

# Bilan du projet PIA Hybridation <ET-LIOS> : accroître les opportunités de dissémination des résultats

B. Eynard <sup>a,\*</sup>, P. Bachmann <sup>a</sup>, T. Henocque, D. Picard, H. Chanal, M. Lombard, S. Debernard, M. Bricogne <sup>a</sup>, T. Reyes, C. Mazé, S. Charles, J.D. Guérin, S. Le Loch, C. Mehdi-Souzani, M. Galaud, F. Pourroy, S. Raynaud, B. Riera, Jean-Michel Suzan, C. Déprés

<sup>a</sup> Université de Technologie de Compiègne, rue du Dr Schweitzer, CS 60319, 60203 Compiègne cedex France

\* e-mail : benoit.eynard@utc.fr

## 1. INTRODUCTION

En période de pandémie COVID19, les universités et les établissements d'enseignement ont été confrontés à des changements majeurs et radicaux d'un jour à l'autre de leurs contextes de formation, d'organisation des moyens d'enseignements et ressources disponibles, etc. En raison de la pandémie, dans de nombreux pays, les professeurs, enseignants, formateurs ont été contraints de passer à des modèles d'enseignement à distance avec de nombreuses solutions virtuelles et informatiques qui, au départ, étaient plus ou moins efficaces et professionnelles. Une telle situation a également permis de démontrer empiriquement et de vérifier en partie la faisabilité d'un enseignement à distance et virtuel ou d'un enseignement hybride du fait des directives sanitaires prises dans l'urgence.

Après 6 mois de pandémie, le ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche a lancé un vaste appel à projet intitulé « Hybridation des formations de l'enseignement supérieur » lié au programme "Investissement d'Avenir" géré par la National Agence pour la Recherche - <https://anr.fr/fileadmin/aap/2020/aap-ia-ncu3-2020.pdf> . L'appel à projet ciblait spécifiquement le niveau licence sans restriction de disciplines.

Le groupe d'intérêt scientifique S.mart (<https://s-mart.fr>) a décidé de proposer un projet impliquant 14 universités et établissements universitaires dans le domaine de l'enseignement sciences et technologies de l'ingénierie. La proposition soumise intitulée <ET-LIOS> pour « Enseignements Technologiques de niveau Licence Ouverts pour une industrie du futur compétitive et Soutenable » était pilotée par l'Université de Technologie de Compiègne. Le projet visait à développer et à diffuser

des contenus de formation ouverts sous licences Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/?lang=fr-FR>). Ces contenus ont porté sur les formations en sciences de l'ingénieur et industrielles exploitant une infrastructure numérique distribuée entre les pôles régionaux du GIS pour assurer l'hébergement et la diffusion des contenus pédagogiques développés par les membres académiques du projet. De plus, ces infrastructures permettent la virtualisation de solutions logicielles de type industriel et dont l'usage est largement mutualisé au sein de la communauté S.mart.

Cet article est structuré comme suit : après une brève revue de recherche sur le modèle et les pratiques d'enseignement hybride, une présentation détaillée du projet <ET-LIOS> sera faite. Ensuite, les contenus spécifiques portant sur les modules développés par le consortium seront détaillés. Enfin, avant de conclure, diverses expériences d'enseignement basées sur un modèle hybridé ou non seront expliquées et les principaux résultats seront discutés notamment en ce qui concerne l'évaluation de la réussite des étudiants dans des schémas pédagogiques innovants.

## 2. ETAT DE L'ART

Au milieu des années 90, [1] a posé les bases des nouveaux supports d'enseignement avec les usages émergents de l'Internet et a analysé l'impact et l'influence des nouveaux médias dans la formation et l'enseignement. Au début des années 2000, l'enseignement à distance et virtuel s'est développé afin de tirer profit des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans l'amélioration des apprentissages et de la formation. [2] a souligné l'intérêt des TIC dans les cours en ligne et a mis en avant la valeur ajoutée de la fusion des instructions en ligne et de la salle

de classe traditionnelle. [3] ont présenté des applications intéressantes en des démarches d'ingénierie collaborative en projet pédagogique multi-sites et qui exploitaient une plateforme PLM. [4] ont défini la base des environnements d'apprentissage mixtes et détaillé les orientations futures de ce type de modèles pédagogiques. [5] a étudié la dynamique des classes virtuelles et à distance pour évaluer les performances d'apprentissage des élèves.

Dans un rapport de l'OCDE, [6] ont défini les fondamentaux à mobiliser pour le développement d'environnements d'apprentissage hybrides. [7], quant à lui, a proposé l'évaluation des pratiques émergentes en enseignement et apprentissage hybrides. [8] ont présenté le résultat d'un bilan sur la première décennie de formations hybridées avec des cours en ligne et à distance. [9] a proposé une deuxième revue dans le domaine incluant quelques conseils et recommandations pour les professeurs et les enseignants.

[10] a structuré le modèle pédagogique nécessaire et les fondamentaux d'un enseignement hybridé exploitant la nouvelle génération de TIC et les développements des cours en ligne ouverts et massifs (MOOC). [11] a analysé les technologies requises, y compris les nouvelles solutions numériques et virtuelles support d'une collaboration pédagogique intensive.

Evidemment, au début de la pandémie COVID19, les enseignants ont utilisé dans l'urgence de nombreuses et très diverses plateformes numériques de collaboration et solutions de réunion virtuelle [12], [13]. Ainsi, nombre d'expériences réelles ont été menées pour toutes les universités et établissements d'enseignement supérieur avec divers succès car les cours devaient continuer d'être dispensés. Cependant de nombreuses limites se sont également faites jour dans l'acquisition des connaissances et dans une progression efficace des apprentissages par les étudiants ainsi que dans la mise en œuvre de pratiques pédagogiques efficaces dans le domaine des sciences et technologies de l'ingénierie [14], [15]. Cette réalité a conduit également à des changements majeurs dans la position du pédagogue, dans l'organisation des séquences d'enseignement ou dans les objectifs opérationnels et réalistes pour les apprentissages [16]. Ensuite, la question de l'amélioration des modèles et de la transformation des pratiques en pédagogie hybride ou mixte est clairement au cœur des préoccupations après la période maximale de la pandémie. Revenu maintenant dans un contexte d'enseignement conventionnelle, les sujets de l'hybridation pédagogique offrent de nouvelles perspectives pour l'acquisition de connaissances et les apprentissages des étudiants.

### 3. PRESENTATION DU PROJET <ET-LIOS>

Dans le cadre du projet <ET-LIOS> (<https://et-lios.s-mart.fr>), l'ambition était de consolider et mutualiser les expérimentations acquises par les collègues dans les différents pôles régionaux du GIS S.mart, universités et établissements d'enseignement supérieur durant la période Covid19 en termes de formation à distance et de

continuité pédagogique dans les filières scientifiques et technologiques, notamment sur les sujets de l'Industrie du Futur tels que :

- Conception-Simulation-Prototypage 3D ;
- Fabrication et Métrologie Avancées ;
- Systèmes de Production Cyber-Physiques et e-Maintenance ;
- Jumeau Numérique et Virtual Commissioning pour la production automatisée ;
- Systèmes Intelligents et Modélisation Multi-Physique ;
- Ingénierie Soutenable et Responsable.

Le projet <ET-LIOS> s'est clairement inscrit dans la forte culture de mutualisation des ressources et de partage d'expériences de la communauté S.mart. Grâce au relais du GIS à organiser fréquemment des journées thématiques de formation et de diffusion et plus récemment, notamment en période de pandémie, à faire connaître les compétences développées sur de nombreux sujets à travers la tenue de webinaires (accessibles sur le site de S.mart).

Les objectifs du projet sont de fournir des plateformes et des moyens adaptés à une hybridation des enseignements scientifiques et technologiques voire, si l'évolution de la situation sanitaire le justifie, un basculement complet à distance. La spécificité de l'enseignement technologique et l'accès aux machines et équipements à caractère industriel rendent cet enjeu encore plus crucial et impactant afin de préserver le temps d'enseignement que nous jugeons indispensable sur les ressources technologiques tout en assurant les temps d'initiation, de préparation et de restitution en mode à distance.

Le projet <ET-LIOS> est structuré autour de deux grands sous-projets. Le premier concerne les infrastructures informatiques de virtualisation des ressources logicielles partagées supportées et administrées par les pôles régionaux. Le second propose des modules pédagogiques qui, pour leur réalisation, font appel à l'expertise et à l'expérimentation des membres de la communauté S.mart. Le passage de preuves de concept (du temps de la pandémie Covid19 ou ayant bénéficié de projets antérieurs développés au sein de S.mart) à une échelle pédagogique de plus grande ampleur pouvant être utilisée par l'ensemble de la communauté éducative et les experts de S.mart nécessite des développements supplémentaires et une robustification du contenu, des modifications et des portages des supports pédagogiques dans des environnements ad hoc.

#### 3.1. Conception-Simulation-Prototypage 3D

Concevoir un produit industrialisable, innovant et respectueux de l'environnement, reste un processus itératif qui mobilise de nombreuses méthodes et techniques, de (rétro)conception, de dimensionnement et de prototypage. Même si la communauté des concepteurs-intégrateurs de composants a longtemps cru et prôné que la simulation (dimensionnement des structures) aurait toujours le leadership sur le « choix de conception » (agencement des formes et des contours), les nouvelles technologies d'optimisation topologique pour la

fabrication additive, où le nombre de matériaux utilisables augmente considérablement, laissent présager une toute autre approche où la structure devient la composante principale voir exclusive des choix de conception.

L'hybridation de l'enseignement de cette ingénierie collaborative et de la chaîne conception-simulation-prototypage 3D semble tout à fait appropriée et présente une réelle opportunité de mettre l'apprenant de premier cycle très tôt dans cette démarche industrielle. Cependant cette hybridation fait face à plusieurs verrous :

- L'accès à ces logiciels métiers collaboratifs en distanciel nécessite des plateformes logicielles ad-hoc.
- La chaîne numérique est trop complexe à mettre en place dans sa globalité pour des étudiants de premier cycle et nécessite des développements pédagogiques spécifiques pour mettre en situation l'activité demandée.
- L'impression 3D des prototypes par les étudiants est très chronophage et l'accès aux équipements d'impression n'est pas organisé pour une utilisation en distanciel.

### **3.2. Fabrication et Métrologie Avancées**

L'hybridation de la formation en fabrication se heurte assez rapidement à la problématique des Travaux Pratiques (TP) nécessitant la manipulation des machines (machines-outils, robots, imprimantes 3D, Machines à Mesurer Tridimensionnelles...) pour mettre en œuvre le processus de fabrication et le procédé associé. Il est admis par l'ensemble de la communauté éducative, que le travail physique sur les machines est fondamental et irremplaçable sur un plan pédagogique : les travaux pratiques ont un rôle essentiel en permettant la confrontation au réel, l'identification des écarts par rapport aux modèles théoriques et la connaissance des éléments d'environnement et de sécurité. En ce sens, ils sont totalement incontournables dans une formation technologique à Bac +2/3. La crise sanitaire a révélé et créé des contraintes particulières qui rendent difficile leur mise en œuvre (désinfection, distanciation...).

L'objectif de ce module est de proposer et de développer des compagnons numériques permettant aux étudiants de préparer une séance de TP nécessitant la mise en œuvre d'un moyen de fabrication spécifique. La difficulté repose ici sur le nombre important de types de machines et de robots équipant les ateliers dans l'enseignement supérieur et l'hétérogénéité de leurs procédures de mise en œuvre.

### **3.3. Systèmes de Production Cyber-Physiques et e-Maintenance**

Dans un contexte de plateformes matérielles et logicielles multi-sites mutualisées pour la pédagogie et la recherche technologique, des mises en situation actuelles et pertinentes répondant aux attentes de l'industrie du futur (industrie 4.0) sont développées sur plusieurs thématiques dont la e-maintenance industrielle des

systèmes cyber-physique de production. Des outils d'aide au diagnostic et de maintenance à distance ainsi que des cellules flexibles automatique-robotique ont été spécialement développés pour répondre aux objectifs de formation académique.

Pour ce module, les modalités pédagogiques envisagées, à court et long terme, pour une immersion accrue de l'apprenant dans un processus crédible (industriellement fondé) en formation hybride présentiel / distanciel sont regroupées selon deux volets principaux : préparation à la maintenance, d'une part, et diagnostic et e-maintenance, d'autre part.

### **3.4. Jumeau Numérique et Virtual Commissioning pour la production automatisée**

L'enjeu majeur de ce module est d'assurer une continuité technologique entre les salles de travaux pratiques utilisables en présentiel et un travail en distanciel pour les enseignements en automatique de base classiquement réalisés dans les premières années de licence ou de BUT et en cycles préparatoires intégrés, à savoir l'automatique au sens contrôle-commande, la logique combinatoire, la logique séquentielle, jusqu'à la programmation en Grafcet sur Automate Programmable Industriel (API). En fonction de la situation sanitaire, de la disponibilité des salles de travaux pratiques soumises à des règles d'hygiène et une distanciation physique entre apprenants, ce projet permettra d'assurer une continuité pédagogique en supprimant les contraintes technologiques liées à l'utilisation de machines industrielles et des logiciels professionnels d'automatisation de ces machines. Cela ne sera possible que par l'utilisation de logiciels simulant des contextes professionnels et la mise à disposition des licences nécessaires.

Pour ce faire, ce module s'appuiera sur des jumeaux numériques acquis avant la période de confinement, Home I/O (fruit d'un partenariat entre le CReSTIC de l'URCA et la société Real Games - <https://realgames.co/home-io/>), et utilisés pendant le confinement par des élèves de l'UPHF. Un travail important a été réalisé en urgence par les enseignants chercheurs de l'UPHF et de l'URCA pour pouvoir piloter correctement avec MatLab le simulateur Home I/O, et des travaux pratiques ont été mis en œuvre et réalisés par plus de 200 étudiants dans ce contexte.

### **3.5. Systèmes Intelligents et Modélisation Multi-Physique**

Dans le contexte de la conception d'objets connectés, surveillés, adaptatifs et contrôlés, l'ingénieur intègre des fonctions structurelles, sensorielles et motrices liées par une intelligence. La conception et la réalisation de ces composants complexes, légers et résistants, doués d'une intelligence, capables de réaliser des mesures et d'actionner des mouvements ou des adaptations de leur comportement, nécessite la mise en œuvre de compétences nouvelles.

Les formations dans les spécialités des matériaux et structures intelligentes, des systèmes mécatroniques et robotiques mais aussi les formations scientifiques et technologiques plus générales intègrent désormais des modules de formation à la conception multi-domaines et multi-physiques. L'ambition de ces formations est de développer les compétences des étudiants à :

- Analyser et/ou concevoir l'architecture d'une structure multifonctionnelle par l'ingénierie système.
- Concevoir, dans une perspective finale d'intégration, les fonctions mécanique, électronique, informatique.
- Modéliser et simuler lesdites fonctions dans un environnement permettant de forts couplages entre les physiques.
- Réaliser des prototypes de composants ou de systèmes intelligents et/ou adaptatifs intégrant leurs fonctions structurelles, sensorielles et motrices.

### 3.6. Ingénierie soutenable et responsable

L'enjeu de ce module est de permettre l'appropriation des enjeux et la modélisation systémique des interactions Homme, Technologies et Nature selon plusieurs échelles spatio-temporelles. Ces modélisations aideront les entreprises à réduire ou, au minima, respecter les limites planétaires dans la conception des systèmes sociotechniques tout en évitant les effets rebonds.

Il s'agit donc de permettre aux apprenants de :

- Connaître le fonctionnement des cycles naturels (eau, carbone, biodiversité, etc.)
- Représenter et modéliser l'interaction Technologie – Homme (diagrammes d'influences physique et physiologiques (fonction, choix, etc) ; Analyse du cycle de vie social, théorie du donut, etc.)
- Représenter et modéliser l'interaction Technologie – Nature (MFA, ACV, limites planétaires, etc.)
- Représenter et modéliser l'interaction Homme – Nature (besoins, fonctions, connexion vitale, etc. de l'individu à la collectivité)

Le module proposé est composé de six briques pédagogiques :

- Enjeux associés aux changements climatiques (exemple : fresque du climat...)
- Enjeux liés à la biodiversité (exemple : fresque de la biodiversité...)
- Problématiques associées aux ressources (exemple : Jeu sur la consommation des ressources abiotiques...)
- Impacts sur l'Homme et la santé (sur la base du modèle des besoins de Henderson)
- Prise en compte des limites planétaires (Modèle des limites planétaires, théorie du Donut par rapport à la justice sociale=> des indicateurs de soutenabilité pour évaluer, concevoir, ...)
- Liens entre évolutions des technologies et système terre (Exemples d'analyse historique de

co-évolution technologie (technique et société) / système (physico-biologique) terre...)

## 4. PRINCIPAUX RESULTATS OBTENUS

Le projet a duré deux ans et s'est finalement terminé lorsque la pandémie a plus ou moins disparu. Les contenus pédagogiques ont été élaborés pour des apprentissages hybrides mais le contexte de formation a changé. Bien entendu la plus-value de l'hybridation est conservée pour des sessions spécifiques de pré-traitement (clarification des objectifs, problématiques et consignes pour les enseignements) de classe physique ou de post-traitement (débriefting collaboratif via chat ou vidéo apportant des réponses claires et efficaces de cours pratique permettant aux étudiants de comprendre leurs erreurs et d'identifier les inadéquations dans les apprentissages).

Les principaux résultats et retours d'expérience du projet <ET-LIOS> sont détaillés pour deux des modules d'enseignement susmentionnés.

### 4.1. Résultats du module conception-simulation-prototypage 3D

Dans ce module, selon les objectifs initiaux, les objectifs suivants ont été atteints :

- S'assurer que chaque étude de cas de conception à l'appui de la conférence mène à un travail de prototypage et non seulement à l'étape conceptuelle ou de réalisation de la conception technique ;
- Apporter systématiquement une confrontation virtuel/réel dans l'apprentissage des pratiques et des savoir-faire ;
- Proposer un apprentissage par tâtonnements, avec progression/séquencement adapté grâce à l'apprentissage à distance et aux principes hybrides ;
- Tenir compte du niveau de savoir-faire initial et de la progression des apprentissages des étudiants et les accompagner par des propositions de solutions graduées.

L'une des études de cas expérimentées se concentrait sur la conception, la simulation et le prototypage d'un trotinette (Figure 1). De telles expériences d'apprentissage ont été menées auprès de 100 étudiants de dernière année de licence et de première année de master.

Les principaux retours d'expérience à mentionner sont d'abord l'utilisation positive de petites vidéos expliquant les objectifs du cours et les buts pédagogiques, et deuxièmement, celle du didacticiel développé pour former les étudiants et leur expliquer les principales fonctionnalités d'un logiciel de conception technique. Bien sûr, dans l'utilisation efficace des logiciels, l'interaction des enseignants est incontestable. Mais après 8 heures de base, les étudiants sont suffisamment autonomes pour animer des séances de travail en

autonomie et progresser par eux-mêmes jusqu'à la prochaine séance avec les professeurs.



Figure 1 : Détails de la conception d'une trottinette

## 4.2. Résultats du module Ingénierie Soutenable et Responsable

Pour le module portant sur l'Ingénierie Durable et Responsable, les principaux objectifs étaient :

- Permettre la diffusion des enjeux de durabilité dans l'enseignement supérieur pour les enseignants et les étudiants (niveau licence et

master) : Proposition d'un programme spécifique et intégré basé sur les compétences de durabilité ;

- Développer le contenu pédagogique d'une plateforme et assurer sa maintenance ;
- Assurer le développement d'un réseau de contributeurs de contenus et de co-apprentissage, abordé avec la création d'une base de données pédagogique commune et partagée.



Figure 2 : Architecture des contenus pédagogiques du module Ingénierie Soutenable et Responsable

Les développements de contenus pédagogiques pour une ingénierie durable et responsable (Figure 2) ont été structurés en 14 vidéos et environ 30 sous-modules pour l'apprentissage des étudiants selon des macro-compétences ciblées sur : la pensée systémique, l'analyse du cycle de vie, la limite terrestre, le changement climatique, l'ingénierie soutenable, l'éthique et la responsabilité sociale.

Tout d'abord, des professeurs ont été formés dans 10 universités et institutions académiques pour permettre une formation plus large des étudiants et une comparaison de leurs progrès concernant la vision commune et le cadre conceptuel. Cette approche a permis l'expérimentation de la formation de plus de 200 étudiants et a fourni un grand nombre de retours d'expérience. Les étudiants étaient en année de licence et

en première année de master. Aucune formation spécifique n'était requise pour suivre le module proposé. Les étudiants étaient fortement enthousiastes à l'égard d'un sujet urgent et majeur qui n'est pas souvent dispensé en première année au niveau universitaire. Les travaux pratiques de l'étudiant doivent encore être améliorés selon des approches de jeu sérieux ou d'apprentissage par projet.

## 5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le projet <ET-LIOS> a impliqué environ 100 professeurs et enseignants-chercheurs de 14 universités et institutions académiques françaises. Six modules pédagogiques ont été développés dans de nombreuses thématiques traitant de l'Industrie du Futur. L'article a synthétisé les résultats obtenus en deux modules traitant de : Conception-Simulation-Prototypage 3D, Ingénierie Soutenable et Responsable. L'objectif initial de fournir un modèle d'apprentissage hybride dans le contexte de la pandémie COVID19 a finalement évolué vers une séquence de classe physique, un apprentissage autonome, des travaux pratiques pour le prototypage d'une trottelette ou des jeux sérieux pour apprendre par la pratique. Un grand nombre d'étudiants à tous les niveaux de licence et aussi de première année de master ont été formés. Les commentaires fournis ont aidé à planifier les améliorations des modules développés.

Pour les perspectives, la prochaine série d'expériences devra être réalisée sur la base d'un plus grand nombre d'étudiants. La diffusion des contenus pédagogiques et de tous les supports pédagogiques doit être élargie à toutes les universités et institutions académiques candidates. Actuellement, le contenu de l'ingénierie des systèmes et de la conception durable est disponible en anglais. Un modèle collaboratif, partagé et contributif comme wikipedia devrait être défini pour des développements pédagogiques proactifs de contenus pédagogiques supplémentaires, de nouvelles études de cas, etc.

## 6. REMERCIEMENTS

Les travaux du projet <ET-LIOS> ont été financés dans le cadre des programmes investissement d'avenir sous la référence ANR-20-NCUN-0009.

## 7. REFERENCES

- [1] Kozma, R. (1994). Will media influence learning? Reframing the debate. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 7-19, 1994.
- [2] McCray, G.E. The hybrid course: Merging on-line instruction and the traditional classroom. *Information Technology and Management*, 1(4), 307-327, 2000.
- [3] Gomes S., Eynard B., Magnon L., Application du collecticiel ACSP en configuration multisites : cas du projet de conception d'une nouvelle table d'examen, 7ème Colloque sur la Conception Mécanique Intégrée, La Plagne, France, 4-6 avril 2001.
- [4] Osguthorpe, R. T. et Graham, C. R. Blended learning environments: definitions and directions. *Quarterly review of distance*, 4(3), 2003.
- [5] Frazee, R. V. Using Relevance To Facilitate Online Participation in a Hybrid Course. *Educause Quarterly*, 26(4), 67-71, 2003.
- [6] Zitter, I. et Hoeve, A. Hybrid Learning Environments: Merging Learning and Work Processes to Facilitate Knowledge Integration and Transitions. *OCDE Education Working Papers*, 81, 2012.
- [7] Graham, C. R. Emerging practice and research in blended learning. In M. G. Moore (Eds.), *Handbook of Distance education*. Routledge, 2013.
- [8] Halverson, L. R., Graham, C. R., Spring, K. J., Drysdale, J. S. et Henrie, C. R. A thematic analysis of the most cited scholarship in the first decade of blended learning research. *Internet and higher education*, 20, 20-34, 2014.
- [9] Helms, S. A. Blended/hybrid courses a review of the literature and recommendations for instructional designers and educators. *Interactive Learning Environments*, 22(8), 804-810, 2014.
- [10] Linder, K. E. *Fundamentals of Hybrid Teaching and Learning*. New Directions for Teaching and Learning, 149, 2017.
- [11] Hall-Rivera, J. The blended learning environment: a viable alternative for special needs students. *Journal of Education and Training Studies*, 5(2), 2017.
- [12] Gopal, R., Singh, V., Aggarwal, A. Impact of online classes on the satisfaction and performance of students during the pandemic period of COVID 19, *Education and Information Technologies*, 26(6), 6923-6947, 2021.
- [13] Anushalalitha, T. Precovid, Covid and Post Covid Classes and Online Engineering, *Lecture Notes in Networks and Systems*, 524, 533-546, 2023.
- [14] Mirriahi, N., Alonzo, D. et Fox, B. A blended learning framework for curriculum design and professional development. *Research in Learning Technology*, 23, 2015.
- [15] Rassudov, L., Korunets A., COVID-19 Pandemic Challenges for Engineering Education, 11th International Conference on Electrical Power Drive Systems, ICEPDS 2020, Saint Petersburg, Russia, October 4-7, 2020
- [16] McCormack, C.M., Caldwell, B., Learner-Centered Design of Online Courses: A Transdisciplinary Systems Engineering Case Design, *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 28, 638-647, 2022.