



HAL
open science

Verdir un programme d'enseignement en Réseaux de Télécommunications : marketing ou véritable enjeu scientifique et professionnel

Francis Lepage, Eric Rondeau, Jean-Philippe Georges, Thierry Divoux

► To cite this version:

Francis Lepage, Eric Rondeau, Jean-Philippe Georges, Thierry Divoux. Verdir un programme d'enseignement en Réseaux de Télécommunications : marketing ou véritable enjeu scientifique et professionnel. 12ème Colloque Enseignement des Technologies de l'Information et des Systèmes, CETSIS 2017, May 2017, Le Mans, France. hal-01677738

HAL Id: hal-01677738

<https://hal.science/hal-01677738v1>

Submitted on 8 Jan 2018

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.

Verdir un programme d'enseignement en Réseaux de Télécommunications : marketing ou véritable enjeu scientifique et professionnel

Francis Lepage, Eric Rondeau, Jean-Philippe Georges, Thierry Divoux
francis.lepage@univ-lorraine.fr
Université de Lorraine, CRAN, UMR 7039
Campus Sciences, BP 70239, Vandœuvre-les-Nancy Cedex, 54506, France.
CNRS, CRAN, UMR 7039, France

RESUME : Depuis 8 ans une équipe d'enseignants-chercheurs de l'Université de Lorraine a décidé d'introduire significativement le développement durable dans les programmes de certains cursus à dominante « réseaux de télécommunications ». Trois cursus sont concernés, l'un est le DUT « Réseaux et Télécommunications » et les deux autres sont des Masters en particulier un Master Erasmus Mundus obtenu en se démarquant des enseignements traditionnels du domaine. Cette approche a nécessité d'approfondir le contenu scientifique et a modifié les sujets de recherche des personnes impliquées. Elle a permis d'attirer des étudiant(e)s en rendant plus humain un domaine du numérique réputé froid et matérialiste. L'évaluation de ces nouveaux programmes est réalisée par des enquêtes auprès des étudiants pendant leurs études, par des enquêtes sur le devenir des diplômés, par des enquêtes auprès d'industriels employeurs et par des comparaisons de flux d'étudiants. Cette évaluation est très positive et conduit à poursuivre dans cette voie.

Mots clés : attractivité des programmes, réseaux de télécommunications, TIC, green IT, développement durable.

1 INTRODUCTION

Notre monde doit faire face à d'énormes défis relatifs au changement de climat, à la raréfaction de certaines ressources et à des mouvements migratoires liés aux guerres et aux déséquilibres économiques. Pour les relever, l'ONU a lancé une action concertée lors du sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992, appelée Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), ratifiée par un nombre croissant d'états, 195 en 2015. C'est dans ce cadre que sont organisées les Conférences des Parties dont la COP 21 à Paris en 2015. Parmi les pistes d'évolution favorable, les technologies de l'information et de la communication (TIC) sont reconnues comme importantes pour contribuer au développement durable. Par exemple, les rapports SMART 2020, SMARTer 2020 et SMARTer 2030 [1] recommandent le déploiement intensif des TIC tant pour améliorer la surveillance de l'environnement et des activités humaines que pour déployer des systèmes de commande et de contrôle qui réduisent les émissions de gaz et de particules, les déchets, les problèmes d'approvisionnement et de qualité des aliments et la consommation énergétique. Inversement un autre aspect des TIC est leur impact direct sur les trois piliers du développement durable. Le même rapport SMART 2020 dresse un bilan sur l'empreinte carbone induit par l'informatique et les réseaux et son évolution d'ici 2020. Le bilan carbone d'envoi d'un message électronique, celui d'une recherche d'information sur le web et tous les problèmes environnementaux générés par les TIC doivent être étudiés dans le but de les minimiser. De même les problèmes éthiques d'extraction de matériaux rares et de fabrication des équipements des TIC dans des pays où la protection sociale est inexistante ne peuvent être ignorés. Les aspects positifs et négatifs des TIC engendrent donc des problèmes d'optimisation complexes

dans lesquels des faibles variations de la valeur de certains paramètres peuvent changer la solution.

La demande de spécialistes qualifiés possédant une grande expérience en matière de réseaux de communication, d'informatique et de programmation, capables de concevoir, de développer, de déployer et de maintenir à la fois des systèmes informatiques et des architectures de communication pervasifs pour le développement durable, a conduit à la nécessité d'intégrer les principes du développement durable dans les formations supérieures en TIC. Cependant, cette intégration n'a été que récemment acceptée dans ces programmes d'enseignement. Un groupe de travail a proposé au SIGCSE, the ACM (Association for Computing Machinery) Special Interest Group on Computer Science Education, en 2008 [2] une résolution pour demander d'intégrer le développement durable dans toutes les formations en TIC au niveau master à partir de 2010. Par exemple, Plessuis [3] a montré qu'aux Pays-Bas le développement durable occupait une place systématique dans seulement 10% des formations en TIC.

L'introduction du développement durable dans les formations supérieures en TIC ne répond pas seulement à un besoin de personnel qualifié. Elle rend la formation plus humaine et plus attractive aux étudiants non fanatiques de ces technologies. Les exemples de trois formations décrites par la suite en montrent toute la richesse.

Les TIC couvrent un domaine très large depuis l'informatique fondamentale jusqu'à l'intégration du numérique dans presque toutes les technologies. Il sera restreint ici aux formations majoritairement orientées vers les réseaux de télécommunications (R & T).

Ce papier est organisé en 5 sections dont cette introduction. La section 2 présente succinctement les formations françaises en réseaux de télécommunications. La section 3 décrit les formations dans lesquelles les auteurs ont introduit à dose plus ou moins importante le développement durable dans les programmes.

L'évaluation de ces formations est présentée en section 4. La conclusion constitue la section 5.

2 LES FORMATIONS FRANCAISES EN R & T

Les formations en Réseaux de Télécommunications (R & T) ont été historiquement dispensées dans des écoles gérées par l'opérateur national des postes et télécommunications. La fin du monopole a entraîné d'une part la séparation de ces écoles de l'opérateur historique, elles ont été rattachées au Ministère de l'Industrie, et d'autre part le développement de formations diplômantes dans ce domaine dans les universités (facultés et IUT) et d'autres écoles d'ingénieur. La croissance extraordinaire du domaine tant chez les opérateurs que chez les grands utilisateurs, induite par une véritable révolution technologique et le développement de nouveaux services, a entraîné une forte demande de techniciens supérieurs et de cadres formés aux technologies les plus récentes et possédant des connaissances scientifiques leur permettant de s'adapter rapidement aux nouvelles technologies. Les filières se sont multipliées : 29 IUT préparent au DUT Réseaux et Télécommunications, 393 Masters revendiquent une formation à ce domaine et 31 écoles d'ingénieur ont au moins une option spécifique.

La situation pourrait sembler très favorable pour ces formations qui bénéficient de débouchés quasi certains vers des emplois bien rémunérés et d'une image de modernisme. Toutefois les études sont assez difficiles, les technologies pointues demandant beaucoup de connaissances, et elles sont abstraites et austères. Ce dernier point est sans doute la raison d'un désintérêt des femmes pour ces études alors que les métiers correspondants sont totalement asexués. Globalement ces formations n'ont malheureusement pas l'attractivité correspondante à l'employabilité des diplômés.

3 EXEMPLES DE TROIS FILIERES

3.1 DUT Réseaux et Télécommunications

Une modeste référence aux aspects environnementaux du développement durable a été introduite dans le dernier Programme Pédagogique National de la spécialité Réseaux et Télécommunications des DUTs [4]. Ainsi il est écrit en introduction : « Tous les réseaux sont ainsi concernés depuis l'intégration de services jusqu'à la gestion de flux d'informations (énergie, sécurité, etc.)..... Dans le secteur du bâtiment intelligent, les besoins augmentent également du fait de la présence désormais obligatoire d'un réseau en fibre optique dans tous les immeubles de bureau. »

Dans le Référentiel d'activités et de compétences, il est écrit : « Activité : Installation, configuration d'un poste de travail informatique ou d'un équipement de transmission d'informations : Analyse des systèmes de transmission. Compétence : Analyser et décrire un système complexe, associant les fonctions en électronique, la gestion de l'énergie, la communication et les transmissions.

Activité : Intégration de la virtualisation dans le déploiement et l'administration des réseaux informatiques. Compétences : Proposer des services virtualisés pour la mutualisation de ressources (accès et droits d'utilisateurs sur un serveur) et l'économie d'énergie. »

Dans le programme, les préconisations relatives au développement durable se trouvent à deux endroits :

- « En situation de projet (projets tuteurés et TP), l'étudiant est confronté : au respect des normes en vigueur dans le domaine (IETF/RFC, spectre de radiofréquences autorisées...) ; aux problématiques environnementales et au développement durable : cycle de vie des équipements, consommable et gestion de l'énergie. »

- Dans le module « Supervision des réseaux » : le contenu indique, entre autre :

« Gestion de trace pour la supervision, avec des ouvertures possibles vers « l'éco-supervision » : dimension GreenIT, pilotage de la charge énergétique, exploitation U-POE... »

Le département R&T de Nancy a été moteur dans ce domaine et utilise une partie de l'adaptation locale pour délivrer un enseignement légèrement plus approfondi dans le domaine du développement durable avec en particulier : l'introduction détaillée du concept, l'analyse du cycle de vie d'un réseau, les types de pollution produite par les réseaux, les métriques disponibles pour quantifier ces pollutions et les techniques de leur réduction. Par ailleurs le Département a appliqué ces techniques à ses propres infrastructures dans la limite de ses prérogatives.

3.2 Master Ingénierie des Systèmes Complexes

Le Master Ingénierie des Systèmes Complexes (ISC) [5] propose un enseignement qui n'est pas uniquement centré sur les disciplines. Il intègre une dimension transversale pour favoriser l'acquisition d'une vision synthétique et globalisante nécessaire à un cadre supérieur, aussi bien pour accroître son efficacité professionnelle que pour gérer ses évolutions de carrière. Une des spécialités, appelée Systèmes & TIC, propose un parcours de formation en Ingénierie des réseaux durables. Les compétences visées sont :

- L'aptitude à définir, développer et déployer des systèmes de communication moins polluants et répondant aux objectifs économiques / écologiques / éthiques de l'économie circulaire,

- L'aptitude à exploiter les nouveaux protocoles réseaux sur la supervision et le contrôle de l'énergie du réseau, et son contrôle,

- L'aptitude à exploiter les techniques de virtualisation des réseaux et des serveurs de stockage de données,

- La capacité à appréhender l'analyse, la conception et la réalisation d'un système complexe dans sa globalité en s'appuyant sur les processus de gestion de projet,

- La prise en compte des enjeux industriels et économiques : compétitivité, productivité, innovation,

propriété intellectuelle et industrielle, respect des procédures qualité, normes et sécurité.

Ainsi dans la formation les critères relatifs au développement durable ont été intégrés au contenu des enseignements en réseau sous forme de critères de QiS (Quality in Sustainability) et comme le pendant des critères de QoS (Quality of service).

La formation au développement durable s'intègre bien dans le master ISC parce qu'elle fait appel à la même démarche que l'ingénierie système à savoir la prise en compte de l'ensemble du cycle de vie d'un produit. Elle renforce cette approche et lui donne un sens bien perçu par les étudiants. Un exemple d'éco-conception intégrant ingénierie systèmes, réseaux de communication et développement durable est décrit dans [6].

3.3 Master Erasmus Mundus Perccom

Le Master Erasmus Mundus PERCCOM [7] [8] a été conçu dans l'optique de donner une formation scientifique constamment associée d'une part à une formation technique sur technologies de l'information et de la communication (TIC) et d'autre part à une formation sur le développement durable. Deux types d'impact des objets des TIC sont étudiés :

- Leurs effets négatifs en tant que polluants par consommation d'énergie, par génération de déchets, par production de champs électromagnétiques ; en tant que créateur de problèmes éthiques ;
- Leurs effets positifs en tant qu'outils pour diminuer la pollution créée par de nombreux processus, pour favoriser le recyclage, pour apporter des soins et de l'aide d'urgence, ...

Les objectifs de la formation sont donc :

- De relever les challenges de formation relatifs à la nouvelle demande du marché telle qu'elle est exprimée par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) dans le rapport "OECD Information Technology Outlook 2010 highlights" [9] et par une recommandation de la commission européenne adoptée en 2009 indiquant que le secteur des technologies de l'information et de la communication devait conduire la transition vers une économie efficiente en énergie et à basse émission de carbone [10].
- De développer des synergies entre les forces, les compétences et divers aspects de formations en réseaux durables, logiciels et services, systèmes informatiques et communicants ambiants et développer une plateforme commune de compétences conforme aux instructions du processus de Bologne.
- De donner aux étudiants des compétences, des expériences et des connaissances en réseaux de communication, réseaux sans fil, technologies pour mobiles, systèmes ambiants et distribués, ingénierie logicielle et les rendre conscients de l'impact de l'ICT sur

l'environnement et de l'importance d'utiliser efficacement les ressources.

- De former les étudiants au concept d'économie circulaire. Les TIC doivent s'intégrer dans ce concept pour leurs propres usages. Il faut faire prendre conscience que la fin de vie d'un milliard de téléphones mobiles par an n'est pas un problème mineur. Mais les TIC peuvent aussi apporter une aide décisive pour appliquer ce concept dans presque tous les domaines.

- De former les étudiants à l'utilisation des TIC dans les villes en allant dans le sens de « The Green Digital Charter » [11] qui a pour objectifs de réduire les émissions à l'aide des TIC et de promouvoir les actions s'attaquant au changement climatique par l'usage des TIC dans les villes. L'accroissement de la proportion d'habitants dans les villes de 50% aujourd'hui à 80% dans une vingtaine d'années rend ce thème important.

- De proposer un diplôme de master au niveau international validant des connaissances et compétences en TIC et en développement durable. Les perspectives d'emploi des diplômés dans les entreprises, dans les institutions publiques et dans le secteur académique sont très fortes.

Le Master Erasmus Mundus PERCCOM a été conçu et est développé par un consortium d'universités, d'entreprises et d'associations : 4 universités partenaires qui sont l'Université de Lorraine, coordonnatrice du consortium, l'Université de Technologie de Luleå (Suède), l'Université de technologie de Lappeenranta (Finlande) et l'Université nationale de recherche de Saint-Petersbourg en Technologie de l'information, mécanique et optique (Russie), 7 universités partenaires associées d'Allemagne, Angleterre, Australie, Chypre et Tunisie, 6 entreprises dont Cisco, Ericsson et Orange et deux associations : The Ellen MacArthur Foundation et Fondaterra.

Les enseignements sont délivrés uniquement en anglais. Des initiations à la langue et à la culture nationale sont dispensées en France, Finlande et Suède.

Le premier semestre se déroule à Nancy et a pour thème l'ingénierie de réseaux durables d'ordinateurs. L'objectif est de donner aux étudiants des compétences fondamentales en réseaux de communication et en ingénierie système dans une démarche de développement durable. Le programme comprend les modules suivants : protocoles de communication, qualité de service durable ; Automatique pour le développement durable ; ingénierie systèmes ; développement durable et économie circulaire ; culture et langue française ; des séminaires.

Le deuxième semestre se déroule en Finlande à Lappeenranta et pendant une dizaine de jours en Russie à Saint-Petersbourg. L'objectif est de former les étudiants en génie logiciel, ingénierie des services et informatique en nuage (virtualisation) en soulignant les solutions bénéfiques pour le développement durable. Les cours consistent en modules spécifiques à cet ob-

jectif, un ou deux modules au choix et un module de cultures finlandaise et russe.

Le troisième semestre se déroule à Luleå en Suède. Il a pour thème les systèmes pervasifs d'informatique et de communication efficaces en utilisation de ressources. L'objectif est de former les étudiants aux problèmes fondamentaux et aux solutions avancées en réseaux mobiles et systèmes distribués, réseaux de capteurs efficaces en énergie et informatique pervasive. Les cours consistent en modules spécifiques à cet objectif et un module de culture et langue suédoise.

Le semestre 4 est consacré au mémoire de recherche. Il est réalisé dans une des institutions membres du consortium. Certains sujets de « thèse de Master » sont liés à l'intégration du développement durable dans les formations en TIC [12].

Deux cohortes ont terminé le cycle. Tous les étudiants sont diplômés. Une part importante poursuit des études de doctorat, les autres sont employés dans des entreprises de leur pays d'origine ou d'Europe.

4 EVALUATION

L'évaluation de ces nouveaux programmes est réalisée par des enquêtes auprès des étudiants pendant leurs études, par des enquêtes sur le devenir des diplômés, par des enquêtes auprès d'industriels employeurs et par l'analyse des flux d'étudiants.

Les enquêtes auprès des étudiants d'IUT et des étudiants du Master ISC concernent d'abord l'enseignement proprement dit, module par module. Les modules concernés sont bien appréciés. Par exemple les étudiants sont très intéressés par la métrologie du rayonnement électromagnétique engendré par les réseaux sans fil et par les mesures qu'ils réalisent en travaux pratiques. Les enquêtes sur le devenir des diplômés confirment une employabilité totale et rapide.

Une évaluation poussée a été menée auprès de la première cohorte d'étudiants du Master PERCCOM. Elle a été notamment faite dans un souci d'amélioration de la formation suivant les recommandations d'implication des étudiants dans le processus d'amélioration [13] préconisé par l'Association européenne d'assurance qualité dans l'enseignement supérieur, connue sous l'abréviation ENQA. Les résultats détaillés de l'évaluation sont donnés dans [7], seuls quelques extraits sont produits ici. La figure 1 montre que les diplômés pensent avoir acquis de très bonnes compétences en technologies de l'information et de la communication mais aussi, à un degré légèrement moindre et c'est normal, en développement durable.

L'analyse des flux d'étudiants montre une légère remontée du nombre de candidatures pour la formation en IUT Réseaux et Télécommunications et pour le master ISC. Ce n'est pas spectaculaire et il est impossible

d'attribuer ce résultat à la seule introduction du développement durable dans les formations. Mais les avis des étudiants des années précédentes y ont certainement contribué. Pour le Master PERCCOM, le nombre de candidatures a été de 230 environ les deux dernières années, pour 18 à 22 places. Les lettres de motivation mettent souvent en avant le bon mixage des contenus à vocation TIC et à vocation développement durable, il est souvent qualifié d'unique au monde. Là encore il est difficile d'isoler l'attractivité par le contenu de la formation de l'attractivité des bourses européennes. L'employabilité est totale et les salaires sont confortables. Cependant, la présence de plus de 30% d'étudiantes dans chaque promotion PERCCOM tend à montrer que la prise en compte de considérations environnementales, sociétales et culturelles à travers un parcours international dans les filières TIC est un aspect positif pour renforcer l'égalité entre les genres.

Les différentes évaluations sont donc positives et conduisent à poursuivre dans cette voie. La demande de nouvelle habilitation (accréditation) du Master ISC a été déposée avec le même parcours et les mêmes unités d'enseignement et la demande de renouvellement du Master Erasmus Mundus PERCCOM a également été déposée.

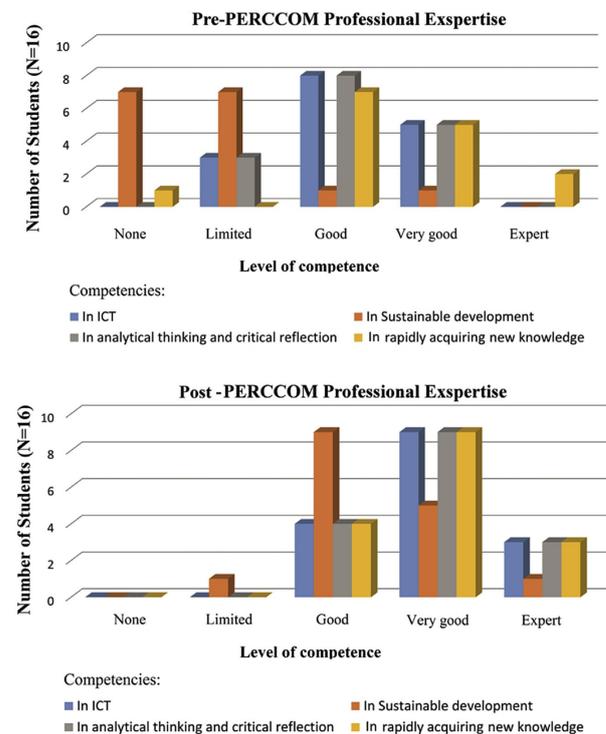


fig 1 : Evaluation de l'expertise professionnelle

5 CONCLUSION

Associer le développement durable aux formations en réseaux et télécommunications a été un moyen, d'une

part de répondre à une demande de techniciens, et de cadres supérieurs compétents dans ce domaine et d'autre part de rendre les formations en réseaux et télécommunications plus humaines et attractives. Bien que le recul soit limité, les évaluations y compris en tenant compte de l'employabilité des diplômés montrent la réussite de ces formations. L'équipe pédagogique s'est beaucoup investie pour monter elle-même en compétence et pour développer des partenariats avec des collègues universitaires, des industriels et des associations. La nouveauté des technologies et la relative fragilité des bases scientifiques imposent un gros effort dans l'élaboration des contenus des enseignements et dans leur mise à jour annuelle. Des nouveaux sujets de recherche ont été élaborés et développés pour nourrir les bases scientifiques à enseigner. Devant les bons résultats des formations celles-ci sont actuellement repropo- sées pour de nouvelles habilitations ou une nouvelle labellisation européenne.

Un autre aspect de cette démarche est notre devoir citoyen. Les aspects environnementaux des réseaux de communication sont traités par la presse et par certains politiques de manière totalement subjective et erronée, particulièrement sur le rayonnement électromagnétique. Il est de notre devoir d'enseigner une approche scientifique de ce sujet comme d'autres afin de rétablir des vérités et de lutter contre l'hégémonie actuelle de l'obscurantisme.

Bibliographie

- [1] <http://gesi.org>, site de Global e-Sustainability Initiative, consulté le 9 février 2017.
- [2] A. Young, L. Muller, S. Mann, L. Smith, "Computing Education for Sustainability: Madrid and beyond. " *22nd Annual Conference of the National Advisory Committee on Computing Qualifications (NACCQ 2009)*, Napier, New Zealand. Samuel Mann and Michael Verhaart (Eds).
- [3] Appelman, J., Osseyran, A., Warnier, M., 2013. "Green ICT & Energy: from Smart to Wise Strategies", *CRC Press, Taylor and Francis Group*.
- [4] http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/30/15/4/RT_262154.pdf, "Programme Pédagogique National 2013 de la spécialité Réseaux et Télécommunications des DUT", consulté le 25 janvier 2017.
- [5] <http://fst.univ-lorraine.fr/formations/master-ingenierie-de-systemes-complexes>, "Site du MasterISC", consulté le 8 février 2017.
- [6] E. Rondeau, F. Lepage, J.P. Georges, G. Morel, Measurements and Sustainability, Chapter 3, *Green Information Technology*, 1st Edition, A Sustainable Approach, Dastbaz & Pattinson & Akhgar, ISBN : 9780128013793, Elsevier book, 15 mars 2015.
- [7] Alexandra Klimova, Eric Rondeau, Karl Andersson, Jari Porras, Andrei Rybin, Arkady Zaslavsky, "An international Master's program in green ICT as a contribution to sustainable development", *Journal of Cleaner Production*, Volume 135, 1 November 2016, Pages 223-239.
- [8] Jari Porras, Ahmed Seffah, Eric Rondeau, Karl Andersson, Alexandra Klimova, "PERCCOM: A Master Program in Pervasive Computing and COMMunications for Sustainable Development ", 29th IEEE Conference on Software Engineering Education and Training, Apr 2016, Dallas, United States. 2016.
- [9] <http://www.oecd.org/internet/ieconomy/46444955.pdf>, "OECD Information Technology Outlook 2010 Highlights", rapport de l'OCDE, consulté le 6 février 2017.
- [10] http://europa.eu/rapid/press-release_IP-09-1498_en.htm?locale=en, communiqué de la commission européenne", consulté le 6 février 2017.
- [11] <http://www.greendigitalcharter.eu/>, "site de la charte du numérique vert des villes européennes", consulté le 9 février 2017.
- [12] Jonathan Pucher, " Embedding sustainability into the new computer science curriculum for English schools", PERCCOM Master thesis, Université de Lorraine, Nancy, 2016.
- [13] <http://www.enqa.eu/index.php/publications/papers-reports/workshop-and-seminar-reports/page/2/>, ENQA, 2010. "Student Involvement in the Processes of Quality Assurance Agencies", consulté le 6 février 2017.