



HAL
open science

Un exemple de restructuration de l'enseignement d'ingénierie en électronique

Anne-Marie Jolly, Christophe Léger, Jean-Yves Cadorel

► **To cite this version:**

Anne-Marie Jolly, Christophe Léger, Jean-Yves Cadorel. Un exemple de restructuration de l'enseignement d'ingénierie en électronique. QPES 2013 (Questions de pédagogie dans l'enseignement supérieur), Jun 2013, Sherbrooke, Canada. pp.1-10. hal-00837636

HAL Id: hal-00837636

<https://hal.science/hal-00837636>

Submitted on 23 Jun 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UN EXEMPLE DE RESTRUCTURATION DE L'ENSEIGNEMENT D'INGENIERIE EN ELECTRONIQUE

Anne-Marie Jolly, Jean-Yves Cadorel, Christophe Léger

Polytech Orléans, Laboratoire Prisme, Orléans, France

Christophe.leger@univ-orleans.fr

Résumé

L'électronique, après avoir été une discipline très prisée par les étudiants, est maintenant l'une des matières d'ingénierie qui les attire le moins. Cela a amené Polytech Orléans à réfléchir à une pédagogie plus adaptée aux étudiants actuels: ce sont le contexte complexe et les modalités de cette réforme: réorganisation et pédagogie par projets qui sont présentés dans l'article.

Mots-clés

Ingénieur en électronique, pédagogie par projets, parcours professionnalisant, curriculum.

I. INTRODUCTION

En France, dès les années 90, les filières universitaires d'études en Electronique, Electrotechnique Automatique, ont vu leurs effectifs décroître très rapidement alors même que les besoins en spécialistes dans ce domaine demeuraient très importants. Des campagnes de communication menées conjointement par les enseignants du domaine et le syndicat professionnel de cette branche, visant à montrer l'importance de l'électronique dans le monde socio économique n'ont eu qu'un effet très modéré. Puis cette tendance à la désaffection a touché les formations d'ingénieurs dans le domaine. Dans le cas de Polytech Orléans qui diplômait des ingénieurs dans ce domaine, il était alors clair que la réflexion sur l'attractivité de ces filières devait également porter sur leur renouvellement pédagogique en profondeur, dans une démarche englobant équipe de direction, enseignants, étudiants et partenaires d'entreprises.

Le choix d' une filière d'étude à Bac+2 est complexe: il dépend bien sûr de la personnalité de l'étudiant, mais aussi des stéréotypes conscients et inconscients véhiculés dans la sphère familiale, de l'information trouvée dans les medias spécialisés ou non, et l'effet bouche à oreille est très important pour une formation où , comme à Polytech Orléans, on choisit sa spécialité après deux ans de tronc

commun et où les étudiants déjà dans la spécialité côtoient dans les activités de vie étudiante les étudiants de tronc commun.

Réformer en profondeur avec un ensemble d'enseignants qui sont les mêmes qu'avant n'est pas une mince affaire et même si les revues de recherche en éducation soulignent l'importance de la pédagogie par projet en Ingénierie, la faire adopter sans problèmes par les enseignants dont le rôle va de ce fait évoluer n'est pas chose aisée, d'autant que le bénéfice escompté ne pourra se prouver qu'au terme de plusieurs années de fonctionnement.

On peut également se demander pourquoi la réflexion sur la réforme n'a pu se mettre en route qu'une fois les effectifs devenus dramatiquement bas: il s'avère que l'effet de la décroissance des étudiants sur le confort du corps enseignant résulte d'un effet de seuil: moins d'étudiants génère moins de travail et plus de temps pour la recherche, mais insuffisamment d'étudiants signifie la fermeture de la formation et une réaffectation totale des équipes et la nécessité de se former alors pour de nouveaux enseignements.

II. CONTEXTE

Polytech Orléans forme depuis 1992 des ingénieurs dans le domaine de l'Electronique-Optique, cette formation dure 3 ans et permet de délivrer un titre d'Ingénieur Diplômé conférant le grade de Master; les étudiants recrutés dans cette formation le sont à l'heure actuelle majoritairement à la sortie d'un cycle préparatoire intégré commun aux treize écoles du réseau Polytech, il est donc important de souligner qu'il ne s'agit pas d'un concours, la sélection ayant eu lieu au niveau du baccalauréat sur un concours. L'entrée dans la spécialité Electronique Optique résulte d'un processus d'affectation prenant en compte les vœux de l'étudiant et ses notes de contrôle continu pendant les deux années de cycle préparatoire intégré. A ce niveau du processus, les spécialités Génie civil étant les plus demandées au niveau des écoles d'ingénieurs en France, c'est surtout le processus vœux de l'étudiant qui a un effet déterminant sur l'affectation. Entre 2005 et 2008, le nombre d'élèves de la spécialité à Orléans a été divisé par 2.

La désaffectation des étudiants pour les filières scientifiques et particulièrement l'électronique a été très étudiée [Becker,2010], [Holvikivi, 2007] et a fait l'objet de nombreux projets européens EUGENE [Dimopoulos, 2011], ATTRACT [Rintala, 2011], il est fondamental de prendre connaissance de ces études et de leurs résultats, néanmoins chaque cas reste spécifique et il ne faut pas espérer, compte tenu de la complexité du problème, trouver une solution toute faite adaptée à son propre cas c'est souvent la conjugaison des solutions, qui permet une amélioration significative.

La France est depuis quelques années dans une démarche de rassemblement d'établissements de formation d'ingénieurs pour créer des ensembles de taille comparable à ceux que l'on rencontre sur d'autres continents: c'est un facteur important à prendre en compte dans la réflexion concernant Polytech Orléans: avant 2002, la spécialité Electronique Optique était une école indépendante l'ESPEO avec

des pratiques pédagogiques parfois pionnières, un recrutement atypique à Bac+1: le regroupement avec l'ESEM en 2002 pour former Polytech Orléans a, de façon contradictoire, dilué l'identité des formations et standardisé le processus pédagogique, créant un état d'esprit particulier parmi le corps enseignant: lassitude face aux réformes menant de ce fait à un renouvellement très marginal des enseignements de la spécialité depuis 2002, conjuguée à une conviction enfouie dans l'inconscient du bien fondé de pratiques pédagogiques innovantes puisque la pédagogie par projet se pratiquait à l'ESPEO avant la réforme!

Le contexte spécifique à l'électronique est également complexe dans l'imaginaire collectif en France: les visions sociétales défaitistes liés à la délocalisation de la production électronique dans les pays asiatiques ayant entraîné des pertes d'emploi en France ne prennent pas en compte le fait qu'il ne s'agissait souvent pas d'emplois cadre; parallèlement, l'embauche des ingénieurs en électronique se passe bien et résiste même à la crise actuelle [IESF, 2012]: c'est le seul domaine où le salaire d'emploi des ingénieurs débutant est le même quelque soit le genre, les entreprises étant dans une démarche effrénée de recherche de compétences dans ce domaine [Mutationnelles, 2012]. En 2008, au plus profond de la crise de recrutement dans la spécialité à Polytech Orléans, 80% des ingénieurs étaient embauchés sous 2 mois et le salaire médian d'embauche progressait de 10% chaque année.

Un autre point de vue à ne pas négliger lorsque l'on parle de ces formations est l'effet pervers de la communication universitaire orchestrée dans ces domaines dans les années 80 et vécue par les parents des étudiants actuels: "seuls les meilleurs peuvent réussir", "il s'agit d'une formation destinée à l'élite des étudiants", "il faut un très bon niveau en mathématiques". On rencontre donc dans ce domaine une appréhension où coexistent deux idées aussi fausses l'une que l'autre: "c'est très appliqué, il faut faire de la soudure", et également "c'est très difficile, il faut être excellent en mathématiques"; repoussant les étudiants aspirant à l'utilité de ce qu'ils vont apprendre ou n'ayant pas suffisamment confiance en eux-mêmes.

III. PISTES D'EVOLUTION

III.1 Méthodologie de travail

Le cahier des charges proposé en Novembre 2008 par la direction de Polytech Orléans au département Electronique Optique comportait 3 volets :

1. améliorer l'attractivité de la formation en Electronique Optique
2. répertorier les compétences des ingénieurs formés
3. mettre en place une évolution pédagogique incluant des évolutions de contenus et d'organisation permettant d'arriver aux objectifs

L'enjeu de taille était de faire adhérer le corps enseignant en préservant ou en restaurant l'enthousiasme des équipes pédagogique dont les études menées par les

spécialistes de l'ingénierie de formation ont montré qu'il était l'un des ingrédients essentiels de l'apprentissage.

Un groupe de travail a été constitué comportant responsables du département et des options de la spécialité, enseignant de SHS de l'école dans le domaine Management et RH, enseignant de statut mixte entreprise école dans le domaine de l'électronique, directeur des relations entreprises de l'école. Le choix de ne pas faire intervenir directement un représentant entreprise es qualité a été fait afin de ne pas allumer les susceptibilités des équipes pédagogiques par un questionnement pouvant être vu comme mettant en cause leur capacité de sachant concernant leur discipline.

Cette commission s'est réunie 9 fois pour préparer la rentrée 2009, puis, 6 fois pour ajuster la réforme compte tenu de cette rentrée et préparer la rentrée 2010, 1 fois pour étudier l'évolution et préparer la rentrée 2011. Sur les aspects concernant le "Marketing de la formation", les travaux ont été testés grâce à deux enquêtes réalisées auprès des élèves de 1ère et 2ème année du Cycle Initial, des visiteurs candidats au recrutement lors de la Journée Portes Ouvertes du 14 Février 2009.

L'insertion professionnelle des ingénieurs en 2008 indiquait que, globalement, la formation correspondait aux attentes de l'entreprise, il s'agissait donc moins de modifier le contenu de la formation en profondeur que de la faire évoluer pour anticiper les nouveaux métiers relatifs au champ disciplinaire.



Figure 1 : Structure de la spécialité en 2008

En 2008, la structuration de la formation Electronique Optique (fig. 1) est dichotomique, avec un découpage disciplinaire en filières entre l'électronique et l'optique ces filières se décomposant elles même en dernière année en deux options selon des considérations de champs d'application. Ce type de structure, rationnelle par rapport aux intérêts scientifiques, se révèle à l'heure actuelle peu adapté aux attentes des jeunes, dans la mesure où c'est en troisième année que se déroulaient les enseignements spécifiques de base dont l'intérêt ne se révélait qu'après avoir parcouru l'arborescence des options: la pratique de disciplines ou connaissances

scientifiques doit s'effacer rapidement au profit d'un logique métier qui donne du sens aux apprentissages. D'ailleurs, le nom de la spécialité lui-même souffre des mêmes inconvénients.

Les discussions avec les étudiants nous ont également montré que les critères considérés importants par l'école comme la haute technicité ne correspondent plus à ceux de jeunes qui privilégient en premier lieu l'intérêt personnel et sociétal de leur future profession.

La formation organisée en modules de 56 heures conduisait à une atomisation et un cloisonnement des enseignements: les étudiants éprouvaient des difficultés à établir un lien entre modules: cet aspect se conjugait avec l'absence de référence à un objectif applicatif immédiat: l'apprentissage des connaissances de base en première année de la spécialité se révélait ardue et devait parfois être réitéré au moment où le module concernant son application était enseigné car les étudiants ne se souvenaient plus qu'ils avaient déjà vu cette notion!

III.2 Affichage de la spécialité

La communication au sujet de la spécialité reposait sur un affichage disciplinaire, accessible quasi exclusivement à des spécialistes, Il a donc été nécessaire de modifier cette approche pour raisonner en secteurs d'activités et susciter l'envie des candidats en les faisant davantage "rêver". Cela peut se faire en expliquant comment les études en électronique peuvent donner un sens à la vie des ingénieurs qu'elles préparent, et dans quelle mesure, elles augmentent la valeur ajoutée que l'ingénieur peut apporter à la société par l'exercice de son métier.

Après examen des compétences acquises, les secteurs auquel prépare la spécialité EO peuvent être synthétisés en 3 profils (fig.2) dont les titres, d'après les enquêtes menées, parlent aux étudiants.

Ces 3 profils concernent des notions transversales: développement durable, économies d'énergie, contrôle qualité, innovation. Le profil de chaque élève sera déterminé en partie par les enseignements suivis en dernière année, mais surtout par les projets choisis et réalisés dans les enseignements pendant les 3 années de la formation ainsi que par les stages.



Figure 2 : Profils de la nouvelle spécialité

Le nom de la spécialité lui-même met en valeur ces profils. En effet même si pour l'organisme d'accréditation cette spécialité est toujours Electronique Optique, dans la communication c'est le nom Ecotechnologies Electroniques et Optiques qui est désormais employé.

III.3 Démarche projet

Il serait vain de limiter l'évolution de la formation à des aspects de marketing ou d'affichage, il était nécessaire par ailleurs de redynamiser l'enseignement. Cette dynamisation allant jusqu'à la remise en cause du rôle habituel des enseignants.

Pour les 3 années de la spécialité, la commission de réforme, dont de nombreux membres avaient antérieurement pratiqué la pédagogie par projets, décida de mettre en œuvre une approche d'enseignement inductif par projet: la réalisation du projet justifie aux yeux des étudiants l'enseignement qui est donné. A partir d'un problème donné (préférentiellement en provenance de l'entreprise ou du laboratoire), qui sert de fil conducteur, les connaissances scientifiques nécessaires à la résolution du problème sont acquises au fur et à mesure des besoins.

Ce choix pédagogique amène à renoncer aux enseignements communs à l'ensemble des spécialités de l'école puisque dès le début du cycle ingénieur, la formation débute selon les modalités projet propres aux enseignements de la spécialité. Il s'agit d'une réelle innovation car, même si le projet est avec le stage, l'élément de base des études d'ingénierie en France, très souvent ces projets techniques démarrent dans les 2 dernières années de formation, des projets associatifs ou de créativité existant seuls en première année de cycle ingénieur.

Chaque projet dure 50 heures en 3ème et 4ème année, en présence d'enseignants, il peut être réalisé en monôme, binôme ou trinôme; certains projets peuvent se poursuivre sur des thématiques différentes d'une unité d'enseignement à l'autre. Ces projets sont aussi l'occasion d'appliquer les enseignements de SHS et plus spécifiquement ceux de gestion de projet et de langues étrangères.

Chaque projet est étiqueté avec un des 3 profils de la spécialité et un portfolio de projet, référentiel de compétences, est le document de suivi conservé par l'élève. Il suit chaque étudiant qui le fait compléter par l'enseignant de chaque projet durant la formation, cela permet d'indiquer et mesurer l'évolution des compétences acquises dans les domaines:

Etablir un devis, Planifier, Conduire un projet, Réaliser un projet, Animer, Encadrer, Communiquer, Vivre ensemble.

Chacun des items du domaine est lui-même subdivisé en 4 à 15 sous items, le plus grand nombre de sous items correspondant à la réalisation du projet.

L'évaluation des projets est menée selon les angles du travail, du rapport (forme et contenu) et de la soutenance chacun étant noté sur 20 par rapport à 9 items de poids différents évalués à partir d'échelles.

Les éléments du portfolio et les items d'évaluation ont été établis en concertation entre les enseignants de la spécialité afin d'être sûr qu'ils utiliseraient ces outils et ne resteraient pas sur une vision globale et parfois a priori du travail et du comportement d'un étudiant.

III.4 Structure de la spécialité

En 2008, la structure de la spécialité était dichotomique, dans la nouvelle structure (fig.3), tous les étudiants suivent la même formation pendant deux ans. Les modules ont été regroupés en Unités d'Enseignement (UE) concentrées dans le temps, à raison de 2 UE de 7 semaines par semestres. Cette organisation renforce la cohérence des enseignements même si elle rend plus complexe la gestion administrative des enseignements, de plus il devient possible de valoriser immédiatement dans un stage les compétences acquises dans un domaine donné et d'ouvrir les enseignements aux salariés en formation continue.

Parcours métiers		Photonique	Vision embarquée	Ingénierie plasma	Architectures autonomes
5ème année	S10b	Stage 17 semaines mini	Stage 17 semaines mini	Stage 17 semaines mini	Stage 17 semaines mini
	S10a	Projet 8 semaines	Projet 8 semaines	Projet 8 semaines	Projet 8 semaines
	S9b	UE procédés lasers	UE imagerie opérationnelle	UE procédés plasmas	UE design matériel
	S9a	UE systèmes optiques	UE informatique ambiante	UE sources plasmas	UE traitements numériques
4ème année	S8b	UE lasers			
	S8a	UE imagerie industrielle			
	S7b	UE micro et nano technologies			
	S7a	UE informatique			
3ème année	S6b	UE domotique			
	S6a	UE éclairage			
	S5b	UE multimédia			
	S5a	UE outils de l'ingénieur			

Figure 3 : Nouvelles spécialités

Dans chaque UE, l'approche projet est systématique, la visibilité des objectifs pédagogique est plus importante et il est possible de valider des compétences claires. A chaque UE sont associées entre 4 et 6 compétences majeures, en leur affectant un niveau choisi parmi les trois degrés (maîtrise méthodologique, maîtrise d'outil, information et expression).

Les enseignements de 3ème année (outils de l'ingénieur, multimédia, éclairage, domotique) correspondent à une approche système: au terme de l'UE éclairage, les étudiants sont capables de mener à bien un projet de gestion intelligente d'éclairage par assemblage pertinent de fonctions disponibles "sur étagère". En 3ème année, les étudiants choisissent l'un des quatre parcours métiers.

Chaque UE se compose d'un projet, de périodes d'enseignement en autonomie, de formation pratique, de séquences d'autoformation, de formation à distance et de formation théorique. En 3ème et 4ème année, la durée de chaque UE scientifique est de 200 heures dont 150 se font en présence d'un enseignant. 100 heures correspondant à des activités en présentiel de type cours ou exercice ou chat ou autoévaluation ou Wiki et 50 heures étant du projet en groupe de 16 élèves. Les 50 heures restantes sont des PEA. Les objectifs des périodes d'enseignement en autonomie (PEA) sont multiples :

- rappeler aux élèves la nécessité de fournir un travail personnel sans la présence des enseignants
- faire acquérir aux élèves les méthodes de travail des entreprises
- développer l'autonomie des élèves
- accompagner le travail sans enseignant.
- inciter les enseignants à guider les élèves pour le travail qu'ils fournissent hors des périodes d'enseignement en présentiel (notamment en troisième année lorsqu'ils arrivent dans la spécialité)

Les PEA sont des périodes inscrites dans l'emploi du temps dans une salle de l'école. Un enseignant responsable est indiqué pour chaque période. Avant la PEA, le travail est identifié. Il est validé une fois la période écoulée (par QCM, exposé, devoir à rendre, etc.). Les PEA sont l'occasion de développer l'utilisation des TIC dans la formation (notamment la plateforme pédagogique utilisée à Polytech). Enfin, le travail demandé aux élèves hors PEA est probablement limité (les PEA permettent aux enseignants de prendre conscience du travail réellement demandé aux élèves).

En 5ème année, chaque UE dure 175 heures dont 50 heures de PEA et les projets d'une durée de 200 heures ont lieu sur une période bloquée après les UE.

La mise en place de la nouvelle structuration s'est faite année par année permettant de rétroagir rapidement au cas où des éléments non prévus en commission de réforme adviendraient lors de la mise en pratique sur le terrain; sur certains types d'enseignements comme le multimédia il fallait également convaincre l'ensemble du corps enseignant que les compétences seraient réellement atteignables et que la spécialité continuerait réellement de former au niveau master.

IV. RESULTATS

La figure 4 montre que du point de vue de l'attractivité le système a atteint ses objectifs. La mise en œuvre a maintenant été effectuée sur l'ensemble du cycle de formation.

L'année 2009-2010 n'a pas été simple dans la mesure où simultanément, les entreprises qui embauchaient traditionnellement les ingénieurs sortis de la spécialité redoutaient une baisse de niveau liée à la réorganisation des études et où les enseignants devaient remettre en cause leurs enseignements pour s'intégrer dans le dispositif projet.

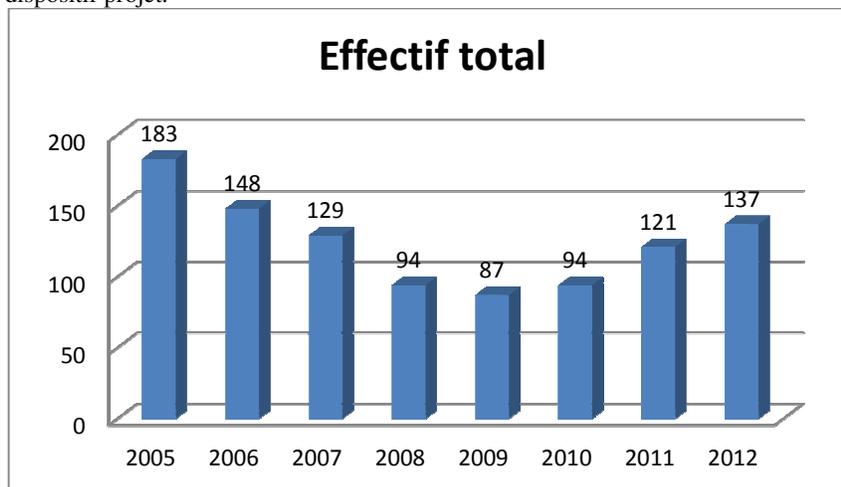


Figure 4 : Evolution des effectifs

Il s'avère qu'au terme des 3 ans, le produit ingénieur EO reste très recherché par les entreprises et que la mise en chantier progressive des 3 années de pédagogie par projet s'est effectuée sans inconvénients majeur avec des améliorations tangibles pour le recrutement.

Néanmoins, même si la littérature sur la pédagogie par projet était disponible pour tous les enseignants et si le projet est une brique de base de la formation de l'ingénieur depuis de nombreuses années, une formation méthodologique sur ce type de pédagogie, à l'instar de celle qui a été effectuée pour le PBL, aurait sans doute limité la difficulté à convaincre certains enseignants. Elle n'a pas été menée pour des raisons financières et compte tenu de la difficulté à réunir le corps enseignant sur un créneau commun compte tenu des contraintes recherche.

Les programmes détaillés peuvent être consultés sur le site de l'Université d'Orléans [Polytech]

V. CONCLUSION

La mise en place de la réforme des études en Electronique à Polytech Orléans a nécessité comme pour une démarche qualité soutien de la direction et adhésion de la base. Cette expérience amène actuellement d'autres spécialités de l'école à se poser des questions du même ordre. Néanmoins elle ne veut être qu'un exemple, les caractéristiques sociologique de la population des enseignants et des étudiants potentiels rendant toute systématisation délicate même dans un champs de discipline identique, l'intérêt de cette présentation est de l'ordre de l'échange de bonnes pratiques les ingrédients de base pouvant être combinés différemment. D'autres études sur la même problématique on d'ailleurs porté d'avantage sur le champ disciplinaire lui-même [Hrad, 2010], [Brejcha, 2012].

L'effort de Polytech Orléans sur cette spécialité vise maintenant à y attirer un pourcentage plus important de jeunes femmes. Par ailleurs, dans les autres spécialités telles "Mécanique Energétique" une approche par projet du même style a été initiée.

RÉFÉRENCES

- Becker, F.S. (2010). Why don't young people want to become engineers? Rational reasons for disappointing decisions, *European Journal of Engineering Education*, Vol. 35, No. 4, August 2010, 349–366, Taylor and Francis
- Brejcha, P. Bener, R. Kramer, M. (2012). Increasing the attractivity of Embedded system courses, 2012 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2012), Marrakech, 17-20 April 2012, pp933-942
- Dimopoulos, C., Katzis, K., Hawwash, K. (2011). Attracting students to engineering education studies: a survey of practices, *Lisbon Congress SEFI (WEE)*, September 2011
- Holvikivi, J. (2007). Learning styles in engineering education: the quest to improve didactic practices, *European Journal of Engineering Education*, Vol 32, n°4, August 2007, pp401-408, Taylor and Francis
- Hrad, J., Zeman, T. (2010). Increasing the attractiveness of Engineering Education in the area of Electronic Communication, *Electronics and Electrical Engineering*, Kaunas: *Teknologija*, 2010, n°6(102), pp79-82
- IESF, 23ème Enquête des Ingénieurs et Scientifiques de France, 2012, [cnisf.org](http://www.cnisf.org)
- Mutationnelles (2012), *Global Contact*, Octobre 2012, http://www.cnisf.org/upload/pdf/mutationnelles_2012vf.pdf, Polytech, www.univ-orleans/Polytech
- Rintala, U., Anderson, S., Kairamo, A.K. (2011). How to retain students in higher engineering education? Findings of the ATTRACT project, *Lisbon Congress SEFI (WEE)*, September 2011