Séminaire “Didactique en format hybride”

13 et 14 novembre 2021, MESRS – Alger

Intitulé de la communication :	**Comment intégrer les TIC dans la formation des ingénieurs en Algérie : Représentations des enseignants de génie des procédés**
Auteurs :	Mme Rihab BOUSHABA (Pr.)[1], M. Said BERROUK (Chercheur)[2]
Affiliation :	[1] Faculté de Génie des procédés, Département de Génie pharmaceutique, Université Salah Boubnider – Université Constantine 3 [2] CERIST, Ben Aknoun, Alger
Email:	rihab.boushaba@univ-constantine3.dz / sberrouk@cerist.dz
Axe :	*Management Didactique*

Résumé :

Les TIC occupent un rôle central dans le nouveau paradigme pédagogique adopté par le MESRS, notamment dans le contexte actuel de la pandémie du Covid 19, la massification de l’enseignement supérieur et l’insuffisance des capacités d’encadrement actuelles. Aussi, l’intégration pédagogique des TIC dans l’enseignement des différentes disciplines académiques et en particulier l’ingénierie est devenue une nécessité pour réadapter les formations actuelles aux nouveaux défis et enjeux du développement durable. Or, la représentation dominante actuellement en Algérie est de considérer les TIC comme de simples outils technologiques au service de l’enseignement traditionnel. Ceci est confirmé par l’étude exploratoire que nous présentons ici et que nous avons réalisé auprès de 27 enseignants-chercheurs de la Faculté de Génie des procédés (Université de Constantine 3). Nos résultats indiquent que malgré une attitude globalement favorable envers le rôle potentiel des TIC pour l’amélioration de la qualité de l’apprentissage, le déploiement de ces technologies sur le terrain soulève aussi des incertitudes et des craintes justifiées. Dans cette contribution, nous argumentons l’importance pour l’Algérie d’accorder toute son importance a la pédagogie universitaire numérique en tant que domaine de recherche, à l’instar de pays comme les USA et certains pays européens. Ceci permettrait aux enseignants-chercheurs de la discipline d’entreprendre des recherches sur l’enseignement de leur propre discipline afin d’identifier scientifiquement les contextes optimaux pour l’intégration durable et consensuelle des TIC et éventuellement concevoir eux-mêmes les outils TIC et ressources numériques didactiques adaptés aux besoins de leurs étudiants – ressources qui pourraient par la suite être mutualisées entre plusieurs établissements.

Mots clés : *TIC ; technologies éducatives ; e-learning ; engineering education research ; discipline-based education research*

1. Introduction :

Aujourd'hui, les étudiants inscrits en 1ère année Licence dans nos universités sont tous nés au début des années 2000s. Ils appartiennent à ce que les sociologues appellent la « *Génération Z* » (2000 – 2014) (la génération des smartphones, des jeux électroniques et des réseaux sociaux). Quelle que soit l'appellation (« natifs du numérique », « numériens », « digiborigènes », « milléniaux » ou encore « Petite Poucette » selon l'appellation attendrissante de Michel Serres[1]), il est évident que nous vivons tous dans un monde où les TIC occupent une place de plus en plus prépondérante. Bien que les recherches scientifiques tendent à démontrer que les populations d'étudiants sont en réalité hétérogènes dans leurs exposition, usage et degré de maîtrise effective des TIC , il n'en demeure pas moins que l'exposition fréquente aux écrans n'est pas sans conséquence sur le développement cognitif et social des individus. Par exemple, le rapport de l'Académie Française des Sciences mentionne que les outils numériques ont une puissance inédite pour aider le cerveau à explorer ses capacités déductives et améliorer l'attention visuelle. D'un autre côté, l'usage exclusif de ces technologies favoriserait une pensée « zapping » superficielle qui se caractérise par une capacité d'attention assez courte et une faible capacité de mémorisation et de synthèse. Aussi, il est indéniable que les étudiants d'aujourd'hui, tout comme le reste de la société, évoluent dans une « culture du numérique » qui serait caractérisée, entre autres, par l'hyper-connectivité, la gratification instantanée, la collaboration décentralisée et des quantités exponentiellement croissantes d'informations.

Les étudiants d'aujourd'hui sont donc forcément différents mais cette différence ne pourrait être réduite à l'évolution générationnelle « naturelle », elle doit être contemplée dans le contexte global de la « révolution numérique » qui entraîne une mondialisation sans précédent (Figure 1). Cette révolution constitue une mutation qui bouscule en particulier la pédagogie et le rapport au savoir, puisque l'accès à Internet permet d'accéder à un savoir largement partagé, et l'enseignant ne doit plus se contenter de transmettre « ses » connaissances. Il y a donc un sentiment général que l'Université, en tant qu'institution fondamentalement sociale, doit se ré-adapter au nouveau contexte socio-économique de notre monde où les TIC sont omniprésentes. Pourtant, malgré ce sentiment général d'insatisfaction du rendement de l'enseignement supérieur et en dépit de la désaffection des étudiants pour les études scientifiques et techniques en particulier, l'enseignement supérieur peine à effectuer le changement des attitudes nécessaire pour une réforme efficace et pérenne des pratiques d'enseignement.

1 Appellation apparue dans l'ouvrage du même nom de Michel Serres, Éditions Le Pommier, 2012 : https://www.editions-lepommier.fr/petite-poucette

Notre étude tente d'identifier les obstacles aux changements de ces attitudes à même d'accuser un retard considérable d'une intégration efficace et efficiente des TIC dans l'enseignement supérieur et particulièrement dans la formation des ingénieurs.

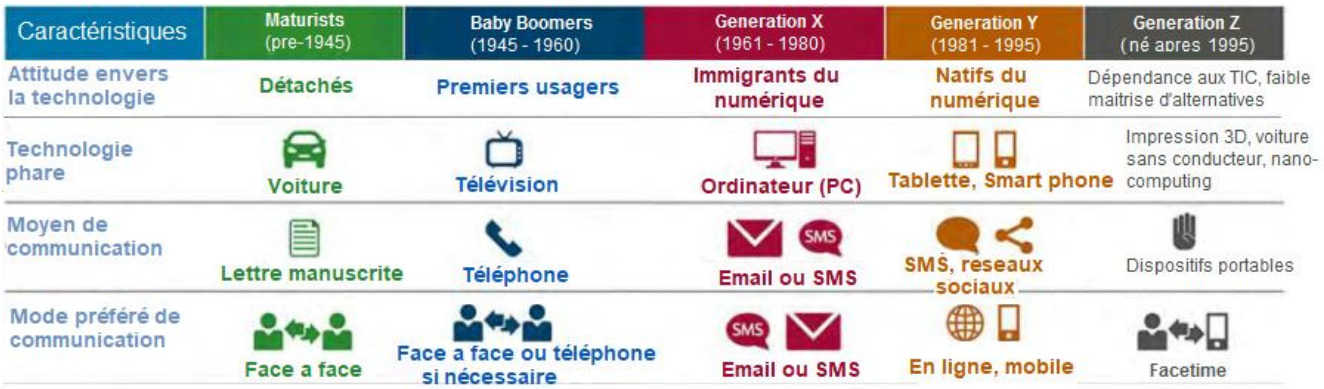


Figure 1 : Schéma illustrant l'évolution générationnelle des « Maturists » à la « Génération Z » et les principales différences dans les modes favoris de communication et les attitudes envers la technologie .

2. TIC enseignement et développement de nouvelles compétences

2.1. Les TIC au cœur des compétences du 21ème siècle

Depuis plusieurs années, la notion « compétences du 21ème siècle » occupe une part intégrale du discours des acteurs internationaux du système éducatif. Il y a un sentiment général qu'une rupture épistémologique a eu lieu entre les siècles précédents et le siècle présent, et que les besoins éducatifs de ce nouveau siècle exigent de nouvelles façons de penser, d'enseigner et d'apprendre. En 1998, la « Déclaration Mondiale sur l'Enseignement Supérieur » énonçait déjà une vision mondiale pour « l'enseignement supérieur au 21ème siècle ». Cette vision préconisait, entre autres, la diversification des modèles d'enseignement pour un enseignement supérieur plus inclusif et le développement des compétences telles que l'autonomie, la pensée critique, la citoyenneté responsable et l'éducation tout au long de la vie (UNESCO, 1998). Aussi, on y lit en matière de TIC :

« *Il convient de mettre pleinement à profit le potentiel qu'offrent les nouvelles technologies de l'information et de la communication pour rénover l'enseignement supérieur en élargissant et en diversifiant la transmission du savoir et en mettant les connaissances et l'information à la disposition d'un public plus large* ».

La formation des générations futures pour relever les défis du développement durable de l'humanité est aussi au cœur des préoccupations de l'enseignement supérieur. Cette préoccupation est justifiée vu la mutation de nos sociétés d'un modèle industriel de production à un modèle de consommation et une économie mondiale du savoir en rapide évolution, interconnectée et dominée par la technologie. Mais elle s'est aussi imposée par les nouvelles attentes des apprenants qui réclament un système d'éducation plus

adapté à leur monde ainsi que des éléments de preuves qui s'accumulent sur les moyens d'optimiser l'apprentissage, y compris l'utilisation des innovations technologiques permettant de l'approfondir et de le transformer. Plusieurs pays ont pris l'initiative de définir les compétences nécessaires pour relever les défis du 21ème siècle. Binkley *et al* présentent une revue des compétences du 21ème siècle préconisées par plusieurs pays (UE, USA, UK, Japon, Australie…) et propose un modèle pour leur classification en quatre catégories principales (Figure 2). Chacune de ces compétences comprend un ensemble de savoirs (*knowledge*), savoir-faires (*skills*) et savoir-êtres (*attitudes, values and ethics*) (KSAVE model) .

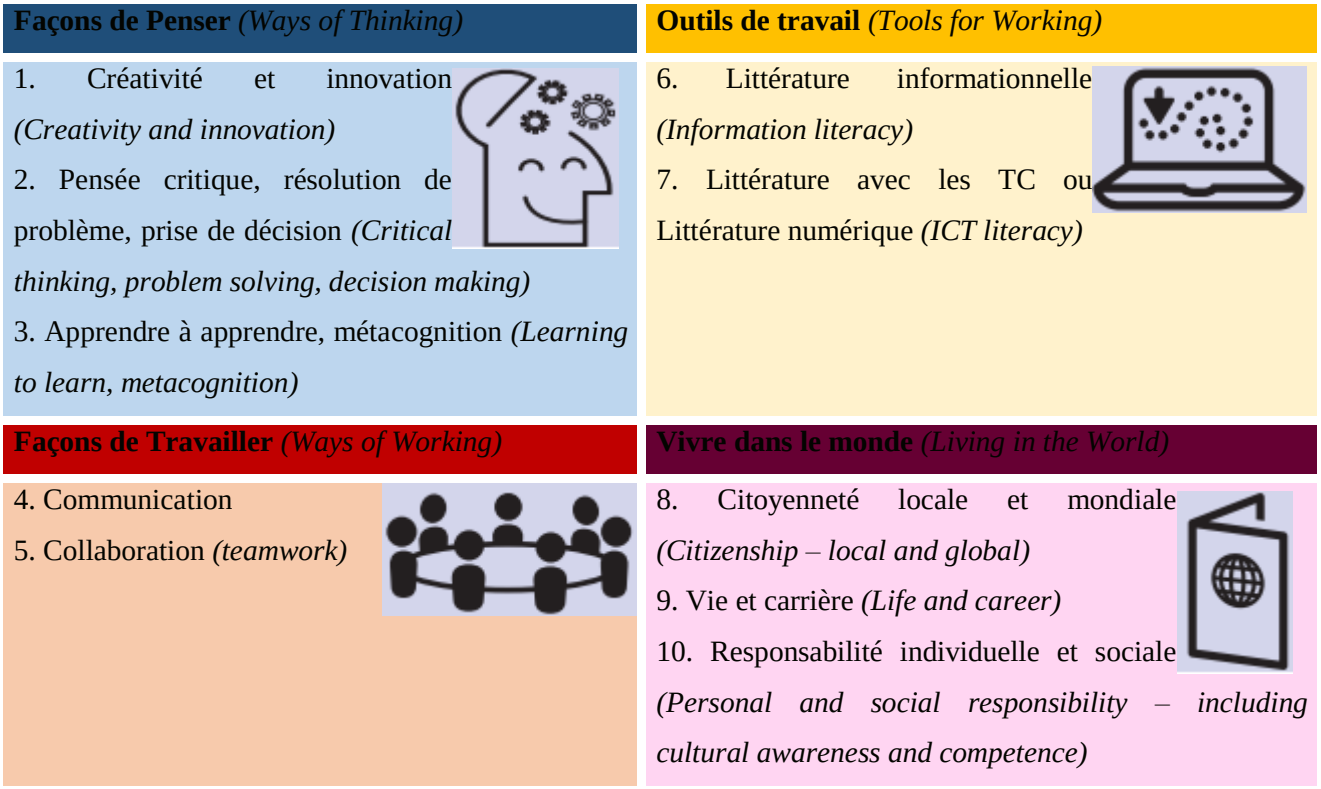


Figure 2: Compétences clés pour le 21ème siècle (adapté de)

Il convient de noter que certaines de ces compétences ne sont pas uniques au 21ème siècle (ex. communication, collaboration, pensée critique…), toutefois le défi qui se pose est de les faire évoluer afin d'y mobiliser des habiletés plus complexes dans le contexte de la mondialisation. Il s'agit donc d'adapter ces vieilles compétences à des nouveaux modèles de développement économique et social qui sont dynamiques et imprévisibles. Toutefois, Mishra et Kereluik identifient deux compétences clés qui sont uniques au 21ème siècle : la littérature informationnelle et numérique (ou « alphabétisation technologique ») et les compétences interculturelles (Mishra and Kereluik 2011). En effet, l'impact social, économique et informatif d'Internet et les médias numériques est sans précédent et n'est pas comparable avec les autres formes de média qui ont précédé le 21ème siècle. De nouvelles compétences et connaissances sont donc nécessaires à tous les niveaux d'interaction avec les TIC. De surcroît, les compétences liées à l'interaction

efficace avec les médias imprimés ne sont pas directement transférables aux médias numériques. La compétence culturelle quant à elle prend une nouvelle importance à l'âge de la mondialisation, ou des équipes multinationales sont appelées à travailler ensemble souvent via les TIC .

2.2. Les TIC et l'enseignement supérieur en Algérie

La massification de l'enseignement universitaire, l'importance que prend l'insertion professionnelle des diplômés et la pénétration croissante du numérique dans nos sociétés amènent désormais l'enseignement supérieur à prendre la question de la pédagogie universitaire très au sérieux. En fait, dans le milieu universitaire, « pédagogie » et « numérique » sont deux notions qui semblent émerger en même temps, puisque c'est principalement suite à la place grandissante que prennent les TIC dans la société que des questionnements d'ordre pédagogique ont émergé, par ricochet, dans l'enseignement supérieur. De telle sorte que l'université se trouve désormais face à un double défi : prendre le virage du numérique tout en repensant sa pédagogie. Si par le passé, l'université avait la mission élitiste de dispenser un savoir magistral, elle se trouve désormais obligée de repenser sa mission dans le contexte de la massification de l'enseignement supérieur et la professionnalisation des formations universitaires. Ce nouveau contexte la conduit à accueillir des publics de plus en plus hétérogènes sans ré-adaptation des cursus de formation (résultant en des taux d'échec importants) et à majorer la capacité professionnalisante de ses formations. Il ne s'agit plus de produire et prodiguer des savoirs académiques mais de les adapter afin d'assurer l'insertion sociale et professionnelle des diplômés (Roussel & Jourdan, 2015).

L'Algérie s'est engagée depuis quelques années dans une politique de modernisation du secteur de l'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique. Cette politique de modernisation s'est déclinée sous plusieurs réformes et projets tels que la réforme Licence – Master – Doctorat (LMD), le système national de télé-enseignement, la numérisation de la documentation universitaire (ex. projet SNDL) et l'introduction d'une formation en pédagogie universitaire et utilisation des TIC au bénéfice des enseignants nouvellement recrutés (JORADP, 2016). Les technologies éducatives occupent un rôle important dans le nouveau paradigme pédagogique adopté par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESRS). En effet, dans son rapport sur les « Priorités et la planification de l'année 2007 » établi en septembre 2006, le MESRS a inscrit, parmi les « Objectifs stratégiques 2007-2008-2009 », la mise en place du système de télé-enseignement en soutien à la formation en présentiel (Figure 3). Le projet du système national de téléenseignement avait pour objectifs immédiats de : (i) Redresser le déséquilibre actuel représenté par l'insuffisance de la capacité d'encadrement des flux continuels et croissants d'apprenants, et (ii) Améliorer la qualité de la formation et se rapprocher rapidement des normes et standards internationaux

en termes d'assurance-qualité. Selon la vision du MESRS, le système national de télé-enseignement est considéré comme un soutien à la formation en présentiel, qu'il complète et conforte. Avec la mise en place du futur réseau d'enseignement et de recherche (NREN), le télé-enseignement contribuera davantage à la modernisation des outils et méthodes d'enseignement, notamment à travers la construction d'un espace numérique - ouvert au citoyen - intégrant communication unifiée, échange d'information et travail collaboratif entre tous les acteurs.

Court-terme :

- Dotation de 59 établissements universitaires de matériel de visioconférence.
- Mise en place de cellules eLearning dans les établissements universitaires nationaux, disposant de plateforme d'enseignement à distance (Moodle) et de personnel de soutien technique.
- Formations d'enseignants, ingénieurs et techniciens en coopération avec l'UNESCO, la Commission Européenne et l'AUF.

Moyen-terme :

- Mise en place d'un système d'enseignement en distanciel, destiné prioritairement à la communauté universitaire, mais pouvant également bénéficier à un public plus large d'apprenants.
- Le système distanciel sera adossé à une bibliothèque virtuelle, véritable « repository » (dépôt) de ressources en ligne, répondant aux standards et normes en la matière (SCORM et autres).

Long-terme :

- Mise en place du futur réseau d'enseignement et de recherche (NREN : National Research and Education Network) ; réseau sectoriel à haut débit ayant une infrastructure propre et intégrant le système d'information intégré du secteur (ERP), 1 data center national et 3 régionaux.
- En plus des services au profit de la communauté universitaire et des citoyens, ce système fournira également aux décideurs un ensemble d'indicateurs les aidant dans la prise de décision en temps réel (enquêtes prospectives, recueil de statistiques, suivi des indicateurs de performance...).

Figure 3 : Résumé des principales phases de déploiement du système national de téléenseignement selon la vision du MESRS (MESRS, 2010)

En dépit de cette pléthore d'initiatives gouvernementales, les expériences du terrain tendent à démontrer que les pratiques pédagogiques utilisant les TIC demeurent rares et le plus souvent marginales par rapport aux pratiques pédagogiques de l'enseignement classique. Même durant la pandémie du Covid-19 qui a imposé la suspension des cours et la fermeture des établissements universitaires, l'intégration pédagogique des TIC dans l'enseignement était loin d'être établie, voire même consensuelle et le potentiel de cet outil était

largement sous-exploité par les professionnels de l'éducation et utilisé de manière très inégale dans les établissements universitaires. Ces expériences montrent que l'intégration physique TIC dans l'enseignement supérieur ne conduit pas nécessairement à l'innovation pédagogique. En effet, l'intégration pédagogique des TIC est un processus complexe dont la pérennité dépend de plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques qui s'enchevêtrent et que l'imbrication des échelles de l'individuel, du socio-professionnel et de l'institutionnel peut compliquer davantage.

2.3. TIC et formation d'ingénieurs

Les sciences, technologies, ingénierie et mathématiques (STEM en anglais ou STIM en français) constituent un ensemble de disciplines critiques pour le développement économique des sociétés. En effet, c'est grâce à l'application de la science et l'ingénierie que l'humanité pourrait espérer répondre à ses besoins fondamentaux en eau, assainissement, sécurité alimentaire, abri, transport et énergie. Plusieurs facteurs et changements récents ont fait que la communauté éducative s'intéresse de plus en plus à l'amélioration de l'apprentissage des STIM à différents paliers d'enseignement. Parmi ces facteurs, les défis du développement durable et les avancées technologiques et scientifiques rapides à l'interface de l'informatique, la biologie et la physique ouvrent des perspectives importantes d'innovation à l'échelle mondiale (ex. *big data* ou *données massives*). Sur le plan commercial et entrepreneurial, la mondialisation ouvre aux ingénieurs du 21ème siècle de nouvelles possibilités de collaboration multiculturelle et de nouveaux marchés pour leurs innovations. Enfin, la pénurie d'ingénieurs est un enjeu que plusieurs gouvernements et organisations internationales ont identifié. Cette pénurie pourrait être attribuée au déclin des nombres de diplômés dans les différentes spécialités d'ingénierie d'une part, et à l'écart qualitatif entre les programmes d'enseignement de l'ingénierie et les besoins en compétences des marchés du travail d'autre part. L'Algérie est particulièrement concernée par cette pénurie d'ingénieurs vu que son indice de disponibilité de scientifiques et ingénieurs ; calculé par rapport à sa population et estimé à 3.74, est en dessous de la moyenne mondiale et de la moyenne de la région Afrique du Nord et Moyen Orient (ANMO) (Figure 4). L'Algérie figure ainsi parmi les 40% des pays ayant les indices les plus bas dans le monde (World Bank, 2017).

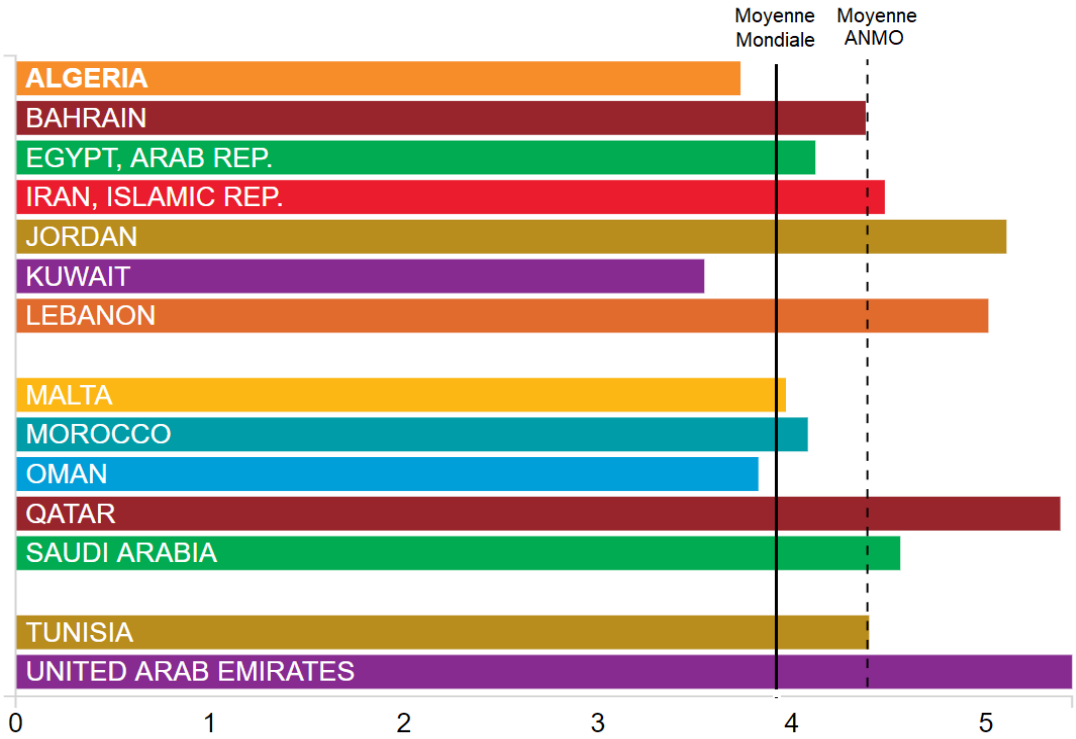


Figure 4. Indices de disponibilité de scientifiques et ingénieurs dans les pays de la région Afrique du Nord et Moyen Orient (ANMO) selon les statistiques de 2017 (Source : https://tcdata360.worldbank.org/)

Sur le plan qualitatif, tant au niveau du contenu que des méthodes pédagogiques, les formations d'ingénieurs existantes, particulièrement en Algérie, suivent toujours un format plus ou moins traditionnel. Elles sont conçues selon une logique de spécialisation et cloisonnement disciplinaire, et l'enseignement via le mode transmissif (articulé autour de cours magistraux, TP et TD), où les apprenants ne sont pas exposés aux problèmes compliqués et complexes caractéristiques du développement durable, la transition énergétique et autres défis du 21ème siècle. Le contenu est plutôt basé sur les problèmes dits « évidents », dont la solution est connue avec une très faible marge d'incertitude et dont la résolution nécessite une approche monodisciplinaire. En contraste, le monde dans lequel ces futurs ingénieurs seront appelés à opérer est caractérisé par les problèmes dits compliqués et complexes dont les solutions sont inconnues et doivent être élaborées, négociées et perfectionnées via des approches pluri- et transdisciplinaires. Les pédagogies innovantes ayant une efficacité reconnue telles que l'apprentissage par résolution de problèmes complexes et par la conduite de projets ne sont pas mises en œuvre. L'intégration des TIC demeure marginale et restreinte aux usages classiques (ex. logiciels de calcul et de simulation). Pourtant, l'UNESCO qui s'intéresse depuis 10 ans déjà à la réadaptation des formations d'ingénieurs pour former des ingénieurs conscients et capables d'adresser les enjeux du développement durable, préconise une pédagogie centrée sur l'apprenant et l'apprentissage par projet, facilité par les technologies éducatives avancées et les outils TIC (Figure 5) (Cha & Koo, 2011).

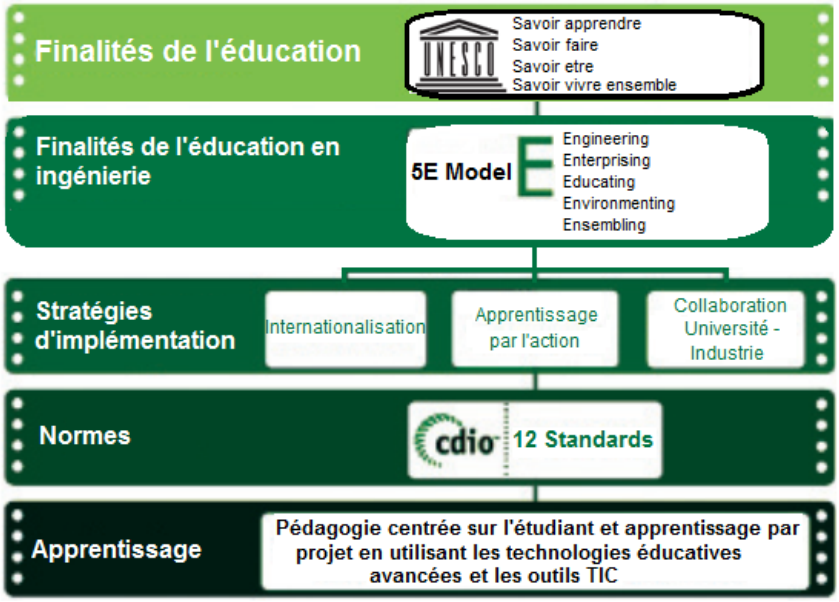


Figure 5 : Paradigme de l'UNESCO pour la formation des ingénieurs et le rôle pédagogique des TIC

Le défi qui se pose pour la formation des ingénieurs de demain est donc double : (i) les programmes d'ingénierie et les méthodes pédagogiques doivent être rénovés afin d'attirer un nombre suffisant d'étudiants vers ces filières et (ii) la formation des ingénieurs doit préparer les ingénieurs du futur en leur facilitant l'acquisition des compétences et savoirs-faires dont ils auront besoin pour gérer les changements rapides, l'incertitude et la complexité qui caractérise le monde dans lequel ils seront appelés à travailler. Selon Froyd et al (Froyd et al., 2012), cinq changements majeurs dans l'enseignement de l'ingénierie ont eu lieu durant les 100 dernières années:

1. Passage de l'approche pédagogique centrée sur la pratique à celle basée sur les sciences de l'ingénieur et les aspects analytiques,
2. Passage à l'approche de formation par compétences et l'accréditation,
3. Accentuation de la dimension « conception » (engineering design),
4. Evolution vers l'application de la recherche en éducation, apprentissage et les sciences sociales et comportementales,
5. Evolution vers l'intégration des TIC dans l'éducation.

Ce dernier changement a ouvert plusieurs perspectives de recherche sur les TIC en tant qu'outils et accessoires d'apprentissage de l'ingénierie mais aussi en tant qu'objet d'apprentissage et de recherche dans certaines spécialités de l'ingénierie (ex. ingénierie informatique, systèmes d'information et de communication, robotique industrielle, …). Il existe même des travaux de recherche orientés vers la conception et le développement de TIC pour l'enseignement de l'ingénierie (ou les STIM de manière

générale). La littérature scientifique rapporte plusieurs exemples d'intégration des TIC dans l'enseignement de l'ingénierie en général et du génie des procédés en particulier, par exemple les laboratoires virtuels (de Jong et al., 2013), activités d'apprentissage visant à développer la littérature informationnelle et à maîtriser les outils de collaboration et de communication du Web 2.0 (Alam et al., 2015), logiciels de simulation, de traitement et de visualisation des données (Komulainen et al., 2012) et les jeux sérieux (Callaghan et al., 2013; Galaup, 2013). En outre, les TIC peuvent constituer des moyens propices à l'enseignement des notions transdisciplinaires telle que le développement durable. En effet, l'Institut International pour le Développement Durable a publié un guide qui illustre comment les TIC peuvent soutenir et faciliter l'enseignement du développement durable (Paas, 2008).

3. Problématique

Dans cette contribution, nous nous penchons sur la problématique des représentations des enseignants d'ingénierie par rapport à l'intégration des TIC dans l'enseignement de leur discipline. Il est généralement admis que les enseignants sont la clé de voûte de l'évolution de tout système éducatif. Si l'enjeu majeur est d'impulser, via les TIC, un changement des pratiques pédagogiques pour réadapter les formations d'ingénieurs aux exigences du 21ème siècle et aux modes d'apprentissage des nouvelles générations d'apprenants, on ne peut occulter les facteurs qui influent sur l'adoption des TIC par les enseignants. Si la pédagogie universitaire doit intégrer les TIC, et pour que cette intégration soit pérenne, il faut que ce soit pour un motif pédagogique jugé valable par les enseignants. Dans ce contexte, la dimension disciplinaire prend toute sa signification ainsi que les représentations des enseignants-chercheurs par rapport à l'intégration des TIC dans l'enseignement de leur discipline. Notre étude avait donc pour but d'explorer la « zone de confort » des enseignants par rapport à l'intégration des TIC dans leurs enseignements, en partant non pas de prescriptions pédagogiques génériques mais des représentations, attentes et préoccupations des enseignants de la discipline elle-même.

3. Méthodologie :

3.1. Objectifs et justification de la démarche adoptée

Notre étude se présente comme une étude de cas de type exploratoire, ayant pour objectif de définir les représentations des enseignants d'une faculté d'ingénierie dans une université algérienne par rapport à l'utilisation des TIC dans leurs enseignements. Le but d'une telle démarche est d'aboutir à une caractérisation initiale des facteurs humains pouvant influer sur l'adoption pédagogique des TIC par les enseignants dans le cadre spécifique d'une formation d'ingénieurs, en prenant la Faculté de Génie des procédés à l'Université Salah Boubnider - Constantine 3 comme exemple.

Cette étude est justifiée par plusieurs constats dont le fait rarement contesté que les étudiants d'ingénierie ont une compréhension erronée des concepts fondamentaux - en particulier des phénomènes qui ne sont pas directement observables. Aussi, le fait qu'en Algérie, la réflexion sur l'intégration pédagogique des TIC demeure dominée par une orientation pédago-technologique « adisciplinaire », de telle sorte que les différenciations disciplinaires des usages des TIC sont encore peu intégrées (de Hosson et al., 2018). Pourtant, le cloisonnement disciplinaire caractéristique de l'enseignement supérieur fait que la communauté des enseignants-chercheurs soit « façonnée » par la discipline académique dont elle se réclame ; chaque discipline représentant un « échafaudage » épistémologique, cognitif et intellectuel qui donne naissance à une culture d'enseignement et de recherche propre à la discipline. Cette culture qui est basée sur un sentiment d'appartenance disciplinaire « inclut un ensemble de certitudes portant à la fois sur ce qui doit être enseigné et sur la manière dont cela doit être fait » (de Hosson et al., 2018). Notre étude se propose de contribuer à répondre à ce besoin de contextualisation disciplinaire. Elle prend pour entrée non pas les prescriptions pédagogiques génériques mais la spécificité disciplinaire des acteurs et des savoirs en explorant les représentations, attentes et préoccupations des enseignants de la discipline (le génie des procédés).

3.2. Contexte de l'étude

Cette étude a été réalisée durant l'année académique 2017 – 2018, dans la Faculté de "Genie des procédés" à l'Université Salah Boubnider – Constantine 3. Conformément au décret exécutif n°. 11-402 du 28 novembre 2011 portant création de l'université de Constantine 3, la Faculté du Génie des procédés a été créée de l'ancien département de « *Chimie industrielle* » (ex Université Mentouri de Constantine) et rattachée à l'Université de Constantine 3. La Faculté du Génie des procédés est donc une structure récente, en 2017 – 2018, l'effectif pédagogique comptait une soixantaine d'enseignants dont sept professeurs et quatre départements : un tronc commun de toutes les filières de « *Sciences et Technologies* » et trois départements de spécialité : « *Génie des procédés chimiques* », « *Génie des procédés pour l'environnement* » et « *Génie des procédés pharmaceutiques* ».

Les tableaux 1 et 2 présentent les effectifs estudiantins et les bilans pédagogiques pour les paliers Licence et Master. Ces statistiques montrent que la faculté accueille des effectifs croissant d'étudiants et que les taux d'échec, notamment avant rattrapage, sont considérables (pour 2017 - 2018, les taux étaient de 58 % en moyenne pour les L1, L2 et L3 et 49 % pour les M1 et M2 toutes spécialités confondues). Aussi, il convient de noter que le changement de la langue d'enseignement de l'Arabe (utilisé dans l'enseignement fondamental) au Français (utilisé dans l'enseignement universitaire) constitue un handicap pour une grande

majorité d'étudiants, en plus du fait que la plupart d'entre eux ne maîtrisent pas l'outil informatique quand ils intègrent la Faculté. Bien que de plus en plus d'entre eux disposent de téléphones intelligents, leur familiarité avec cet outil se restreint en général à l'utilisation des réseaux sociaux, en particulier *facebook* vu que l'accès y est gratuit dans la majorité des forfaits Internet offerts par les opérateurs mobiles commerciaux en Algérie.

Tableau 1 : Effectifs estudiantins de la Faculté du Génie des Procédés (1ère année de Licence)

	2015 - 2016	**2016 - 2017**	**2017 - 2018**
Total admis (L1)	283	445	505
Abandons	51 (18%)	40 (9%)	-
Taux d'échec	69 (24.4%)	124 (27.9%)	197 (39%)
Taux de réussite sans rattrapage	84 (29.7%)	67 (15%)	83 (16.4%)
Taux de réussite après rattrapage	79 (27.9%)	214 (48.1%)	225 (44.6%)

Tableau 2 : Bilan pédagogique pour les paliers Licence et Master (année 2017 – 2018)

	Taux de réussite sans rattrapage	**Taux de réussite après rattrapage**	**Taux d'échec**
LICENCE			
L1 (Total : 505)	83 (16.4%)	225 (44.6%)	197 (39%)
L2 (Total : 345)	116 (33.6%)	189 (54.8%)	40 (11.6%)
L3 (Total : 338)	86 (25.4%)	252 (74.6%)	132 (39%)
MASTER 1			
Génie Pharmaceutique (Total : 47)	8 (17%)	35 (74.5%)	4 (8.5%)
Génie Chimique (Total : 55)	23 (41.8%)	29 (52.7%)	3 (5.5%)
Génie des Procédés de l'Environnement (Total : 40)	15 (37.5%)	20 (50%)	5 (12.5%)
MASTER 2			
Génie Pharmaceutique (Total : 50)	21 (42%)	16 (32%)	13 (26%)
Génie Chimique (Total : 51)	48 (94.1%)	3 (5.9%)	0

Génie des Procédés de l'Environnement (Total : 44)	12 (27.3%)	33 (75%)	10 (22.7%)

3.3. Échantillon et collecte de données

Les données recueillies dans ce travail ont été obtenues d'un échantillon de 27 enseignants représentant 40% de l'effectif d'enseignants de la Faculté pour l'année 2017 – 2018. Un questionnaire conçu selon la méthode de l'association libre a été utilisé pour sonder les représentations des enseignants du génie des procédés sur l'utilisation des TIC dans leurs enseignements. Dans l'introduction du questionnaire, les TIC ont été définies comme suit : « *TIC = Toute technologie numérique permettant d'échanger des informations et de communiquer (ex. vidéos, audio, cours en ligne, simulations numériques, laboratoire virtuel, email, réseaux sociaux, Internet, applications de smartphones….)* ». Le questionnaire visait à collecter des données sur les aspects suivants :

- expérience dans l'enseignement et dans l'utilisation des TIC dans l'enseignement
- attitudes par rapport à l'utilisation des TIC dans l'enseignement du génie des procédés (une échelle de 5 niveaux de type Likert et deux questions sur les mots et émotions que les enseignants associent avec l'utilisation des TIC dans l'enseignement)
- bénéfices et contraintes de l'utilisation des TIC dans l'enseignement du génie des procédés, tels que perçus par les enseignants.

Avant sa diffusion, le questionnaire a été testé auprès de 3 enseignants. Les réponses ont été recueillies du 20/04 au 09/05/2018. Nous avons utilisé deux méthodes de distribution des questionnaires : version électronique en ligne et version imprimée que nous avons distribuée aux enseignants-chercheurs n'ayant pas renseigné le questionnaire en ligne. Le but de cette démarche était de s'assurer que les enseignants n'ayant pas accès à Internet soient représentés dans l'échantillon enquêté. Suite au recueil des données par questionnaire, nous avons effectué des entretiens d'explicitation, auprès de 10 enseignants parmi les 27 ayant renseigné le questionnaire. Les entretiens ont été réalisés du 24/06 au 01/07/2018. L'objectif de l'entretien était d'expliciter les réponses des enseignants par rapport aux mots et émotions qu'ils/elles associent avec l'utilisation des TIC dans l'enseignement. Nous avons donc exploité l'entretien principalement pour clarifier le sens voulu par chaque mot utilisé par les répondants et aussi pour comprendre les motifs qui ont orienté les réponses des enseignants aux questions sur leurs attitudes (échelles numériques d'attitudes). Cette démarche était nécessaire pour nous assurer que les enseignants ont interprété les échelles de mesures correctement et pour trianguler avec les réponses recueillies par questionnaire. Cette démarche nous a facilité aussi l'analyse thématique des mots et émotions générés via le questionnaire. Pour les enseignants ayant exprimé leur accord, nous avons procédé à l'enregistrement vocal

des entretiens pour en faciliter l'analyse. Les entretiens ont été enregistrés sur le téléphone portable en utilisant l'application « *Easy Voice Recorder* » version 2.4.5 de digipom.

4. Résultats

4.1. Expériences des enseignants dans l'utilisation des TIC pour l'enseignement du génie des procédés

Les figures 6 – 9 illustrent quelques statistiques descriptives de l'échantillon d'enseignants-chercheurs ayant participé à notre enquête par questionnaire. La figure 6 représente la répartition des enseignants selon le nombre d'années d'expérience dans l'enseignement supérieur. Notre échantillon est composé en majorité (85%) d'enseignants ayant > 5 ans d'expérience.

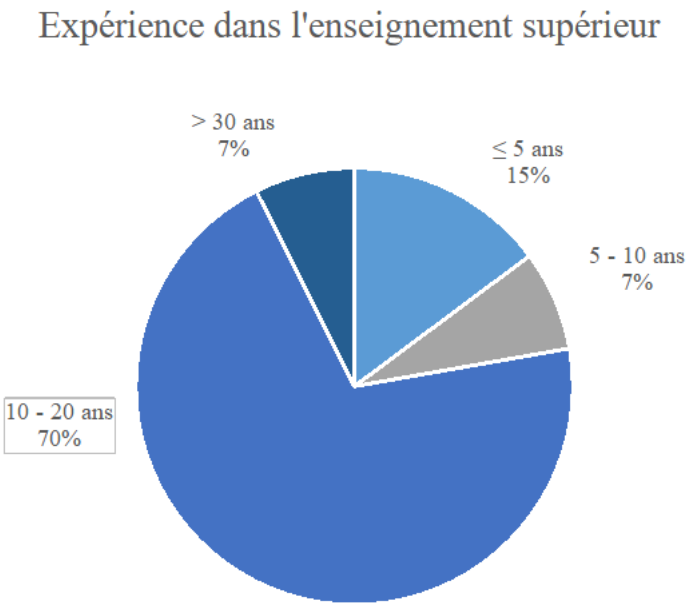
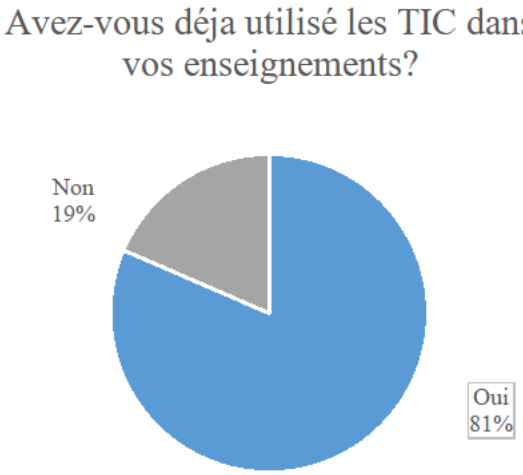


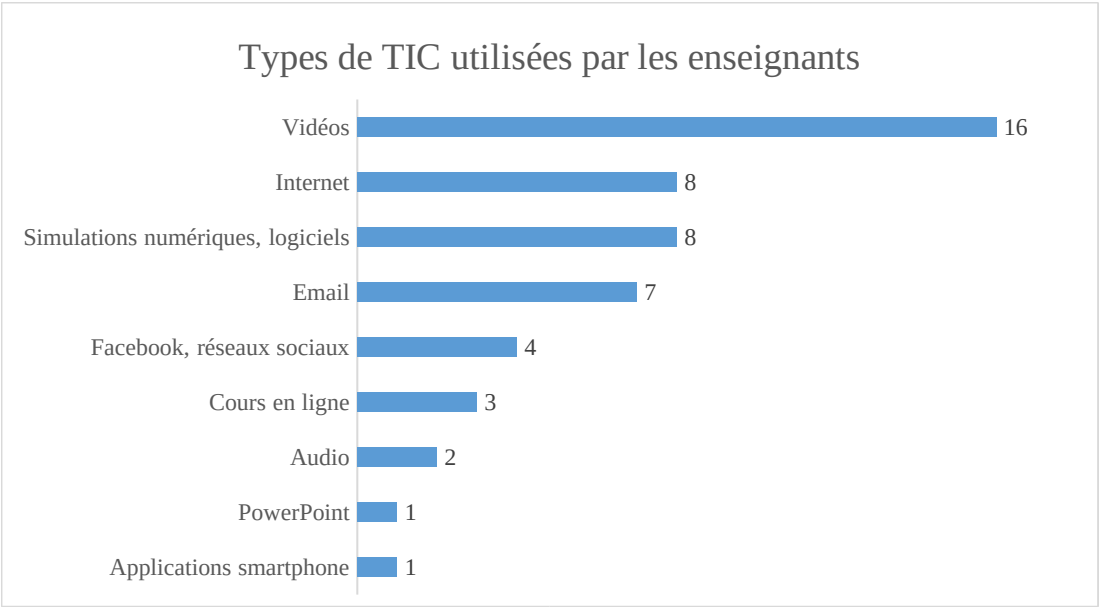
Figure 6 : Répartition des enseignants-chercheurs enquêtés selon le nombre d'années d'exercice en qualité d'enseignant universitaire

Pour ce qui est de l'expérience d'utilisation des TIC dans l'enseignement, les résultats illustrés dans la figure 7(a – b) montrent que la majorité des enseignants enquêtés (81%) reconnaissent avoir déjà utilisé les TIC dans leurs enseignements. Les TIC les plus fréquemment utilisées sont les vidéos (cours, TP), Internet (email, réseaux sociaux) et les simulations numériques. Il convient de noter que plusieurs enseignants ont recours aux vidéos disponibles sur Internet pour illustrer des applications industrielles du génie des procédés ou comme substituts aux travaux pratiques en cas de manque de moyens matériels nécessaires pour les réaliser. Pour ce qui est des simulations numériques, plusieurs logiciels de simulation et de modélisation sont disponibles pour simuler des procédés industriels et des phénomènes physico-chimiques sur ordinateur. En génie des procédés, le recours aux logiciels pour la résolution de problèmes

mathématiques (programmation) ou les analyses statistiques est largement répandu et représente donc une utilisation “classique” des TIC dans ce contexte disciplinaire.



(a)



(b)

Figure 7 : Expérience préalable des enseignants-chercheurs enquêtés en matière d’utilisation des TIC dans leurs enseignements : (a) expérience d’utilisation des TIC dans l’enseignement (cours, TP, TD…), (b) types de TIC utilisés (par fréquence de citation dans les réponses).

La Figure 8 illustre les résultats concernant l’attitude générale des enseignants vis-à-vis de l’utilisation des TIC dans leurs enseignements. La majorité des enseignants (67%) trouvent que l’utilisation des TIC dans l’enseignement du génie des procédés est une chose positive. Cette attitude positive des enseignants envers les TIC pourrait être liée au fait qu’ils sont familiers avec l’utilisation des TIC dans le cadre professionnel

en général et la facilité d'accès aux TIC dont ils jouissent (puisqu'ils n'ont pas rencontré de difficultés à renseigner le questionnaire en ligne). Il serait donc intéressant de vérifier si la même tendance serait observée chez les enseignants qui n'ont pas participé à l'enquête en ligne (qui n'ont pas un accès régulier à Internet ou qui ne l'utilisent pas couramment).

Nos résultats montrent également que même parmi cet échantillon d'enseignants qui sont apparemment des usagers réguliers des TIC dans leur pratique professionnelle, il existe une proportion qui ont une attitude mitigée envers les TICE. En effet, 2 enseignants (représentant 7% de l'échantillon) sont neutres et 1 enseignante (représentant 4% de l'échantillon) a exprimé une attitude plutôt négative envers les TICE. L'entretien que nous avons effectué avec ces enseignants ont révélé que pour ces enseignants, bien que les TIC soient très utiles pour l'enseignant (pour la préparation des cours et la documentation), quand il s'agit de les utiliser dans l'enseignement, elles peuvent présenter des inconvénients comme l'encouragement de pratiques contraires à la pédagogie (ex. projection d'équations mathématiques complexes sans prendre la peine de les développer et d'expliquer les différentes étapes de leurs dérivations ou résolution sur le tableau). Aussi, selon la perspective de ces enseignants, l'utilisation des TIC dans l'enseignement ne peut être jugée positive dans l'absolu, mais devrait être conditionnée par la nature de la matière enseignée et les caractéristiques des étudiants enseignés. Dans certains cas, l'utilisation des TIC dans l'enseignement serait donc fortement déconseillée, d'où l'attitude neutre à négative exprimée par ces enseignants.

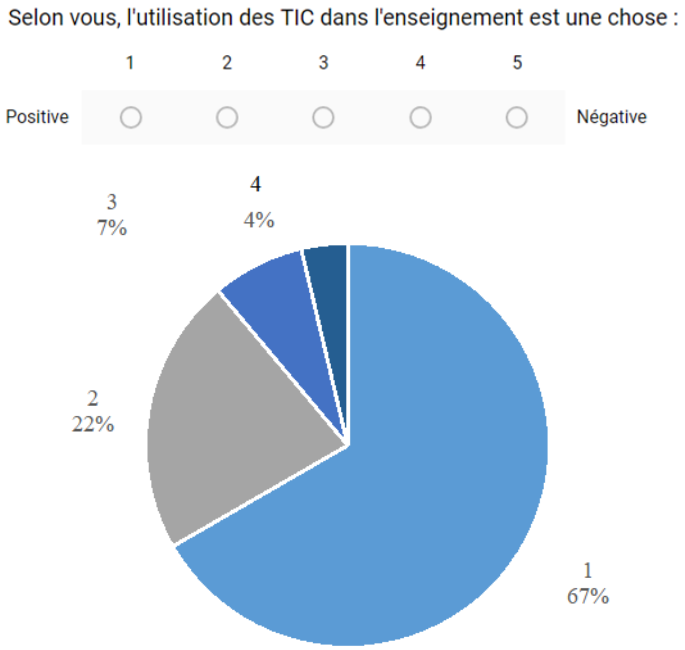


Figure 8 : Attitude des enseignants-chercheurs enquêtés envers l'utilisation des TIC dans l'enseignement du génie des procédés (1 = positive, 5 = négative)

Concernant l'intention d'utilisation des TIC dans l'enseignement, nous avons demandé aux enseignants s'ils se sentaient capables d'utiliser les TIC dans leurs enseignements, si les conditions le permettaient. Les résultats sont présentés dans la Figure 9. La majorité des enseignants enquêtés se sont déclarés plutôt favorables à l'utilisation des TIC dans leurs enseignements si les conditions s'y prêtaient (70%). Toutefois, 7 enseignants (26% de l'échantillon) ont choisi l'option neutre et une enseignante (4%) s'est déclarée absolument contre. Les entretiens d'explicitation que nous avons réalisés par la suite ont révélé que certains enseignants éprouvent des appréhensions vis-à-vis la mauvaise utilisation des TIC dans l'enseignement et l'éventualité de feedbacks négatifs des étudiants suite à leur introduction en classe. Ces expériences ou croyances représentent donc un frein à l'utilisation des TIC dans l'enseignement, même si les conditions le permettent.

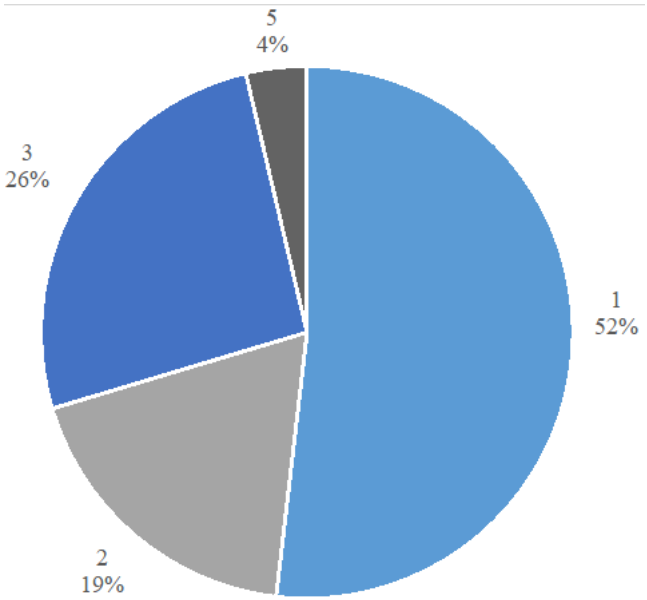


Figure 9 : Prédisposition à utiliser les TIC dans l'enseignement du génie des procédés si les conditions le permettent (1 = absolument prêt(e), 5 = pas du tout prêt(e))

4.2. Représentations des enseignants sur l'utilisation des TIC dans l'enseignement du génie des procédés

Les représentations et émotions des enseignants concernant l'utilisation des TIC dans l'enseignement du génie des procédés sont illustrées par les nuages de mots dans les Figures 10 et 11 respectivement. Il convient de préciser que le nuage de mots a été élaboré à partir de la liste brute de mots tels qu'ils ont été cités par les enseignants. Le seul changement que nous avons fait est de grouper les mots « youtube » et « vidéo » ensemble et remplacer « mise à jour » par son synonyme « actualisation » pour obtenir un seul mot (le logiciel de création des nuages de mots que nous avons utilisé impose une limite supérieure de mots à traiter).

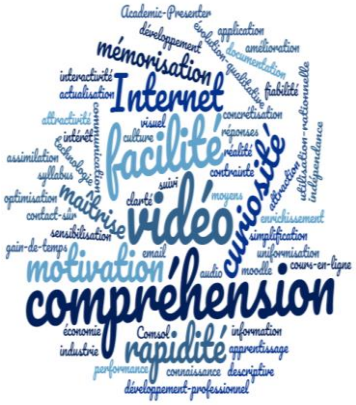


Figure 10 : Nuage de mots représentant la fréquence des mots générés par les enseignants en réponse à l'expression inductrice utilisée dans notre étude (« utilisation des TIC dans l'enseignement ») (créé par : https://www.nuagesdemots.fr).

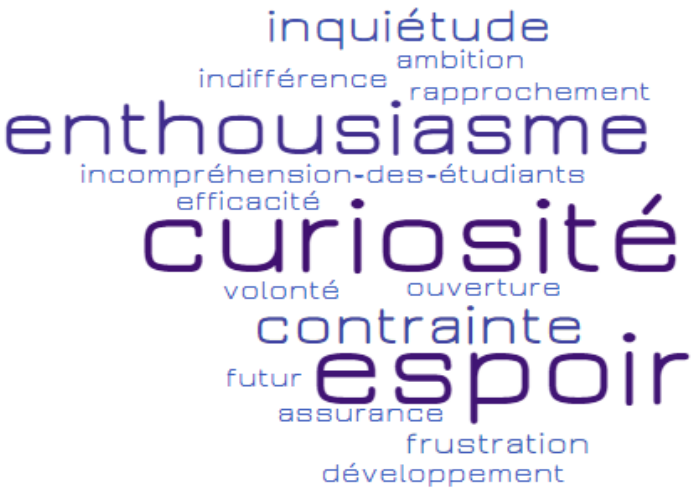


Figure 11 : Nuage de mots représentant la fréquence des émotions citées par les enseignants en réponse à l'expression inductrice utilisée dans notre étude (« utilisation des TIC dans l'enseignement ») (créé par : https://worditout.com/word-cloud/create).

Ces résultats indiquent que les enseignants associent une valeur pédagogique positive aux TICE. En effet, les mots « compréhension » et « facilité » évoquent une certaine amélioration du processus d'apprentissage pour l'étudiant et pour l'enseignant pour lequel la tâche d'expliquer est facilitée. Nous constatons aussi que pour un nombre d'enseignants, les TICE se résumeraient à l'utilisation des « vidéos » dans l'enseignement. L'enrichissement de contenu par les média audiovisuels (idée exprimée également par les mots « visuel » et « audio » présents dans le nuage de mots) semble donc occuper une place relativement importante dans les représentations des enseignants. En outre, nous constatons d'après ces résultats que les enseignants associent des émotions plutôt positives avec les TICE (« curiosité », « espoir » et « enthousiasme »). Toutefois, il existe également un fond d'anxiété exprimé par les émotions « contrainte » et « inquiétude ».

En effet, 13 enseignants (soit pratiquement 50% de l'échantillon enquêté), ont sélectionné un mélange d'émotions positives et négatives dans leurs réponses et 1 enseignant a sélectionné des émotions exclusivement négatives. Nous déduisons de ces résultats que les représentations des enseignants sur les TICE sont mitigées et il existe probablement dans l'imaginaire des enseignants plusieurs freins à leur exploitation effective dans l'enseignement du génie des procédés. Cette tendance pourrait être encore plus accentuée chez les enseignants qui ne sont pas familiers avec les TIC.

4.3. Bénéfices et contraintes de l'utilisation des TIC dans l'enseignement du génie des procédés

Les bénéfices et les contraintes de l'utilisation des TIC dans l'enseignement du génie des procédés, tels que perçus par les enseignants enquêtés, sont résumés dans le Tableau 3. Nous observons que les bénéfices associés avec l'utilisation des TIC dans l'enseignement du génie des procédés reprennent les mêmes éléments de langage utilisés dans les représentations des enseignants. En revanche, les inconvénients évoqués dans le discours des enseignants font ressortir de nouvelles notions et appréhensions relatives à l'acceptabilité de ce mode d'enseignement par les étudiants et son impact effectif sur l'apprentissage des concepts fondamentaux de la discipline. Il apparaît que les enseignants sont conscients du potentiel des TIC pour l'amélioration de la qualité générale de l'apprentissage, toutefois, leur conception des usages des TIC pouvant mener à cette fin restent vague et limitée par leur conception traditionnelle de l'enseignement de leur discipline (conception principalement héritée des anciennes générations de professeurs de la discipline). Or, l'intégration pédagogique des TIC nécessiterait le changement des pratiques ancrées et l'adaptation de l'enseignement aux nouvelles possibilités offertes par les TIC et ceci est perçu comme une charge de travail supplémentaire dont le résultat n'est pas garanti vu que la coopération des étudiants n'est pas assurée.

Tableau 3 : Principaux bénéfices et inconvénients de l'utilisation des TIC dans l'enseignement du génie des procédés, tels que perçus par les enseignants enquêtés

Bénéfices	**Contraintes**
• Facilité de communication, partage d'information • Actualisation des cours • Renforcement des TP (visualisation) • Appui didactique, dispositifs hybrides, mise en ligne de ressources diverses • Booster la motivation, piquer la curiosité des apprenants • Améliorer l'employabilité	• Encourager l'absentéisme • Faciliter le plagiat • Insuffisance des moyens techniques • Disparité socio-économique entre apprenants • Manque de formation des enseignants dans la conception et l'ingénierie des cours en ligne • Caractère secondaire du mode de livraison des contenus par rapport au problème principal de la langue d'enseignement • Résistance au changement de pratiques pédagogiques ancrées • Acceptabilité de ce mode d'enseignement par

	les étudiants • Dévalorisation du métier d'enseignant

5. Discussions et recommandations

Les résultats de notre étude mettent en exergue la complexité des représentations des enseignants-chercheurs par rapport à l'utilisation pédagogique des TIC dans l'enseignement de leur discipline. En effet, il serait impossible dans la pratique d'isoler l'effet des TIC des autres facteurs critiques tels que les caractéristiques des étudiants, des enseignants et l'environnement institutionnel (Ben Youssef & Dahmani, 2008). Enseigner est avant tout une relation humaine qui s'inscrit dans un contexte humain et social, aussi bien que dans le cadre d'une discipline académique possédant une culture pédagogique et scientifique distinctive. Les TIC perturbent les relations sociales entre enseignants – étudiants et, ce faisant, mettent les croyances et valeurs des enseignants au premier plan (relatives à leur rôle, autorité et contrôle dans le processus de transmission du savoir). Aussi, la conception traditionnelle de la pédagogie comme une science dont les fondements intellectuels et les prescriptions s'appliquent de la même manière à l'enseignement fondamental et à l'enseignement supérieur est loin d'être consensuelle eu égard au cloisonnement disciplinaire qui distingue l'enseignement supérieur. Valluy décrit bien ce clivage dans cet extrait :

« (…) quel spécialiste de pédagogie ou de TICE pourrait avoir la compétence adéquate pour dire simultanément à un économiste, à un biologiste et à un neurologue – chacun spécialisé par des décennies d'études initiales et recherches scientifiques dans un sous domaine de la discipline – de quelle (autre) façon chacun doit enseigner sa matière pour l'enseigner mieux ? » (Valluy, 2013).

Partant de là, nous proposons de poser la problématique de la transformation des pratiques pédagogiques via les TIC comme une conséquence possible d'analyses et travaux de recherche en pédagogie universitaire numérique visant à mieux comprendre les pratiques qu'on souhaiterait changer, leur genèse et leurs motivations. Ce type de travaux devrait obligatoirement être menés par les premiers acteurs du changement, a savoir les enseignants-chercheurs de la discipline académique concernée qui partagent des croyances, valeurs et un sens d'identité professionnelle intimement liée à leur discipline. Cette perspective modifie la manière générique et adisciplinaire actuelle dont est abordée la formation des enseignants universitaires à la pédagogie et l'intégration des TIC. De telles formations, bien que nécessaires, ne sont pas suffisantes pour surmonter l'inertie au changement et enclencher la dynamique souhaitée. Nous pensons que la formation des enseignants doit dépasser la logique actuelle d'accompagnement vers la substitution d'une pratique par une autre vers une aide au remodelage réfléchi des pratiques pédagogiques que les enseignants choisissent d'identifier et de spécifier, selon les besoins didactiques de leur discipline. Comme le montrent de Hosson et

al, les pratiques observées sont en réalité très hétérogènes et elles s'organisent autour de l'identité professionnelle des enseignants reflétée dans leur représentation de leur discipline et les valeurs qu'ils y associent ainsi que les règles et les normes auxquelles doivent répondre l'enseignement de cette discipline et les besoins qu'ils projettent sur leurs étudiants (de Hosson et al., 2018).

Par conséquent, notre principale recommandation pour impulser la transformation des pratiques pédagogiques souhaitée pour la réadaptation des formations d'ingénieurs aux défis du 21ème siècle est d'impliquer les enseignants de la discipline dans le processus de recherche des applications didactiques les mieux adaptées à leur discipline, leur permettant ainsi de devenir des acteurs actifs de ce changement et non des sujets passifs qui se contentent de subir des prescriptions externes. Pour ce faire, nous pensons qu'il est devenu impératif d'introduire la pédagogie universitaire en tant que spécialité de recherche dans la nomenclature des spécialités académiques en Algérie. À l'instar des pays anglo-saxons, et plus récemment européens, où la spécialité « Discipline-Based Education Research (DBER) » connaît un essor remarquable. La DBER est une approche de recherche en pédagogie universitaire, fondée sur les priorités, la culture académique, les connaissances et pratiques de la discipline concernée. Aux USA par exemple, de nombreux spécialistes de DBER ont été formés dans les disciplines traditionnelles des sciences et l'ingénierie et ont par la suite migré vers le domaine de la DBER. D'ailleurs, la Recherche en enseignement de l'ingénierie (*Engineering Education Research* ; EER) est, depuis 2004, un domaine de recherche en pleine expansion aux USA et plus récemment en Europe. En effet, dans son rapport sur le cadrage disciplinaire de la recherche en enseignement de l'ingénierie (*Discipline-Based Education Research*, DBER), le Conseil National de Recherche (NRC, USA) met l'accent sur l'importance, pour les enseignants-chercheurs spécialisés en ingénierie, de l'application de la recherche en pédagogie universitaire à l'enseignement des sciences et de l'ingénierie (NRC, 2000 ; Singer & Smith, 2013).

6. Conclusion

En Algérie, l'enseignement supérieur est confronté depuis une dizaine d'années à des exigences institutionnelles d'innovations pédagogiques soutenues, entre autres, par la promotion du numérique et l'écart grandissant entre les capacités d'encadrement et les effectifs pléthoriques de nouveaux apprenants. Cette transformation des pratiques pédagogiques est davantage pensée comme une substitution de certaines pratiques (notamment les cours magistraux et le mode d'enseignement dit « transmissif »), considérées inadéquates, par des pratiques alternatives innovantes inspirées des TIC et leur potentiel pour captiver l'intérêt et susciter la motivation des nouvelles générations d'étudiants. Pourtant, malgré les progrès réalisés dans l'équipement des différents établissements éducatifs de matériel TIC et la formation des enseignants à leurs utilisations pédagogiques, l'intégration des TIC dans l'enseignement supérieur demeure trop lente

relativement à la pénétration fulgurante de ces technologies dans les autres secteurs. Ce constat est valide aussi bien dans les pays industrialisés que les pays qui le sont moins (Karsenti, Simon, and Haroer-Merett 2011). Cet échec relatif des TIC en milieu universitaire est interprété par les spécialistes selon deux perspectives divergentes : l'inertie des enseignants-chercheurs (et des étudiants) due à une réticence psychologique présumée face au changement d'un coté et, d'un autre coté, l'inadéquation des approches « technophiles » qui occultent l'hétérogénéité des contextes pédagogiques d'insertion des TIC dictée par les particularismes épistémologiques et didactiques des différentes disciplines de l'enseignement supérieur (Valluy, 2013). Les résultats de notre étude tendent à appuyer cette deuxième interprétation en révélant une dichotomie entre l'appréciation globale du potentiel des TIC par les enseignants et les statistiques d'utilisation dérisoire de ces technologies. Cette dichotomie est due à la pluralité des « systèmes de convictions » qui cohabitent dans le milieu universitaire et nous suggérons qu'il est devenu impératif d'examiner la problématique de la transformation des pratiques pédagogiques via les TIC sous le prisme de la culture disciplinaire immanente au sein des universités et enracinée dans la tradition académique. Ceci est d'autant plus important pour la formation des ingénieurs dans le contexte Algérien où les études qui abordent cette problématique sont rares malgré la pénurie d'ingénieurs et scientifiques de qualité qui s'annonce dans notre pays.

En conclusion, il nous semble primordial de mettre en place des mesures incitatives permettant aux enseignants des différentes disciplines académiques de mener des recherches sur la pédagogie et la didactique numériques de leurs disciplines, dans une perspective réflexive. Cette démarche faciliterait la prise de conscience, par les enseignants, des motivations, des limites éventuelles et des conséquences possibles de leurs choix pédagogiques et didactiques sur l'apprentissage, permettant ainsi d'élargir la palette des possibilités didactiques numériques de chaque discipline. Dans cet état d'esprit, la transformation des pratiques pédagogiques pourrait découler spontanément comme un enrichissement des pratiques existantes, au lieu de susciter la crainte de la dévalorisation du rôle de l'enseignant en posant la transformation comme la substitution de pratiques existantes qui sont enracinées dans l'identité professionnelle des enseignants.

Bibliographie :

1. Alam, F., Chowdhury, H., Kootsookos, A., & Hadgraft, R. (2015). Scoping e-Portfolios to Engineering and ICT Education. *Procedia Engineering*, *105*, 852–857. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.05.102
2. Binkley, Marilyn, Ola Erstad, Joan Herman, Senta Raizen, Martin Ripley, May Miller-Ricci, and Mike Rumble. 2012. "Chapter 2: Defining Twenty-First Century Skills." In Assessment and

Teaching of 21st Century Skills, edited by Patrick Griffin, Barry McGaw, and Esther Care, 1st ed., 17–66. Springer. https://www.ellibs.com/book/9789400723245/assessment-and-teaching-of-21st-century-skills

3. Callaghan, M. J., McCusker, K., Losada, J. L., Harkin, J., & Wilson, S. (2013). Using Game-Based Learning in Virtual Worlds to Teach Electronic and Electrical Engineering. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *9*(1), 575–584. https://doi.org/10.1109/TII.2012.2221133Ben Youssef, Adel, and Mounir Dahmani. 2008. "The Impact of ICT on Student Performance in Higher Education: Direct Effects, Indirect Effects and Organisational Change." RUSC: Universities and Knowledge Society Journal 5 (1): 45–56. https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00936560/document
4. Cha, Jianzhong, and Benjamin Koo. 2011. "ICTs for New Engineering Education." UNESCO Institute for Information Technologies in Education.

   http://unesdoc.unesco.org/images/0019/001936/193683e.pdf
5. de Hosson, C., Manrique, A., Regad, L., & Robert, A. (2018). Du savoir savant au savoir enseigné, analyse de l'exposition des connaissances en cours magistral de physique: Une étude de cas. *Revue Internationale de Pédagogie de l'enseignement Supérieur (Ripes)*, *34*(1). https://doi.org/10.4000/ripes.1307
6. de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science (New York, N.Y.)*, *340*(6130), 305–308. https://doi.org/10.1126/science.1230579
7. Froyd, Jeffrey E., Phillip C. Wankat, and Karl A. Smith. 2012. "Five Major Shifts in 100 Years of Engineering Education." Proceedings of the IEEE 100: 1344–60.

   https://doi.org/10.1109/JPROC.2012.2190167
8. Galaup, M. (2013). De la conception à l'usage d'un jeu sérieux de génie mécanique: Phénomènes de transposition didactique dans l'enseignement secondaire et universitaire : le cas de Mecagenius® [Thèse de Doctorat, Université le Mirail - Toulouse II]. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00877257/document
9. JORADP, arrêté n° 932 du 28 juillet 2016, fixant les modalités d'accompagnement pédagogique au profit de l'enseignant-chercheur nouvellement recruté.
10. Karsenti, Thierry, Collin Simon, and Toby Haroer-Merett. 2011. Intégration pédagogique des TIC : succès et défis de 100+ écoles africaines, Veille stratégique sur les TICE. 3ème édition. Ottawa, ON: IDRC. http://www.karsenti.ca/pdf/scholar/LIV-karsenti-22-2011.pdf

11. Komulainen, T. M., Enemark-Rasmussen, R., Sin, G., Fletcher, J. P., & Cameron, D. (2012). Experiences on dynamic simulation software in chemical engineering education. *Education for Chemical Engineers*, *7*(4), e153–e162. https://doi.org/10.1016/j.ece.2012.07.003
12. MESRS. 2010. “Le Programme National de Télé-Enseignement.” Site gouvernemental. Ministere de l’enseignement supérieur et de la recherche scientifique. 2010.

    https://services.mesrs.dz/e-learning/pg_nationale.php

13. Mishra, Punya, and Kristen Kereluik. 2011. “What 21st Century Learning? A Review and a Synthesis.” In Proceedings of SITE 2011, edited by M. Koehler and Punya Mishra, 3301–12. Nashville, Tennessee, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). http://www.bdfadvies.nl/uploads/bestanden/What_21st_century_learning_review.pdf
14. NRC, National Research Council. 2000. Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning. USA: The National Academic Press. https://doi.org/10.17226/9596
15. Paas, L. (2008). How Information and Communications Technologies Can Support Education for Sustainable Development: Current uses and trends (International Institute for Sustainable Development (IISD)). https://www.iisd.org/pdf/2008/ict_education_sd_trends.pdf
16. Roussel, Stéphanie, and Pauline Jourdan. 2015. “Analyse de la pédagogie universitaire à l’heure du numérique – Questionnement et éclairage de la recherche. de Geneviève Lameul et Catherine Loisy (dir.).” Alsic. Apprentissage des Langues et Systèmes d’Information et de Communication 18 (1). https://doi.org/10.4000/alsic.2812
17. Valluy, Jérôme. 2013. “TIC et enseignement supérieur : comment (re)nouer le dialogue ?” Distances et médiations des savoirs 4 (September). https://doi.org/10.4000/dms.373