

TINA M2P

Tuteur Intelligent pour Nouvel Apprenant

Bartłomiej ZUROWSKI
UP&S DITEX – Université de Lorraine
3 rue Augustin Fresnel
Metz-France
bartlomiej.zurowski@univ-lorraine.fr

Patrick LEDERMANN
Fondation de l'Académie des Technologies
9 bis, Avenue Iéna
Paris-France

Raphaël PABLO
2LPN - IRT M2P
91 avenue de la libération
Nancy-France
raphael.pablo@univ-lorraine.fr

Alain HAZOTTE
IRT M2P
4 rue Augustin Fresnel
Metz-France
alain.hazotte@irt-m2p.fr

Christophe CZARNOTA
LEM3
7 Rue Félix Savart
Metz-France
christophe.czarnota@univ-lorraine.fr

Julien ZINS
UP&S DITEX – Université de Lorraine
3 rue Augustin Fresnel
Metz-France
julien.zins@univ-lorraine.fr

François MUDRY
IRT M2P
4 rue Augustin Fresnel
Metz-France

Valérie SAINT-DIZIER DE ALMEIDA
2LPN
91 avenue de la libération
Nancy-France
valerie.saint-dizier@univ-lorraine.fr

Antonietta SPECOGNA
2LPN
91 avenue de la libération
Nancy-France
antonietta.specogna@univ-lorraine.fr

Résumé— Le projet, initié par l'Académie des Technologies, a pour objectif le développement d'un parcours pédagogique transverse autour de la conception et fabrication d'un drone paramétrable à l'aide de 3DEXPERIENCE. Ce travail est soutenu par le Ministère de l'Éducation qui vise le déploiement de méthodes pédagogiques actives et participatives centrées sur l'apprenant (démarche projet). L'enjeu est de développer un chemin d'apprentissage numérique, ce qui suppose notamment la définition du cahier des charges du produit et la conception de l'objet 3D en passant par l'optimisation de sa forme et sa fabrication, en partie, par procédé de fabrication additive.

Mots-clés—Fabrication additive---Conception collaborative---Ingénierie Système---Optimisation Topologique---Usine 4.0---Formation participative---Mécatronique---Pédagogie---Innovation

I. CONTEXTE

On assiste en ce moment à une 4ème révolution industrielle après l'invention de la machine à vapeur en 1769,

l'électricité en 1800 et l'électronique à partir de 1950. Elle a été mise en évidence pour la première fois en 2011 à l'occasion du salon industriel de Hanovre, Pfeiffer (2017).

Cette révolution résulte de l'association des nouvelles technologies de l'information et de la communication à l'appareil de production.

Le gouvernement allemand en est à l'initiative avec le programme "Industrie 4.0" qui est la pierre angulaire de la stratégie des nouvelles technologies et qui encourage la révolution numérique des industries.

Aujourd'hui le programme est mondial et la France a choisi d'appeler son initiative "Industrie du Futur". A l'échelle industrielle, cette révolution se traduit par l'apparition, dans les processus de production, de nouvelles interactions homme-robot (cobotique), de jumeaux numériques, de technologies relevant de l'Internet Industriel des Objets (IIoT pour Industrial Internet of Things), ou relevant du numérique (réalité augmentée, Intelligence Artificielle). Ceci

s'accompagne de l'avènement de nouveaux procédés de mise en forme tels que la fabrication additive.

Ces nouvelles technologies permettent à la production de s'ajuster très rapidement et de répondre à la demande des clients en produisant à l'échelle industrielle des produits personnalisés.

Concernant l'aspect lié à l'enseignement, l'arrivée de l'Industrie du Futur se traduit par un besoin croissant de formations transversales favorisant la collaboration entre les participants sur des problématiques multi-physiques "PBL" (Problem Based Learning) et réelles auxquelles sont confrontés les ingénieurs dans l'industrie, CDIO (2019). L'objectif étant que les ingénieurs nouvellement diplômés soient capables de répondre aux attentes des industriels pour déployer et mettre en oeuvre les nouveaux concepts de l'industrie du futur le plus rapidement possible.

C'est dans ce contexte qu'est né le projet TINA-M2P.

Le projet est composé de deux niveaux :

- Le premier niveau, intitulé **TINA 1**, est porté par le lycée technique Loritz de Nancy et l'ESPÉ Lorraine. **TINA 1** est une formation continue de professeurs de technologie en lycées techniques et professionnels. Elle est inscrite au catalogue de formation continue du rectorat Nancy-Metz depuis septembre 2017. Ce module permet de former les professeurs aux outils de CFAO, en allant de la conception optimisée d'un objet jusqu'à sa réalisation par fabrication additive (FDM: Dépôt de fil fondu). On y aborde également des notions d'ingénierie des systèmes et la méthode TRIZ.
- Le second niveau, **TINA M2P**, est un projet de développement d'une formation innovante autour des thématiques de l'Industrie du Futur comme la conception, le choix des matériaux, la mécatronique, l'ingénierie des systèmes et la fabrication. Il implique des enseignants-chercheurs et ingénieurs de l'Université de Lorraine appartenant à différents champs disciplinaires (Mécanique, matériaux, ergonomie, psychologie, ...). La réflexion est menée depuis 2017 en collaboration avec la cellule « Global Academia » de Dassault Systèmes. Dans le cadre du projet TINA M2P, deux étudiants de Master 2 Génie Mécanique de l'UFR MIM, ainsi qu'un étudiant de Master 2 psychologie de l'UFR SHS ont effectué leur stage de fin d'étude au sein de l'UP&S DITEX (Unité de Prestations et Services Digital Industry and Tools EXperts), Djeniah (2018), Hannane (2018), Pablo (2018). Leurs travaux ont permis l'ébauche des contours d'une formation pour l'enseignement supérieur grâce notamment au suivi et l'encadrement des enseignants de l'Université de Lorraine, des représentants de l'Académie des Technologies, des ingénieurs de Dassault Systèmes, de DITEX, d'ALTRAN, forts de leur expertise dans les domaines

de la CAO, l'ingénierie système, la fabrication additive, le choix des matériaux, utilisation de la plateforme 3DEXPERIENCE.



Figure 1. PRIMO CONCEPTION D'UN DRONE PARAMÉTRABLE, DJENIA (2008), HANNANE (2008)

En plus d'une ébauche des contours de la formation, le travail des étudiants de Master Génie Mécanique a conduit à la réalisation d'une primo conception d'un drone paramétrable, voir Fig.1. Ce produit, sélectionné par le consortium formé de l'ensemble des partenaires, sert de base à l'ensemble des matériels pédagogiques produits par TINA M2P. Précisons que la primo conception a permis de déterminer les possibilités de la plateforme 3DEXPERIENCE à la réalisation d'un assemblage paramétré.

II. CONTENU DE LA FORMATION TINA 2

Cette formation est basée sur des attendus en termes de développement des connaissances scientifiques et techniques et des compétences professionnelles requises par l'Industrie du Futur, comme la résolution de problèmes complexes, la créativité, le travail en groupe, le critical thinking... Elle s'adresse aux étudiants des filières BAC+2 à BAC+5 : DUT, Licences, Master ainsi que des écoles d'ingénieurs, comme le parcours « Mécanique Digitale » de la future école d'ingénieurs MISTA.

A. Méthodologie

TINA M2P est un projet d'ingénierie pédagogique collaboratif transverse visant à développer un parcours de formation multidisciplinaire pour l'industrie du futur autour de la conception et fabrication d'un drone paramétrable.

Sur la base des données recueillies lors la primo conception, des groupes de travail se sont organisés. Ils ont pour but de :

- Déterminer quelle partie du drone peut faire l'objet d'un module de formation.
- Définir le squelette des modules de formation.
- Déterminer les connaissances théoriques et techniques mais également les compétences que les

étudiants pourront/devront mobiliser ou celles qu'il devront développer dans le cadre de ces modules. Afin de faciliter le travail du groupe, une capitalisation des compétences et des connaissances a été effectuée sur la base de référentiels existants de DUT, BTS ainsi que sur celui des bac S-SI, STI2D, et S informatique et sciences du numérique. Cela permet notamment d'identifier les connaissances et compétences transversales, mobilisables via la plateforme.

Sur la base des productions émises par ces groupes de travail, des supports de formation et des guides d'apprentissage (désignés cookbooks selon la terminologie Dassault Systèmes) seront élaborés par un ingénieur d'études récemment recruté par DITEX.

Les cookbooks sont des documents qui permettent aux étudiants d'appréhender la démarche qui leur permettra d'accomplir ce qui leur est demandé durant le module de formation (e.g. modéliser le capot du drone, un élément supportant les composants électroniques, optimiser le châssis, créer un script permettant de piloter le drone). De façon très synthétique, ces documents ont pour objectif de répondre aux questions "pourquoi" et "comment/avec quel(s) outil(s)".

Les supports de formation seront mis à disposition des étudiants sur la plateforme 3DEXPERIENCE. Ces documents permettront à l'étudiant d'acquérir les savoirs théoriques et techniques nécessaires à la conception du drone ou de la partie de drone qui est au centre du module pédagogique. Ils ont pour but de répondre à la question "Comment". Ainsi, lors de mises en situation, l'étudiant, confronté à un problème ira se former de lui-même afin de pouvoir le résoudre (Principe du Problem Based Learning). Selon le paradigme de l'enaction (l'apprenant en situation), la cognition et son développement proviennent de l'interaction entre la Personne, son Action et la Situation. Ces trois éléments forment le système PAS (Masciotra, Morel & Ruiz, 2012). Ces mêmes auteurs ajoutent que, assimilée de la sorte, "la connaissance est vivante, incarnée, ontogénétique et prend son sens dans l'action situationnelle de la personne et dans son espace de vie".

Enfin la formation sera déployée auprès d'étudiants de l'UFR MIM afin d'y être testée dans une optique d'amélioration.

Afin d'optimiser le travail du collectif en charge de créer les formations et de s'assurer que ces dernières soient fidèles au travail réalisé par les ingénieurs stagiaires, un objet intermédiaire (Vinck 2009) a été créé par l'équipe du 2LPN. Cet objet est une modélisation des tâches qui ont été accomplies par les stagiaires lors de la primo conception du drone. Cette modélisation sera enrichie durant les différentes phases du projet.

- Elle servira de support à l'animation des groupes de travail durant lesquels seront associés à chaque tâche

les savoirs techniques et théoriques qui seront mobilisés ainsi que les connaissances minimales nécessaires. Elle permettra également de déterminer les données dont ont besoin les étudiants en situation de résolution (cahier des charges, pièces modélisées en 3D, etc.)

- Après ce premier enrichissement, la modélisation permettra l'élaboration des supports didactiques et le développement de parcours pédagogiques permettant l'acquisition de compétences et la mobilisation de connaissances théoriques et techniques requises par la conception du drone.
- La modélisation permettra une description des tâches que les étudiants devront réaliser lors des formations conçues dans le cadre de TINA-M2P. Elle permettra d'identifier les compétences et connaissances nécessaires pour participer à un module et celles que ce dernier permet d'acquérir. Enfin, elle constituera également une boîte à outils exploitée par les enseignants pour aiguiller les apprenants en situation d'utilisation de la plateforme.

B. Le produit

Le drone en tant qu'objet à investir/construire a été choisi afin de permettre une plus large diffusion. En effet, le prix de l'ensemble de composants constituant le système est inférieur à trois-cents euros, le rendant ainsi accessible à tous les établissements publics. Le drone est un produit composé de moteurs, d'une carte électronique basé sur le langage Arduino qui permettra de couvrir la formation en ingénierie systèmes et contrôle commande. C'est un produit parfait pour intégrer les cours de mécatronique. De plus, étant un aéronef, il souffre d'un besoin d'optimisation du poids de ses composants ce qui nous permet d'introduire des cours d'optimisation topologique et par conséquent de la fabrication additive. Enfin, les machines de fabrication additive de type "Dépôt de fil fondu" sont omniprésentes dans les écoles d'ingénieurs ou universités à dominante mécanique ou matériaux. On s'assure de cette manière qu'il n'y aura aucun frein économique à la diffusion des cours.

C. Objectifs

Ce projet s'inscrit dans la volonté du Ministère de mettre en œuvre des méthodes pédagogiques actives et participatives, notamment par une démarche de projet centré sur l'utilisateur. Le chemin d'apprentissage numérique ira de la définition du cahier des charges du produit à la conception de l'objet 3D, en passant par l'optimisation de sa forme, jusqu'à sa fabrication, en partie, par fabrication additive. Pour cela, la formation s'appuiera sur la 3DEXPERIENCE de Dassault Systèmes.

La formation aura donc pour but l'apprentissage par la résolution des problèmes multidisciplinaires en groupe : la méthode PBL ou Problem Based Learning (Kolmos A. 2009).

L'origine de la méthode PBL est souvent associée à l'ouvrage de Dewey (1938), bien que l'on puisse faire référence à des méthodes pédagogiques datant de l'antiquité, voir également Hmelo-Silver (2004). Cela étant, la méthode PBL est formalisée en 2000 par le CDIO (fondé par le MIT en collaboration avec trois universités suédoises : Chalmers University of Technology, Linköping University et the Royal Institute of Technology). La méthode PBL est une méthodologie d'apprentissage pour les ingénieurs basée sur des problématiques réelles. La formation héritée du projet TINA-M2P intégrera donc tous ces aspects autour de la conception et de la fabrication d'un drone. On y retrouvera le couplage produit-procédé-matériau, rencontré relativement souvent dans les formations actuelles, orienté cependant vers la fabrication additive favorisant ainsi la mise en oeuvre d'une optimisation topologique. On y retrouvera également, entre autres, de la mécatronique, de la motorisation, ainsi que de l'ingénierie systèmes, en intégrant la méthodologie du cycle de développement en V, voir Fig.2, le RFLP (acronyme pour Requirement, Funcional, Logical, Physical) et l'ingénierie des exigences.

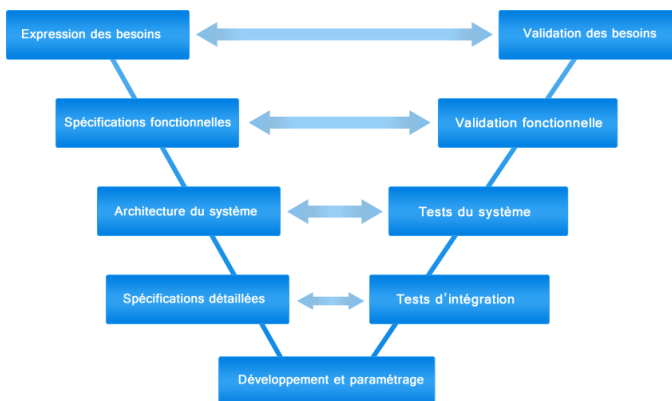


Figure 2. CYCLE DE DÉVELOPPEMENT EN V

Nous avons choisi d'utiliser la 3DEXPERIENCE pour placer les étudiants dans une situation semblable à celles qu'ils pourraient rencontrer dans l'industrie du futur. Cette plateforme intègre un espace collaboratif proposant des outils de modélisation 3D, de management de projets et de communication en temps réel ainsi que d'ingénierie système (RFLP). Cette suite de logiciels de Dassault Systèmes permet de réaliser l'intégralité des phases de l'élaboration du produit, de l'analyse du cahier des charges jusqu'à la fabrication.

Le parcours TINA M2P sera composé d'enseignements communs à tous les étudiants d'une formation et d'une partie en groupe en mode projet, impliquant différents rôles que pourraient endosser les étudiants. La grande diversité des

tâches à accomplir dans le scénario et le fonctionnement de la plateforme rendra la collaboration incontournable et permettra aux étudiants d'acquérir les connaissances et les compétences requises pour participer à des activités en collectif.

Précisons que dans ce type de pédagogie, les professeurs ont un rôle assez différent de ce qu'ils peuvent endosser dans un module de formation plus conventionnel, de type cours/TD/TP. En effet, ici, ils doivent suivre la progression des différents groupes de travail, détecter les incohérences, aider un groupe en difficulté, suggérer de se former sur tel ou tel point en étant toujours soucieux de laisser les apprenants acquérir les compétences par eux-mêmes.

D. Partenaires

Le projet TINA M2P voit l'implication de nombreux partenaires conscients de l'importance du développement et le déploiement d'outils pédagogiques "Industrie du Futur", voir Fig.3.





Figure 3. ENSEMBLE DES PARTENAIRES DU PROJET TINA- M2P

Le financement est pour une part assuré par la Fondation de l'Académie des Technologies et le programme LUE (Lorraine Université d'Excellence) TeachInnov de l'Université de Lorraine. La seconde part est abondée par le Plan d'Investissement d'Avenir (PIA1) dans le cadre d'un projet monté et coordonné par l'IRT M2P, un centre de transfert de technologies. En termes de recherche et de pédagogie, TINA M2P s'appuie sur les compétences d'enseignants-chercheurs du LEM3 et du 2LPN, deux laboratoires de l'Université de Lorraine.

Le partenariat avec Dassault Systèmes, et notamment la cellule 3DS Academy, permet au projet TINA-M2P de bénéficier d'un soutien et d'une expertise dans la méthode PBL. L'UPS DITEX apporte son expertise en ingénierie pédagogique et méthodologies d'apprentissage à l'aide des solutions Dassault Systèmes. L'UPS DITEX gère également la plateforme et les utilisateurs de la 3DEXPERIENCE de l'Université de Lorraine.

Le Laboratoire Lorrain de Psychologie et Neurosciences (2LPN) va pour sa part axer son intervention sur les dimensions pédagogique, didactique et ergonomique de la plateforme. Des parcours de formation seront développés en privilégiant une approche ergonomique participative impliquant les parties prenantes. Les groupes de discussion mis en place permettront d'aboutir à des formalisations de parcours de formation consensuels qui favoriseront l'adhésion des futurs utilisateurs (enseignants ou étudiants). Le 2LPN formalisera les tâches propres à chacun des parcours pédagogiques, capitalisera et formalisera les ressources requises pour l'accomplissement de chacune des tâches et mettra en exergue les compétences à mobiliser dans chaque parcours pédagogique. Ce travail d'extraction et de formalisation permettra de développer une formation à l'emploi de la plateforme et fournira une assise scientifique aux différents construits.

Le partenariat avec le laboratoire LEM3 et les enseignants-chercheurs de l'UFR-MIM permettra d'apporter au projet une expertise dans le développement des contenus pédagogiques traitant des aspects mécanique et matériaux ; ALTRAN apportera son expertise en Ingénierie systèmes avec

le soutien des enseignants-chercheurs du Master Ingénierie des Systèmes Complexes de l'UFR MIM.

La collaboration avec l'ESPÉ de Lorraine, seule prépa CAPET dans le Grand-Est, nous permettra de tester le dispositif auprès des étudiants EFS (Étudiants Fonctionnaires Stagiaires), d'enseignants-chercheurs, de PFA (Professeurs Formateurs Académiques), d'ingénieurs de l'école du professorat, et d'enseignants-chercheurs et ingénieurs impliqués dans le projet TINA M2P dans le Master MEEF SII (Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation, spécialité Sciences Industrielles de l'Ingénieur).

III. RÉFÉRENCES

Project-Based Learning in Engineering Education Worldwide CDIO Initiative, <http://www.cdio.org/cdio-history> [Consulté le 13 Mars 2019]

John Dewey, J. (1938). *Experience and Education*, Macmillan, New York.

Nadir DJENIAH, 2018, *Conception d'un drone à l'aide de la plateforme 3DEXPERIENCE*, Rapport de Projet de Fin d'Études soutenu à l'Université de Lorraine

Alex Gray, 2016. *Future of Jobs Report*, World Economic Forum, disponible sur <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-10-skills-you-need-to-thrive-in-the-fourth-industrial-revolution/> [Consulté le 13 Mars 2019]

Naim HANNANE, 2018, *Optimisation topologique avec la 3DEXPERIENCE d'un drone modulable dans un contexte de pédagogie innovante*, Rapport de Projet de Fin d'Études soutenu à l'Université de Lorraine

Hmelo-Silver, C (2004). *Problem-Based Learning: What and How Do Students*, *Educational Psychology Review*, Vol.16(3)

Kolmos A. (2009) *Problem-Based and Project-Based Learning*. In: Skovsmose O., Valero P., Christensen O.R. (eds) *University Science and Mathematics Education in Transition*. Springer, Boston, MA

Masciotra, D., Morel, D., & Ruiz, J. (2012). Transmettre le savoir technique ou développer l'action : Une approche de l'énaction et la méthode ASCAR en ETP. *Education Thérapeutique du Patient*, 4(1), 1-10. <https://doi.org/10.1051/tpe/2011115>

Mejia-Guitterez Ricardo, Zins Julien and Carvajal-Arango Ricardo. 2014. *Engineering education through an intercontinental PLM collaborative project: The Global*

Factory Case Study. *IEEE-FIE-Frontiers in Education Conference Madrid*.

Raphaël Pablo, 2018, *Utilisation de la modélisation pour la conception d'une formation*. Mémoire de fin d'études soutenu à l'Université de Lorraine

Pochet Bernard, 1995, Le "Problem-Based Learning", une révolution ou un progrès attendu ?. *Revue Française de Pédagogie*, Institut national de recherche pédagogique, Fascicule 111, p. 95-107

Pfeifer, S. (2017). The Vision of "Industrie 4.0" in the making - a case of the future told, tamed and traded. *Nanoethics*, Vol. 11(1), 107–112.

Vinck, D. (2009). De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. Vers la prise en compte du travail d'équipement. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 51-72.

Zins Julien, Bonzani Nicolas. 2015. DigitalFarm-A world first in collaborative cross- discipline agriculture and engineering education project. *IJMEE-International Journal of Mechanical Engineering Education Wroclaw*.