

Concept du cycle d'enseignement Bachelor de la filière Microtechniques de la HES-SO

*Georges Corday, Gianni Fiorucci et Gilles Triscone, le 28 octobre 2005
Haute école Arc ingénierie (ARC), Ecole d'ingénieurs de Genève (EIG),
Haute Ecole d'Ingénieurs et de Gestion du canton de Vaud (HEIG-Vd)*

Le domaine des Microtechniques¹ ("microengineering") couvre un champ très important d'activités où l'on crée, fabrique et/ou utilise des composants, des appareils et des systèmes miniaturisés. La caractéristique première de ce domaine est sa pluridisciplinarité car il requiert des compétences en électronique, en microélectronique, en informatique, en optique, en acoustique, en physique, en chimie, en mécanique et micromécanique ainsi que dans les propriétés des matériaux. Une liste non exhaustive de secteurs d'activité liés aux Microtechniques est donnée ci-après:

- capteurs et instruments de mesure;
- instrumentation médicale et paramédicale;
- instrumentation en nanotechnologie;
- nano-bio-technologie;
- instruments d'optique;
- imagerie;
- systèmes et microsystèmes;
- horlogerie;
- robots et micro-robots;
- appareils de télécommunications;
- machines de bureau et périphériques d'ordinateurs;
- automatisation, productique;
- etc.

Comparées à d'autres secteurs de l'ingénierie, comme la mécanique par exemple, les Microtechniques s'en différencient par la taille des systèmes et des puissances électriques et/ou mécaniques mises en œuvre.

Sur un plan régional allant de Bâle à Grenoble en passant par Besançon, Neuchâtel, Lausanne et Genève, souvent désigné par le label de "la route des Microtechniques", ce secteur d'activité devient un élément extrêmement important du développement économique. Avec ses trois sites de formation et de recherche situés au coeur de cette "route", la filière Microtechniques HES-SO joue un rôle important dans le développement de ce milieu à forte valeur ajoutée.

Introduction

L'introduction des cycles d'enseignement Bachelor répond à la Déclaration de Bologne, en application de la décision du 5 décembre 2002 du Conseil des hautes écoles spécialisées de la conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CHES CDIP). L'organisation et la structure des cycles sont basés sur le document « La conception de filières d'études échelonnées: best practice et recommandations de la CSHES » de la Conférence suisse des hautes écoles spécialisées (CSHES) de juillet 2004.

Le cycle Bachelor de la filière Microtechniques se base sur les profils de compétence des cursus de Bachelor des hautes écoles spécialisées dans le domaine des Systèmes Techniques et Microtechniques; document adopté par la Fachschaft (FSYMI) en 2004. La mission des cycles Bachelor est de donner une formation professionnalisante, subsidiairement de préparer les étudiant-e-s à poursuivre leur formation au niveau master.

1 Intégration dans la planification stratégique

La HES-SO couvre la Suisse romande. Elle regroupe les cantons de Fribourg, Genève, Jura, la partie francophone du canton de Berne, Neuchâtel, Valais et Vaud. La stratégie générale développée par la HES-SO pour répondre aux exigences du Conseil Fédéral représente la base de la justification de l'offre de formation proposée dans l'ensemble de l'institution.

On y lit notamment, concernant la formation de base:

¹ Du fait de la diversité des champs d'applications de ce domaine d'activité, il a été décidé de mettre un « s » au nom microtechnique.

- qu'elle privilégie une approche basée sur les tronc communs et des options, déterminées en fonction de l'excellence, de l'adéquation avec le tissu local et des infrastructures existantes ([?], ch. A.1.1, al. 4);
- qu'elle regroupe les formations au travers de six domaines ([?] ch. A.1.1, al. 4);
- qu'elle crée les conditions cadre favorisant la mobilité des étudiant-e-s et des professeur-e-s ([?] ch. A.1.1, al. 9).

La filière Microtechniques fait partie des formations offertes dans le domaine des Technologies Industrielles (TIN), au même titre que les filières de génie électrique, de systèmes industriels et de génie mécanique. Pour répondre au souci d'adéquation avec le tissu économique local exprimé par la direction de la HES-SO, elle propose une formation sur plusieurs sites, chaque site offrant une ou plusieurs options de la filière. Afin de permettre à l'étudiant-e d'enrichir son projet de formation, elle favorise un échange entre sites tout au long de la phase de formation et celle du travail de Bachelor ainsi que durant les cours des universités d'été.

Il est à noter que la filière Microtechniques constitue le premier axe prioritaire de la HES-SO ([?], ch. A.1.2.4) et que la filière de formation en est une composante importante, à côté des activités de Recherche Appliquée et Développement (Ra&D).

1.1 Intégration du cycle d'études dans le profil général de la HES-SO

Les domaines de formations de la HES-SO en ingénierie sont: "chimie et sciences de la vie", "construction et environnement", "Technologies de l'Information et de la Communication" (TIC) et TIN. La filière de Microtechniques fait partie de ce dernier domaine et est proposée en Suisse romande sur les sites de:

- la Haute école Arc ingénierie (ARC); sites du Locle et de St-Imier; <http://www.he-arc.ch/ingenierie>
- l'Ecole d'ingénieurs de Genève (EIG); site de Genève; <http://www.eig.unige.ch>
- la Haute Ecole d'Ingénieurs et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-Vd); site d'Yverdon-les-Bains; <http://www.heig-vd.ch>

La qualité des trois sites du point de vue formation (et Ra&D) a été évaluée lors des "Peer Review" 2001 et 2003.

1.2 Stratégie d'intégration de la filière dans le dispositif romand de formation et de recherche

La filière Microtechniques, qui joue un rôle économique clef du fait qu'elle met en oeuvre des systèmes électro-micro-mécanique extrêmement complexes à fortes valeurs ajoutées, nécessite l'appui d'autres filières connexes du domaine TIN ainsi que celles des TIC pour des raisons évidentes. Afin de développer des synergies locales, des projets interdisciplinaires sont organisés au sein de ces départements.

La filière Microtechniques collabore sur des sujets pédagogiques et de recherche avec des entités HES externes à l'ingénierie du domaine comme:

- les écoles d'Arts Appliqués (HEAA);
- les écoles de Gestion (HEG);
- les filières du domaine de la chimie et des sciences de la vie.

Il est important de préciser ici que l'intégration des HES dans le dispositif des hautes écoles suisses et leur rôle vis-à-vis du transfert de technologies aux entreprises implique que la filière est un acteur important qui collabore avec:

- les entreprises;
- les Universités;
- les Ecoles Polytechniques;
- le Centre Européen de Recherche pour le Nucléaire (CERN);
- les écoles d'horlogerie;
- le Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM);
- etc.

Mentionnons encore que la filière fait partie des teams de recherche appliquée du pôle de compétence national (NCCR) MaNEP (<http://www.manep.ch>), de réseaux de compétences nationaux tels que MatNet (<http://www.matnet.ch>) et régionaux (RCSO); la liste complète est disponible sur le site de la HES-SO (<http://www.hes-so.ch>).

2 Nombre d'étudiant-e-s / demande

2.1 Nombre d'étudiant-e-s

Les activités du domaine des Microtechniques sont en pleine croissance. Dopée par les compétences développées depuis des décennies dans le milieu horloger, la région romande a su mettre à profit ces dernières dans plusieurs

² Demande de renouvellement de l'autorisation de gérer une haute école spécialisée, version définitive adoptée par les comités stratégiques de la HES-SO, 4 juillet 2003. Fichier autorisation_dem_renouv.pdf qui se trouve sur le site internet de la HES-SO (<http://www.hes-so.ch>).

secteurs d'activité comme les systèmes embarqués, les microsystèmes, l'horlogerie, les nanotechnologies, les biotechnologies, etc. Ce succès économique fait que la filière Microtechniques est attractive pour les étudiant-e-s. Ces dernier-e-s sont notamment issu-e-s d'apprentissages complétés par une maturité professionnelle.

Le nombre prévisionnel d'étudiant-e-s correspond aux valeurs indicatives de la Confédération. La Table 1 présente les effectifs recensés, respectivement attendus au 15 novembre.

Table 1: Effectifs et prévision d'effectifs de la filière Microtechniques HES-SO.

Filière	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Microtechniques	232	264	328	285	310	340	360

2.2 Mesures relatives à la thématique « genre »³

La gent féminine demeure insuffisamment représentée au sein de la population estudiantine de la filière (5.2% selon le relevé des étudiant-e-s au 15.11.04).

Briser le stéréotype qui consiste à penser que les formations et les métiers techniques sont une affaire d'hommes, permettre aux femmes d'envisager et d'entreprendre une formation d'ingénieur, tel est l'objectif des différentes mesures mises en place au sein de la HES-SO *toute entière*⁴. Cette dernière s'est d'ailleurs dotée d'une plate-forme égalité des chances au secrétariat général et d'une commission traitant de ce sujet au sein du Comité directeur.

Outre l'utilisation d'un langage épïcène dans ses campagnes promotionnelles, la filière participe activement au plan d'action mis en place à l'échelon fédéral pour augmenter la représentation des femmes dans les HES par le biais de projets cofinancés par l'OFFT:

- Les stages WINS (Women in science) sont proposés à des étudiantes de treize à dix-huit ans. Ce programme permet aux jeunes filles d'effectuer un stage dans une des écoles d'ingénieur-e-s de la HES-SO afin d'y découvrir une des filières techniques proposées (cf <http://egalite.heig-vd.ch/wins>, <http://www.hevs.ch/wins>, <http://www.unifr.ch/wins>, www.eig.unige.ch/images/wins.pdf);
- le journal et le site internet « *l'Ingénieuse* » présentent des portraits d'étudiantes et d'ingénieures ainsi que des produits technologiques. Partant d'exemples concrets, *l'Ingénieuse* décrit le métier d'ingénieur et les différentes filières de formation (cf <http://egalite.heig-vd.ch/web/ing/home>);
- l'année préparatoire « future ingénieure » s'adresse aux détentrices d'une maturité fédérale ou d'un titre jugé équivalent. Ce programme leur permet de mûrir leur choix professionnel, d'expérimenter un certain nombre de filières techniques avant d'effectuer le choix définitif de leur future formation d'ingénieur HES (cf <http://www.future-ingenieure.ch>);
- un programme de Mentoring et de mise en réseau avec des femmes actives est mis en place dans les écoles afin d'accompagner les étudiantes jusqu'au terme de leurs études, dans un cadre propice aux échanges, à la réflexion sur la place et le rôle de l'ingénieure dans la société, de sorte à préparer au mieux leur insertion professionnelle (cf <http://www.fem-tec.ch>, <http://egalite.heig-vd.ch/mentoring>);
- le projet Arc-Ideé vise à mettre en situation professionnelle de mixité des étudiant-e-s HES des quatre domaines ingénierie, arts appliqués, économie et santé pour développer une « montre pour personnel soignant » (<http://www.he-arc.ch/ingenierie>).

3 Internationalisation et mobilité

3.1 Eléments du concept de la filière axés sur l'internationalisation et la mobilité

Le cycle d'enseignement Microtechniques applique la déclaration de Bologne. Il répond aux standards de qualité internationaux. L'enseignement vise l'eurocompatibilité et s'adresse à des étudiant-e-s suisses et étranger-ère-s. Le cycle, évidemment, intègre le "European Credit Transfer System" (ECTS) dont le but est de faciliter la mobilité entre différentes institutions.

Des collaborations avec des HES et/ou Universités suisses et étrangères sont en cours afin de favoriser l'échange d'étudiant-e-s et de professeur-e-s. Les échanges avec des écoles partenaires sont fortement encouragés et seront consolidés dans le futur. Le développement de cycles masters en réseau contribuera à impliquer l'ensemble de ses

³ Le genre est le sexe social. Il se distingue du sexe biologique (différence d'anatomie et de chromosomes). Le genre définit le rapport socialement construit entre les femmes et les hommes.

⁴ La vision stratégique égalité s'adresse aux étudiant-e-s et à tout le personnel de la HES-SO. Elle repose sur un axe structure et sur un axe projets. L'axe structure correspond à l'intégration de l'égalité dans la gestion y compris les structures de gouvernance de la HES-SO ainsi que dans l'enseignement et la recherche. L'axe projets comprend essentiellement la gestion des projets égalité. Ils sont actuellement subdivisés en trois parties : le mentoring, les stages techniques et les autres projets. Voir document *vision_strategique_2004-2007-1.pdf* disponible sur le site de la HES-SO.

étudiant-e-s dans des réseaux étendus. Basé sur ce modèle, le Swiss Master of Advanced Studies en micro-nanotechnologies, qui a démarré au printemps 2005, donne une bonne préfiguration des futurs Masters HES.

La recherche est structurée dans des partenariats durables en Suisse et à l'étranger. Au niveau international, la collaboration s'effectue souvent via des projets de recherche interrégionaux (INTERREG) et Européens (6^{ème} programme cadre européen). L'implication de la recherche dans le cycle d'études (travaux de Bachelor et stages) permet des synergies au niveau des contacts ainsi que l'insertion dans les réseaux européens et au-delà.

3.1.1 Objectifs et conditions

Outre les compétences techniques usuelles, la mobilité vise l'acquisition par l'étudiant-e de compétences sociales (ouverture d'esprit, autonomie) et linguistiques supplémentaires. Dans la mesure du possible, cette expérience doit pouvoir se faire sans occasionner de retard dans le cursus de l'étudiant-e.

3.1.2 Partenaires

En matière de mobilité, les partenaires de la filière Microtechniques sont d'autres hautes écoles en Suisse et à l'étranger, voire, dans le cas particulier de travaux de Bachelor, des entreprises suisses et étrangères.

3.1.3 Echanges intra-HES-SO

La filière Microtechniques organise son cursus des études pour faciliter les échanges d'étudiant-e-s entre les différents sites HES-SO en rendant compatibles les contenus des matières enseignées tout au long des étapes de la formation.

3.1.4 Echanges inter-HES et internationaux

La filière encourage les échanges inter-HES et internationaux autant durant les semestres d'études que durant le travail de Bachelor.

3.1.5 Moyens

Afin d'encourager la mobilité des étudiant-e-s, la filière applique les mesures pédagogiques, administratives et financières suivantes:

Transparence des acquis:

- chaque module fait l'objet d'une description de module mentionnant les objectifs de formation et le nombre de crédits ECTS associés;
- l'étudiant-e reçoit un relevé de notes pour chaque module réussi;
- l'ingénieur-e obtient avec son Bachelor un supplément au diplôme spécifiant les connaissances et compétences particulières acquises durant ses études.

Relations internationales:

- la HES-SO dispose d'accords de coopération sur des programmes d'échange signés avec des institutions partenaires en Suisse et à l'étranger, à raison d'une institution au moins par zone linguistique (française, allemande, italienne et anglaise). La liste des accords en vigueur est disponible en annexe N°1.

Finances:

- la HES-SO dispose d'un fonds « relations internationales » permettant de financer des échanges internationaux d'étudiant-e-s et de professeur-e-s. En 2004, 518 personnes ont bénéficié d'une aide dont 343 étudiant-e-s, 135 professeur-e-s et 40 autres. 75% des échanges concernaient des personnes partant à l'étranger. Les régions concernées étaient l'Europe (141 cas), l'Amérique (46 cas), l'Afrique (6 cas), l'Asie (20 cas) et l'Océanie (2 cas): tous les chiffres sont disponibles sur le site internet de la HES-SO.

Enseignement:

- la filière dispense durant la première année - qui par ailleurs constitue un tronc quasi commun au niveau du domaine TIN - un enseignement en langues (anglais et/ou allemand);
- à la fin de la 1^{ère} année d'études HES, l'étudiant-e confirme son choix de filière ou se réoriente dans une autre du domaine TIN;
- à la fin de la 2^{ème} année d'études HES, l'étudiant-e doit choisir son option⁵. Ce choix détermine le site de la filière où il-elle effectuera sa 3^{ème} année d'études.

Ainsi l'organisation des études choisie permet à l'étudiant qui le souhaite d'effectuer ses 3 années d'études sur trois sites différents (HES-SO ou autre) et d'effectuer son travail de Bachelor à l'étranger.

⁵ La filière Microtechniques offre actuellement 8 options; voir annexe 3.

4 Concept de la filière

4.1 Conditions d'admissions - Pré requis

Dans le cadre des Hautes Ecoles Suisses, les Hautes Ecoles Spécialisées ont pour mission d'amener en trois ans de formation des étudiant-e-s issu-e-s de l'apprentissage avec maturité professionnelle à un niveau de type Bachelor professionnel.

Les conditions d'admission dans nos écoles, et en particulier pour la formation en Microtechniques, sont:

- des étudiant-e-s, avec maturité professionnelle, issu-e-s de l'un des métiers proche de la mécanique ou de l'électricité;
- des étudiant-e-s issu-e-s de maturités gymnasiales, complétée par au minimum une année de pratique professionnelle (Loi fédérale sur les hautes écoles spécialisées du 6 octobre 1995; LHES 414.71 - art. 5);
- autre sur dossier.

Les pré requis pour accéder aux études HES sont donc définis par la maturité professionnelle technique.

4.2 Principes directeurs centrés sur les compétences

L'enseignement Bachelor s'appuie sur l'ancrage professionnel des études et apporte des compétences équilibrées entre les savoirs scientifiques, les connaissances relatives au métier et une base culturelle. Ces compétences ont été catégorisées et distribuées dans les deux types suivants: compétences transversales et compétences techniques (activités d'ingénierie). L'annexe N°2 "Référentiel de compétences de l'ingénieur-e en Microtechniques" donne le référentiel de compétences de l'ingénieur-e en Microtechniques de niveau Bachelor. Pour chacune de ces dernières, un niveau minimal est indiqué. Le plan des études est construit en fonction du référentiel de compétences; en particulier chaque module indique explicitement les compétences qui y sont travaillées; voir annexes N°6 et N°2.

Dans la "**Fachschafft Systemtechnik und Mikrotechnik FSYMI**", sous-commission de la FTAL, le profil cadre de la formation, présentée sous la forme "Tempel-Grafik" *explicitant les champs disciplinaires* ainsi que le programme des études selon le type de description de l'ASIIN ("Accreditation Agency for Study Programs in Engineering, Informatics, Natural Sciences and Mathematics"), ont été définis en 2004. Le document y relatif est donné en annexe N°3.

4.3 Principes et méthodes didactiques

Les compétences et les savoirs du cycle Bachelor s'acquièrent en mettant un fort accent sur la dimension interdisciplinaire de la profession. L'étudiant-e est sensibilisé-e à l'importance d'une attitude autodidacte et d'un développement professionnel autonome. L'enseignement vise à former les étudiant-e-s à une conduite responsable, rigoureuse et partagée de leur démarche dans des situations de projet dont le niveau de complexité reste, dans ce cursus, limité. Cet apprentissage s'effectue tout au long des études par des travaux pratiques en laboratoires et des projets, ainsi que par le travail de Bachelor généralement effectué en entreprise. En particulier:

- dans une vision métier, la théorie et la pratique sont indissociables. Ces deux aspects sont donc intégrés dans les modules;
- en principe, l'enseignement théorique est dispensé sous une forme interro-déductive, au sein de classes à dimension moyenne (de 20 à 40 étudiant-e-s). Pour les séminaires et les travaux pratiques, dont les études de cas, les groupes sont plus restreints (de 10 à 12 étudiant-e-s). Les connaissances théoriques sont approfondies au moyen d'exercices pratiques;
- une partie des apprentissages de base de l'ingénieur-e en Microtechniques s'effectuera, progressivement, en "blended learning"⁶;
- les étudiant-e-s apprennent à mettre en pratique les connaissances acquises, soit dans des travaux encadrés, soit dans leur travail personnel;
- en principe, l'évaluation est de type continue, complétée pour certains modules par un examen, ce qui différencie fondamentalement ce type de formation universitaire dite professionnelle de celle dite académique;
- des spécialisations à choix, appelées options, dans un des domaines des Microtechniques sont offertes en troisième année d'études. Ces "colorations", qui portent sur environ 40 crédits ECTS, sont décrites dans le document "Les Différentes Options de la Filière Microtechniques de la HES-SO" qui se trouve en annexe N°4.

Le corps professoral de la filière est composé de professeur-e-s HES, de chargé-e-s d'enseignement HES et de chargé-e-s de cours. De profil universitaire ou équivalent, complété par une expérience industrielle, les professeur-e-s HES déploient des activités importantes dans les secteurs de la Ra&D et des prestations de service. Ils-elles favorisent ainsi l'adaptation constante de l'enseignement – méthodes, technologies – aux dernières connaissances et aux besoins des entreprises. Les professeur-e-s chargé-e-s d'enseignement HES assurent généralement la pédagogie de base. Quant

⁶ Le blended learning signifie un enseignement hybride soit: l'étudiant-e apprend à la maison, est suivi par le professeur par courriel et seules quelques séances en présentiel sont obligatoires.

aux professeur-e-s chargé-e-s de cours, qui exercent leur activité professionnelle principale dans l'industrie (au moins 50%), leurs pratiques professionnelles régulières assurent l'actualisation permanente des cours spécialisés dispensés.

4.4 Formation généraliste / spécialiste

Dans la dernière partie du cursus (5^{ème} et 6^{ème} semestres), la filière organise des modules à options. Elle entend permettre aux étudiant-e-s, d'une part d'expérimenter des techniques de travail et des méthodes de résolution de problèmes et, d'autre part, de se préparer concrètement à leur insertion dans la vie active. Les étudiant-e-s pourront choisir, dans l'offre globale de la filière, les modules à options regroupés autour de certains axes professionnalisants des Microtechniques.

Les sujets des travaux de Bachelor sont soit tirés de projets de recherche appliquée et prestations de service menés par les professeur-e-s HES, soit proposés par l'industrie. Les travaux sont réalisés usuellement dans les lignes thématiques des options de la filière Microtechniques.

5 Structure des études

5.1 Organisation des études

Les cycles Bachelor sont conçus comme des programmes modulaires répartis sur trois ans pour un total de 180 crédits ECTS. Les deux premières années sont composées de quatre semestres de seize semaines plus deux universités d'été. La dernière année contient aussi deux semestres de seize semaines mais le travail de Bachelor, qui commence au 6^{ème} semestre, déborde de ce dernier et se termine par une soutenance à la fin de l'été. Le début de chaque semestre est harmonisé au niveau des Hautes Ecoles de Suisse, soit:

- début du semestre d'hiver en semaine 38;
- début du semestre d'été en semaine 8.

Le rapport entre le travail personnel de l'étudiant-e et le travail encadré croît tout au long des études. La structure des études, qui est donnée dans la Table 2, engendre une moyenne de 30 périodes d'enseignement par semaine durant les six semestres avec une répartition typique de 34, 30 et 26 pour les trois années des études. La structure sous forme de "Tempel-Grafik" des études est donnée dans l'annexe N°3 "Profil de formation de la filière Microtechniques de la HES-SO".

Table 2: Structure des études de la filière Bachelor Microtechniques de la HES-SO.

Filière Microtechniques HES-SO	1 ^{ère} année des études	2 ^{ème} année des études	3 ^{ème} année des études
<i>Fréquentation</i>			
Travail encadré	45-50%	40-45%	30-35%
Travail personnel de l'étudiant	55-50%	60-55%	70-65%
<i>Investissement en temps</i>	1800 heures/an	1800 heures/an	1800 heures/an

Le contrôle des connaissances est organisé à l'intérieur des modules durant les semestres. Le plan des études modulaires est donné en annexe N°5. Une fiche descriptive de module est donnée en annexe N°6 comme exemple.

5.1.1 Première année des études - "Basic level"

La première année des études est consacrée essentiellement à l'acquisition des connaissances de base de l'ingénieur-e dans le domaine des TIN, soit mathématiques, physique, mécanique de base, électronique de base, communication, etc. Etant donné qu'une grande partie de cette première année est commune au niveau du domaine TIN, l'étudiant-e a encore avoir la possibilité de changer de filière; les conditions sont dictées par le site de la filière d'accueil.

5.1.2 Deuxième année des études - "Intermediate level"

La deuxième année est consacrée à l'acquisition des compétences interdisciplinaires de l'ingénieur-e en Microtechniques. Dès la deuxième année, quelques modules deviennent optionnels et en fin de cette dernière, l'étudiant-e choisit son option qui détermine le site où il-elle effectue sa troisième année d'études.

5.1.3 Troisième année des études - "Core" and "Advanced level"

L'acquisition des compétences se poursuit en troisième année durant laquelle l'étudiant-e acquiert des compétences professionnalisantes dans un domaine particulier des Microtechniques. Cette spécialisation, appelée *option*, est constituée de cours, travaux pratiques, projets ainsi que du travail de Bachelor.

5.1.4 Remarques

En règle générale, la pratique est de valider annuellement les modules. Un changement de site en fin de semestre

d'hiver ne peut s'effectuer que sur dossier.

6 Aptitudes professionnelles / caractère scientifique

La filière collabore très étroitement avec les milieux économiques et académiques dans le cadre de projets Ra&D et de mandats.

6.1 Organisation de l'acquisition des compétences et concordance entre le profil de compétences et aptitude professionnelle

Les étudiant-e-s entrant dans le cycle Bachelor sont généralement issu-e-s de l'apprentissage et ont de ce fait déjà acquis des compétences professionnelles. Durant tout le cycle Bachelor, l'acquisition de compétences méthodologiques, professionnelles, sociales et personnelles s'effectue:

- pendant les deux premières années où les modules sont conçus en prenant en compte ces aspects de formations ("Basic and intermediate levels");
- au moyen des modules optionnels proposés en 2^{ème} et 3^{ème} années qui ont pour objectif d'appréhender différents sujets, avec une approche à fort caractère professionnalisant ("Core and Advanced level");
- à travers les projets interdisciplinaires de groupes visant à entraîner plus particulièrement certaines aptitudes relevant du savoir-être telles que: l'aptitude relationnelle, l'aptitude à travailler en équipe, l'aptitude à accepter les critiques, l'aptitude à gérer les conflits, l'autonomie, la capacité à assumer différents rôles, etc. Des qualités qui s'ajoutent aux savoirs et savoir-faire;
- pendant le travail de Bachelor qui constitue le point d'orgue de la formation. Pour réaliser ce dernier, l'étudiant-e a recours à toutes les connaissances théoriques et pratiques acquises durant les semestres d'études. Il-elle doit également mettre en œuvre des capacités d'analyse et de synthèse et maîtriser des techniques et des méthodes de travail en vue de résoudre des problèmes spécifiques à la profession.

6.2 Prise en compte de la recherche dans l'enseignement

Il convient de rappeler ici que la majorité des membres du corps professoral sont des chercheu-ses-rs qui travaillent au sein d'instituts ancrés dans le tissu économique régional. Certain-e-s d'entre eux-elles sont également acti-fs-ves au sein des réseaux nationaux (NCCR ou réseaux de compétences) et régionaux (RCSO). Ils-elles réalisent ainsi des projets avec et pour des entreprises selon les deux situations que sont "technology push" et "market pull". La qualité scientifique de la formation et son adéquation au tissu économique en sont ainsi assurées de façon continue.

6.3 Concordance entre le profil de compétences et la qualification professionnelle

Premièrement, il convient de rappeler ici que la qualité de la filière, autant du point de vue Ra&D que de la formation, a été évaluée par des experts suisses et internationaux lors des "Peer Review" 2001 et 2003.

Deuxièmement, l'employabilité des diplômé-e-s, qui est un objectif majeur des Hautes Ecoles Spécialisées, est vérifiée annuellement lors des travaux de Bachelor effectués pour l'industrie; l'expertise de ces travaux s'effectuant en présence d'expert-e-s issu-e-s de ce milieu. En outre, l'organisation adoptée pour les modules optionnels et ceux qui composent les différentes options favorise la flexibilité de la formation. Ainsi, en fonction des besoins du marché, la filière est en mesure d'ajuster facilement et rapidement les compétences à acquérir par les ingénieur-e-s en Microtechniques.

7 Organisation modulaire / ECTS

L'enseignement modulaire est déjà pratiqué sur certains sites (ARC et EIVD). Dès la rentrée académique 2006/2007, la filière introduira la formation Bachelor modulaire coordonnées sur tous ses sites. Le plan d'études cadre est donné en annexe N°5. Les modules de la filière seront construits tout au long de la mise en place de la formation Bachelor, en prenant en compte, par des mesures correctives, les résultats des évaluations des enseignements par les étudiants.

7.1 Structuration et évaluation des modules

Les deux premières années visent à l'acquisition et à la maîtrise des outils et des méthodes formant le socle de la formation d'ingénieur-e en Microtechniques. A la fin du 4^{ème} semestre l'étudiant-e choisit son orientation (option). En fonction de ses préférences, il-elle approfondit ses connaissances dans un domaine particulier, en préambule à la réalisation de son travail de Bachelor. L'acquisition de l'aptitude professionnelle s'effectue de façon progressive tout au long des études par une organisation pédagogique permettant l'augmentation du travail autonome de l'étudiant.

En règle générale, les modules sont subdivisés en plusieurs unités d'enseignement regroupées au sein d'une même thématique. Chaque module fait l'objet d'un descriptif, qui précise notamment les règles appliquées pour la validation du module (cf. un exemple en annexe N°6). Les prestations fournies par l'étudiant-e dans chacun des modules font l'objet d'une qualification exprimée selon l'échelle de notation ECTS (de A excellent à F insuffisant). Les règles ECTS s'appliquent pour acquérir les crédits affectés aux modules. L'étudiant-e qui obtient à un module la qualification FX

(légère insuffisance) est convoqué-e à un examen de rattrapage qui lui permet, en cas de réussite, d'obtenir la qualification E et les crédits correspondants. Chaque module ne peut être répété qu'une seule fois. Les abandons sont considérés comme échecs.

8 Equipements

La filière dispose d'équipements en adéquation avec les missions de formation, de Ra&D et de prestations de service qu'elle doit remplir. Ces équipements "up-to-date" sont utilisés par les étudiant-e-s dans le cadre de travaux pratiques en laboratoires encadrés ainsi que lors des projets interdisciplinaires.

Les assistants de recherche et les adjoints scientifiques participent à l'encadrement des étudiants lors des travaux en laboratoires ainsi que dans les projets interdisciplinaires. Généralement ces "ateliers" sont coachés par ce corps intermédiaire sous la supervision d'un professeur.

La filière a pris des mesures en vue d'accompagner les étudiant-e-s dans leur travail personnel; en particulier elle leur met à disposition des salles de travail informatiques équipées des logiciels métiers (CAO, MatLab, C++, LabView, tableurs, etc.).

9 Système et gestion de la qualité

La HES-SO a émis des directives et mis en place une procédure visant à l'attestation des qualifications didactiques du personnel d'enseignement et de recherche. En outre, les professeur-e-s disposent du 10% de leur charge annuelle totale pour assurer leur formation continue (ce droit leur est garanti). De surcroît, ils-elles peuvent faire appel aux services du conseiller pédagogique de la HES-SO.

L'enseignement et la recherche font l'objet d'un suivi de qualité basé sur des évaluations impliquant les professeur-e-s et les étudiant-e-s au niveau de l'enseignement et les entreprises au niveau de la recherche et les prestations; des outils de gestion de la qualité sont disponibles sur chacun des sites de la filière. Les évaluations sont annuellement analysées et des mesures correctrices proposées en concertation avec toutes les personnes impliquées.

Ce système, mis en place pour l'enseignement et la recherche, va être étendu à d'autres thèmes comme:

- l'analyse des difficultés de l'étudiant-e durant ses études HES en fonction de son parcours précédent;
- le suivi des diplômé-e-s dans le monde professionnel;
- des études sur la satisfaction des employeurs vis-à-vis des jeunes diplômé-e-s;
- etc.

Ces mesures ont pour but d'assurer sur le long terme l'adéquation de la formation Bachelor Microtechniques avec les besoins économiques régionaux voire nationaux.

10 Conclusions

Le concept de formation Bachelor de la filière Microtechniques de la HES-SO présenté ici a été conçu de telle sorte qu'il puisse remplir autant les attentes des futurs étudiant-e-s que celles de leurs futurs employeurs. Il correspond à un système de formation moderne et souple, autorisant la mobilité et les échanges et, surtout, en adéquation avec le tissu industriel auquel sont avant tout destiné-e-s les étudiant-e-s formé-e-s. Souple par sa structure et son organisation, cette formation permettra de s'adapter rapidement aux exigences nouvelles, en termes de connaissances et compétences, qui seront déterminées par l'évolution des activités industrielles des PME a du domaine des microtechniques. Elle permettra de remplir au mieux les missions confiées aux HES par la Confédération, que ce soit au niveau de la formation ou au niveau de la Ra&D et prestations de services fournies par les écoles aux entreprises.

11 Annexes

- No 1. Liste des accords en vigueur
- No 2. Référentiel de compétences de l'ingénieur-e en Microtechniques
- No 3. Profil de formation de la filière Microtechniques de la HES-SO
- No 4. Les différentes options de la filière Microtechniques de la HES-SO
- No 5. Plan d'études de la filière Microtechniques de la HES-SO
- No 6. Exemples de fiches descriptives de modules

ANNEXE 1

Liste des accords en vigueur

*Georges Corday, Gianni Fiorucci et Gilles Triscone, le 1er novembre 2005
Haute école Arc ingénierie (ARC), Ecole d'ingénieurs de Genève (EIG),
Haute Ecole d'Ingénieurs et de Gestion du canton de Vaud (HEIG-Vd)*

Liste des partenariats avec des universités étrangères pour les échanges internationaux:

Pays - Université	Statut
Algérie - ISTIA, Université d'Angers	actif
Allemagne - Fachhochschule Regensburg	actif
Allemagne - Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung Trier	en préparation
Canada - McGill University	actif
Canada - University of Toronto	actif
Danemark - Ingeniørhøjskolen i Århus	en préparation
Etats Unis - Florida Institute of Technology, Melbourne (USA)	actif
Etats Unis - University of Arizona Tuscon	en préparation
France - Ecole des Mines, Nancy	actif
France - Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et des Microtechniques Besançon	en préparation
France - ENSAM, Metz	actif
France - ENSAM, Nancy	actif
France - ESSAIM Université de Haute-Alsace Mulhouse	actif
France - IUT de Haguenau	actif
France - IUT de Saint-Dié des Vosges, Saint Dié	actif
France - Université Claude Bernard Lyon	actif
France - Université de Franche-Comté, Besançon	actif
France - Université du Havre, ISEL	actif
France - Université Joseph Fourier Grenoble	actif
France - Université de Rennes I	actif
France - Université de Savoie Chambéry	actif
France - UTBM Université de Technologie de Belfort-Montbéliard	actif
Inde - Indian Institute of Technology (IIT), Delhi	en préparation
Inde - Indian Institute of Technology (IIT), Guwahati	en préparation
Inde - Indian Institute of Technology (IIT), Kanpur	en préparation
Japon - Chuo University	actif
Japon - University of Tsukuba	actif

Lituanie - Kauno Technologijos Universitetas	actif
Lituanie - Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas (Vgtu)	actif
Maroc - Université Hassan II Mohammedia	en préparation
Roumanie - Universitatea Politehnica din Timisoara	actif
Royaume Uni - University of Dundee, Ecosse	en préparation
Slovénie - Univerza V Ljubljani	actif
Suède - Högskolan Dalarna	en préparation
Suède - Uppsala Universitet	actif
Turquie - Osmangazi University Eskisehir	en préparation

ANNEXE 2

Référentiel de compétences de l'ingénieur-e en Microtechniques

*Georges Corday, Gianni Fiorucci et Gilles Triscone, le 26 octobre 2005
Haute école Arc ingénierie (ARC), Ecole d'ingénieurs de Genève (EIG),
Haute Ecole d'Ingénieurs et de Gestion du canton de Vaud (HEIG-Vd)*

L'ingénieur-e en Microtechniques¹ ("microengineering") est un-e spécialiste de la conception et de la réalisation de pièces ou d'appareillages dans les domaines des Microtechniques comme eg l'horlogerie, la micromécanique, la microélectronique, les nanotechnologies, les bio-technologies, etc. La caractéristique première de ce domaine d'activité à forte valeur ajoutée est sa pluridisciplinarité car il intègre des compétences en électronique, en microélectronique, en informatique, en optique, en acoustique, en physique, en chimie, en technologie des micro-systèmes, en mécanique et micromécanique ainsi que dans les propriétés des matériaux. Comparées à d'autres secteurs de l'ingénierie, comme la mécanique par exemple, les Microtechniques se différencient par la taille des systèmes et des puissances électriques et/ou mécaniques mises en œuvre.

Les études en Microtechniques dispensent des connaissances scientifiques et techniques étendues et confèrent aux diplômé-e-s des compétences métier, méthodologiques, sociales et personnelles. Elles mènent à une formation orientée vers la pratique de niveau "Bachelor" et sont sanctionnées par un diplôme universitaire.

L'ingénieur-e en Microtechniques reçoit une formation de généraliste dans les branches:

- de culture générale (langues, communication et gestion de projets);
- scientifiques (mathématiques, physique, matériaux & chimie, informatique);
- techniques (électronique, commande et régulation, mécanique, conception assistée par ordinateur (CAO), matériaux).

En plus de cette solide formation de base, les ingénieur-e-s acquièrent durant leur dernière année d'étude, une spécialisation correspondant à environ 30-50 ECTS. *Cette spécialisation est appelée option.*

¹ Du fait de la diversité des champs d'applications de ce domaine d'activité, il a été décidé de mettre un « s » au nom microtechnique.

Le référentiel de compétences que doit posséder l'ingénieur-e en Microtechniques en obtenant le grade de Bachelor est identifié à partir des étapes du développement de produits industriels. Ces étapes sont représentées dans la Figure 1 avec une mise en évidence des activités dites transversales et les activités du projet technique.

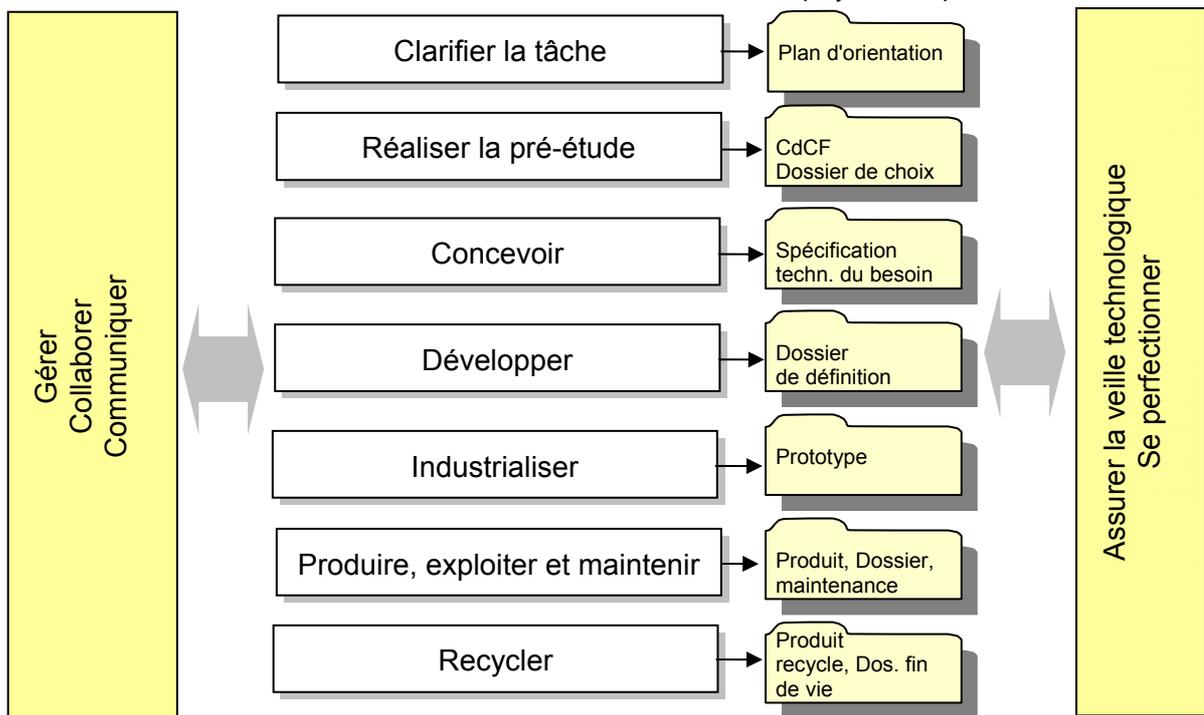


Figure 1: Activités type du processus de développement de produits.

Les compétences transversales ainsi que les compétences techniques de la filière sont développées dans les tables ci-après. Pour chaque compétence listée est indiqué un niveau permettant de qualifier cette dernière, les différents types d'activité qui permettant de l'acquérir ainsi que les options où elle est spécialement développée. Les différentes options de la formation, qui sont décrites dans l'annexe 3, sont rappelés le :

- MSO: Microsystèmes, technologies des Surfaces, Optique
- CPH: Conception et Production Horlogère
- MIQ: Métrologie et Ingénierie de la Qualité
- CP: Conception et Productique
- MEC: MECatronique
- PA: Physique Appliquée
- MS: MicroSystèmes
- CIS: Conception et Ingénierie des Surfaces

Les légendes utilisées dans les tables des compétences sont:

Le niveau de compétences indiqué correspond à l'échelle suivante:

- 0 ne dispose d'aucune connaissance ni compétence;
- 1 niveau élémentaire: dispose des bases nécessaires pour interagir et communiquer avec les professionnels du champ considéré; est sensibilisé aux outils et/ou à la méthodologie;
- 2 niveau intermédiaire; connaît les outils et/ou la méthodologie, est capable de les mettre en œuvre avec l'appui d'une personne d'expérience ou au sein d'une équipe;
- 3 niveau professionnel-le; a le niveau nécessaire pour réaliser une tâche requérant la compétence en question de manière autonome, comme un-e jeune professionnel-le; maîtrise les outils et la méthodologie.

Le niveau de compétences indiqué représente le niveau minimum atteint dans la filière, toutes orientations/options confondues. Ce niveau est amélioré dès lors qu'une orientation/option est indiquée.

Méthodes d'acquisition (le travail personnel est compris dans les différentes méthodes d'acquisition):

- C cours avec exercices
- TP travaux pratiques
- PR projets y compris travail de diplôme

1 Compétences transversales

Gérer, collaborer et communiquer				
Réf	Description de la compétence	Niveau de compétence	Méthode	Approfondissement dans
U01	Fixer les objectifs et les livrables du projet	3	TP, PR	
U02	Animer, motiver et déléguer	2	TP, PR	
U03	Planifier, exécuter et maîtriser le projet technique en tenant compte des flux d'énergie, de matière, d'informations et financier	3	PR	
U04	Appliquer l'assurance qualité au processus de développement de produits et de procédés	1	C, PR	MIQ, CP
U05	Communiquer et convaincre	2	C, TP, PR	
U06	Respecter l'éthique de l'ingénieur	1	PR	

Assurer la veille technologique, se perfectionner				
Réf	Description de la compétence	Niveau de compétence	Méthode	Approfondissement dans
V01	Etudier l'état de l'art et intégrer les connaissances nouvelles	2	C, TP, PR	
V02	Capitaliser les connaissances et les expériences acquises	2	C, TP, PR	
V03	Constituer et gérer une documentation technique des recherches, savoirs et expériences	2	TP, PR	

2 Compétences techniques (activités d'ingénierie)

A) Clarifier la tâche				
Réf	Description de la compétence	Niveau de compétence	Méthode	Approfondissement dans
A01	Fixer les objectifs d'un projet en fonction des besoins et des attentes du client et/ou de l'utilisateur	2	C, PR	
A02	Dresser l'inventaire et comparer l'état des techniques	2	TP, PR	
A03	Evaluer les risques et identifier les difficultés prévisibles (techniques, sociales)	1	PR	
A04	Fixer les objectifs énergétiques et environnementaux	1	C, TP, PR	PA

B) Réaliser la pré-étude				
Réf	Description de la compétence	Niveau de compétence	Méthode	Approfondissement dans
B01	Définir les fonctions du système et leurs caractéristiques (analyse fonctionnelle)	3	C, PR	
B02	Analyser les solutions possibles sur le plan technique	2	C, PR	
B03	Analyser les différentes approches envisagées du point de vue de la faisabilité technico-économique et temporelle	2	C, PR	
B04	Choisir la meilleure solution	2	PR	
B05	Evaluer le financement du projet	1	PR	
B06	Etablir la planification	2	C, PR	

C) Concevoir				
Réf	Description de la compétence	Niveau de compétence	Méthode	Approfondissement dans
C01	Concevoir ou choisir les sous-systèmes de constructions micro-mécaniques et/ou horlogères	2	C, TP, PR	CPH, CP, CIS
C02	Concevoir le mouvement et l'habillage de montres	1	C, TP, PR	CPH, CIS
C03	Concevoir ou choisir les sous-systèmes faisant appel aux micro et/ou nanotechnologies	2	C, TP, PR	OTMS, PA, CIS
C04	Concevoir ou choisir les sous-systèmes micro-électroniques	2	C, TP, PR	MEC, MS
C05	Concevoir ou choisir des sous-systèmes ou instruments utiles aux bio-technologies	2	C, TP, PR	OTMS, MIQ, CP, MS, PA, CIS
C06	Concevoir ou choisir des sous-systèmes d'assemblage et/ou de production microtechniques robotisés	2	C, TP, PR	CPH, MIQ, CP, CIS
C07	Concevoir des procédés d'assemblage et/ou de production microtechniques automatisés	2	C, TP, PR	CPH, CP
C08	Modéliser, analyser et évaluer les performances du système et de ses composants	2	C, TP, PR	MIQ, MEC, PA
C09	Prédire la fiabilité et les risques des sous-systèmes	1	C, PR	MIQ
C10	Rédiger et communiquer le dossier de conception	2	PR	

D) Développer				
Réf	Description de la compétence	Niveau de compétence	Méthode	Approfondissement dans
D01	Modéliser, analyser et optimiser à l'aide de simulations numériques la structure d'un système microtechnique (micromécanique, horlogerie, MEMS, biotechnologie)	2	C, PR	OTMS, CPH, CP, CIS
D02	Modéliser, analyser et optimiser à l'aide de simulations numériques le comportement dynamique de systèmes microtechniques	2	PR	
D03	Développer des systèmes de mesures	2	C, TP, PR	MIQ, MS, PA
D04	Développer des systèmes d'asservissement	2	C, TP, PR	MEC
D05	Développer des microsystèmes, y compris travail en salle blanche	2	C, TP, PR	OTMS, MS, CIS
D06	Développer des systèmes dans le domaine des bio-technologies	2	C, TP, PR	
D07	Développer des systèmes utiles au domaine du Génie nucléaire (radioprotection, médecine nucléaire, production d'énergie)	1	C, TP, PR	PA
D08	Choisir les matériaux et les traitements appropriés en fonction de leurs propriétés (physiques, chimiques, de biocompatibilité, etc.)	2	C, TP, PR	OTMS, CIS
D09	Tester le comportement d'un système microtechnique, interpréter les résultats d'essais, mettre au point	2	C, TP, PR	
D10	Développer des systèmes et des lignes d'assemblage et de production pour les produits microtechniques (robotisation, automatisation)	1	C, TP, PR	MIQ, CPH, CP
D11	Tester l'efficacité et la fiabilité d'un système ou procédé de production microtechnique	1	C, TP, PR	MIQ, CP
D12	Réaliser et tester des prototypes	2	PR	
D13	Rédiger et communiquer le dossier de définition du produit ou du système de production	2	PR	

E) Industrialiser				
Réf	Description de la compétence	Niveau de compétence	Méthode	Approfondissement dans
E01	Planifier, gérer et optimiser les flux de production, évaluer les coûts associés	1	C	
E02	Définir, choisir et adapter les outils de production	1	C, PR	MIQ, CP, MEC
E03	Gérer, simuler, développer les étapes de production en assurant la qualité	1	C, PR	CPH, MIQ
E04	Maîtriser la maintenance des équipements et des systèmes de production	1	C, PR	MIQ
E05	Estimer les coûts de production selon différentes variantes	1	PR	

F) Produire, exploiter et maintenir				
Réf	Description de la compétence	Niveau de compétence	Méthode	Approfondissement dans
F01	Evaluer et optimiser les flux de substances, d'énergies et d'information en exploitation,	1	C	
F02	Gérer le processus de production, d'exploitation et de maintenance	1	C	
F03	Surveiller, rendre opérationnel et documenter les plans d'expérience	1	C	MIQ
F04	Proposer des mesures d'amélioration de l'exploitation (processus, équipements, etc.)	1	PR	MIQ, PA, CIS
F05	Vérifier la qualité produite	2	C, PR	

G) Recycler				
Réf	Description de la compétence	Niveau de compétence	Méthode	Approfondissement dans
G01	Identifier les composants et matière à recycler	1	C, TP, PR	PA

ANNEXE 3

Profil de formation de la filière Microtechniques de la HES-SO

*Georges Corday, Gianni Fiorucci et Gilles Triscone, le 26 octobre 2005
Haute école Arc ingénierie (ARC), Ecole d'ingénieurs de Genève (EIG),
Haute Ecole d'Ingénieurs et de Gestion du canton de Vaud (HEIG-Vd)*

La Figure 1 indique le profil cadre de la formation Bachelor des Microtechniques sous la forme "Tempel-Grafik" (profil adopté à la Fachschaft Systemtechnik und Mikrotechnik FSYMI, sous-commission de la FTAL) et la Table 1 le programme des études décrit selon le type de description de l'ASIIN ("Accreditation Agency for Study Programs in Engineering, Informatics, Natural Sciences and Mathematics").

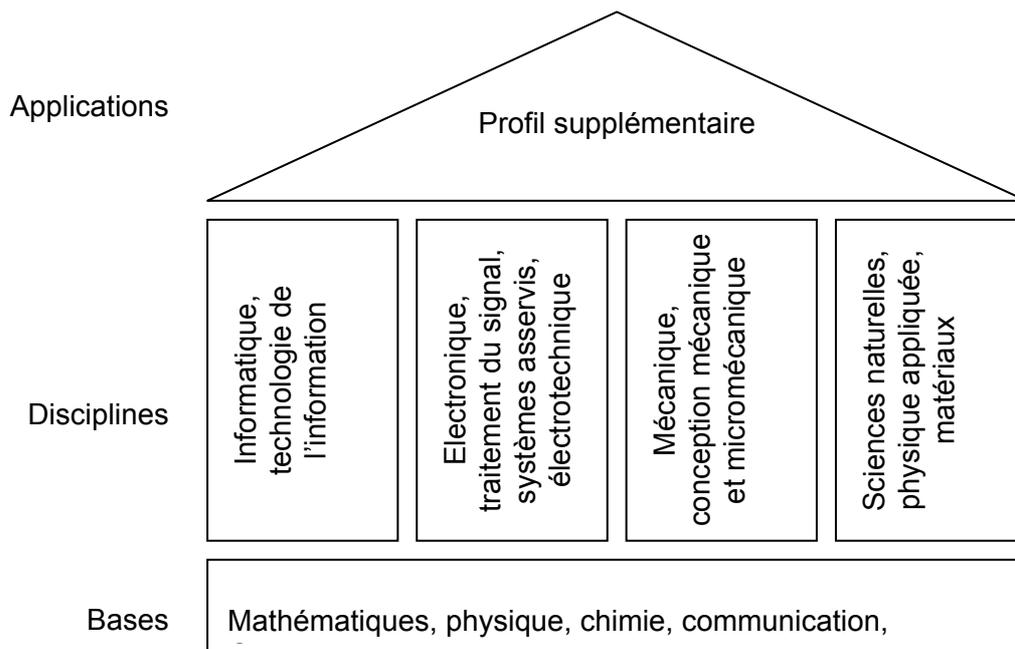


Figure 1: Présentation de la formation Bachelor des Microtechniques sous la forme "Tempel-Grafik" adoptée à la Fachschaft Systemtechnik und Mikrotechnik FSYMI.

Table 1: Programme cadre des études Bachelor en Microtechniques.

Programme cadre des études Bachelor en Microtechniques	ECTS
1 - Bases de mathématiques et de physique Mathématiques, physique et mécanique rationnelle.	35-40
2 - Bases de l'ingénierie et de l'informatique Matériaux et chimie, mécanique appliquée (résistance des matériaux, statique, dynamique), thermodynamique, électricité générale, électronique numérique I (systèmes logiques), électrotechniques, traitement du signal, informatique générale.	35-45
3 - Connaissances professionnelles Mesures et régulation (automatique, systèmes asservis, capteurs), électronique analogique et numériques II, conception mécanique et microtechniques (CAO, éléments microtechniques, etc.), projets.	35-45
4 - Spécialisation et options Selon le choix de l'étudiant: options "Optique, technologies des microsystèmes et des surfaces", "Conception et production horlogère", "Ingénierie de la qualité & gestion de production médicale", "Conception et productique", "Mécatronique", "Physique appliquée", "Microsystèmes", "Conception et ingénierie des surfaces"	30-42
5 - Branches non techniques Communication, langues étrangères, gestion d'entreprise, séminaires	12-18
6 - Travail de Bachelor	12
Total ECTS	180

La structure des études est donnée en Table 2.

Table 2: Structure des études de la filière Bachelor Microtechniques de la HES-SO.

Filière Microtechniques HES-SO	1 ^{ère} année des études	2 ^{ème} année des études	3 ^{ème} année des études
<i>Fréquentation</i>			
Travail encadré	45-50%	40-45%	30-35%
Travail personnel de l'étudiant	55-50%	60-55%	70-65%
<i>Investissement en temps</i>	1800 heures/an	1800 heures/an	1800 heures/an

Le cycle Bachelor peut être suivi à plein temps ou à temps partiel. A temps plein le parcours est réalisable en trois ans, à temps partiel en quatre à six années.

ANNEXE 4

Les différentes options de la filière Microtechniques de la HES-SO

*Georges Corday, Gianni Fiorucci et Gilles Triscone, le 26 octobre 2005
Haute école Arc ingénierie (ARC), Ecole d'ingénieurs de Genève (EIG),
Haute Ecole d'Ingénieurs et de Gestion du canton de Vaud (HEIG-Vd)*

La formation de la filière de Microtechniques de la HES-SO est proposée sur trois sites que sont:

- la Haute école Arc ingénierie - sites Le Locle et Saint-Imier;
- <http://www.he-arc.ch/ingenierie>
- la Haute Ecole d'Ingénieurs et de Gestion du Canton de Vaud (HEIG-Vd) - site d'Yverdon-les-Bains
- <http://www.heig-vd.ch>
- l'Ecole d'ingénieurs de Genève (EIG) - site de Genève
<http://www.eig.unige.ch>

Chaque site propose des options complémentaires qui sont présentées ci-après.

Option "**Microsystèmes, technologies des surfaces, optique**"

Site de la Haute école Arc ingénierie

L'ingénieur HES en Microtechniques, option *Microsystèmes, technologies des surfaces, optique*, est capable:

- de concevoir, réaliser et mettre en œuvre des microsystèmes basés sur des techniques de fabrication utilisées en environnement salle blanche. D'appliquer les méthodes de micro et nanostructuration, de traitement et caractérisation des surfaces;
- d'adopter des approches de conception et de réalisation innovantes en faisant appel aux nouvelles technologies issues de la recherche de pointe dans les domaines des microtechnologies et des nanotechnologies;
- de concevoir des systèmes optiques et micro-optiques en utilisant les outils de conceptions modernes. De caractériser ces mêmes systèmes à l'aide de nouvelles méthodes de mesure.

Pour atteindre ces objectifs, l'ingénieur HES en Microtechniques, option *Microsystèmes, technologies des surfaces, optique*, s'appuie sur les compétences techniques de la spécialité suivantes:

- microtechnique;
- électronique;
- interfaçage de microsystèmes;
- techniques salle blanche, micro-usinage (chimique, laser, etc.);
- technologies des surfaces (CVD, PVD, PECVD);
- Micro-analyse (ellipsométrie; AFM, MEB, WDS, EDS, RBS, ERDA, PIXE);
- optique classique et photonique;
- optoélectronique.

Option "Conception et production horlogère"

Site de la Haute école Arc ingénierie

L'ingénieur HES en Microtechniques, option *Conception et production horlogère*, est capable:

- de concevoir des mouvements mécaniques et électroniques. Concevoir l'habillage de la montre. Concevoir et mettre en œuvre des systèmes de test pour les mouvements mécaniques et électroniques;
- de développer et mettre en œuvre les processus de fabrication et de production de montres ou autres produits horlogers;
- de concevoir et intégrer des cellules de production robotisées pour la production horlogère et microtechnique.

Pour atteindre ces objectifs, l'ingénieur HES en Microtechniques, option *Conception et production horlogère*, s'appuie sur les compétences techniques de la spécialité suivantes:

- microtechnique;
- micromécanique;
- vision industrielle;
- robotique industrielle;
- gestion de production robotique;
- électronique horlogère;
- conception CAO (mouvement et habillage);
- métrologie appliquée aux systèmes horlogers mécaniques et électroniques;
- complications horlogères;
- habillage horloger.

Option "Métrologie et ingénierie de la qualité"

Site de la Haute école Arc ingénierie

L'ingénieur HES en Microtechniques, option *Métrologie et ingénierie de la qualité*, est capable:

- d'identifier les démarches visant à améliorer la rentabilité d'une production. Mettre en œuvre une démarche de maîtrise statistique des procédés en milieu industriel dans le but d'améliorer les processus de production;
- de traduire les attentes d'un client en spécifications techniques. Réaliser et exploiter les plans d'expériences dans le but d'optimiser un procédé ou un produit. Evaluer la fiabilité d'un système;
- de choisir et mettre en œuvre la méthode de contrôle la mieux adaptée. Maîtriser les méthodes de vision industrielle modernes;
- d'appliquer les compétences ci-dessus à la microtechnique et à la production médicale.

Pour atteindre ces objectifs, l'ingénieur HES en Microtechniques, option *Métrologie et ingénierie de la qualité*, s'appuie sur les compétences techniques de la spécialité suivantes:

- microtechnique;
- informatique;
- instrumentation virtuelle;
- systèmes de vision, contrôle non destructif;
- gestion de production et qualité;
- maîtrise statistique des procédés;
- plans d'expériences;
- qualité et business excellence;
- fiabilité;
- nouvelles approches de conception de produit.

Option "Conception et productique"

Site de la Haute Ecole d'Ingénieurs et de Gestion du Canton de Vaud

L'ingénieur HES en Microtechniques, option *Conception et productique*, est capable:

- de concevoir et définir les moyens de production d'appareils et systèmes micromécaniques;
- de développer et mettre au point des appareils produits en grande série;
- de définir et concevoir l'automatisation sur site d'une production en série;
- de prévoir et développer la régulation adaptée aux petits appareils;
- d'appliquer les méthodes de robotisation.

Pour atteindre ces objectifs, l'ingénieur HES en Microtechniques, option *Conception et productique*, s'appuie sur les compétences techniques de la spécialité suivantes:

- conception micromécanique;
- métrologie;
- optique;
- connaissance des matériaux;
- assemblages automatisés;
- simulation et modélisation.

Option "Mécatronique"

Site de la Haute Ecole d'Ingénieurs et de Gestion du Canton de Vaud

L'ingénieur HES en Microtechniques, option *Mécatronique*, est capable:

- d'innover dans le domaine des procédés de mesures;
- de comprendre et appréhender de façon globale les systèmes dynamiques;
- de prévoir le comportement des appareils ou systèmes et de le vérifier expérimentalement;
- de définir les systèmes de commandes pour les installations automatisées et robotisées;
- de mettre en valeur ses compétences dans les domaines de la micromécanique, de l'électronique appliquée et de l'informatique.

Pour atteindre ces objectifs, l'ingénieur HES en Microtechniques, option *Mécatronique*, s'appuie sur les compétences techniques de la spécialité suivantes:

- systèmes de commandes;
- informatique appliquée;
- transducteurs et capteurs;
- métrologie;
- optique;
- simulation et modélisation.

Option "Physique appliquée"

Site de l'Ecole d'ingénieurs de Genève

L'ingénieur HES en Microtechniques, option *Physique appliquée*, est capable:

- de concevoir, réaliser et mettre en œuvre des systèmes de détection et de mesure de grandeurs physiques (métrologie). Cette activité couvre tout l'éventail depuis les capteurs, les transducteurs, le conditionnement, la transmission et le traitement des signaux jusqu'au traitement informatisé des données ainsi que les systèmes

de commandes électroniques d'actuateurs. Cette activité inclut le traitement d'image et la simulation numérique;

- de collaborer avec des milieux professionnels différents (physiciens, chimistes, médecins, etc.) pour fournir l'assistance technique nécessaire à la réalisation de la partie expérimentale de projets de recherche;
- de prendre une part active dans les domaines de la radioprotection, de la production d'énergie nucléaire, du stockage et/ou de retraitement des combustibles nucléaires, de la datation isotopique, de l'imagerie médicale, de l'analyse par activation neutronique ou encore de la médecine nucléaire.

Pour atteindre ces objectifs, l'ingénieur HES en Microtechniques, option *Physique appliquée*, s'appuie sur les compétences techniques de la spécialité suivantes:

- microtechniques;
 - simulation numérique de processus physiques;
 - traitement analogique et numérique du signal;
 - traitement d'image (principalement axé dans le domaine médical);
 - acoustique appliquée;
 - nanosciences (AFM, STM, SEM, etc.);
 - nucléaire appliqué.
-

Option "**Microsystèmes**"

Site de l'Ecole d'ingénieurs de Genève

L'ingénieur HES en Microtechniques, option *Microsystèmes*, est capable:

- de concevoir, réaliser et mettre en œuvre des systèmes de détection et de mesure de grandeurs physiques (capteurs);
- de concevoir la partie électronique et microélectronique pour la détection et le conditionnement des signaux provenant de capteurs ;
- de concevoir des systèmes électroniques analogiques et numériques mettant en œuvre notamment des microprocesseurs et microcontrôleurs avec leur informatique embarquée ;
- de mettre en application de tels dispositifs miniaturisés (microsystèmes) pour assurer le conditionnement, la transmission et le traitement des signaux délivrés par des capteurs et des transducteurs et destinés à la commande d'actuateurs

Pour atteindre ces objectifs, l'ingénieur HES en Microtechniques, option *Microsystèmes*, s'appuie sur les compétences techniques de la spécialité suivantes:

- microtechniques;
 - électronique, microélectronique et optoélectronique;
 - systèmes numériques;
 - algorithmique;
 - traitement analogique et numérique du signal;
 - informatique appliquée;
 - nanosciences (développement de nouveaux outils en nanotechnologie).
-

Option "**Conception et ingénierie des surfaces**"

Site de l'Ecole d'ingénieurs de Genève

L'ingénieur HES en Microtechniques, option *Conception et ingénierie des surfaces*, est capable:

- de concevoir la partie mécanique et micromécanique des microsystèmes et des systèmes embarqués;
- de travailler dans l'habillement horloger (conception de produit, appareillage de test et outillage);

- de choisir des matériaux adéquats pour l'application étudiée;
- de mettre en œuvre des surfaces fonctionnelles (fonctionnalité par les surfaces, traitement des surfaces, caractérisations des surfaces, biocompatibilité, etc.);
- d'utiliser et participer au développement des nouveaux outils en nanotechnologie.

Pour atteindre ces objectifs, l'ingénieur HES en Microtechniques, option *Conception et ingénierie des surfaces*, s'appuie sur les compétences techniques de la spécialité suivantes:

- microtechniques;
- construction horlogère;
- microtechnique horlogère;
- éléments de construction;
- CAO;
- matériaux, résistance des matériaux et ingénierie des surfaces;
- biocompatibilité;
- nanosciences (développement de nouveaux outils en nanotechnologie);
- robotique.

ANNEXE 5

Plan d'études de la filière Microtechniques de la HES-SO

*Georges Corday, Gianni Fiorucci et Gilles Triscone, le 26 octobre 2005
Haute école Arc ingénierie (ARC), Ecole d'ingénieurs de Genève (EIG),
Haute Ecole d'Ingénieurs et de Gestion du canton de Vaud (HEIG-Vd)*

Remarque: le nombres de crédits ECTS des modules seront figés lors de la construction progressives de ces derniers.

1^{er} niveau ou 1^{ère} année d'études HES en Microtechniques¹

Langues et communication - Anglais ou allemand (certification requise pour obtenir les crédits du module (référence pour l'anglais: TOEIC avec un minimum de 600 points) (référence pour l'allemand: TestDaF avec un minimum de 3) - Art de la communication	7-9	ECTS
Bases scientifiques de l'ingénieur I - Mathématiques - Labo de mathématiques - Physique - Labo de physique	11-12	ECTS
Bases scientifiques de l'ingénieur II - Mathématiques - Labo de mathématiques - Physique - Labo de physique	11-12	ECTS
Bases de mécanique de l'ingénieur - Conception CAO - Mécanique industrielle - Eléments de construction	8-10	ECTS
Bases d'électricité et d'informatique de l'ingénieur - Théorie des circuits - Bases d'électronique - Systèmes logiques - Informatique	12-14	ECTS
Projet - Projet multidisciplinaire - Université d'été	7-8	ECTS

¹ Le 1^{er} niveau est obtenu généralement après la 1^{ère} année des études.

2^{ème} niveau ou 2^{ème} année d'études HES en Microtechniques²

Cours *facultatifs* de langue

- Aide à l'obtention de la certification requise pour obtenir les crédits du module Langues et communication de 1^{ère} année.

Matériaux et chimie

11-15 ECTS

- Chimie
- Sciences des matériaux I
- Sciences des matériaux II
- Labo de sciences des matériaux

Bases scientifiques de l'ingénieur III

12-14 ECTS

- Mathématiques
- Labo de Mathématiques
- Physique
- Labo de physique

Bases d'électronique de l'ingénieur

10-12 ECTS

- Electroniques analogique et digitale
- Labo d'électronique analogique et digitale

Bases d'automatique, de réglage et de traitement du signal de l'ingénieur

10-12 ECTS

- Automatique et réglage
- Labo d'automatique
- Traitement du signal

Modules optionnels

13-15 ECTS

A la fin de la 2^{ème} année d'études HES, les étudiants devront choisir leur option qui décidera du site Microtechniques de la HES-SO où ce dernier effectuera sa troisième année d'études.

² Le 2^{ème} niveau est obtenu généralement après la 2^{ème} année des études.

3^{ème} niveau ou 3^{ème} année d'études HES en Microtechniques³

Option "Microsystèmes, technologies des surfaces, optique"	48	ECTS
Option "Conception et production horlogère"	48	ECTS
Option "Métrologie et ingénierie de la qualité"	48	ECTS
Option "Conception et productique"	48	ECTS
Option "Mécatronique"	48	ECTS
Option "Physique appliquée"	48	ECTS
Option "Microsystèmes"	48	ECTS
Option "Conception et ingénierie des surfaces"	48	ECTS
Travail de Bachelor	12	ECTS

Remarque: il s'agit d'un plan d'études cadre, certaines unités d'enseignement se retrouvent dans plusieurs modules à options.

³ Le 3^{ème} niveau est obtenu généralement après la 3^{ème} année des études.

ANNEXE 6

Exemples de fiches descriptives de modules

*Georges Corday, Gianni Fiorucci et Gilles Triscone, le 28 octobre 2005
Haute école Arc ingénierie (ARC), Ecole d'ingénieurs de Genève (EIG),
Ecole d'ingénieurs du canton de Vaud (HEIG-Vd)*

Un exemple d'un *canevas* d'une fiche de module de 1ère année est donné ci-après.

Un exemple d'une fiche de module de 3ème année est donné ci-après.

Les modules vont être créés progressivement durant tout le processus de mise en place de la filière Bachelor Microtechniques.

 Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale	Filière Microtechniques HES-SO Fiche de Module Langues et communication 2 ECTS Code du module:			1ÈRE ANNÉE D'ÉTUDES
	<i>Responsable du module</i> Généraliste	<i>Type de module</i> Obligatoire	<i>Lieu de formation</i> Tous les sites HES-SO	

La description de module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des matières du module. Elle peut être modifiée ou renouvelée d'année en année mais reste inchangée durant l'année académique en cours.

Unité d'Enseignement (UE)	Type	Obligatoire	Option	Semestre d'hiver	Semestre d'été
Code de l'UE:	Cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	TP & Projet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	E-learning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Code de l'UE:	Cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	TP & Projet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	E-learning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Code de l'UE:	Cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	TP & Projet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	E-learning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Code de l'UE:	Cours	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	TP & Projet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	E-learning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Indications en périodes d'enseignement hebdomadaires (45 min.)

Temps total

Enseignement : heures

Travail autonome : heures

Total : heures ce qui équivaut à Crédits ECTS

Indications en heures effectives; le E-learning est comptabilisé dans le travail autonome de l'étudiant-e.

Evaluation des connaissances

Toutes les unités d'enseignement de ce module sont évaluées tout au long de l'année académique (contrôle continu).
L'évaluation du modules porte sur:

-
-
-
-
-

Conditions de réussite du module

Note déterminante du module ≥ 4.0

Calcul de la note déterminante de module: 0% : Code de l'UE [Cours (0%) - TP (0%) - E-learning (0%)]
0% : Code de l'UE [Cours (0%) - TP (0%) - E-learning (0%)]
0% : Code de l'UE [Cours (0%) - TP (0%) - E-learning (0%)]
0% : Code de l'UE [Cours (0%) - TP (0%) - E-learning (0%)]

Toutes les notes sont arrondies au dixième.

Repêchage: examen complémentaire à condition que la note déterminante soit ≥ 3.5 .

Si l'examen complémentaire est réussi, la note déterminante attribuée au module est 4.0.

Si l'examen complémentaire est échoué, le module en son entier doit être répété.

Relations avec le référentiel de compétences de l'ingénieur-e en Microtechniques

Gérer, collaborer et communiquer:

Assurer la veille technologique, se perfectionner:

Clarifier la tâche:

Réaliser la pré-étude:

Concevoir:

Développer:

Industrialiser

Produire, exploiter et maintenir:

Recycler:

Liaisons avec d'autres modules

Préalable requis:

-
-
-

Préparation pour:

- -
 -
-

1. Objectifs et contenu

Nom de l'UE:

Objectifs
.....

Contenu
.....

2. Forme d'enseignement

Le module se compose de :

- XX % de cours théoriques, d'exercices et de séminaires
- XX % de travail en laboratoire
- XX % de travail autonome

Remarque(s):

3. Supports de cours

Les supports de cours sont:

- -
-

4. Bibliographie

- -
-

 Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale	Filière Microtechniques HES-SO Fiche de Module Nucléaire appliqué 13 ECTS				3ÈME ANNÉE D'ÉTUDES
	Code du module: M1				
Responsable du module Gilles Triscone	Type de module Spécialisation	Type de module Obligatoire	Option* PA	Lieu de formation Site de Genève	Version du: 22 / 07 / 2005

*Les options proposées sur les différents sites sont:

- MSO: Microsystèmes, technologies des et des Surfaces, Optique
- CPH: Conception et Production Horlogère
- MIQ: Métrologie et Ingénierie de la Qualité
- CP: Conception et Productique
- MEC: MECatronique
- PA: Physique Appliquée
- MS: MicroSystèmes
- CIS: Conception et Ingénierie des Surfaces

La description de module définit les conditions cadres du déroulement de l'enseignement des matières du module. Elle peut être modifiée ou renouvelée d'année en année mais reste inchangée durant l'année académique en cours.

Unité d'Enseignement (UE)	Type	Obligatoire	Option	Semestre d'hiver	Semestre d'été
Radioprotection Code de l'UE: M101	Cours	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	
	TP & Projet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	E-learning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Métrologie Code de l'UE: M102	Cours	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	
	TP & Projet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	E-learning	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	
Physique nucléaire Code de l'UE: M103	Cours	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	2
	TP & Projet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	2
	E-learning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Chimie nucléaire Code de l'UE: M104	Cours	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	1
	TP & Projet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	1
	E-learning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Indications en périodes d'enseignement hebdomadaires (45 min.)

Temps total

Enseignement : 228 heures

Travail autonome : 162 heures

Total : 390 heures ce qui équivaut à 13 Crédits ECTS

Indications en heures effectives; le E-learning est comptabilisé dans le travail autonome de l'étudiant-e.

Evaluation des connaissances

Toutes les unités d'enseignement de ce module sont évaluées tout au long de l'année académique (contrôle continu).
L'évaluation du modules porte sur:

- Evaluations écrites ou orales
- Rapports écrits de travaux en laboratoire
- Présentations orales
- Travail de révision en fin de module
-

Conditions de réussite du module

Note déterminante du module ≥ 4.0

Calcul de la note déterminante de module:	15% :	M101	[Cours (100%) - TP (0%) - E-learning (0%)]
	10% :	M102	[Cours (50%) - TP (0%) - E-learning (50%)]
	40% :	M103	[Cours (50%) - TP (50%) - E-learning (0%)]
	35% :	M104	[Cours (50%) - TP (50%) - E-learning (0%)]

Toutes les notes sont arrondies au dixième.

Repêchage: examen complémentaire à condition que la note déterminante soit ≥ 3.5

Si l'examen complémentaire est réussi, la note déterminante attribuée au module est 4.0

Si l'examen complémentaire est échoué, le module en son entier doit être répété.

Relation avec le référentiel de compétences de l'ingénieur -e en Microtechniques

Gérer, collaborer et communiquer:	U01 U02 U04 U05
Assurer la veille technologique, se perfectionner:	V01 V02
Clarifier la tâche:	A02 A03 A04
Réaliser la pré-étude:	B01 B03 B04 B06
Concevoir:	C05 C08 C09 C10
Développer:	D03 D06 D07 D12 D13
Industrialiser	E03
Produire, exploiter et maintenir:	F03 F04 F05
Recycler:	G01

Liaisons avec d'autres modules

Préalable requis:

- 2ème année d'études HES
-
-

Préparation pour:

- Travail de Bachelor
- Métier d'ingénieur-e en Microtechniques
-

1. Objectifs et contenu

Nom de l'UE: Radioprotection

Objectifs

A l'issue de cette UE l'étudiant-e comprendra les effets biologiques des rayonnements ionisants sur la matière vivante et l'effet de ces derniers sur l'organisme. Il-elle saura mettre en oeuvre la radioprotection opérationnelle en utilisant ces principes comme celui de justification et celui d'optimisation (ALARA: "As Low As Reasonably Achievable").

Remarque: ce cours peut être suivi par tous les étudiant-e-s intéressé-e-s par la radioprotection.

Contenu

Notions fondamentales de radioactivité.

Désintégrations β^- , β^+ , α , capture électronique, émission γ , conversion interne.

Interaction des rayonnements avec la matière.

Action biologique des radiations.

Radioprotection.

Quantification du risque en radioprotection, notion de dose équivalente, notion de détriment.

Principes de radioprotection.

Grandeurs fondamentales.

Grandeurs dosimétriques opérationnelles.

Grandeurs d'appréciation, limites secondaires et valeurs directrices.

Dosimétrie.

Limites de dose.

Loi sur la radioprotection (LRaP).

Utilisation de l'Ordonnance Fédérale sur la Radioprotection (ORaP).

Ordonnance sur la dosimétrie individuelle.

Nom de l'UE: Métrologie

Objectifs

A l'issue de cette UE l'étudiant-e comprendra ce qu'est la métrologie. Il-elle sera capable de quantifier les incertitudes de type A et B, de calculer la propagation des incertitudes et déterminer le budget d'incertitude. Il-elle comprendra comment affiner des données expérimentales à l'aide d'une fonctionnelle mathématique et sera capable d'utiliser des logiciels adaptés à ce type de calcul.

Contenu

Introduction à la métrologie

Qu'est-ce que la métrologie ?

Qu'est-ce que mesurer ?

Qu'est-ce que la traçabilité ?

Qu'est-ce qu'une incertitude de mesure ?

Qu'est-ce que l'accréditation ?

Importance de l'incertitude.

Principes de base.

Calcul de l'incertitude.

Deux types d'incertitude: type A et type B.

Evaluation de l'incertitude.

Distribution de mesures indépendantes.

Détermination d'une incertitude standard combinée.

Méthode des moindres carrés.

Distribution statistique du χ -carré (χ^2).

Régression linéaire.

Affinement de données à l'aide d'une fonction quelconque.

Appendice: l'approche Bayésienne.

Nom de l'UE: Physique nucléaire

Objectifs

A l'issue de cette UE l'étudiant-e comprendra ce qu'est la physique nucléaire dans le domaine de la radioactivité. Il-elle sera capable de calculer l'évolution temporelle de l'activité d'une filiation radioactive, de lire un schéma de désintégration et de mettre en oeuvre une stratégie de mesure permettant de déterminer l'activité des divers isotopes. Il-elle sera capable de déterminer les limites de détection d'un système de mesure.

Il-elle comprendra ce qu'est la physique nucléaire dans le domaine de la neutronique et dans le domaine des réacteurs à fission. Il-elle sera capable de calculer l'activation de matériaux et l'évolution temporelle du flux neutronique d'un réacteur à fission de géométrie simple.

Contenu

La radioactivité.

Activité, loi de décroissance radioactive, filiation, datation, etc.

Désintégrations β^- , β^+ , α , capture électronique, émission γ , conversion interne.

Schémas de désintégration.

Interactions des rayonnements avec la matière.

Intégrations avec des particules chargées.

Intégrations avec des particules non chargées.

Méthodes de détections, statistiques associées, analyse du signal.

Fonctionnement et utilisation des différents détecteurs.

Limites de détection.

Eléments de neutronique.

Activation.

Fission; exemple de l'uranium-235.

Cinétique des milieux multiplicateurs (réacteurs). Criticité, réactivité, équation de Nordheim.

Antiréactivité, empoisonnement.

Diffusion neutronique. Buckling factor, condition de criticité. Applications simples.

Milieu purement diffuseur, réflexion neutronique.

Sécurité des réacteurs.

Philosophie de la sécurité.

Nom de l'UE: Chimie nucléaire

Objectifs

A l'issue de cette UE l'étudiant-e comprendra ce qu'est la chimie nucléaire; en particulier dans le cycle du combustible des réacteurs à eau légère, dans la préparation d'échantillons à mesurer et dans le marquage de molécules. Il-elle sera capable de travailler dans un laboratoire de chimie de type B au sens de la loi sur la radioprotection. Il-elle sera familière à toutes sortes de manipulations chimiques comme par exemple celles permettant d'effectuer des séparations d'éléments et celles utilisées dans la préparation d'échantillons pour des mesures de types β , α , γ . Il-elle sera compétente dans diverses méthodes d'analyses physico-chimiques.

Contenu

Rappel de chimie.

Eléments, nomenclature, formules, réactions et équilibres chimiques, oxydo-réduction et couple acide-base, stoechiométrie, concentration (définition de la molarité et de la normalité).

Rappel de physique.

Radioactivités naturelle et artificielle, activité, schéma de désintégration et équilibres radioactifs.

Procédés physico-chimiques de séparation.

Précipitation, décantation, filtration et centrifugation, distillation, échange d'ions, extractions solide-liquide et liquide-liquide.

Cycle du combustible des réacteurs à eau légère.

Minerais, concentration, conversion, enrichissement, fabrication, retraitement et élimination des déchets.

2. Forme d'enseignement

Le module se compose de :

- 34 % de cours théoriques, d'exercices et de séminaires
 - 24% de travail en laboratoire
 - 42 % de travail autonome
-

Remarque(s): des visites de sites nucléaires sont organisées durant l'année académique (par exemple: CERN, PSI, centrales, sites de retraitement du combustible, etc.).

3. Supports de cours

Les supports de cours sont:

- Radioprotection, G. Triscone
 - Loi sur la radioprotection; http://www.admin.ch/ch/f/rs/c814_50.html
 - Ordonnance Fédérale sur la Radioprotection (ORaP); http://www.admin.ch/ch/f/rs/c814_501.html
 - Ordonnance sur la dosimétrie individuelle; http://www.admin.ch/ch/f/rs/c814_501_43.html
 - Métrologie, G. Triscone
 - Eléments de physique nucléaire, G. Triscone
 - Eléments de chimie nucléaire, F. Jaquenod
-

4. Bibliographie

- Biophysique, André Aurengo, Thierry Petitclerc, François Grémy, Médecine-Sciences Flammarion, 1997, ISBN 2-257-10594-X.
 - Abrégé de biophysique des radiations, Guelfo G. Poretti, Presses polytechniques romandes, 1988, ISBN: 2-88074-154-8.
 - Guide to the expression of uncertainty in measurement, 1995, International Organization for Standardization, Case postale 56, 1211 Genève 20, Switzerland, ISBN: 92-67-10188-9.
 - The Feynman Lectures on Physics, Addison-Wesley Publishing Co., 1963.
 - Noyaux, particules. Réacteurs nucléaires, D.Blanc, Masson & Cie, 1987, ISBN 2-225-81057-5.
 - Physique nucléaire, D. Blanc, Masson & Cie, 1974, ISBN 2-225-37818-5.
 - Introduction au génie nucléaire, Jacques Ligou, Presses polytechniques et universitaires romande, 1997, ISBN: 2-88074-312-5.
 - Radiation Detection and Measurement, 3rd Edition, Glenn F. Knoll, Univ. of Michigan, Ann Arbor, 2000, ISBN: 0-471-07338-5
 - Gamma- and X-Ray Spectrometry with Semiconductor Detectors, K. Debertin and R.G. Helmer, North Holland Publishing, 1988, ISBN 0-444-871071.
 - Les Techniques de l'ingénieur, Génie Nucléaire.
-