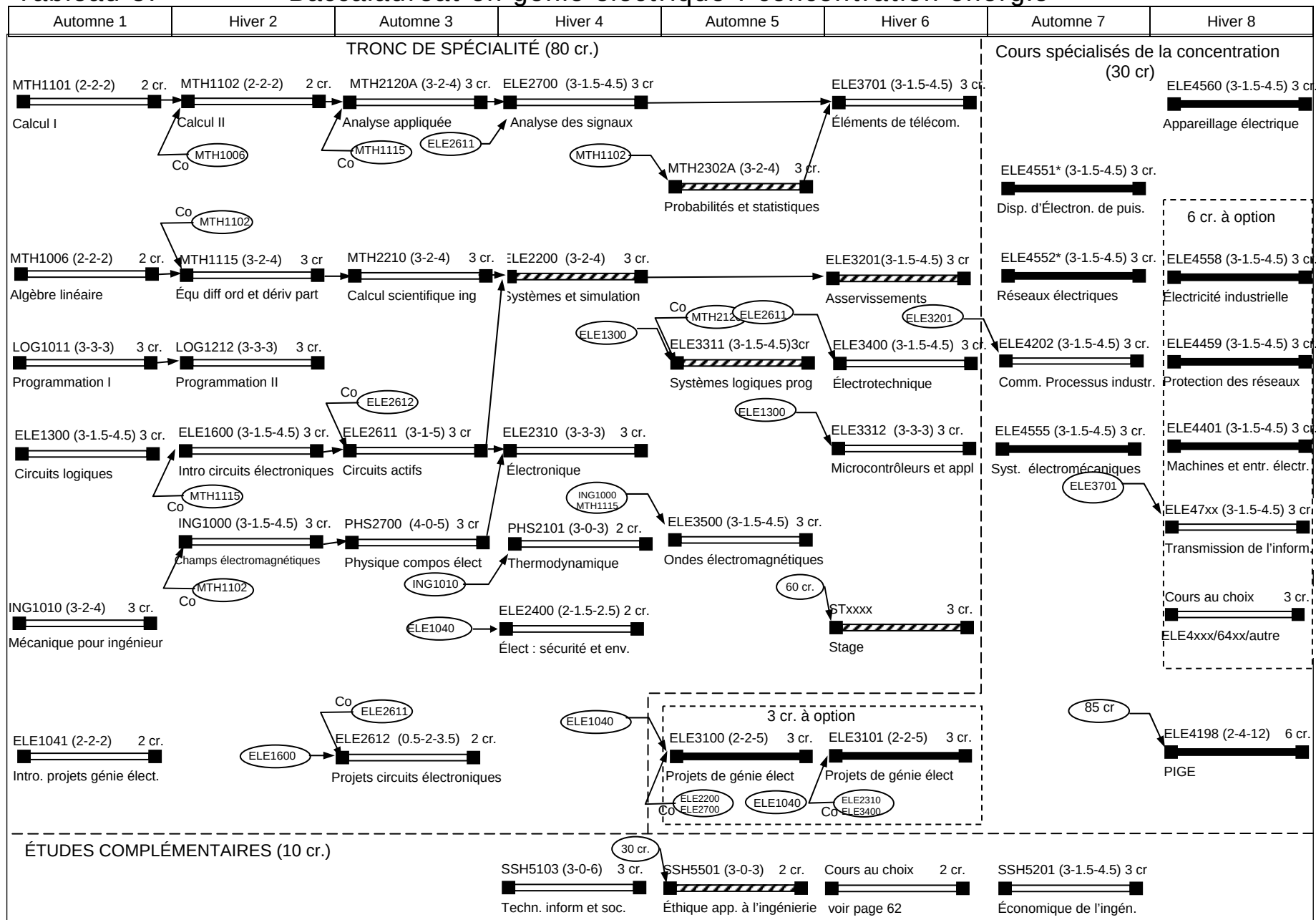
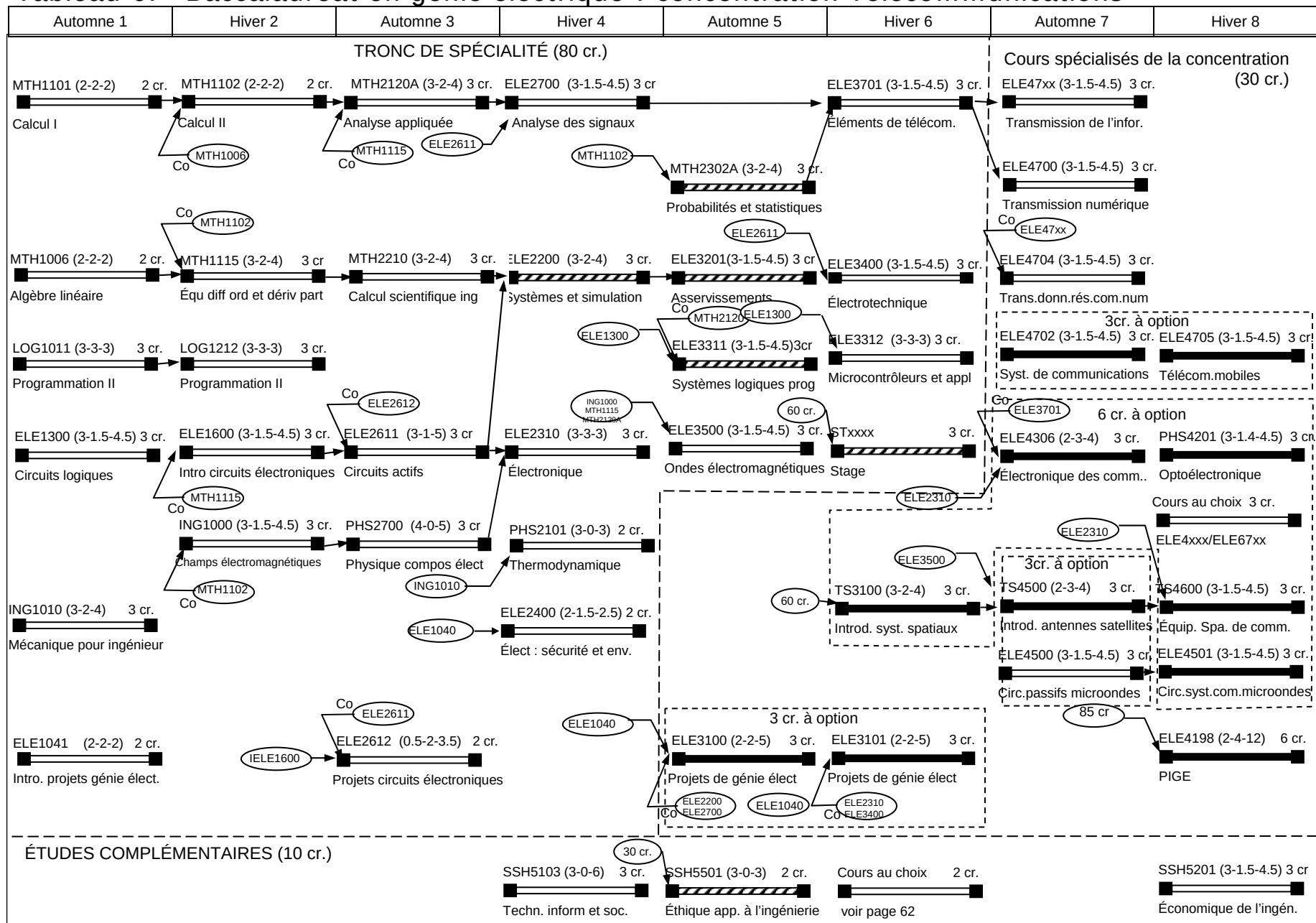


Tableau 5. Baccalauréat en génie électrique : concentration énergie



Automne ET hiver. Automne OU hiver. Été/ automne / hiver.

Tableau 6. Baccalauréat en génie électrique : concentration Télécommunications



Automne ET hiver.

Automne OU hiver.

Été/ automne / hiver.



Tableau 7

GÉNIE ÉLECTRIQUE – Orientations de spécialité (12 cr.)

Description de ces orientations pages 41–42

Automne		Hiver		Automne		Hiver		Automne		Hiver	
ÉNERGIE ÉLECTRIQUE				INFORMATIQUE				AUTOMATIQUE			
A				B				C			
3201 → ELE4455 (3-1,5-4,5) 3 cr. Systèmes électromécaniques 3400 → ELE4400 (3-1,5-4,5) 3 cr. Électronique industrielle 2310 → ELE4452* (3-1,5-4,5) 3 cr. Réseaux électriques 3201 3400 → ELE4401 (3-1,5-4,5) 3 cr. Machines et entraîn. électr. 3201 3400 → ELE4458 (3-1,5-4,5) 3 cr. Électricité industrielle 3201 3400 → ELE4459 (3-1,5-4,5) 3 cr. Protection des réseaux * cours offert en anglais				INF1101 → INF2500 (3-1,5-4,5) 3 cr. Architectures d'ordinateurs Co INF2500 → INF2600 (3-3-3) 3 cr. Programm. de systèmes INF1101 → LOG2000 (3-1,5-4,5) 3 cr. Éléments du génie logiciel 3311 → ELE4307 (3-3-3) 3 cr. Prototypage rap. syst. num. 2310 3311 → ELE4304 (3-1,5-4,5) 3 cr. Principes des circuits ITGE				3201 → ELE4203 (3-1,5-4,5) 3 cr. Robotique 3201 → 3 cr. à option ELE4455 (3-1,5-4,5) 3 cr. Systèmes électromécaniques 3400 → ELE4400 (3-1,5-4,5) 3 cr. Électronique industrielle 2310 → INF1101 Co MTH2305 → INF4701 (3-1,5-4,5) 3 cr. Simul. syst. évén. discrets 3201 → ELE4202 (3-1,5-4,5) 3 cr. Comm. processus industr. Co 3201 → ELE4200 (3-1,5-4,5) 3 cr. Intr. commande par ordinat.			
MICROÉLECTRONIQUE				TÉLÉCOMMUNICATIONS				MÉCATRONIQUE			
D				E				F			
2310 → ELE4300A (3-3-3) 3 cr. Électronique analogique 1300 2310 → ELE4306 (2-3-4) 3 cr. Électron. communications Co 3701 2310 3311 → ELE4304 (3-1,5-4,5) 3 cr. Principes des circuits ITGE 4300A → ELE4305 (3-1,5-4,5) 3 cr. Électronique non-linéaire 3311 → ELE4307 (3-3-3) 3 cr. Prototypage rap. syst. num.				MTH2305 Co 3701 → ELE3702 (3-1,5-4,5) 3 cr. Information et télécomm. 3701 → ELE4700 (3-1,5-4,5) 3 cr. Télécommunications II 3500 → ELE4500 (3-1,5-4,5) 3 cr. Circuits passifs micro-ondes Co 3702 → ELE4704 (3-1,5-4,5) 3 cr. Transm. donn. rés. comm. num. 3500 3701 → ELE4702 (3-1,5-4,5) 3 cr. Systèmes de communic. 3701 → ELE4705 (3-1,5-4,5) 3 cr. Télécomm. mobiles Co 3701 → ELE4501 (3-1,5-4,5) 3 cr. Circ. syst. comm. micro-ondes 3701 → ELE4703 (3-0-6) 3 cr. Ingénierie des télécomm.				3201 → ELE4203 (3-1,5-4,5) 3 cr. Robotique 2310 → ELE4300A (3-3-3) 3 cr. Électronique analogique 3201 3400 → ELE4455 (3-1,5-4,5) 3 cr. Systèmes électromécaniques MEC3350 (4-1-4) 3 cr. Syst. hydr. et pneumat. Co 3201 → ELE4200 (3-1,5-4,5) 3 cr. Intr. comm. par ordinat. 3201 → ELE4202 (3-1,5-4,5) 3 cr. Comm. processus industr.			
Note : les deux cours ELE4203 et MEC3350 sont obligatoires dans l'orientation.											
Note : dans cette page, les cours identifiés par 4 chiffres doivent être précédés par ELE											
TECHNOLOGIES SPATIALES pour le génie électrique								TS			
60 cr. → TS3100 (3-2-4) 3 cr. Introd. aux syst. spatiaux 3500 → TS4500 (3-2-4) 3 cr. Introd. antennes satellites 2310 → TS4600 (3-1,5-4,5) 3 cr. Équip. spat. de communic. Cours à option (3 cr.) 2310 → ELE4300A (3-3-3) 3 cr. Électronique analogique 3500 3701 → ELE4702 (3-1,5-4,5) 3 cr. Syst. de communications PHS6501 (2,5-0,5-6) 3 cr. Bases phys. de téledétection (offert tous les deux ans)								INF2500 INF2600 → INF3600 (3-1,5-4,5) 3 cr. Systèmes d'exploitation ING1025 → IN504 (3-1,5-4,5) 3 cr. Informatique de gestion 85 cr. → ELE4196 (0-2-7) 3 cr. Projets sp. génie électr. ING1040 55 cr. → ST303 (8 mois) 3 cr. Stage en entreprise 25 cr. → ST30x (4 mois) 1 à 3 cr. Stages industriels I, II, III			
ATTENTION : le programme de génie électrique sera révisé en 2004-2005. Certaines modifications pourront affecter les orientations.											
Note 1 : les stages associés à cette orientation sont contingentés - Note 2 : les 3 cours TS sont obligatoires											
L'étudiant doit réussir 12 crédits parmi les cours de cette page S'il réussit neuf crédits associés à une même orientation de spécialité, le nom de cette orientation sera mentionné sur son bulletin. Après approbation du département, l'étudiant fort a la possibilité de choisir des cours de niveau supérieur.											
AUTRES ORIENTATIONS DISPONIBLES								AUTRES COURS DISPONIBLES			
INFORMATIQUE								Voir page 96			
INNOVATION TECHNOLOGIQUE								Édition 2004			

Tableau 8. Liste des nouveaux cours mis en place conjointement avec d'autres programmes

PHS2700	Physique des composantes électroniques	3 cr	physique	Nouveau cours, remplace ING1035 Matériaux
---------	--	------	----------	---

Tableau 9. Liste des cours délégués aux départements de support

MTH1101	Calcul I	2 cr	MAGI	Version A
MTH1102	Calcul II	2 cr	MAGI	Version A
MTH1115	Équations différentielles	3 cr	MAGI	Version B (EDO+ EDF)
MTH1006	Algèbre linéaire	2 cr	MAGI	Version A
MTH2305	Probabilités pour ingénieur	3 cr	MAGI	Version A
MTH2210	Calcul scientifique pour l'ingénieur	3 cr	MAGI	Version A (Matlab)
MTH2120	Analyse appliquée	3 cr	MAGI	Cours actuel
ING1010	Mécanique pour ingénieur	3 cr	physique	Cours actuel
PHS2107	Thermodynamique et transfert de chaleur	2 cr	physique	Remplace PHS2701 Thermodynamique : mise à jour avec ajout de transfert de chaleur
SSH5201	Économique de l'ingénieur	3 cr	MAGI	Cours actuel
SSH5103	Technologie, information et société	3 cr	MAGI	Cours actuel
SSH5501	Éthique appliquée à l'ingénierie	2 cr	MAGI	Cours actuel
IND2301	Gestion de projets	2 cr	MAGI	Version B : version modulaire intégrée au PGE et PIGE
LOG1011	Programmation I : concepts de base	3 cr	Informati.	Version C (langage C)
LOG1212	Programmation II : orientée objet	3 cr	Informat.	langage C++
STxxx	Stage	3 cr		

Tableau 10. Liste des cours de génie électrique de la filière classique

ELE1041	Introduction aux projets de génie électrique	2 cr.	Remplace <i>ING1040</i> (3 cr.) : contenu travail en équipe et communication (de <i>ING1040</i>) avec DE nouveaux projets de génie électrique
ELE1600	Introduction aux circuits électroniques	3 cr	Remplace <i>ELE2600 Circuits électriques I</i> (2 cr.) : addition de laboratoires
ELE2611	Circuits actifs	3 cr	Remplace <i>ELE2601 Circuits électriques II</i> : mise à jour mineure
ELE2612	Projet de circuits électroniques	2 cr	Remplace <i>ELE2602 TP de circuits électriques</i> (3 cr) : les laboratoires sont transférés au cours ELE1600
ELE2310	Électronique	3 cr	Remplace <i>ELE3300 Électronique I</i> : mise à jour pour tenir compte de la matière sur les semiconducteurs qui sera vue dans le nouveau cours <i>PHS2700 Physique des composantes électroniques</i>
ELE1300	Circuits logiques	3 cr	Remplace <i>ELE2300 Systèmes logiques I</i> : mise à jour mineure due au changement d'année
ELE3311	Systèmes logiques programmables	3 cr	Remplace <i>ELE4301 Systèmes logiques II</i> : mise à jour mineure due au changement d'année
ELE3312	Microcontrôleurs et applications	3 cr	Remplace <i>ELE4302 Introduction aux micro-processeurs</i> : mise à jour mineure due au changement d'année
ELE2400	Électricité: sécurité et environnement	2 cr	Cours existant
ELE3400	Électrotechnique	3 cr	Cours existant
ELE2700	Analyse des signaux	3 cr	Remplace <i>ELE3700 Analyse des signaux</i> : mise à jour mineure due au changement d'année
ELE2200	Systèmes et simulation	3 cr	Remplace <i>ELE3200 Systèmes et simulation</i> : mise à jour mineure due au changement d'année
ELE3201	Asservissements	3 cr	Cours existant
ELE3500	Ondes électromagnétiques	3 cr	Cours existant
ELE3701	Éléments de télécommunication	3 cr	Remplace <i>ELE3701 Télécommunication I</i> : mise à jour mineure
ELE47xx	Transmission de l'information	3 cr	Remplace <i>ELE4700 Télécommunication II</i> : mise à jour mineure
ELE3100	Projets de génie électrique (& 3101)	3 cr	Cours existant
ELE4199	PIGE	6 cr	Remplace <i>ELE4199 Projet de fin d'études</i> : création due au PDF

3. Forces incontournables citées dans le Cahier des charges

3.1 Formation scientifique solide

Les apprentissages reliés aux sciences fondamentales, aux mathématiques et aux études complémentaires ont été évalués en détail dans notre Proposition.

En génie électrique, tous les intervenants reconnaissent la grande importance des cours de mathématiques. En particulier, 90% des diplômés récents jugent que l'on doit maintenir ou augmenter l'importance de ces cours. En général, nous sommes satisfaits du contenu de ces cours et de leur séquence, ainsi que de l'enseignement des professeurs du département de MAGI. Nous ne croyons pas qu'il soit nécessaire de « colorer » ces cours s'ils sont enseignés en même temps que les cours de génie électrique qui utilisent les mêmes notions de mathématiques. Par exemple : *Équations différentielles* qui est co-requis à *Introduction aux circuits électroniques* aborde les notions nécessaires pour étudier le comportement temporel des circuits inductifs et capacitifs; *Calcul II* qui est co-requis avec *Champs électromagnétiques*, aborde les opérateurs vectoriels utilisés dans les équations de Maxwell. L'étudiant est alors exposé à deux points de vue complémentaires qui améliorent sa compréhension et donnent de l'importance à la matière.

Pour ce qui est des sciences fondamentales, nous avons travaillé avec le Département de génie physique pour créer un nouveau cours sur la *Physique des composants électroniques* qui sera pré-requis au cours d'*Électronique*. Ce cours permettra de traiter de physique quantique, un sujet qui deviendra de plus en plus important avec la miniaturisation poussée des composants. Également, ce cours traitera plus en profondeur du comportement électrique des matériaux que le cours actuel de *Matériaux* (qui sera retiré du programme). Par ailleurs, nous conserverons le cours de *Mécanique pour l'ingénieur*, mais retirerons les cours de *Résistance des corps déformables*, *Communication graphique*, *Chimie pour l'ingénieur*.

Pour ce qui est des cours complémentaires, nous considérons que les connaissances en éthique, économie et sciences humaines sont essentielles pour la formation d'ingénieurs aptes à « exploiter et à créer des systèmes, des ouvrages et des produits qui soient sécuritaires, économiques, respectueux de l'environnement et servent les besoins de l'être humain »². Notre Proposition ne modifie pas les cours existants.

Les concepts de développement durable et de gestion environnementale dans le contexte du génie électrique sont abordés dans le cours *ELE2400 Électricité : sécurité et environnement*. Ce cours traite de l'énergie dans le monde, des impacts des grands projets sur l'environnement et de la prévention de la pollution. L'analyse du cycle de vie des produits, notamment des circuits imprimés et intégrés, sera maintenant ajoutée à ce cours

3.2 Formation à la conception

Le développement des habiletés de conception est fondamental en génie électrique. En effet, 49 % de nos diplômés récents travaillent dans le domaine de la conception et les représentants des industries de pointe comme Matrox reconnaissent volontiers la valeur de nos diplômés dans ce domaine. C'est donc dire que le programme de génie électrique est déjà fortement orienté vers le développement des habiletés de conception. En effet,

² « Les objectifs de la formation en ingénierie »

presque tous les cours de la filière classique comportent des laboratoires où l'étudiant conçoit et réalise des montages tandis qu'il y a des projets intégrateurs à chaque année.

Nous profiterons du « Cahier des charges » pour mettre à jour le contenu de l'ensemble des projets intégrateurs et nous remplacerons le *Projet de fin d'étude* par un *Projet intégrateur de grande envergure* de 6 crédits (voir section 4).

3.3 Habiletés personnelles et relationnelles

Nous nous sommes inspirés des objectifs du programme de baccalauréat en génie électrique du *Massachusetts Institute of Technology* pour définir les habiletés personnelles et relationnelles (HPR) que notre programme cherche à développer chez nos étudiants :

1. *Persuasion* : habileté à exprimer ses idées d'une manière convaincante, oralement et par écrit;
2. *Habiletés sociales* : habileté à travailler avec les autres dans des contextes professionnels ou sociaux;
3. *Leadership* : développer le jugement, la vision d'ensemble, la confiance et la responsabilité;
4. *Créativité* : pouvoir participer à des activités de conception intégratives;
5. *Curiosité* : désir et habileté de continuer à apprendre durant toute la vie;
6. *Ouverture* : appréciation de la diversité des autres cultures et des autres disciplines;
7. *Éthique* : habileté à reconnaître et apprécier l'importance des standards éthiques dans la pratique professionnelle

Nous sommes d'accord avec l'idée de cibler en priorité les deux premières habiletés (persuasion et habiletés sociales) mise de l'avant par le groupe de travail sur les HPR. Ainsi, nous incorporerons dans le projet de première année (ELE1041) le contenu en communication et en travail en équipe du cours actuel ING1040. Cette approche sera reprise dans les projets subséquents.

En général, les différents projets intégrateurs ainsi que le stage sont les lieux privilégiés pour le développement de l'ensemble des habiletés personnelles et relationnelles. Ces projets et le stage incorporeront des présentations obligatoires par tous les étudiants. Les autres cours et laboratoires sont des lieux où ces habiletés peuvent être mises en pratique et testées. Par exemple, pour développer les habiletés de communication, nous comptons instaurer dans certains laboratoires, la formule « d'entrevue de laboratoire » durant laquelle les étudiants doivent expliquer au chargé de laboratoire le fonctionnement de leur montage, ou éventuellement les causes probables du non fonctionnement de leur montage.

Durant les projets intégrateurs - comme durant le stage - le choix de l'approche retenue pour la résolution du problème (leadership, créativité, curiosité), les discussions entourant les rôles dans l'équipe (persuasion, leadership), le travail avec des équipiers différents (habiletés sociales, ouverture), la résolution des conflits (éthique), sont autant d'occasions pour développer ces habiletés.

Le cours SSH5501 *Éthique appliquée à l'ingénierie* joue évidemment un rôle important pour l'acquisition et la maîtrise des concepts d'éthique. Ce cours joue également un rôle pour le développement de l'ouverture et de la persuasion à cause des discussions qui y sont menées sur les prises de décision des ingénieurs.

3.4 Aspect international du programme

L'inclusion d'une dernière année d'études dans une école d'ingénieurs étrangère pour y effectuer une spécialisation qui n'est pas offerte à l'École (comme le génie ferroviaire en mécanique) implique plusieurs étapes: identification des partenaires, examen détaillé du contenu, négociations, échange préliminaire d'étudiants, etc. Comme notre programme de génie électrique offre un éventail de cours, d'orientations et de concentrations plus vaste que dans les autres programmes, il n'est pas évident de trouver une institution offrant une spécialité que nous n'offrons pas déjà. Toutefois, une possibilité de collaboration originale s'est récemment fait jour : l'École centrale de Lille (France) offre un tout nouveau programme sur « les réseaux électriques et les énergies renouvelables ». Ce programme traite de l'intégration aux réseaux électriques de génératrices qui ont des régimes de production aléatoires comme les éoliennes. Ce programme comporte une session de cours allant de la fin septembre à janvier, et une session de stage de 4 à 7 mois. Différents questions se posent : est-ce que cette année pourra compter pour 30 crédits, autrement dit, ce stage peut-il compter pour plus de 3 crédits ?

D'autres contacts ont été pris avec des institutions offrant des programmes semblables à ceux que nous offrons : École nationale supérieure des télécommunications (Télécom Paris) et l'ESIGELEC en France. Des échanges avec des écoles canadiennes sont aussi très attrayants pour les étudiants qui veulent parfaire leurs connaissances de la langue anglaise. Selon les résultats, ces institutions pourront être intégrés à notre programme.

Nous comptons également incorporer des modalités de double diplomation avec un nombre limité d'universités de haut niveau.

Pour ce qui est du cours de langue, nous attendrons que le Comité récemment formé par le Conseil académique nous fasse part de son analyse pour modifier notre programme. Il serait intéressant d'ajouter une nouvelle orientation thématique « internationale » qui incorpore plusieurs cours de langue.

4. Autres composantes de votre programme

4.1 Intégration des matières

Pour poursuivre le mouvement d'intégration des matières qui a été amorcé avec le PDF, des coordonnateurs ont été désignés pour coordonner le contenu des chaînes de cours qui ont des affinités ou qui sont prérequis ou corequis. Voici la structure adoptée :

✍ Circuits et électronique : G. Roy

- *ELE1600 Introductions aux circuits électroniques*
- *ELE2611 Circuits actifs*
- *ELE2310 Électronique*
- *PHS2700 Physique des composants électroniques*
- *ELE3400 Électrotechnique*

✍ Systèmes et signaux : M. Lemire

- *MTH2120 Analyse appliquée*
- *ELE2700 Analyse des signaux*
- *ELE2200 Systèmes et simulation*
- *ELE3201 Asservissements*
- *ELE3701 Éléments de télécommunications*

✍ Sciences fondamentales : R. M. DeSantis

- *ING1010 Mécanique pour l'ingénieur*
- *ING1000 Champs électromagnétiques*
- *PHS2101 Thermodynamique*
- *ELE3500 Ondes électromagnétiques*
- *ELE2400 Électricité : sécurité et environnement*

✍ Systèmes logiques et informatique : M. Sawan

- *LOG1011 Programmation I*
- *LOG11212 Programmation II*
- *ELE1300 Circuits logiques*
- *ELE3311 Systèmes logiques programmables*
- *ELE3312 Microcontrôleurs et applications*

✍ Mathématiques : J. Conan, C. Cardinal et R. Malhamé

- *ING1005 Calcul I*
- *ING1007 Calcul II*
- *ING1006 Algèbre linéaire*
- *ING1003 Équations différentielles*
- *MTH2210 Calcul scientifique pour ingénieur*
- *MTH2305 Probabilités pour ingénieur*

✍ SSH et HPR : P. Savard

- *SSH5103 Technologie information et société*
- *SSH5501 Éthique appliquée à l'ingénierie*
- *SSH5201 Économie de l'ingénieur*

✍ Projets intégrateurs: R. Plamondon

- *ELE1041 Introduction aux projets en génie électrique*
- *ELE2612 Projets circuits électroniques*
- *ELE3100 (ou ELE3101) Projets de génie électrique*
- *ELE4xxx PIGE (Projet intégrateur de grande envergure)*

Signalons que l'intégration « annuelle » se fait dans le cadre des projets intégrateurs.

4.2 Caractère pratique accentué

Nous rappelons que presque tous les cours de la filière classique ont des laboratoires, ce qui fait que le caractère pratique de notre programme est déjà bien établi. Les modifications suivantes vont accroître davantage ce caractère pratique :

- ✍ Stage obligatoire
- ✍ Modalités d'apprentissage par projet pour certains cours (GEPP : génie électrique par projet)
- ✍ projet intégrateur de grande envergure

4.3 Réduction de la charge de travail étudiante et du contenu dans les cours

Pour diminuer et mieux répartir la charge de travail des étudiants, le nouveau Comité de qualité (voir section 4.9) poursuivra les évaluations entreprises cette année et fera des recommandations appropriées. Les évaluations actuelles montrent que pour l'ensemble de nos cours, la charge de travail est considérée comme étant adéquate par les étudiants. Le seul problème systémique semble être la rédaction des rapports de laboratoires qui demandent trop de temps.

Nous considérons que ces rapports permettent de développer les habiletés de communication écrite. Toutefois, un **coordonnateur des laboratoires** sera nommé pour faire un inventaire des contenus des laboratoires (un travail récurrent puisque leur contenu change régulièrement) et proposer de nouvelles procédures pour rendre le travail des étudiants plus efficace : remplacer certains rapports de laboratoires par des « entrevues de laboratoire »; rapports d'étape pour étaler le travail dans le temps et éviter l'engorgement de fin de session; rapports sur WebCT; diminuer le travail redondant, etc.).

4.4 Méthodes pédagogiques et étudiants plus responsables

Seulement 58% de nos diplômés récents ont répondu être assez satisfaits ou très satisfaits de la pertinence de nos méthodes pédagogiques lors du récent sondage du BAP. La disparition du tronc commun va certainement accroître la satisfaction de nos étudiants vis-à-vis de leur formation, mais il reste que nous devons modifier nos méthodes pédagogiques.

Afin de favoriser la créativité et l'initiative de nos étudiants et les rendre plus responsables, nous avons étudié des approches pédagogiques nouvelles, différentes des cours magistraux, comme l'apprentissage par problèmes et par projets (APP) expérimenté à l'Université de Sherbrooke. Toutefois, les témoignages d'anciens étudiants de Sherbrooke qui ont transféré à Polytechnique par la suite suggèrent que cette approche n'est peut-être pas la plus appropriée en première ou deuxième année parce que les notions de base restent floues et mal définies. Nous considérons que la formule APP est intéressante, mais qu'elle doit être abordée d'une manière plus

progressive et en insistant plus sur les projets que sur les problèmes. La formule retenue pour certains cours de troisième et quatrième année qui contiennent déjà des projets, sera une formule mixte où le nombre d'heures consacrées à des cours magistraux diminue de semaine en semaine alors que le nombre d'heures consacrées à un projet augmente. Ce dernier type d'approche constitue la base d'un projet intitulé « Génie Électrique Par Projet » (GEPP). Dans une première étape, ce projet impliquera les cours suivants :

- ✎ *ELE3302 Microcontrôleurs et applications* (fait partie de la filière classique)
- ✎ *ELE4501 Circuits et systèmes de communication micro-onde*
- ✎ *ELE4202 Commande de processus industriels*

Dans une étape ultérieure, nous comptons étendre cette approche à d'autres cours qui sont déjà ciblés comme : *ELE4307 Prototypage rapide* et *ELE4203 Robotique*.

4.5 Encadrement

Pour améliorer l'encadrement des étudiants et accroître la convivialité, des manifestations seront organisées conjointement avec le CEGE comme un **dîner d'accueil** durant lequel les membres du Comité de direction et les professeurs du Département de génie électrique présenteront l'ensemble du programme de génie électrique et les étudiants pourront discuter avec les professeurs. Nous poursuivrons la formule du **dîner débat** que nous avons initié durant les deux dernières années et qui se tient à la fin du mois de mars. Les sujets débattus sont déterminés avec le CEGE, par exemple, nous avons déjà traité de sujets comme la mise à jour du programme, l'évaluation de l'enseignement, la charge de travail des étudiants.

Compte tenu du grand nombre d'étudiants inscrits en génie électrique, nous allons dans un premier temps mettre au point des **méthodes ciblées d'encadrement personnalisé** à deux moments importants durant le programme: après la première session et après les deux premières années (cette approche ciblée pourra être étendue par la suite). Les étudiants ayant une moyenne cumulative soit très faible, soit très élevée, seront invités à rencontrer le coordonnateur du programme de génie électrique ou des professeurs qui sont bien au courant de notre programme. Pour les étudiants ayant une moyenne faible, le choix de cours et les résultats seront contrôlés pour vérifier la pertinence de reprendre des cours ou de remplacer des cours trop précoces (notre coordonnateur exprime le besoin de pouvoir imposer des modifications au choix de cours plutôt que d'émettre des suggestions). Pour les étudiants ayant une moyenne élevée, des bourses UPIR, des emplois d'été, des stages de recherche, des programmes d'échange ou de double diplomation seront offerts. Un support informatique de la part de l'administration (e.g. utilisation de SAGE, pour l'envoi automatique de courriels) sera nécessaire pour diagnostiquer les cas limites : notes limites, cheminement trop éloigné du cheminement standard, etc.

4.6 Évaluation des apprentissages

Seulement 64% de nos diplômés récents ont répondu être assez satisfaits ou très satisfaits de la pertinence de nos méthodes d'évaluation lors du récent sondage du BAP. De nouveau, la disparition du tronc commun durant lequel les étudiants ont à subir des contrôles à presque tous les jours devrait soulager nos étudiants.

Pour mieux comprendre la nature particulière de ce problème, nous avons fait l'inventaire des différentes modalités d'évaluation des cours de génie électrique faisant partie de notre filière classique (Tableau 11).

Nous constatons que nos cours comportent typiquement 7 évaluations : 1 examen final, 1 contrôle périodique et 5 laboratoires. Il est difficile de diminuer le nombre de ces laboratoires car ils constituent un des éléments les plus importants dans la formation d'un ingénieur en génie électrique. Ce nombre de laboratoires nous semble donc raisonnable. Par ailleurs, aucun de nos cours ne comporte de mini-quiz comme ceux qui encombrer les cours du tronc commun. Les 3 cours ayant plus de contrôle ne suscitent pas de plaintes de la part des étudiants.

La nature du problème semble se situer ailleurs, principalement dans une insuffisance dans la rétroaction fournie aux étudiants : absence de détails sur les copies, résultats fournis trop tardivement pour être utiles, etc. Comme il est bien connu que « l'on apprend de ses erreurs », nous passons à côté d'une excellente façon d'améliorer la formation de nos étudiants.

Nous allons poursuivre l'étude de ce problème avec l'aide du **Comité qualité** pour identifier d'autres causes de ce problème et proposer des solutions. A nouveau, le remplacement de certains rapports de laboratoires par des « entrevues de laboratoire » pourrait permettre de diminuer le nombre de rapports, de corriger les autres plus rapidement et d'offrir une rétroaction de vive voix aux étudiants.

Tableau 11 Pourcentages attribués aux différentes modalités d'évaluation

	Exam	contrôle	laboratoires					devoirs					projet	nombre
ING1000 Champs électromagnétiques	40	30		5	5	5		5					10	7
ELE1600 Introduction circuits électroniques	40	30		6	6	6	6							7
ELE1300 Circuits logiques (2300)	35	25		8	8	8	8							7
ELE2400 Électricité: sécurité, environnement	30			10	20	5		20	10	5				7
ELE2611 Circuits actifs	45	40						8	8					4
ELE2612 Projet de circuits électroniques	25			13	13								25	5
ELE2200 Systèmes et simulation	40	35		6	6	6	6							6
ELE3201 Asservissements	35	35		10	10	10								5
ELE2310 Électronique	40	24		9	9	9	9							6
ELE3400 Électrotechnique	35	25		5	5	5	5	5	3	3	3	3		12
ELE3500 Ondes électromagnétiques	35	25	25					5	5	5				6
ELE2700 Analyse des signaux	40	30		4	4	4	4	4	3	3	4			10
ELE3701 Télécommunications I	40	30		3	3	3	3	3	5	5	5			10
ELE3311 Systèmes logiques programmables	35	20		13	13	19								5
ELE3312 Microcontrôleurs et applications	30	25		5	5	5	5						25	7

Moyennes: 36% 29% 25% 7% 8% 7% 6% 5% 7% 6% 4% 3% 3% 20% 25% 7

4.7 Projets intégrateurs

Pour mieux développer les habiletés de conception des étudiants et mieux intégrer les connaissances acquises, nous avons mis à jour la chaîne de nos projets intégrateurs annuels. Le pourcentage d'enseignement magistral est minimal dans ces projets.

1ère année : ELE1041 Introduction aux projets en génie électrique (2 cr.)

- ✎ Objectifs :
 - Prise de contact avec les projets d'ingénierie et le génie électrique
 - Apprentissage de la méthodologie des projets et de la recherche bibliographique
 - Apprentissage du travail d'équipe, rôles.
 - Développement des habiletés de communication orale et écrite
- ✎ Outils :
 - À déterminer
- ✎ Équipes : 2 étudiants
- ✎ Intégration :
 - Notions de mathématiques
 - Circuits logiques et informatique de base
- ✎ Exemples de projets : domotique, système d'alarme, contrôle d'un ascenseur
- ✎ Nous désirons collaborer avec M. R. Vinet de génie mécanique pour adapter le cours existant *ING1040 Introduction au génie et aux projets d'ingénierie*.
- ✎ Signalons que ce projet est complété par le cours *ING1000 Champs électromagnétiques* qui comprend un projet de construction d'un radio-récepteur AM. Ceci accroît le nombre de crédits associés aux projets en première année.

2e année : ELE2612 Projet de circuits électroniques (2 cr.)

- ✎ Objectifs :
 - Réalisation en laboratoire de deux projets portant sur les applications des amplificateurs opérationnels.
 - Réalisation d'un projet de conception avec un certain degré d'autonomie de la part de l'étudiant et intégrant les différents concepts vus dans le cadre des cours de circuits électriques
 - Apprentissage du travail d'équipe (2)
 - Développement des habiletés de communication orale et écrite
- ✎ Outils :
 - Logiciel d'analyse et de simulation de circuits
 - Instruments du laboratoire de circuits
- ✎ Équipes : 2 étudiants
- ✎ Intégration :
 - Concepts fondamentaux des circuits électroniques : circuits résonants, oscillateurs, filtres, filtres actifs
 - Analyse d'un circuit par des méthodes analytiques et par simulation
- ✎ Exemples de projet : circuit de conditionnement de signal pour un microphone, etc.

3e année : ELE3100 ou ELE3101 Projet de génie électrique (3 cr.)

- ✎ Objectifs :
 - Réalisation d'un projet de type professionnel portant sur un des aspects fondamentaux du génie électrique et impliquant la recherche d'une solution et un effort de synthèse
 - Respect des normes et des codes
 - Respect d'un devis technique
 - Travail en équipe pouvant aller jusqu'à trois
 - Développement des habiletés de communication orale et écrite
- ✎ Outils :
 - Logiciels d'analyse, de conception et de simulation : *Matlab, Simulink, ViewLogic, etc.*
 - Développement de prototypes de laboratoire et validation du concept
 - DSP
- ✎ Équipes : 5 étudiants
- ✎ Intégration :
 - Concepts fondamentaux d'analyse des signaux, de systèmes de commande, de simulation, d'électronique, d'électromagnétisme, d'énergie, d'électrotechnique et de circuits logiques
 - Analyse d'un circuit par des méthodes analytiques et par simulation
- ✎ Exemple de projets : lignes de transmission, système de contrôle, etc.

4e année : ELE4198 Projet intégrateur de grande envergure (6 cr.)

- ✎ Objectifs :
 - Réalisation d'un projet d'ingénierie de type professionnel dans le domaine du génie électrique permettant à l'étudiant d'être directement impliqué soit dans une filière industrielle, soit dans une filière recherche.
 - Réalisation d'un projet de conception avec un degré d'autonomie élevé
 - Réalisation d'un projet intégrant un ou plusieurs domaines de spécialité du génie électrique.
 - Apprentissage du travail en équipe nombreuse
 - Développement des habiletés de communication orale et écrite
- ✎ Outils :
 - Logiciel spécialisé d'analyse, de conception et de simulation
 - Littérature technique et scientifique dans le domaine pertinent
- ✎ Équipes : 3 à 6 étudiants
- ✎ Intégration :
 - Concepts fondamentaux et avancés du génie électrique
 - Concepts fondamentaux d'une ou de plusieurs spécialités du génie électrique
 - Des modules du cours IND2301 seront intégrés au PIGE.
- ✎ Modèle principal pour groupes de 3 à 6 étudiants. Ces projets peuvent être en mode compétitif ou collaboratif et seront offerts à des sections variant entre 12 et 20 étudiants. Le projet est proposé et encadré par des ingénieurs de l'industrie et traite d'un des thèmes suivants :

- Génie conseil (orienté client, livrables).
 - Développement de produit (marché, coûts, conception, production).
 - Problème de conception spécialisé.
- ✎ Modèles alternatifs (l'étudiant et son superviseur doivent démontrer que le sujet proposé rencontre les objectifs du PIGE):
- Modèle individuel : le projet est proposé par l'étudiant. Le projet est encadré par un professeur ou un industriel possédant l'expertise pertinente.
 - Modèle individuel de type recherche : le projet est proposé et encadré par un professeur.
 - Modèle individuel de type industriel : le projet est proposé par un industriel et encadré par cet industriel et un professeur. Cette formule est conçue pour le cas d'un étudiant ayant déjà fait un stage dans l'industrie en question et ayant convenu de poursuivre un projet spécifique.
 - Modèle multidisciplinaire : un étudiant de génie électrique en interaction avec des ingénieurs ou des spécialistes d'autres disciplines.
- ✎ Règlements : afin de valoriser ces projets et maintenir des niveaux de qualité élevés, des règlements particuliers devront être mis en place :
- Les sujets doivent obligatoirement comporter une composante conception.
 - Les étudiants devront s'inscrire au moins 2 semaines avant le début de la session.
 - Certains projets procéderont par recrutement : les étudiants devront déposer leur candidature et seront acceptés par les responsables du projet.
 - Le département s'assurera qu'un ou des projets de grande envergure soit disponible dans un mode compétitif pour l'ensemble des étudiants.
 - Les possibilités d'abandon et d'absence motivée devront être revues.
 - Des ententes de confidentialité et de protection de propriété intellectuelle seront signées avec les intervenant dans les cas de projets impliquant l'industrie.
- ✎ Comme le Nouveau programme débutera à l'automne 2005, la première prestation des PIGE se fera à l'automne 2008. Pour permettre de roder notre opération, une période de transition sera instaurée durant laquelle la formule de projet avec coopération avec l'industrie sera appliquée pour les étudiants actuellement inscrits dans le cadre du *Projet de fin d'études* actuel (de 3 crédits plutôt que 6). Cette période de transition pourrait débuter dès l'automne 2005

4.8 Stages

Comme 81% de nos diplômés récents qui jugent que l'on devrait accroître l'importance accordée aux stages ainsi que comme les responsables de tous les autres programmes de génie électrique du Québec francophone, nous croyons qu'il est impératif de rendre le stage industriel obligatoire.

Le stage industriel est un outil de formation unique qui permet de développer les habiletés personnelles et relationnelles, ainsi que les compétences techniques. Les stages permettent de réaliser dans un contexte réel une intégration des connaissances techniques et peut exposer les étudiants aux techniques les plus avancées (« *state of the art* »).

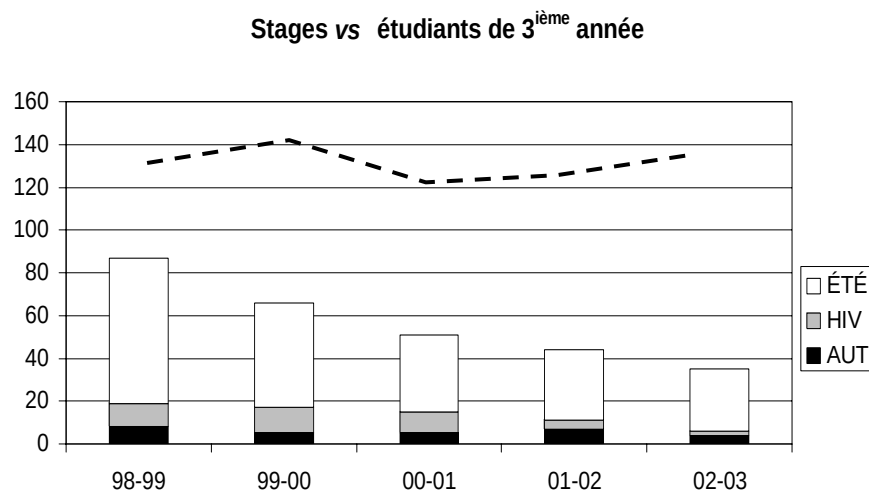
Le stage industriel accroît de façon significative l'employabilité de nos diplômés :

- ✎ Les stages peuvent mener à un emploi dans la même entreprise. Ils sont alors perçus par les employeurs comme « une entrevue de 4 mois ».
- ✎ Les stages procurent une expérience professionnelle que le diplômé peut faire valoir auprès d'autres employeurs potentiels.

Par contre, la formule actuelle présente certains problèmes :

- ✎ Le Service de placement rapporte l'impossibilité de répondre à l'offre de stages à l'automne et à l'hiver parce que trop peu d'étudiants sont disponibles. Par contre à l'été, il est impossible de répondre aux demandes de tous les étudiants.
- ✎ Le caractère facultatif des stages, la faible reconnaissance dans le programme, le peu d'implication des professeurs dans les stages (non reconnaissance dans la tâche) et la liberté des étudiants d'abandonner un stage dans leur plan de formation nuit au développement de relations durables entre l'industrie et l'École.

Le programme de génie électrique offre depuis 1998 des stages facultatifs dans son programme. Nous constatons une baisse importante et continue depuis 1998. Cette baisse est due à la chute du marché dans le secteur des technologies de l'information (télécommunication, microélectronique). Cette baisse reflète également, mais à un degré moindre, une baisse des offres d'emploi pour les finissants.



Dans le contexte économique actuel, il faudrait quadrupler l'offre annuelle de stages pour satisfaire la population d'étudiants éligibles. Cette population correspond aux étudiants de troisième année puisque nous imposerons un seuil de 60 crédits pré-requis.

Nous concluons qu'il est essentiel de prendre des mesures énergiques pour favoriser les stages. Déjà, notre proposition favorise les stages en offrant plus tôt certains cours spécialisés tandis que le stage de quatre mois méritera dorénavant 3 crédits plutôt qu'un seul. Mais il faut aller plus loin avec la mesure suivante :

Nous proposons de créer une **pleine session d'été** pour certains cours stratégiquement situés (voir les cours « zébrés » dans les cheminement à la section 2) : *MTH2305 Probabilités pour ingénieur* ; *IND2301 Gestion de projets technologiques* ; *ELE2200 Systèmes et simulation* ; *ELE3201 Asservissements* ; *ELE3311 Systèmes logiques*

programmables ; SSH5501 Éthique appliquée à l'ingénierie, ELE3100 Projets de génie électrique.. Ces cours « zébrés » seront offerts durant 3 sessions, ce qui permettra aux étudiants de partir en stage à la session d'automne ou d'hiver sans prolonger la durée de leurs études (il n'est pas question de prolonger les études au delà de 4 ans dans un contexte de baisse des inscriptions). La session d'été actuelle est trop courte et ne permet pas de suivre plus de deux cours. Cette pleine session d'été implique des modifications aux conditions de travail des professeurs, des techniciens et des autres employés de l'École. Déjà, les professeurs de génie électrique responsables de ces cours se sont tous déclarés favorables à la création de cette pleine session d'été dont la première prestation devrait avoir lieu à l'été 2006. Ces cours seront enseignés par des professeurs ou par des chargés de cours, comme pour les cours existants.

Le stage pourra être réalisé ailleurs qu'en entreprise : dans des laboratoires de recherche, à l'étranger, pour un organisme humanitaire, dans une compétition étudiante, etc. selon les mesures dérogatoires prévues à l'École Polytechnique.

4.9 Mécanismes d'évaluation continue du programme

Un **Comité qualité** a été créé par le Comité Étudiant de Génie Électrique pour évaluer la qualité de la formation et de l'implantation du projet éducatif d'une manière indépendante de l'évaluation qui sera aussi faite par le Comité de programme de génie électrique. Un Comité qualité, comprenant des professeurs et des étudiants, a été implanté au département de génie physique depuis plusieurs années et a contribué à alléger et à mieux répartir la charge de travail des étudiants.

Le Comité qualité relèvera donc du Comité Étudiant de Génie Électrique. Il devrait comporter quatre membres qui seront des étudiants représentant chacune des quatre années de notre programme, ainsi que deux observateurs : un professeur et un diplômé récent de notre programme (e.g. un étudiant aux grades supérieurs). Le mandat du comité sera d'identifier et de documenter les problèmes existant dans notre programme, et ensuite de rencontrer le Comité de programme pour discuter de ces problèmes et de leurs solutions.

4.10 Modalités pour le passage aux études supérieures

Les 15 crédits retirés du programme de baccalauréat pour l'inscription au programme de baccalauréat-maîtrise intégré (BMI) pourront être choisis parmi les suivants:

- ✍ 12 crédits de cours d'orientation
- ✍ 3 crédits du cours au choix
- ✍ 6 crédits du Projet Intégrateur de Grande Envergure (PIGE). Des modalités seront mises en place pour les étudiants désirant poursuivre dans le programme de baccalauréat-maîtrise intégré (BMI). L'étudiant devra effectuer soit un projet de recherche de 30 crédits (maîtrise-recherche), soit un projet de recherche d'au moins 6 crédits (maîtrise-cours) ; ainsi, un programme de maîtrise constitué seulement de cours ne permettra pas de retirer le PIGE.

4.11 Respect des normes du BCAPL.

Comme notre Proposition originale respecte les normes quantitatives du BCAPL et que les modifications n'impliquent que le groupe de cours optionnels de 12 crédits qui n'était comptabilisé dans le décompte des « Unités Académiques » du BCAPL, il en résulte que le nouveau programme respecte les normes quantitatives du BCAPL. Par ailleurs, les normes qualitatives du BCAPL sont satisfaites par les cours suivants :

- ✍ Gestion de projets : *modules intégrés dans le PGE et le PIGE*
- ✍ Économie de l'ingénierie : *SSH5201*
- ✍ Impact de la technologie sur la société : *SSH5103*
- ✍ Méthodologies et cheminements intellectuels propres aux sciences humaines et aux sciences sociales : *SSH5103, SSH5501,*
- ✍ Communication orale et écrite : *projets intégrateurs, stages*
- ✍ Rôle et responsabilité de l'ingénieur dans la société, responsabilités légales et déontologiques, éthique, équité : *SSH5501*
- ✍ Santé et sécurité du public et des travailleurs : *ELE2400*
- ✍ Mesures de sécurité dans les laboratoires : *ELE2400, ELE3400*
- ✍ Développement durable et gestion environnementale : *ELE2400*

4.12 Nouvelle concentration en génie biomédical

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 patients.

Statuts de l'Institut de génie biomédical

Les programmes de baccalauréat en génie mécanique, en génie électrique, en génie physique et en génie chimique offriront conjointement une nouvelle concentration en génie biomédical à partir de l'automne 2005.

Opportunité scientifique :

Dans le domaine scientifique, plusieurs observateurs reconnaissent que si le développement scientifique et technologique du vingtième siècle fut basé sur les sciences physiques (électrification, semiconducteurs, ordinateurs, télécommunications, énergie nucléaire, etc.), le développement du vingt-et-unième siècle sera basé sur les sciences biologiques (biologie moléculaire, génétique, génomique, etc.). Déjà, les plus grandes écoles d'ingénieurs (MIT, École Polytechnique de Paris) ont inclus des cours de biologie obligatoires dans toutes leurs spécialités !

Dans le domaine de la santé, le vieillissement de la population dans les sociétés industrialisées accroît également les besoins de développer de nouvelles modalités de diagnostic et de traitement, et le génie biomédical a déjà fait ses preuves dans ce domaine. En cardiologie par exemple, le développement des moniteurs automatiques, du défibrillateur, de l'angioplastie, des prothèses endovasculaires a contribué à diminuer considérablement la mortalité après l'infarctus aigu du myocarde au cours des trois dernières décennies (de 30% à moins de 10%).

Opportunité socio-économique

Dans le secteur public, une étude récente de planification de la main d'œuvre du Ministère de la santé et des services sociaux du Québec prévoit l'embauche annuelle de plusieurs ingénieurs dans le réseau de la santé québécois. Mais c'est dans le secteur privé que le potentiel de croissance est le plus grand. Plusieurs petites et moyennes entreprises ont ainsi été fondées au Québec durant la dernière décennie et offrent des emplois dans les secteurs de la recherche et du développement, du marketing et de la vente, de la gestion. Pour certains programmes de baccalauréat en génie biomédical des États-Unis comme celui de l'université John Hopkins, près de la moitié des finissants poursuit des études en médecine par la suite, un pourcentage plus faible de nos finissants pourra aussi continuer leurs études en médecine (MD).

Par ailleurs, il ne faut pas oublier que ce programme vise à former des ingénieurs en génie électrique et que nos étudiants suivront tous les cours faisant partie du cœur de génie électrique. Les gradués pourront ainsi trouver des emplois dans les secteurs traditionnels du génie électrique, différents du génie biomédical. Ils auront particulièrement développé durant leur programme leurs aptitudes au travail multidisciplinaire et leur ouverture vis-à-vis des autres disciplines.

Opportunité systémique

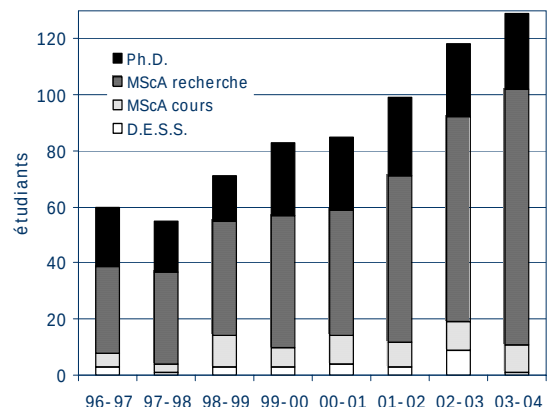
Au Québec, des programmes de maîtrise et de doctorat en génie biomédical sont offerts à l'Université McGill ainsi qu'à l'Université de Montréal (conjointement avec Polytechnique). Une option en technologies de la santé est également offerte à la maîtrise à l'ETS. Au premier cycle, seule l'Université de Sherbrooke offre une concentration en biomécanique.

Actuellement, aucun programme de baccalauréat en génie biomédical n'est offert au Canada (un tel programme est en préparation en Alberta) alors qu'on en retrouve plus de deux douzaines aux États-Unis.

Opportunité institutionnelle

L'École Polytechnique offre des programmes de génie biomédical au niveau de la maîtrise depuis 1972, et au niveau du doctorat depuis 1980. Ces programmes ont connu une augmentation importante de leur nombre d'étudiants durant ces dernières années.

Les étudiants sont supervisés par une trentaine de professeurs appartenant à différents départements de l'école Polytechnique et de l'Université de Montréal. Six de ces professeurs sont rattachés au département de génie



électrique et poursuivent des travaux de recherche et de développement en instrumentation, en imagerie biomédicale et électrophysiologie.

Objectifs de la formation pour la concentration en génie biomédical

- ✎ procurer à l'étudiant les bases théorique, analytique et expérimentale du génie biomédical;
- ✎ procurer à l'étudiant les outils et techniques nécessaires à l'identification, la formulation et la résolution de problèmes de génie biomédical;
- ✎ procurer à l'étudiant un sens éthique et professionnel en recherche, développement et en mise en œuvre de projets en génie biomédical.
- ✎ Préparer les étudiants à une carrière en génie biomédical.
- ✎ Développer chez les étudiants des habiletés d'intégration du génie, de la biologie, des mathématiques appliquées, de la physiologie quantitative et de la modélisation pour comprendre et analyser des systèmes vivants complexes.

Clientèles étudiantes ciblées :

- ✎ étudiants avec DEC – formation sciences de la nature
- ✎ étudiants avec BACC – formation sciences biomédicales, biologiques, ou physiques;
- ✎ population étudiante féminine (aux Etats-Unis comme à Polytechnique, les femmes constituent plus de 40% de la clientèle étudiante).

La structure de la concentration

La structure de la concentration se distingue de celle de toutes les autres concentrations de l'École par la prestation de cours spécialisés dès la première année, plutôt que lors de la quatrième année. Ceci s'est avéré nécessaire pour deux raisons :

- ✎ Une séquence de cours pré-requis les uns aux autres qui dépasse une année (biochimie → biologie cellulaire → physiologie → cours avancés et projets de génie biomédical).
- ✎ Le recrutement d'une nouvelle clientèle intéressée dès le départ par le génie biomédical.

Année 1	Année 2	Année 3	Année 4
Cours de spécialité (80 crédits) • Génie chimique • Génie: électrique • Génie informatique¹ • Génie mécanique • Génie physique			
Concentration en génie biomédical (30 crédits)			
Cours d'études complémentaires (10 crédits)			

Les cours de la concentration sont les suivants :

1- Cours de base : le corps humain et les sciences biomédicales	Génie mécanique	Génie électrique	Génie chimique	Génie physique
Biochimie (nouveau cours – HIV2)	Remplace chimie	✓	✓	✓
Biologie cellulaire (nouveau cours – AUT3)	✓	✓	Remplace science vivant	✓
Physiologie, systèmes et technologies (GBM3000 – AUT5)	✓	✓	✓	✓
Anatomie (HIV 4)	PCB1050 (2 cr) ou KIN1039 (3 cr)		PCB1050	
Biostatistiques et épidémiologie (nouveau cours – HIV6)	Remplace MTH2301	✓	Remplace MTH2301	Remplace MTH2301

2- Cours spécialisés (3 cours au choix) (✓ : cours suggérés)	Génie mécanique	Génie électrique	Génie chimique	Génie physique
Instrumentation biomédicale		✓		✓
Imagerie biomédicale	✓	✓		✓
Biophotonique		✓		✓
Bioanalyse et biocapteurs		✓	✓	✓
Principes de biomécanique	✓			✓
Introduction aux biomatériaux	✓		✓	✓
MEC6314 Tech. modélisation bioméc.	✓			
Biomatériaux et ingénierie tissulaire	✓	✓	✓	✓
Théorie et pratique du génie cellulaire	✓		✓	✓
Génie biochimique			✓	
Cours pertinent d'une autre spécialité	✓	✓	✓	✓

3 – Stage et projets (12 cr.)	Génie mécanique	Génie électrique	Génie chimique	Génie physique
Stage en milieu hospitalier, industriel, labo. hospitalier ou universitaire (3 cr.)	✓	✓	✓	✓
Projet de 3 ^{ième} année (3 cr.)	GBM3xxx	ELE3100 Projet GÉ	GCH3100	PHS3901 Laser
Projet intégrateur de 4 ^{ième} année (6 cr.)	GBM4xxx	GBM4xxx	GBM4xxx	GBM4xxx

4 - Cours SH (hors concentration)	Génie mécanique	Génie électrique	Génie chimique	Génie physique
Commercialisation et réglementation des produits en génie biomédical et pharmaceutique (2 cr.) (nouveau)	Commercialisation ou éthique	✓	✓	✓

Modalités pour le passage aux études supérieures

Les 15 crédits retirés du programme de baccalauréat pour l'inscription au programme de baccalauréat-maîtrise intégré (BMI) seront les suivants:

- ✎ 6 crédits de cours au choix en génie biomédical
- ✎ 3 crédits du cours *ELE47xx Transmission de l'information*
- ✎ 6 crédits du *Projet Intégrateur de Grande Envergure* (PIGE) en génie biomédical. Des modalités seront mises en place pour les étudiants désirant poursuivre dans le programme de BMI. L'étudiant devra effectuer soit un projet de recherche de 30 crédits (maîtrise-recherche), soit un projet de recherche d'au moins 6 crédits (maîtrise-cours) ; ainsi, un programme de maîtrise constitué seulement de cours ne permettra pas de retirer le PIGE du programme de baccalauréat.

4.13 Autres modifications

Le contenu des cours faisant partie de la chaîne des cours d'électronique sera modulé : pour le cours *PHS2700 Physique des composants électroniques*, le triplet (4,0,5) sera changé pour (3,1,5) par l'introduction de travaux dirigés et de laboratoires pour accroître la participation de l'étudiant, nous traiterons des phénomènes physiques associés aux modes d'opération extrêmes et veillerons à l'intégration du contenu aux cours d'électroniques subséquents; pour le cours, *ELE4300 Électronique analogique*, le contenu sur la physique des composants sera ajusté avec celui du cours *PHS2700*. Des éléments de traitement de signal seront intégrés au programme dans les cours d'analyse de signal et d'introduction aux microcontrôleurs, ainsi que dans les projets intégrateurs de troisième et quatrième année.