

Une contribution pour le développement des TICE pour les disciplines de l'Assainissement et Démantèlement des installations nucléaires

Philippe Girones, Mireille Bachelot, Jean-Christophe Hamon, Martine Diez

▶ **To cite this version:**

Philippe Girones, Mireille Bachelot, Jean-Christophe Hamon, Martine Diez. Une contribution pour le développement des TICE pour les disciplines de l'Assainissement et Démantèlement des installations nucléaires. 2016. cea-01340921v3

HAL Id: cea-01340921

https://cea.hal.science/cea-01340921v3

Preprint submitted on 29 Oct 2017

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.

Une contribution pour le développement des TICE pour les disciplines de l'Assainissement et Démantèlement des installations nucléaires

Auteurs : **Philippe GIRONES, Mireille Bachelot*, Martine Diez*, Jean-Christophe Hamon*

***CEA DEN/MARCOULE/DIR*

**Cnam Languedoc Roussillon*

Résumé : L'industrie de l'Assainissement et Démantèlement a la particularité de combiner un ensemble de données et de connaissances industrielles « historiques » avec l'ingénierie des innovations nécessaires pour la réalisation des opérations en milieu sévère. Pour cette industrie émergeante, la dépendance entre la connaissance établie dans la phase d'exploitation (ASN, 2015) de l'installation et les compétences pour opérer l'A&D constituent un matériau intéressant pour le développement de pratiques pédagogiques et didactiques.

Deux sujets illustrent les travaux sur l'élaboration de contenus et de méthode pédagogiques pour l'industrie de l'A&D. Le premier est une expérience dans l'enseignement supérieur (Paquelin, 2009) concentré sur l'élaboration de « cyber-cours ». Le second, plus novateur, est une expérience d'intégration en entreprise des contenus pédagogiques où le support vidéo est au centre du modèle d'apprentissage, expérience conduire dans le cadre d'un projet de développement d'un robot d'inspection de milieux sévères. L'écosystème de formation expérimental est composé de l'apprenant, de l'organisme de formation historique : le CNAM, de l'entreprise propriétaire du site nucléaire et de l'entreprise opérateur. L'écosystème est étendu, complexe et riche. Il présente les caractéristiques techniques et organiques pour le développement de méthodes et d'outils pédagogiques et de réflexions didactiques.

Cette recherche montre que les Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE) offrent des moyens pour la collecte et la diffusion des contenus en sciences et techniques particulièrement utiles pour soutenir les industries émergentes et leur écosystème associé.

Les TICE et méthodes associées renforcent le rôle de « l'entreprise » en tant qu'auteur de contenus. L'entreprise contribue à l'élaboration des instruments d'apprentissage d'abord pour elle-même pour l'homogénéisation intrinsèque des connaissances et des savoir-faire puis ensuite pour l'écosystème étendu, école, université, entreprise, organismes de formation, sans lequel elle ne peut pas se développer.

Mots clés : CNAM, Chaire des Sciences et Technologies Nucléaires (STN), TICE, Assainissement et Démantèlement (A&D), cyber-cours, CLOM

A contribution for the development of Information and Communication Technologies for Education (ICT) for the Decommissioning and Dismantling of nuclear facilities

Abstract: The Decommissioning and Dismantling (D&D) industry has the particularity of combining a set of "historical" data and industrial knowledge with the engineering of the innovations necessary for carrying out operations in a hazradous environment. For this emerging industry, the dependence between the knowledge established in the operational phase (ASN, 2015) of the facility and the skills to operate D & D is an interesting material for the development of pedagogical and didactic practices.
Two topics illustrate the work on content development and pedagogical methodologies for the D & D industry. The first is an experience in higher education (Paquelin, 2009) focused on the development of "cyber-courses". The second, more innovative, is an experience of integration in the enterprise of educational content where video support is at the center of the learning model, experience lead in the context of a development project of a media inspection robot for hazardous environment. The experimental training ecosystem is composed of the learner, the historical training organization: the CNAM, the company that owns the nuclear site and the operator company. The ecosystem is extensive, complex and rich. It presents the technical and organic characteristics for the development of teaching methods and tools and didactic reflections.
This research shows that Information and Communication Technologies for Education (ICT) offer means for the collection and dissemination of science and technology content particularly useful for supporting emerging industries and their associated ecosystem.
ICT and related methods reinforce the role of the "enterprise" as a content author. The company contributes to the development of learning tools first for itself for the intrinsic homogenization of knowledge and know-how then for the extended ecosystem, school, university, enterprise, training organizations, without which she cannot develop.
Keys words: CNAM, Dismantling and Decommissioning (D&D), MOOC

Introduction

L'industrie de l'Assainissement du Démantèlement et du Déclassement (A&D²) des installations nucléaires est une industrie manufacturière récente. Les résultats de la production sont : un colis déchets, et des équipements, bâtiments ou sites déclassés.

Face aux enjeux sociétaux de réduction des risques industriels et économiques, elle est le terrain de nombreuses innovations technologiques (Ghiban, Girones, & al., 2016). Comme dans toutes industries innovantes (en progrès), l'ingénieur puise dans ses connaissances académiques et savoir-faire métiers pour la pratique de son métier mais aussi pour la compréhension de son éco système (collaboration).

Les connaissances et savoir-faire sont souvent formalisés puis enseignés par des « experts enseignants » (Merieu, 2009) en écartant la dimension cognitive. Pour contribuer à « l'académisation » ou autrement dit proposer une approche généralisable de « l'action pédagogique en Science et Technique » en milieu innovant et collaboratif, deux sujets ont été traités :

- Le premier est la capture et la mise en forme, dès 2006, de supports vidéos pour l'enseignement des connaissances scientifiques en mathématiques et en physique dans le cadre d'une formation technique, cadre utile pour s'interroger sur la position de ce média parmi les supports classiques mais aussi sur les modalités de partage numériques,
- Le second, plus novateur, est consacré à l'apprentissage des sciences et technologies nucléaires de salariés d'une même entreprise dans le cadre d'une réponse à un appel d'offre en exploitant les Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE).

Ces deux expériences sont une contribution à la définition d'une méthode qui combine la conduite de projet technologique et l'enseignement. Elles sont appliquées à l'industrie de l'A&D² et exploitent les modalités de collecte, de production et de diffusion numérique offertes par les TICE.

Contexte expérimental, une industrie, un organisme de formation de l'enseignement supérieur

S'interroger sur des modalités d'enseignement des sciences et technologies et pratiques professionnelles associées, exige de disposer d'un terrain expérimental en situation de maturité technique où l'histoire et les pratiques industrielles sont riches et où des formations novatrices sont attendues. L'industrie de l'assainissement démantèlement répond à ces critères. C'est une industrie émergente où l'innovation joue un rôle important, et elle est riche de 50 ans d'exploitation d'équipements aussi différents qu'un réacteur nucléaire et des installations de recherche.

Le contexte industriel retenu, le deuxième élément expérimental indispensable est un organisme ou établissement d'enseignement supérieur. Il doit disposer d'une culture numérique et de contenus répondant aux attentes des apprenants et de l'industrie émergente. Le Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM), a une chaire de Sciences et Technologiques Nucléaires, où une partie des travaux de recherche concerne l'A&D².

L'A&D² une industrie mature, une ligne de production de déchets nucléaires

Les opérations de déclassement conduites en France, en particulier sur le site du CEA de Grenoble montrent que la maturité de cette industrie est atteinte. La singularité de l'industrie de l'A&D repose sur le traitement de matières premières dont la catégorisation radiologique et physico chimique est *a priori* complexe et dont le recyclage est écarté (ASN, 2015). En zone à déchets nucléaires, tous les composants en fin de vie sont destinés à un stockage définitif géré, en France, par l'Agence Nationale de gestion des Déchets Radioactif (ANDRA, (ANDRA, 2014)).

Il est admis (Girones, 2016) que la ligne de production des colis de déchets débute par un inventaire de la quantité et la qualité des matières premières : les déchets, et se poursuit par le déploiement de

procédés de traitement qui comprennent la mise au gabarit radiologique et physique puis le confinement en colis des déchets. Le procédé est conduit à partir de deux processus : le premier classique, la qualité des produits qui sont au nombre de deux : les colis de déchets et le site déclassé, et le second processus la sûreté, propre aux industries qui manipulent des produits dangereux. L'objectif est de produire de façon sûre le confinement de produits dangereux de qualité, principe qui suppose des moyens de contrôle principalement radiologique.

La conception puis le déploiement des systèmes de caractérisation radiologique des déchets puis des colis font appel à des notions qui couvrent de l'opération de mise en œuvre des matériels aux calculs avancés de dimensionnement mécanique, électronique… en passant par la physique appliquée pour le traitement des données. C'est aussi une discipline transverse, par exemple, la robotique (Mahjoubi & al., 2016) contribue à l'implantation de l'instrumentation nucléaire au sein des procédés.

L'instrumentation des procédés est une discipline qui s'apparente au Contrôle Nucléaires des Procédés (CNP, (Girones, 2016)) et fait appel à de nombreuses connaissances et savoir-faire. C'est le sujet le plus démonstratif du caractère interdisciplinaire des métiers émergeant de l'industrie de l'A&D². Ce caractère interdisciplinaire est aussi constaté pour les métiers. L'instrumentation des procédés et son exploitation concerne tous les métiers. Enfin c'est un champ expérimental qui supporte l'innovation. C'est pour cela qu'il constitue un champ d'expérience pertinent (Pastré, Mayen, & Vergnaud, 2006), un champ d'application de la didactique professionnelle (Perrenoud, 1998).
Les parties prenantes majeures (Figure 1), de cette industrie, sont l'autorité de sûreté et l'exploitant, le premier dicte les contraintes, le second est garant de la maitrise des données techniques et des engagements : date de fin et état final à atteindre (ASN, 2015) ; viennent ensuite les opérateurs ou maitre d'œuvre du démantèlement, organisés en projet, sous l'autorité du maitre d'ouvrage.

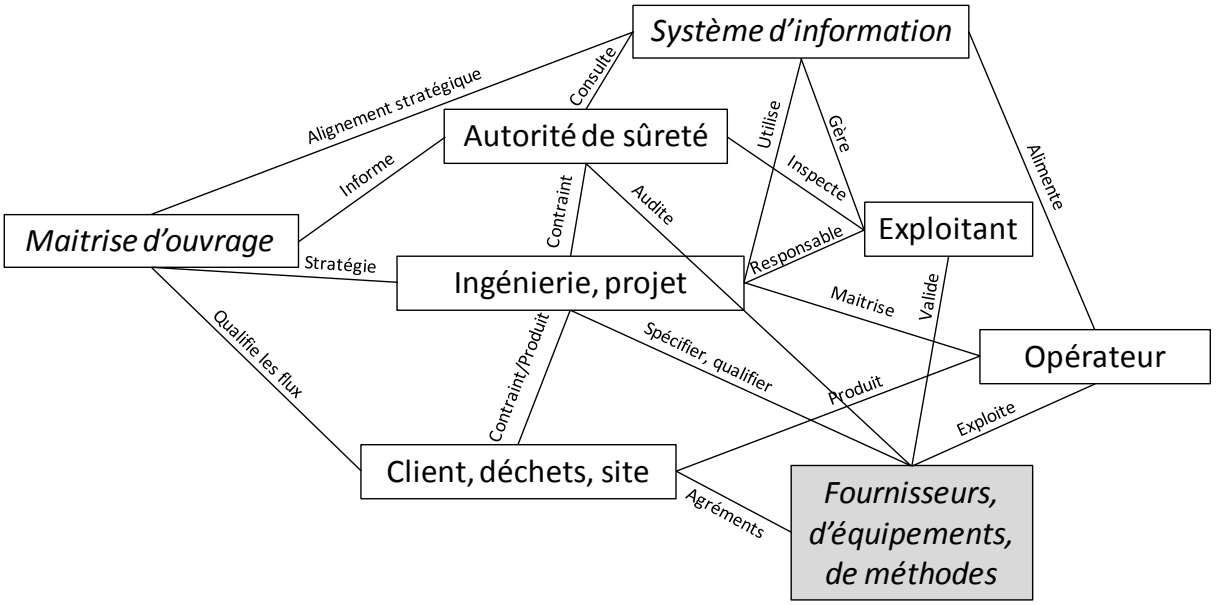


Figure 1 : Exemple d'une cartographie simplifiée des parties prenantes pour la fourniture d'équipement, de méthodes de caractérisation radiologique et physico chimique pour la phase d'assainissement démantèlement d'une INB

Les études puis les opérations se déroulent dans un éco système où l'entreprise (ou fournisseur, sous-traitant) occupe un rôle important pour l'industrie de l'A&D² (Martin & Guarnieri, 2013). Il est le garant des performances opérationnelles. Il détient les savoir-faire opérationnels, « le métier ».
L'enseignement technique voire professionnel trouve dans l'industrie de l'A&D² un terrain d'application d'expérience pédagogique. C'est une industrie en émergence où l'innovation est à la confluence de pratiques d'exploitation et des nouvelles technologies. Elle exige des mobilisations d'apprentissage dynamiques à partir de compétences matures, des moyens et des méthodes où le monde de

l’entreprise et du corps des enseignants collaborent.

Le conservatoire national des arts et métiers _ La promotion sociale

Le Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) est organisé pour la requalification professionnelle des adultes sur tout le territoire français et à l'étranger et répondre ainsi à la promotion sociale. Elle est une école de la deuxième chance. Le CNAM délivre de nombreux diplômes dont le célèbre diplôme d'ingénieur CNAM depuis 1922 et notamment un diplôme en sciences et technologies nucléaires. Le corps enseignant est composé d'ingénieurs, de chercheurs et d'enseignants de l'enseignement du supérieur. Ses valeurs, son adage : l'enseignement partout et pour tous, la singularité du corps enseignant font de cette organisme un acteur de référence de la formation continue en Sciences et Techniques (S&T) aptes à accueillir une expérimentation dans le domaine des méthodes et outils pédagogiques.

Le parcours en sciences et technologies nucléaires proposé par le CNAM est décomposé en 18 Unités d'Enseignement (UE) (CNAM, 2016). L'acquisition de compétences (Cros, 1998) et l'obtention de diplômes président au déroulement du parcours. Il débute par l'étude de fondamentaux en physique et par les mathématiques et se poursuit par la compréhension de l'effet de la matière sur les rayonnements appliquée à la détection. La radioprotection, la technologie des réacteurs s'appuient sur les acquis des fondamentaux et professionnalisent la formation. Les travaux pratiques de détection sont le champ d'application des connaissances et une traduction en compétences. Le diplôme d'ingénieur CNAM est obtenu après la rédaction d'un mémoire et la soutenance du travail devant un jury.

Les apprenants composés essentiellement de salariés, et de demandeurs d'emploi, le corps enseignant qui rassemble des professionnels, et des professeurs présentent les aptitudes pour spécifier de nouveaux « outils TICE », car ils disposent des compétences dans l'exploitation des outils numériques et sont, pour la plupart, des spécificateurs techniques et pédagogiques confirmés.

Le développement d'outils numériques _ Le Cyber cours

Le développement des outils télévisuels a été engagé au sein du Conservatoire National des Arts et Métiers dès 1966. Le résultat n'a pas été à la hauteur des attentes et a été abandonné en 1985 (Glikman, 1995), probablement parce que les moyens de communication entre les élèves et les enseignants étaient peu agiles, voire absents (Loisier, 2011).

En 2006, à partir des nouvelles modalités numériques (Cisel & Bruillard, 2012), dans le cadre de l'animation de la filière d'ingénieur en sciences et technologies nucléaires, deux outils ont été exploités, la diffusion en streaming (direct) et la conception puis la diffusion de supports vidéos. Ces travaux s'appuient sur une plateforme (Figure 2) existante, Plei@d (Dalmeyda, Bai, & cazes, 2005), mise à disposition par le CNAM qui regroupe les outils classiques issus de la technologie Web2.0, courriel, forum, wiki, et tchat.

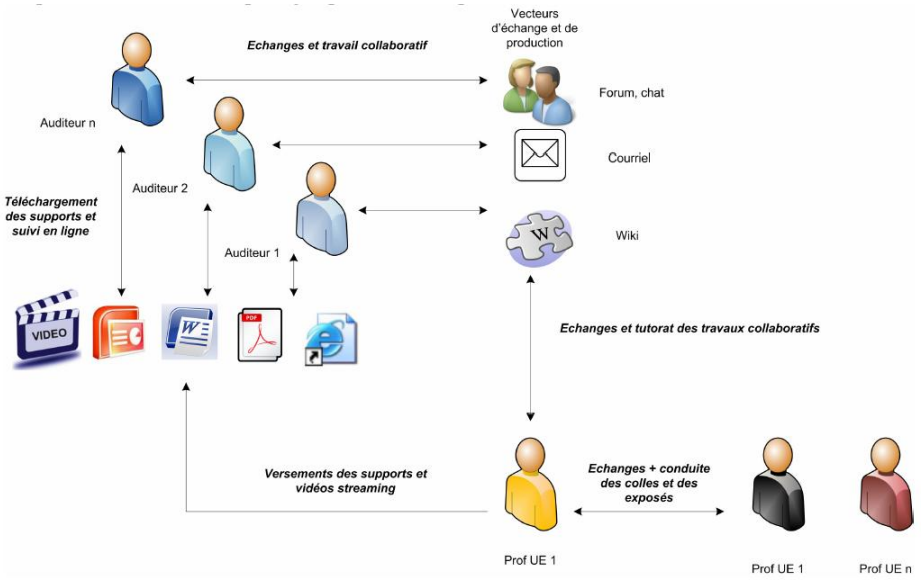


Figure 2 : Architecture fonctionnelle sommaire de la plateforme Pléi@d du CNAM, supports numériques, accès aux modalités d'échanges au centre d'une communauté d'enseignants, et d'élèves.

Les premiers supports vidéo sont élaborés à partir de prises de vue en classe, en présence des élèves. Le support est alors un « cyber cours » qui est une « encapsulation » de la séance de cours sans modification. Le cyber cours, pour chaque séance, est un support composé de trois fenêtres (Figure 3). C'est un frontal informationnel de l'ensemble des supports, les pièces jointes : le référentiel (déroulement, inventaire des compétences à acquérir), le fascicule, la bibliographie, les supports de cours : les QCM, les cahiers de TD, la vidéo du cours, les moyens de partage et d'échange : le forum, les pages Wiki. L'élève ou l'enseignant « circule » dans ces supports via une fenêtre unique motivé par l'acquisition ou le partage de compétences et de connaissances.

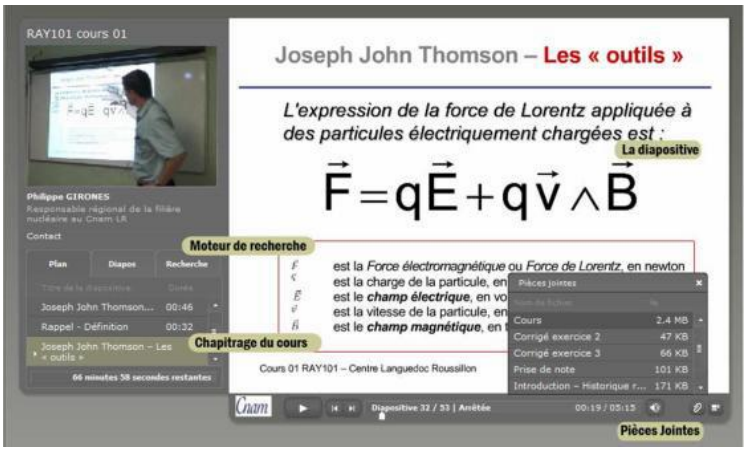


Figure 3 : Cours de physique, exemple d'une fenêtre de cyber cours, moteur de recherche, chapitrage et accès à des pièces jointes, support de cours (diapositive) et vidéo de l'enseignant

Le cyber cours est destiné à l'apprentissage désynchronisé. Pour l'apprentissage synchronisé, le streaming est une technique de diffusion de flux vidéo (cours) en temps réel. Il a été utilisé dès 2008. Suivant le rythme des évolutions technologiques, le tchat ou messagerie instantanée utilisé pour les échanges entre les élèves et l'enseignant a été remplacé par la communication vocale. L'enseignant mais aussi les apprenants évoluent donc dans une classe mixte, physique et numérique obligeant les trois parties à une « conscience numérique » au risque de perdre la classe numérique.
Durant 5 ans, les cours de la filière d'ingénieur du CNAM en STN ont été diffusés en streaming et les enseignants ont appris à gérer des classes mixtes, en présence d'élèves dans la salle de cours et des

élèves à distance qui suivent les cours via les modalités numériques (CNAM, 2016). Le fil conducteur de ces travaux d'intégration des supports numériques a été porté par la volonté de renforcer le déficit de communication entre l'enseignant et l'apprenant, faiblesse des premières expériences de diffusion de supports vidéo.

« L'élève numérique » est face à un flux d'information qu'il gère accompagné par l'enseignant (tutorat) soit dans la temporalité du cours, soit de manière désynchronisée à l'aide des moyens classiques : mail, wiki et forum. Deux types d'échanges (collaborations) sont constatés à partir des résultats en flux et volumes relevés grâce aux moyens de reporting de la plateforme Plei@d :

1. La relation est soit supportée par la messagerie. Les questions techniques sont alors échangées entre l'enseignant et l'élève,
2. Soit, l'élève soulève des questions d'intérêts pour le groupe, motivé par l'enseignant qui dépose des questions où informations complémentaires grâce aux moyens sa disposition. Le traitement conduit à la capitalisation collective. Le Wiki est l'outil de référence pour ce type de capitalisation.

L'expérience a mis en évidence la nécessité de capturer une vidéo de chaque séance de cours (16 pour une Unité d'Enseignement), particulièrement les séances de travaux dirigés. Elle est mise à disposition de l'élève et des enseignants dès le lendemain du cours. Elle efface l'utilité du cyber cours. De plus, la durée des cybers cours est rapidement dénoncée (> 2h00). Malgré le moteur de recherche intégré, dont les index sont enregistrés dans le titre de chaque diapositive, ce format est remis en cause par l'équipe pédagogique et les élèves (retour d'enquête), constat renforcé par le peu ou pas de consultation (<20%). Il est en rupture avec la classe en présentiel. L'élève favorise le cours avec sa classe en direct (streaming). Le cyber cours n'apporte pas d'information supplémentaire, il est utilisé pour revoir un contenu, le plus souvent théorique, il est donc écarté.

Passage du cyber cours au CLOM _ Intégration du CLOM dans les pratiques pédagogiques

Poursuivant dans la définition et l'élaboration d'un support vidéo, l'alternative au cyber cours s'inspire des travaux conduits par des équipes d'Amérique du Nord dont les célèbres MIT et Havard (Baron, 2012). Un format de vidéo plus court (< 20 mn) dans un environnement plus riche est réalisé : le CLOM (Cours en Ligne Ouvert et Massif). Il est alors scénarisé en dégageant les notions (connaissances) et compétences nécessaires pour la maitrise de la discipline, radioactivité appliquée, physique des réacteurs, instrumentation, cycle du combustible, neutronique... Certains cahiers de travaux dirigés sont alignés sur le contenu des CLOM et des QCM sont proposés. Le CLOM n'est plus un support auto porteur. Il est intégré, au sens de passage obligé pour l'apprentissage (Figure 4).

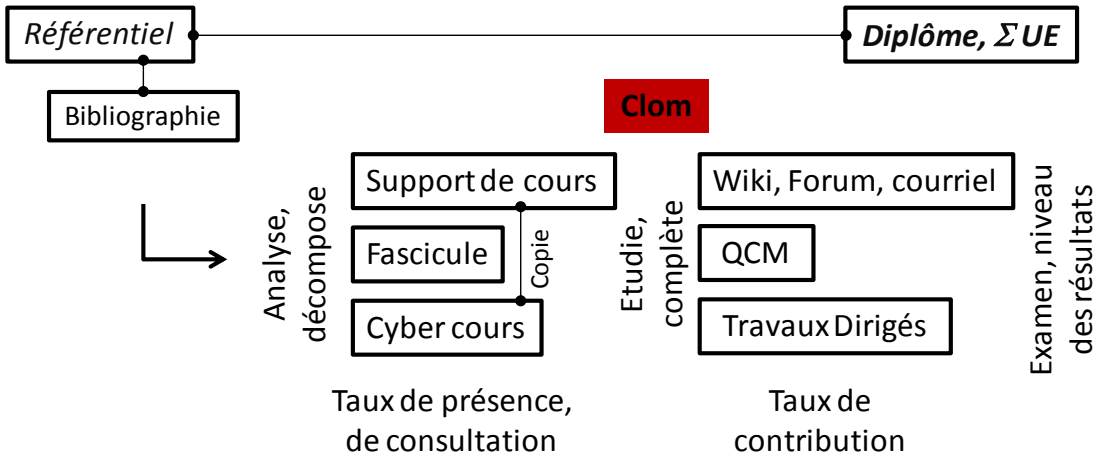


Figure 4 : Intégration du CLOM, pivot ou complément entre l'apprentissage de connaissances et la mise en situation pour l'appréhension de cas appliqués _ Indicateurs d'intégration

Le CLOM devient un complément de cours. Il permet d'approfondir les savoirs puis acquérir des

compétences par un apport complémentaire [lien] focalisé sur le référentiel. Le CLOM est alors intégré dans un environnement classique composé de : cours, exercices, contrôle des connaissances acquises, ensemble de moyens qui place l'élève numérique dans une communauté, la classe. Dans ce contexte, l'apprenant exploite le CLOM au même titre que l'ensemble des contenus disponibles pour compléter le cours. L'ajout du CLOM dans les supports est alors de favoriser le travail personnel, en étudiant le cours à partir d'un format cours de la séance de cours qui dure 3h00. Il s'agit de maintenir des apprenants et assurer une meilleure transmission des savoirs.
Les élèves sont suivis grâce à la plateforme de gestion des cours, Plei@d. Ils sont présents en cours ou à distance et le taux de suivi est constaté par la feuille de présence ou le taux de consultation des pages de contenu des séances de cours (Figure 4). La validation de l'apprentissage est assurée à partir d'un examen sur table (Debacq & and, 2006) et un taux de contribution, nombre d'interventions dans les forums, contribution à une page Wiki, par exemple.
Les résultats aux examens (60%) et le taux d'abandon (<20%) des apprenants après l'ajout des CLOM sont comparables aux enseignements sans supports vidéos. Cependant, les élèves, en favorisant l'utilisation du CLOM, acquièrent ou renforcent, par nécessité, une compétence supplémentaire, la capacité de collaborer via les outils numériques. Compétence qu'ils partagent avec une partie des élèves présents en cours. Ils enrichissent l'utilisation du mail ou l'écarte en faveur des forums ou du WIKI à partir de pratiques de résolution de problèmes scientifiques et techniques par la « rédaction réflexion » collaborative. On observe que les contenus dépassent la simple résolution de problèmes techniques. Ils formalisent le transfert de connaissance et de savoir-faire dans la communauté des élèves et des enseignants. Les apprenants deviennent ou consolident leur technique d'acteurs de l'entreprise enseignante, ils sont le plus souvent salariés. « L'élève leader » peut alors devenir l'animateur d'une partie de la transposition car il est engagé dans une action de formation et il est aussi un sachant. Le vecteur numérique intégré dans les modalités de formation serait-il le véritable moteur de la transposition ? A ce stade, il est difficile de mesurer l'impact de la pratique numérique, en particulier celui du CLOM.

Un CLOM, quel apport dans le processus d'apprentissage et de capitalisation des savoir-faire métiers dans l'entreprise ?

A partir du taux de satisfaction (> 90%) des apprenants et des enseignants, à intégrer et exploiter le troisième acteur de la formation : le vecteur numérique, la seconde étape expérimentale envisagée est alors de valoriser ces résultats à partir d'un projet technique renforçant la démarche collaborative. Dans ce domaine, l'expérience consiste à l'intégrer les modalités numériques acquises dans le cadre de la montée en compétence d'une équipe technique d'une entreprise exerçant dans la maintenance. Cette entreprise souhaite répondre aux nouvelles exigences de l'industrie du démantèlement et former une équipe pluridisciplinaire dans l'A&D².
La diversité des compétences et des savoirs des apprenants exige un sujet d'étude transverse. L'instrumentation nucléaire en milieu sévère est le domaine retenu.

Un cas appliqué en entreprise _ Un projet industriel de « formation »

Les « apprenants » travaillent dans une entreprise qui dispose de succursales dans l'ensemble des pays européen. Les dix élèves sont de niveaux BAC+2 au moins. Deux objectifs (finalités) sont clairement identifiés : l'inscription des apprenants à des UE du parcours du diplôme d'ingénieur CNAM en STN et la formalisation de la résolution d'un sujet technique. Le sujet technique est une réponse à un appel d'offre dans le domaine de l'A&D², la conception et la réalisation d'un robot d'inspection en milieu sévère. Les travaux font appel à des notions théoriques, analyse du contexte industriel (milieu sévère), et développement de techniques instrumentales combinées.
Les supports pédagogiques, les CLOM, les cahiers de Travaux dirigés et les QCM et le cahier des charges de l'étude sont déposés sur les serveurs de l'entreprise. La plateforme Plei@d est mise à disposition des apprenants et des enseignants, plateforme sur laquelle sont versés les supports numériques et

ouverts, les pages Wiki et un forum. Un forum est associé à chaque séance et des pages wiki sont ouvertes à la demande des apprenants ou enseignants. Le produit des études est capitalisé sous forme de fichiers déposés sur la plateforme Plei@d.
L'enseignement est conduit suivant un calendrier fixé par les enseignants. L'objet est de proposer des rappels théoriques liés au projet tout en conduisant un programme fixé par le référentiel de l'UE. Par exemple, le robot d'inspection, sujet du développement (réponse à appel d'offre) proposé aux apprenants, a débuté par la caractérisation des contraintes radiologiques imposées par le milieu d'évolution de l'équipement. L'apprentissage s'inscrit dans l'unité d'enseignement radioactivité appliquée (RAY101, (CNAM, RAY101 Physique fondamentale, 2015)), il s'agit de reprendre les éléments fondamentaux de la radioactivité et d'analyser les schémas de désintégration des radionucléides présents dans la scène.
La méthode est classique, il s'agit de scénariser un cours en associant des cas d'application industrielle. Elle est d'ailleurs largement exploitée dans les CLOM actuellement diffusés sous forme de Labs (ou travaux dirigés).
Pour l'obtention de la certification des élèves, les échanges entre le chef de projet élu par les apprenants et les enseignants sont capitalisés dans des pages Wiki (Figure 6) de la plateforme Plei@d. Ils servent de validation de la conduite de projet, mais aussi de la capacité à utiliser et manager des échanges à l'aide de techniques numériques.

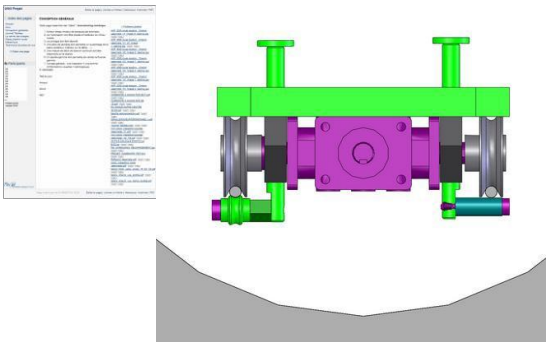


Figure 6 : Page Wiki du projet technique _ Détail d'un livrable : vue du robot, à gauche la page Wiki avec l'inventaire des fichiers de la phase de conception mécanique, à droite une vue de face du robot sur câble (Chadrin, Degrutere, Veidig, Seyssaud, Mahjoubi, & al.., 2015)

Deux types d'échange sont proposés. Le premier est un rendez-vous hebdomadaire fixé pour échanger sur les points théoriques nécessaires pour le projet. Il est assuré par tchat. La préparation est réalisée par l'enseignant à partir du déroulement du cours et des constats observés sur la qualité des résultats du projet. Le second consiste en des séances en classe avec l'ensemble des élèves, périodes où des travaux dirigés sont travaillés pour valider les acquis théoriques en préparation de l'examen sur table qui conclut l'unité de valeur.
Plusieurs résultats ont été dégagés de cette expérience :

1. 60% des apprenants ont réussi l'examen pour l'obtention des UE,
2. Un démonstrateur de plateforme (outils, pratiques) de formation intégrée est opérationnel,
3. Un prototype de robot instrumenté a été livré.

Au-delà des résultats techniques, une étape de la démonstration sur la capacité des outils numériques encapsulés dans une communauté d'apprenants de la même entreprise, sans concurrence externe, est franchie car aucun abandon n'a été constaté et le taux de réussite aux examens de 60% est comparable aux modalités d'enseignement classiques. Elle dessine les contours d'une nouvelle façon de répondre à l'enseignement des techniques en émergence.
Le cas d'application engagé avec cette entreprise tente de concrétiser un modèle où le sujet d'application des connaissances est un projet industriel, et fédère l'ensemble des acteurs. Il structure l'intégration de supports vidéo dans l'entreprise (Figure 7) voire la production de supports pour le maintien et le transfert de connaissance et de savoir-faire.

Le support vidéo, ici le CLOM, devient un pivot de l'apprentissage des sciences et technologies élaboré avec l'ensemble des acteurs, car il peut devenir le projet industriel. Par exemple, l'entreprise propriétaire des installations pourra élaborer des supports contenant la maitrise des procédés pour assurer le transfert des bonnes pratiques lors des opérations d'A&D². Ce travail sera encadré par un référentiel éducatif porté par le CLOM au sens de structure, de logique pédagogique.

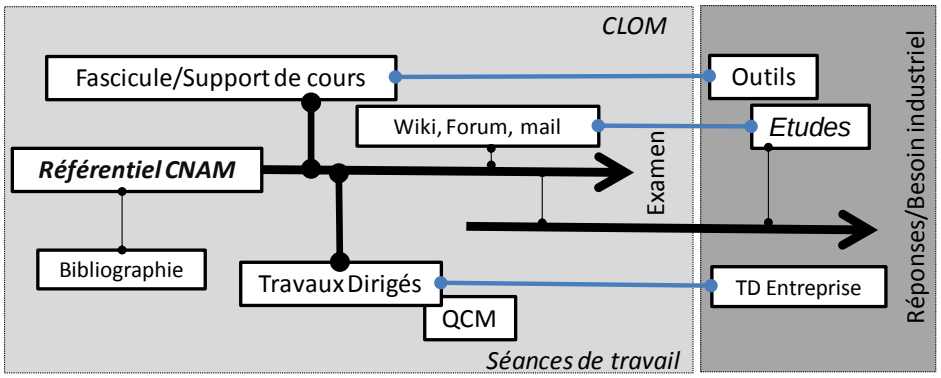


Figure 7 : Intégration des CLOM dans un projet de formation

Dans ce cas, le CLOM fait le lien entre le l'apprentissage de connaissances théoriques et favorise le passage à l'appliqué. L'apprenant dispose d'une validation professionnelle de son travail de formation. Il valide ses acquis en contribuant à la réponse technologique. Les travaux conduits sont alors une tentative de couplage entre deux typologies de supports, traditionnel et connectiviste.
Il est tentant de conclure cette expérience, en passant par la position d'Edgar Morin. Il propose ou constate une nouvelle « race » d'enseignant : le chef d'orchestre qui oriente et conduit des apprenants dans la jungle des sources de connaissances (internet, MOOC, livres…) sur la base de travaux ou d'exercices fixés par l'apprenant qui cadence le pas et vérifie l'acquisition. L'apprenant fixe le contenu de l'essentiel de ses exercices, car il est dans l'obligation de répondre au projet, au livrable attendu par l'entreprise. Il force « l'enseignant- Chef de projet » à adapter le contenu des exercices au sujet de travail commun, le contenu du projet.

Conclusion

L'évolution et l'accessibilité des techniques et outils numériques impactent les pratiques pédagogiques et didactiques. Cette contribution propose une analyse de cet impact par l'expérience dans un domaine industriel où l'innovation ou progrès est une nécessité, l'assainissement, le démantèlement et le déclassement des installations nucléaires.

Une expérience de réalisation de films, capture intégrale du cours, dès 2008 a confirmé la limite de ce type de support, trop long et peu didactique. Le taux de réussite des élèves ne connaissait pas d'évolution. Les supports vidéo inspirés par les CLOM ont alors remplacé ces supports vidéos. Ils ont été rapidement complétés par des « outils d'ingénieur » (Labs), Wiki, forum, Tchat. Ces supports ont ouvert des pratiques et des usages favorisant la collaboration et le maintien des élèves en formation. L'expérience est menée sur un public d'adultes en cours du soir où le taux d'abandon est élevé. Le support ou modalité est alors un moyen pour soutenir l'émergence d'apprentissage « pseudo autonome », par la confrontation et le partage.

Sur la base de ce constat, une expérience dans le domaine de l'industrie de l'A&D² a été conduite. L'originalité de l'expérience proposée consiste à intégrer un projet de développement d'un équipement industriel d'inspection dans une formation. Les résultats obtenus démontrent (taux de réussite à l'examen de 60%, et maintien en formation de 90%) que la combinaison de connaissances et de savoir-faire est un accélérateur de l'innovation pour des industries émergeantes, mais aussi un

« lieu » de formation et de renforcement des pratiques collaboratives. Ces industries émergeantes ne disposent pas systématiquement du temps nécessaire pour l'adaptation des contenus des formations au besoin industriel. L'intégration de « formations production » dans l'entreprise est une réponse à l'adaptation continue exigée par l'entreprise. Les apprenants partagent leur connaissance et capitalisent la connaissance du groupe sous forme d'un résultat pour l'entreprise et obtiennent un diplôme valorisable pour leur carrière.

Bibliographie

ANDRA. (2014). *Agence nationale de la recherche.* Consulté le juin 12, 2016, sur http://www.agence-nationale-recherche.fr/fileadmin/aap/2014/selection/andra-selection-2014.pdf

ASN. (2015, juillet 16). *Guide de l'ASN N°14 : Mise à l'arrêt définitif, démantèlement et déclassement des installations nucléaires de base en France.* Consulté le juillet 15, 2016, sur ASN: http://professionnels.asn.fr/Les-Guides-de-l-ASN/Guide-de-l-ASN-n-6-Mise-a-l-arret-definitif-demantelement-et-declassement-des-INB-en-France

ASN. (2015, juillet 07). Guide de l'ASN n°6 : Mise à l'arrêt définitif, démantèlement et déclassement des INB en France. Paris.

Baron, G.-L. (2012, octobre 26). *À propos de Mooc, quelques exemples*. Consulté le juillet 31, 2017, sur Adjectif.net: http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article188

Chadrin, D., Degrutere, F., Veidig, G., Seyssaud, J., Mahjoubi, N., & al.., e. (2015). Investigation Robot on Cables. *WM2015 Conference.* Phoenix, Arizona, USA.

Cisel, M., & Bruillard, E. (2012). Chronique des MOOC. *Sciences et Technologies de l'Inforamtion de la Communication pour l'Education et de la Formation , 19*, pp. pp. 1764-7226.

CNAM. (2016, 10 1). *Diplôme d'ingénieur Sciences et technologie nucléaires Parcours Technologie des réacteurs nucléaires et cycle du combustible*. Consulté le 07 31, 2017, sur Le CNAM: http://formation.cnam.fr/rechercher-par-discipline/diplome-d-ingenieur-sciences-et-technologie-nucleaires-parcours-technologie-des-reacteurs-nucleaires-et-cycle-du-combustible-669532.kjsp

CNAM. (2015). *RAY101 Physique fondamentale.* Consulté le 08 2017, sur CNAM: http://dnf3.cnam.fr/offre2014/pdf/ueRAY101.pdf

Cros, F. (1998). L'innovation en éducation et en formation. *Revue française de pédagogie , 1*, pp. 127-156.

Dalmeyda, V., Bai, C., & cazes, A. (2005). Architecture globale pour le e-learning au Cnam. *Actes des 11ième journées Mutlimédia et Informatique dans l'Enseignement de la Chimie.* Lyon.

Debacq, M., & and, a. (2006). Quatre expériences de foramtion à distance dans le pôle Sciences et Techniques Industrielles du Cnam Paris. *Colloque international "Technologies de l'Information et de la Communication, TICE 2006.* Toulouse.

Ghiban, A., Girones, P., & al., a. (2016, juillet-août). Les concepts de l'usine du futur appliqués aux chantiers d'assainissement et de démantèlement. *RGN* , pp. 38-42.

Girones, P. (2016). *Instrumentation des processus de collecte des données radiologiques pour l'Assainissement, le Démantèlement et le Déclassement (A&D²) des installations nucléaires.* Grenoble.

Glikman, V. (1995, janvier-février-mars). Les avatars de la télévision éducative pour adultes en France. *Revue Française de Pédagogie* , 63-74.

Loisier, J. (2011). *les nouveaux outils d'apprentissage encouragent-ils réellement la performance et la réussite des étudiants en FAD ?* Ministère du Patrimoine canadien.

Mahjoubi, N., & al. (2016). RICA: A Tracked Robot for Sampling and Radiological Characterization in the Nuclear Field. *Journal of Fiels Robotics* .

Martin, C., & Guarnieri, F. (2013). *Démantèlement des centrales nucléaires : le rôle du sous-traitant dans le processus de décision.* Paris: Mines ParisTech.

Merieu, P. (2009). *Cours de lience de sciences de l'éducation*. Consulté le 07 31, 2017, sur Cours de pédagogie: https://www.meirieu.com/

Paquelin, D. (2009). Analyses de stratégies nationale et régionales de déploiement de dispositifs numériques de formation à distance. *Efficacité des dispositifs de foramtion ouverte à distance.*

Toulouse.
Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud, P. (2006, janvier-mars). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie* , pp. 145-158.
Perrenoud, P. (1998). La transposition didactique à partir de pratiques: des savoirs aux compétences. *Revue des sciences de l'éducation , 24* (3), pp. 487-514.
Siemens, G. (2005). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional* .