

IDEX AAP 2017

Transformations pédagogiques

Projet Industrie 4.0

Rapport de fin de contrat

Acronyme du projet	Industrie 4.0
Titre du projet en français	Performance industrielle dans un contexte d'industrie 4.0
Titre du projet en anglais	Industrial Performance in the context of Industry 4.0
Porteur du projet	Nom, Prénom : Tollenaere, Michel Coordonnées : Grenoble INP - Génie industriel, 46 avenue Félix Viallet, 38031 Grenoble Cedex1 michel.tollenaere@grenoble-inp.fr , 06 88 40 21 15

Table des matières

Résumé du projet	4
Description du projet	5
Contexte et réponse aux besoins.....	5
Modules pédagogiques développés	7
Description des modules.....	9
Foresight and Strategy	9
Management de la Cyber-Sécurité des systèmes industriels	11
Smart Analytics for Big Data.....	12
Réalité virtuelle et augmentée.....	15
Supply chain management - Aligned system d'information / système physique	18
Digital transformation and organization: digital goods, eco-system and markets.....	21
Course Content	22
Etude de cas en logistique de transport et circuits courts urbains,.....	24
Mise en œuvre du projet.....	25
Exécution du projet.....	25
Suite donnée au projet	25
Données financières globales	25
Dépenses effectuées et prévues.....	26
1. Dépenses effectuées en 2018 et 2019.....	26
2. Dépenses prévues à fin 2019	27
Heures pédagogiques mises en paiement	29
Annexe 1 : Personnel enseignant impliqué.....	30
Annexe 2 : Tableau des indicateurs IDEX consolidés.	1

Résumé du projet

Les pratiques industrielles connaissent de rapides évolutions connues chez les praticiens sous l'acronyme d'**industrie 4.0**. Le développement des moyens de communication et de transport conduit à des marchés globalisés et mondiaux aussi bien au niveau du sourcing que des clients. Les offres produits et services sont personnalisées aux besoins des clients. La production se doit d'être eco-responsable au niveau des ressources mobilisées comme au niveau des organisations sociétales et économiques. Des technologies innovantes au niveau numérique (algorithmes, IHM, réalité virtuelle,...) comme au niveau des procédés (fabrication additive, UGV, formage, capteurs,) sont mobilisées. Enfin, ce nouvel environnement (usage de la réalité augmentée, cobotique, modèles de décision, entrepreneurship) voit émerger de nouveaux talents.

Le site de Grenoble Génie industriel est reconnu à la pointe en Europe en ce domaine. Ce projet, porté par Grenoble INP Génie industriel, vise à maintenir ce leadership et à accompagner les développements. Il consiste en le développement de modules de formation en français ou en anglais à destination des écoles d'ingénieurs (Génie Industriel, E3, ENSIMAG, Polytech) et des masters francophones (Génie industriel, génie mécanique,) et internationaux (Master SIE). Ce projet accompagne la politique de l'**Unité de Service S.mart Grenoble Alpes** (aspect équipement et services) et le **projet Plan Etat-Région A2I (Ateliers Intelligents de l'Industrie)** du site Viallet (composante logistique immobilière).

Ce projet a servi d'appui au développement de 7 modules qui ont pour certains été testés pour d'autres seront mis en place à la rentrée 2019. Les principaux indicateurs sont présentés en fin de rapport. Il était prévu par les promoteurs de ce projet une suite présentée en 2018 à l'IDEX qui prévoyait le développement de six modules supplémentaires ; cette dernière extension n'a malheureusement pas été retenue par les comités de sélection IDEX.

Description du projet

Contexte et réponse aux besoins

Un ensemble de technologies nouvelles, issues en grande partie du numérique (big data, réalité virtuelle ou augmentée, intelligence artificielle et algorithmes, cloud et réseau internet, etc.), mais aussi des sciences physiques (fabrication additive, cobotique, nouveaux matériaux, etc.) et des sciences de la vie (biotechnologies, neurosciences, etc.) vont permettre au monde industriel dans les années de vivre une nouvelle révolution industrielle. Souvent appelée « industrie du futur » ou « industrie 4.0 » cette révolution à venir va concerner tous les domaines de l'ingénierie et du management industriels : conception des produits, chaîne de valeur, processus de production, industrialisation, modes de vente. Les modèles de développement des entreprises vont s'en trouver bouleversés. **En conception de produits**, il conviendra de répondre à une demande plus individualisée, de fournir des produits interconnectés entre eux (et au système productif), de fournir des services et des expériences à forte valeur-client plutôt que des biens. **La chaîne de valeur** sera elle aussi bouleversée par l'émergence d'usines intelligentes interconnectées, permettant de suivre très à l'amont le processus de production de chaque produit individualisé. La ré-intermédiation des interfaces entre les maillons de la chaîne de valeur permettra l'insertion de « global players » issus du numérique qui imposeront des nouveaux standards, captureront une part importante de la valeur et contrôleront le big data. Le **travail industriel**, c'est-à-dire l'activité de production elle-même, va se trouver profondément renouvelé. Les interfaces homme-machine seront au cœur des enjeux, comme l'opérateur augmenté et la multiplication des artefacts. Les processus d'industrialisation se feront plus complexes et nécessiteront de nouvelles formes de gestion des connaissances et des savoir-faire. Le changement dans les processus sera permanent, appelant de nouveaux types de liens entre l'exploration et l'exploitation.

Le génie industriel – *industrial engineering and management* – est au cœur de cette nouvelle révolution industrielle, comme il a été au cœur des révolutions industrielles antérieures : la seconde (taylorisme et *scientific management*) et la troisième (toyotisme et *lean manufacturing*). Même si les compétences de base du génie industriel resteront les mêmes voire se trouveront renforcées, de nouvelles compétences vont devoir être définies avec les partenaires industriels, puis enseignées à nos élèves selon des modalités pédagogiques en grande partie renouvelées.

C'est à définir quelques-unes des nouvelles compétences et de leurs modalités d'enseignement qu'est consacré ce projet pédagogique IDEX. Il fédère donc des projets qui peuvent en apparence apparaître hétérogènes, mais qui peu à peu prendront la forme d'un ensemble intégré d'enseignement du génie industriel du futur.

Le site de Grenoble est reconnu à la pointe en Europe en génie industriel. Ce projet, porté par Grenoble INP Génie industriel, vise à maintenir ce leadership et à en accompagner les développements. Pratiquement il se présente sous la forme de modules de formation, en français

ou en anglais, à destination des écoles d'ingénieurs (Génie Industriel, E3, ENSIMAG, Polytech), des masters francophones (Génie industriel, génie mécanique,) et internationaux (Master SIE). Ce projet est en totale cohérence avec la politique de l'AIP Primeca Dauphiné Savoie (aspect équipement et services) et avec le projet Plan Etat-Région A2I (Ateliers Intelligents de l'Industrie) du site Viallet (rénovation des bâtiments, des plateformes technologiques, des outils pédagogiques, des liens à la recherche et de l'accueil des partenaires industriels).

Ce projet IDEX consiste à mettre en place les éléments constitutifs des formations d'ingénieurs et maîtres génie industriel à l'horizon 2025. Notre vision de l'industrie du futur se décline selon 5 axes:

1. des marchés possiblement globalisés et mondiaux aussi bien au niveau du sourcing que des clients.
2. des offres produits et services customisées aux besoins des clients
3. une production "sustainable" au niveau des ressources mobilisées comme au niveau des organisations sociétales et économiques.
4. des technologies innovantes au niveau numérique (algorithmes, IHM, réalité virtuelle,...) comme au niveau des procédés (fabrication additive, UGV, fromage, capteurs,....)
5. la place et la contribution des femmes et des hommes dans ce nouvel environnement (Usage de la réalité augmentée, Cobotique, modèles de décision, entrepreneurship).

La thématique de l'Industrie 4.0 intéresse bien évidemment la formation initiale des Masters et ingénieurs, mais également la formation au long de la vie et la formation professionnelle au sein des entreprises.

Modules pédagogiques développés

Ce projet se proposait de développer et de déployer à l'horizon 2020 six modules de formation de format unifié (50h) accessibles aux différentes formations du site. La première année (2018) a été consacrée à la conception et au développement afin d'accueillir à la rentrée de septembre 2018 des étudiants pour prototyper certains de ces modules : les étudiants de Master 2 SIE ont été particulièrement ciblés. Compte tenu du dépôt à l'AAP 2018 d'une extension de six modules supplémentaires, il a été convenu avec Prof. Van Dat CUNG d'anticiper son entrée dans le projet et de développer des études de cas en logistique (voir ci-dessous). Ces premières sessions ont fait l'objet de retours d'expérience instrumentés afin de déployer une version amendée en septembre 2019, permettant ainsi l'évaluation finale des modules en 2020. Les différentes phases d'avancement de ce projet feront l'objet de présentation et de débat sous forme de journées de séminaires auxquelles seront étroitement associés le club et le cercle des industriels de Grenoble INP Génie industriel.

Certains de ces modules sont développés en français, d'autres en langue anglaise. Ces six modules fourniront une ossature et permettront de développer d'autres modules (fabrication additive, eco-responsabilité des entreprises, ingénierie système...).

- ❑ Foresight and Strategy (axe 1) Bernard Ruffieux, Laurent Rannaz, Grenoble INP Génie Industriel et GAEL / INRA
- ❑ Smart Analytics for Big Data (axe 5) Iragael Joly, Pierre Lemaire, Grenoble INP GI, Christine Collet, Christophe Bobineau Grenoble INP ENSIMAG
- ❑ Management de la Cybersécurité pour l'Industrie (axe 3) Grenoble INP GI / E3 / Polytech, Jean Marie Flaus, Eric Zamaï, Franck Sicard
- ❑ Réalité virtuelle et augmentée (axe 4) F. Noel
- ❑ Supply chain management. Alignement système d'information / système physique (axe 5) Gulgun Alpan, Lilia Gzara, Michel Tollenaere, Grenoble INP Génie Industriel
- ❑ Digital economy: product, industry and markets (axe 2) Iragael Joly, Oliwia Kurtyka, Grenoble INP Génie Industriel
- ❑ **Etude de cas en logistique de transport et circuits courts urbains, Van Dat CUNG., (axe 2), Grenoble INP Génie Industriel**

Ce projet est piloté par l'Ecole de Génie Industriel de Grenoble INP. Les partenaires sont :

- ❑ l'AIP Primeca Dauphiné Savoie dont la majorité des modules utilisera les moyens techniques : un volet équipement sera d'ailleurs soumis à l>IDEX pour compléter les équipements existants.

- Polytech Grenoble.
- L'école ENSE3 et l'ENSIMAG de Grenoble INP
- L'UFR Phitem.
- Le département Formation Continue de Grenoble INP

Description des modules

Foresight and Strategy

Dans ce projet nous avons plusieurs types de partenaires. (i) Le réseau d'universités spécialisées en génie industriel CLUSTER-IEM avec lequel le projet "Génie industriel du futur" a été lancé. L'idée même de cet enseignement "Foresight & Strategy" qui porte précisément sur le génie industriel du futur, dans sa dimension managériale et économique, est née au sein de ce réseau. Ce cours a vocation à terme à être co-construit avec des partenaires de ce réseau.

Par ailleurs, ce cours, dispensé en anglais, est largement ouvert à l'international. Cette année il accueillait des élèves de 15 nationalités différentes (Belgique, Chili, Corée du Sud, Espagne, France, Inde, Iran, Italie, Koweït, Maroc, Népal, Mexique, Pologne, Suède, Turquie) dont comme on le voit 5 européens.

Par ailleurs, une partie de l'enseignement dispensé a été approfondi cette année 2018-2019 avec notre partenaire de l'université Laval à Québec, où Bernard Ruffieux est professeur invité. Un cours sur la tarification du futur a été dispensé dans cette université, avec Laure Saulais, spécialiste de la question et professeur à l'université Laval.

Enfin, le cours était dispensé cette année par Laurent Rannaz et Bernard Ruffieux, Laurent Rannaz ayant été jusqu'à octobre 2018 directeur général de Caterpillar France. L'expérience multinationale de Laurent Rannaz a évidemment beaucoup profité aux contenus de l'enseignement.

Indicateurs de ce module de formation :

Nb d'apprenants impliqués dans la Formation Initiale	Nb d'heures Formation initiale	Nb d'heures formation continue	
42 étudiants étaient inscrits à cet enseignement de "Foresight & Strategy".	14 classes de 4h30, soit 63 heures de présentiel par élève en formation initiale	Aucun	CLUSTER-IEM Laure Saulais, professeur à l'université Laval.

Interdisciplinaire	Pédagogie active	Pédagogie numérique	Plate-forme
Génie industriel, Conception de produit, Gestion de la chaîne de valeur, Manufacturing, Management industriel, Economie industrielle, Economie des organisations, Economie expérimentale, Prospective.	Etudes de cas d'entreprises, études de cas de produits du futur, étude de cas de technologie du futur, étude de cas de "global players" de l'industrie du futur (plateformes, notamment GAFAM)	Economie expérimentale. Notamment marché multi-faces des plateformes.	Economie expérimentale

Liste nominative des enseignants, enseignants-chercheurs du site impliqués	Liste nominative des chercheurs du site impliqués	Liste de parcours de niveau L impactés	Liste de parcours de niveau M impactés
<p>Bernard Ruffieux, Professeur des universités, sciences économiques</p> <p>Laurent Rannaz, Professeur associé à Grenoble INP - Génie industriel</p> <p>Philippe Bianic, membre de la Chaire "Transformation 4.0", Grenoble INP et UIMM de l'Ain.</p> <p>Julie Cagne, Chargée de mission Transformation pédagogique et Communication interne à Grenoble INP - Génie industriel.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Laurent Muller, chargé de recherche INRA, laboratoire GAEL • Sabrina Teyssier, chargée de recherche INRA, laboratoire GAEL 	<p>Aucun.</p>	<p>Elèves-ingénieurs en double diplôme international, dont le diplôme d'ingénieur de Grenoble INP - Génie industriel, niveau M2 (5° année du cursus)</p> <p>Elèves-ingénieurs en cinquième année d'école Grenoble INP - Génie industriel, filières ICL, IDP et IPID, niveau M2 (5° année du cursus)</p> <p>Etudiants internationaux en échange, cursus ingénieur en génie industriel, niveau M2 (5° année du cursus)</p> <p>Etudiants en Master 2, Génie industriel</p> <p>Etudiants en Master 2 international, Sustainable Industrial Engineering</p>

Management de la Cyber-Sécurité des systèmes industriels

Smart Analytics for Big Data

Contributeurs

Christophe Bobineau, MCF, Grenoble INP ENSIMAG

Iragaël Joly, *coordinateur* de l'UE, MCF HDR, Grenoble INP Génie industriel

Pierre Lemaire, MCF, Grenoble INP Génie industriel

Genoveva Vargas Solar, DR, CNRS, LIG, HADAS Group

Rappel des objectifs

Les pratiques industrielles du futur auront un recours accru au traitement des informations et des données. Les nouveaux outils de communication, les outils d'observation et de mesure (capteurs embarqués, caméras, smartphones,...), le développement de la digitalisation soutiennent la croissance accrue de la masse de données à capter, stocker, organiser, sécuriser, consulter et analyser. Ces nouvelles données se caractérisent par leur volume, leur variété et leur vélocité.

Ce module propose de présenter les méthodes et outils 1) de gestion des grandes masses de données dynamiques ; 2) de traitement de deux des aspects complexes des big data industrielles : les données spatiales et les données temporelles 3) de visualisation et représentation des informations de résultats de modélisation pour l'aide à la décision.

Réalisations

Le projet IDEX a permis les réalisations suivantes :

1. Définition du programme de cours couvrant l'ensemble des éléments du work-flow de la data-science : de la collecte des données, leur stockage et leur organisation, leur gestion, leur exploitation et analyse et enfin leur communication.

L'originalité proposée dans ce programme est de reconnaître la nécessité de la mise en place de méthodes d'exploitation, d'analyse et de communication des données spécifique au traitement flux de données complexes géo-spatiales et souvent en flux continu. Ainsi, le cours commencera par faire comprendre et analyser le besoin de méthodes à la fois transparentes, répétables et reproductibles. La production de connaissance à partir des données sera structurée 'à rebours' en partant de l'expression du besoin d'outils d'aide à la décision.

Ainsi quatre modules seront construits autour des enjeux suivants. Chacun partant de l'identification des besoins standards pour présenter un panorama des fonctions et outils les plus adaptés.

- 1) De la représentation, la visualisation et la communication des résultats issus de l'exploitation de grandes masses de données : une attention particulière sera donnée à l'analyse du besoin et la définition d'outils d'aide à la décision. Les grandes masses de données à dimension temporelle ou à dimension spatiale nécessitent des outils de

représentations adaptées et accessibles au décideur commanditaire. Ainsi, les systèmes d'informations géographiques seront présentés couplés aux méthodes d'analyse de données. La reproductibilité de l'analyse sera construite par des outils intégrant l'ensemble des étapes du work flow de l'analyse de données ou suffisamment flexibles pour coordonner les outils nécessaires le long de cette chaîne.

- 2) De la gestion des Big-Data : Les méthodes de collecte et de stockage de données aborderont les infrastructures et plateformes adaptées à la grande masse de données, aux questions d'agilité, de traçabilité des outils et de mise à jour des données.
- 3) De l'exploitation des données complexes à grandes dimensions (notamment caractérisées par un grand nombre de variables de natures différentes, potentiellement structurées entre elles, et/ou latentes) : Les méthodes principales d'exploitation issues du machine learning seront présentées pour répondre par exemple au besoin de segmentation, de classification et de validation.
- 4) De l'exploitation des données complexes à dimension temporelle (notamment les durées avant apparition d'évènements, tels que les défaillances de process, les actes d'achat de consommateurs, les livraisons d'un transporteur ,...): Les méthodes d'analyse de survie se concentreront sur l'analyse des dynamiques temporelles et leur modélisation (modèles à hasards proportionnels, modèles à hasards concurrents) et sur l'analyse des déterminants de l'apparition d'évènements d'intérêt.

L'apprentissage sera conduit par un exemple / exercice « fil rouge », une étude de cas qui servira de déclencheur de besoin d'outils d'analyses, d'outils de gestion et structuration des données. Ce cas permettra une présentation des enjeux à rebours et une présentation des outils « en avant ».

2. Trois études de cas donnant lieu à évaluation jalonnent l'apprentissage. Pour le démarrage en 2020 :
 - 1) Gestion de grandes masses de données : une étude de cas sera construite à partir de la plateforme de collecte et stockage de données construite dans le projet d'optimisation de smart-grids d'Enedis
 - 2) Exploitation de données complexes : La production de semi-conducteurs chez ST microelectronics génère un grand nombre d'informations issues des tests des matériels et machines de production. L'exploration de ces données permet l'identification de goulot d'étranglement sur la chaîne de production et une meilleure prédiction des temps de cycles machine.
 - 3) Exploitation de données complexes dont des dimensions temporelles et spatiales : l'étude des déplacements quotidiens en zones urbaines intègre à la fois la description précise des individus, leurs ménages et leurs pratiques de mobilité dans l'espace et le temps. L'étude des comportements de mobilité sera mise en perspective avec les durées de déplacements, et les caractéristiques spatiales des déplacements.
3. L'initiation d'une collaboration avec le Professeur Bruno Agard de l'Ecole Polytechnique Montréal, Laboratoire en Intelligence des Données, Département de

Mathématiques et de Génie Industriel.

Les objectifs de cette collaboration sont :

- a. L'échange de pratiques dans nos enseignements d'analyse de données. En effet, B. Agard dispense à Montréal un cours d'« Exploration de données industrielles », dans lequel de nombreuses méthodes présentées sont communes avec l'UE construite ici.
- b. L'échange de matériel pédagogique : notamment d'étude de cas. La construction d'étude de cas fondée sur les travaux de recherche des deux équipes pédagogiques est envisagée.
- c. Une interaction pédagogique plus directe entre les équipes enseignantes, sous la forme d'échange de cours, interventions réciproques dans les enseignements, en présentiel ou à distance. Et des interactions entre groupes d'élèves Montréalais et Grenoblois, par exemple sous la forme de résolution compétitive ou collaborative d'étude de cas et data challenge.

Le financement Idex a permis de soutenir cette démarche en permettant 2 séjours d'études et d'échange visant à remplir ces objectifs.

Nb d'apprenants impliqués dans la Formation Initiale	Nb d'heures Formation initiale	Nb d'heures formation continue	Partenariats internationaux
Le nombre d'étudiants maximum pour ce cours est fixé à 30 pour permettre un apprentissage en fondé sur l'application et le tutorat dans les projets.	L'UE est définie au standard des UE de 5A de Génie Industriel soit 52h eq TD		Bruno Agard, PR, Laboratoire en Intelligence des Données (LID), Département de Mathématiques et de Génie Industriel, École Polytechnique de Montréal

Interdisciplinarité / prérequis	Pédagogie active	Pédagogie numérique	Plate-forme
Cours de système d'information ; Cours de Statistique et cours d'analyse de données	Apprentissage par les projets, étude de cas		Le cours utilisera la plate-forme Caseine

Liste nominative des enseignants, enseignants-chercheurs du site impliqués	Liste nominative des chercheurs du site impliqués	Liste de parcours de niveau L impactés	Liste de parcours de niveau M impactés
	•	Aucun	Le cours sera prototypé (en 2020 et 2021) à Génie Industriel comme un cours de 5 ^{ème} année. Et sera proposé aux élèves de l'ENSIMAG ensuite.

Réalité virtuelle et augmentée

Equipe pédagogique :

Frédéric Noël, PR Grenoble INP Génie industriel

Romain Pinquii, MCF, Grenoble-INP Génie industriel

Sébastien Martin, ITA Informatique, Grenoble INP Génie industriel/G-SCOP

Patrick Maigrot, IE Informatique, Grenoble INP G-SCOP

Contexte

Les technologies de réalité virtuelle et de réalité augmentée sont en expansion constante. Le revenu mondial de cette activité est en 2016 d'environ de 4 Milliards d'euros principalement centré sur les techniques de réalité virtuelle. Certains groupes d'économistes l'évaluent à 120 milliards en 2026 dont une part de 27milliards dédiés à la réalité virtuelle. Ceci signifie que la réalité virtuelle est en pleine expansion et que la réalité augmentée est amenée à connaître une explosion encore bien plus considérable. Cela prend part au défi de la révolution numérique. L'objectif du projet et la mise en place d'activités innovantes aussi la conception et le partage d'environnements pour les travaux pratiques (ressources matérielles et matériel pédagogique)

Projet pédagogique

Le projet proposé vise donc à mettre en place des modules et des ressources complémentaires pour une formation à ces technologies émergentes pour une mise en œuvre dans des domaines applicatifs fortement portés par le site. Nous souhaitons construire des activités de formation de base aux concepts et techniques de RV et de RA d'une part et d'autre part des activités de mise en œuvre dans des applications centrées dans un premier temps sur le développement de l'industrie 4.0.

Méthodes et techniques de RV et de RA

Les dispositifs de réalité virtuelle, description des technologies, Visualisation, Interaction dont Haptique, Techniques de visualisation, Connexion de périphériques d'interaction, Technique d'échanges en réseau

- **Les techniques d'interface homme machine**, principes d'IHM, développement d'interface homme machine
- **Intégration de technologies de RV et de RA** : introduction aux aspects Cognition, Comportement Humain, Perception, à prendre en compte lors de l'utilisation de ces nouvelles formes d'interface homme machine.

- **Création de modèle de réalité virtuelle**, Modélisation 3D pour l'animation: Blender, AutoDesk 3DS max Maya, Modélisation 3D pour la conception : Catia, Creo, Définition de comportements, Animation, Echanges de données entre modeleurs
- Activités de mise en œuvre par l'encadrement de projets
 - **Clone d'une usine virtuelle** (Modélisation, Maintenance, Supervision, pilotage en environnement virtuel.
 - **Bureau d'études du futur** : support naturel à des activités expertes
 - Conception centrée utilisateur : intégration de l'utilisateur dans des processus de conception via l'usage virtuel du produit.
 - D'autres activités applicatives sont envisageables : artistiques, médicales etc
- Sur l'année universitaire 2018-2019 nous avons travaillé (toujours en cours) à la mise en place de supports de TP pour la rentrée 2019. L'UE préparée s'intitule Chaîne numérique pour l'industrie 4.0 intégrant Réalités virtuelles et Augmentées. Elle sera enseignée en langue anglaise.
 1. Formation syst d'info no sql (6h)
 2. Formation python ou C# (3h)
 3. Formation unity (4,5h)
 4. **vrcad : lien cao/vr (VR) (1,5h)**
 5. lien conception/simulation/vr (VR/AR) (1,5h)
 6. formation au poste de travail (AR) (1,5h)
 7. ergonomie (AR/VR) (1,5h)
 8. test d'encombrement sur Hololens (AR) (1,5h)
 9. **contrôle non destructif (AR) (1,5h)**
 10. **séquence de dessassemblage (VR) (1,5h)**
 11. Haptic application
 12. Open CV ARuco : reconnaissance de tag et superposition sur image 2D (AR) tablette
 13. test d'assemblage de pièce avec collision
 14. **Jumeau numérique**

L'ensemble de ces supports de TP a vocation à être partagé pour d'autres formations des partenaires du pôle S.mart Grenoble-Alpes.

Nb d'apprenants Formation Initiale	Nb d'heures Formation initiale	Nb d'heures formation continue	Partenariats internationaux	Interdisciplinarité	Pédagogie active
UE ouverte à 26 étudiants à partir de septembre 2019. TP disponibles pour d'autres actions	54h environ		pas directement	Conception, Production, Système d'information, Réalité virtuelle, Réalité augmentée.	Les étudiants explorent les capacités des nouvelles technologies via des mises en usage sur des process pré-établis puis ils font un projet de mise en oeuvre de ces technos sur un processus métier de leur choix (expérience de stage par exemple)

Pédagogie numérique	Plate-forme	Liste des enseignants, du site	Liste des chercheurs impliqués	Parcours de niveau L impactés	Parcours de niveau M impactés
La RV et la RA et les systèmes d'information supports sont des technologies numériques par excellence.	S.mart AIP-Primeca VISION-R	Frédéric Noël, Romain Pinquié			Master GI, GI 3A ICL + IDP

Supply chain management - Alignement système d'information / système physique

Contributeurs

Gülgün Alpan, MCF Grenoble INP Génie industriel
Lilia Gzara, MCF Grenoble-INP Génie industriel
Michel Tollenaere, PR Grenoble-INP Génie industriel
Nicolas Roux-Fouillet, partenaire industriel Chorège
David Ducourtioux, partenaire industriel Chorège

Rappel des objectifs

Dans ce module nous avons pour but de développer de nouveaux supports pédagogiques sur le thème de « *supply chain management* » et de « *l'alignement de système physique et l'informationnel* ». Pour ce faire, nous avons proposé de créer des jeux sérieux, d'une part pour tester et expérimenter des organisations et de nombreuses politiques de gestion des chaînes logistiques (partie I du projet), et d'autre part pour intégrer le système d'information dans le système physique (partie II du projet).

Réalisations

- La partie I du projet est finalisé en Septembre 2018 et mis en utilisation : Un jeu sérieux intitulé « Supply Game » est développé dans le cadre de ce module. Le support principal, Lego®, est à la fois ludique à utiliser mais permet également de simuler la chaîne logistique complet d'un fabricant de véhicules utilitaires (type camion) avec une diversité (du produit mais aussi des scénarios de production) proche de la réalité. Le jeu permet de tester différents politiques de gestion de flux et l'approvisionnement dans un contexte d'une chaîne logistique internationale. Le jeu est mis en utilisation en Septembre 2018 en 3ème année de Génie Industriel. 32 étudiants ont suivi le module dans l'année scolaire 2018-2019 (voir les photos). Les premiers retours sont très positifs.
- L'avancement de la partie II : Dans la version du septembre 2018, alignement du système physique (jeu sérieux avec support Lego®) avec le flux informationnel généré est essentiellement basé sur des supports papiers (cartes kanban, ordre de fabrication en papier, etc.). La collecte de données (temps de fabrication dans chaque poste de travail) depuis le système physique est réalisée par une application développée en interne (tablette, smart-phone ou ordinateur). Deux extensions de numérisation est en cours : (1) Mise en place de lecteurs de code-bars/QR code pour collecter des données autres que le temps de fabrication (eg. utilisation de composants/matières premières pour mieux gérer les stocks) (2) Numérisation des modes opératoires pour mieux guider les étudiants qui jouent le rôle des opérateurs. Ces deux extensions font l'objet de deux

projets d'étudiants de première année. Les résultats de ces projets seront testés dans le module du 3eme année à partir de Septembre 2019.



Nb d'apprenants Formation Initiale	Nb d'heures Formation initiale	Nb d'heures formation continue	Partenariats internationaux	Interdisciplinarité	Pédagogie active
UE ouverte à 30 étudiants (depuis septembre 2018) + 30 autres envisagé dans le cours de Systèmes d'info	54h (x2)		Pas de partenaire direct mais beaucoup d'étudiant internationaux dans le cours le UE étant en anglais	Gestion de flux, Système d'information,	Apprentissage par étude de cas et jeux sérieux, simulation physique d'une chaine logistique complet, « learning-by-doing »
Pédagogie numérique	Plate-forme	Liste des enseignants du site	Liste des chercheurs impliqués	Parcours de niveau L impactés	Parcours de niveau M impactés
La version numérique des modes opératoires. Utilisation tablettes, bar-code scanner pour récolte des données et échange d'information	S.mart AIP-Primeca Operations Management Platform	G. Alpan L. Gzara M. Tollenaere		Deux projets de première année à GI (niveau L3)	Master GI, GI 3A ICL Master M2 SIE

Digital transformation and organization: digital goods, eco-system and markets

Iragaël Joly, *coordinateur*, MCF HDR, Grenoble INP Génie industriel
Lilia Gzara, MCF HDR, Grenoble INP Génie Industriel
Oliwia Kurtyka, MCF, Grenoble INP Génie industriel
Marie-Anne LeDain, MCF HDR, Grenoble INP Génie industriel
Zakaria Yahouni, MCF, Grenoble INP Génie industriel
Christine Dujardin, Grenoble INP Génie industriel

Rappel des objectifs

La digitalisation transforme de nombreux marchés et soutient l'émergence de nouveaux marchés. De nouvelles pratiques industrielles voient le jour dans les entreprises, mais aussi tout au long des acteurs de la supply-chain. L'objectif de ce cours est de proposer une vision globale des transformations dues à la digitalisation, tant au niveau de la gestion de production, de l'organisation de la supply-chain, ou des pratiques de conception collaborative, qu'au niveau de la mise sur le marché (tarification et design de marché pour le e-commerce, les plateformes multilatérales,...), de la relation client (servitisation, produit service, produits digitaux, IoT,...). En conséquence, le cours proposé sera pluridisciplinaire, en anglais et appuyé sur des études de cas d'entreprises ou technologies.

Réalisations

Le financement IDEX a permis le développement :

- D'un cours pluridisciplinaire original construit comme le croisement des connaissances, des points de vue et des spécialités des différents collègues intervenants. Plusieurs réunions et brainstormings ont produit un contenu faisant consensus. Le plan de cours joint montre d'une part la portée des thèmes que le cours a la volonté de réunir et l'effort de mixité entre les différentes disciplines représentées par l'équipe pédagogique.
- Expérimentations en séances de cours intégrées dans les enseignements d'économie de masters et de 3^{ème} année du cursus ingénieur (industrial economics for IE et advanced economics for IE) de l'usage pédagogique d'études de cas sur les thèmes des plateformes multilatérales et les produits digitaux et sur l'usage de la technologie Blockchain dans la supply-chain durable de produits alimentaires.
- Dans le cadre du CRCT de Marie-Anne Le Dain à Queensland University of Technology, un premier travail a été mené avec pour clarifier les rôles possibles des technologies digitales dans l'innovation. Ce travail a donné une publication acceptée à la conférence internationale ANZAM 2018 (Australian & New Zealand Academy of Management).
- Un dernier objectif est en cours de réalisation : l'établissement d'un partenariat à l'international avec une université partenaire de Grenoble INP Génie industriel en vue de pérenniser un échange d'interventions d'enseignants-chercheurs internationaux sur les thématiques centrales du cours : management des Systèmes d'Information, opportunités et

applications industrielles de l'impression 3D, digital factory, two-sided platform,...). Ces interventions auront pour objectif soit d'enrichir les thématiques déjà adressées par les enseignants-chercheurs de Grenoble INP, soit d'apporter des connaissances nouvelles et complémentaires.

Course Content

The course has two parts. First, an overview of DT impacts brings global knowledge of mutation at stake in industry, processes and markets. Second, specific topics are studied through industrial case studies dealing with multiple issues, mutations of the DT.

12 sessions of 4.5 hours

Part I - Overview of DT impacts (8 sessions)

1. **DT & Eco-system & Sustainability**
 - a. Overview of the DT perimeters and shapes (typology of outcomes, new processes, brakes and drivers of DT,...).
 - b. Exploration of the eco-system of the DT (networks, platform, new players, collaboration and partnership along the product life-cycle,...)
 - c. Sustainability opportunities and risk of the DT
2. **Decision and management in digital age**
 - a. Overview of the Big Data Management: From data collection to their communication: Data architecture, Numerical Technics of analysis, Implementation and uses, Data as a decision tool)
 - b. Risk and security : Data property vs ubiquitous information; cyber-security; Intellectual property, data property and market power
 - c. Digital technologies : New technologies to collect data (RFID, sensor, 3D scanner,...), to visualize data (googleglasses, ...), to produce and organize (digital twin, cobots, cyber production system, ...)
 - d. Ubiquity, IS and Data in SC: Information system design and management for interoperability, ubiquity of information; transparency, repeatability and reproducibility
3. **Market, Value and Pricing:** New value chain (creation, evaluation, sharing); New pricing design (dynamic prices, PSS pricing,...)
Impact on organization and skills: Process and method mutations (customer intergration, stock deletion), Organisation change management (new skills and technics)

Part II - Indepth Case Studies

Case studies can come from Industrial partners or academic. Case studies could be defended in front of engineers jury.

1. **Impact of DT on the Product and Service** (Supply (PSS)): Digital Platform, information exchange (Github, Edf advisor)
2. **Impact of DT on the SC and process** (Supply process)

3. **Impact of DT on the distribution** (Logistics and platform)
4. **Impact of DT on Market and value** (New digital product and services introduction on the market)

Indicateurs de ce module de formation :

Nb d'apprenants impliqués dans la Formation Initiale	Nb d'heures Formation initiale	Nb d'heures formation continue	Partenariats internationaux
25 étudiants de niveau master	L'UE est définie au standard des UE de 5A de Génie Industriel soit 52 heqTD	Aucun	A définir dans le cluster IEM

Interdisciplinaire	Pédagogie active	Pédagogie numérique	Plate-forme
Génie industriel, Conception de produit, Supply-Chain Management, Système d'information, Management industriel, Economie industrielle, Big-data et Intelligence Artificielle.	Pédagogie inversée sur études de cas	Case solving mobilisant les compétences de IA, de Big-Data, de système d'information	

Liste nominative des enseignants, enseignants-chercheurs du site impliqués	Liste nominative des chercheurs du site impliqués	Liste de parcours de niveau L impactés	Liste de parcours de niveau M impactés
		Aucun.	Double diplôme international Elèves-ingénieurs en cinquième année Génie industriel Etudiants en Master 2, Génie industriel Etudiants en Master 2 international, Sustainable Industrial Engineering

Etude de cas en logistique de transport

Responsable : Van Dat CUNG, Grenoble INP Génie Industriel

Avec le développement sans cesse croissant du e/m-commerce et des politiques de production en flux, la logistique et son pendant transport sont devenus des activités clés dans la viabilité et la compétitivité des entreprises. L'objectif de projet est de fournir des études de cas permettant aux étudiants d'appréhender d'une part l'organisation des flux physiques et informationnels extra- et intra-logistiques d'une plateforme logistique, et d'autre part la planification des opérations logistiques et transport (réception, stockage, préparation des commandes, opérations à valeur ajoutée, expédition) avec les moyens techniques et technologiques. Les études de cas sont à décliner selon les modèles d'affaires (B2B, B2C, etc.) et selon les secteurs d'activités (production industrielle, e-commerce, grande distribution).

Réalisations

Le financement IDEX a permis de réaliser :

- une recherche bibliographique et une enquête auprès des membres du Pôle d'Intelligence logistique du Nord d'Isère afin de catégoriser les différents types d'organisation logistique et transport selon les modèles d'affaire et des secteurs d'activités. Ce travail réalisé par la Junior Imagine Conseil est loin d'être exhaustive, mais elle a permis d'établir une bonne base de connaissance de départ.
- une étude plus approfondie sur le modèle d'affaires B2C dans le secteur de l'e-commerce. Elle est menée à travers un stage Master2 GI. Pour ce cas d'étude, une cartographie complète des flux physiques et informationnels a été établie, ainsi qu'une analyse comparative des performances de deux stratégies de rangement (rangement par taille classique et rangement aléatoire par RFID) des produits dans une plateforme logistique. Ce stage a permis également d'effectuer une veille sur les moyens techniques et technologies existants et futurs pour les opérations logistiques des plateformes (AGV, drones inventaires et livreurs, RFID, réalité augmentée pour une aide aux opérations de préparation de commandes, etc.).

Ces réalisations permettent d'établir une étude de cas relativement complète sur la logistique B2C pour le e-commerce, de la conception du réseau de distribution (flux physiques et informationnels) jusqu'aux opérations intra-logistiques des plateformes. Cette étude de cas sera consolidée sur la chaîne des opérations intra-logistiques ainsi que les moyens techniques et technologies déployés. Elle sera également déclinée vers et complétée par d'autres études de cas en B2B et dans d'autres secteurs d'activités (production industrielle, et grande distribution).

Mise en œuvre du projet

Exécution du projet

A ce jour, 3 modules ont été testés avec des étudiants en vraie grandeur avec des retours d'expérience très positifs. Le projet a contribué à la mise en place de 4 autres modules et 5 sont en préparation.

Suite donnée au projet

Le projet IDEX 2019 proposait 5 modules additionnels + un accompagnement de plateforme impactant 6 à 7 UE :

- Industrialisation d'un atelier 4.0
- Knowledge based skills improvement in the context 4.H
- Case studies in inventory, warehouse, logistic and transportation optimisation
- Economic Trends driven by sustainability in industrial engineering
- Techniques de modélisation et d'analyse de sûreté des systèmes cyber-physiques
- Accompagnement pédagogique de la plateforme « Operations Management »** WP mené au sein du pole S.mart Grenoble Alpes.

Ce projet n'a malheureusement pas été retenu par le comité IDEX 2018.

Données financières globales

Réalisé 2018			
MS	F	I	TOTAL
3 869,72 €	6 286,64 €	- €	10 156,36 €
Prévisionnel 2019			
MS	F	I	TOTAL
9 174,08 €	24 305,96 €	6 363,60 €	39 843,64 €
Total Projet			
13 043,80 €	30 592,60 €	6 363,60 €	50 000,00 €

Engagé 2019			
MS	F	I	TOTAL
	6 699,32 €	6 363,60 €	13 062,92 €
Disponible 2019			
MS	F	I	TOTAL
9 174,08 €	17 606,64 €	- €	26 780,72 €

Dépenses effectuées et prévues

1. Dépenses effectuées en 2018 et 2019

	Fonctionnement		2019		Montant
Mission Joly					56,65 €
Mission Paris Michel Tollenaere Ecole Mines Paris 13/12/2018					- 50,00 €
Lego Technic 42060 : 40 boites			FNAC		0,08 €
Prévisionnel Heures 01/09/2018 au 31/08/2019			UGA	13	565,24 €
Fournitures diverses organisation de la femme ingénieur du 13 décembre 2018			Carrefour		278,65 €
COCKTAIL APERITIF			GAILLARD TRAITEUR		1 039,50 €
Lecteur codes barres 1D et 2D - Datalogic			UGAP		907,49 €
INSCRIPTION COLLOQUE M NOEL FREDERIC					420,00 €
INSCRIPTION COLLOQUE M MICHEL TOLLENAERE					492,00 €
Déplacement Voiture La Plagne Conférence AUIP Prmecca			NOEL + TOLLENAERE		40,13 €
Cours sur la Blockchain/Iragael JOLY					174,72 €
févr-19 Gratification stage			RAISSI Sarah		498,75 €
mars-19 Gratification stage			RAISSI Sarah		551,25 €
avr-19 Gratification stage			RAISSI Sarah		551,25 €
mai-19 Gratification stage			RAISSI Sarah		551,25 €
juin-19 Gratification stage			RAISSI Sarah		551,25 €
juil-19 Gratification stage			RAISSI Sarah		551,25 €
Déplacement au colloque S.mart 2019 aux Karellis 242 km Aller/Retour/ TOLLENAERE					85,10 €
					7 264,56 €
Investissement					
PC portable DELL			DELL		605,17 €
PC portable DELL			DELL		1 016,89 €
2 CASQUES DE RÉALITÉ VIRTUELLES			BECHTLE		4 741,54 €
					6 363,60 €
Masse Salariale		2019			
Prévisionnel Heures 01/09/2018 au 31/08/2019			INP	65	2 826,20 €
Fonctionnement		2018			
COMITE SELECTION PFR SOPHIA ANTIPOLIS					130,37 €

Prévisionnels heures du 01/01 au 31/08/2018		UGA	13	565,24 €
*Dépl. du 12.09.18 Jsq 12.09.18 Vers VILLEFONTAIN				87,06 €
Lego Technic 42060 : 40 boites		FNAC		799,60 €
Prestation etudes Imagine conseil		JUNIORCONSEIL		2 280,00 €
Camescopes		FNAC		1 124,96 €
Mission Paris Michel Tollenaere Ecole Mines Paris				157,46 €
Mission Paris Michel Tollenaere Ecole Mines Paris 13/12/2018				180,50 €
3 tablettes samsung		BECHTLE		961,45 €
				6 286,64 €
Masse Salariale		2018		
Réalisé Payé heures du 01/01 au 31/08/2018		INP	89	3 869,72 €

Montant dépenses fonc et invest			
Récapitulatif par module		réalisé 2018 - 2019	Prévu 2019
Management du projet		3 873,41 €	565,24 €
Foresight and Strategy		- €	- €
Management de la Cybersécurité pour l'Industrie		- €	- €
Smart Analytics for Big Data		56,65 €	5 000,00 €
Réalité virtuelle et augmentée		5 806,84 €	4 840,00 €
Supply chain mgnt. Alignement sys d'information/ sys physique		2 668,62 €	8 955,50 €
Digital economy: product, industry and markets		1 191,61 €	4 000,00 €
Etude de cas en logistique de transport et circuits courts urbains,		5 752,43 €	- €
Total		19 349,56 €	23 360,74 €

2. Dépenses prévues à fin 2019

Fonctionnement	2019	Prévisionnel
Libellé	Date prévue	Montant prévu
Heures comp enseignants UGA (Flaus, Masplet)	30-juin-19	565,24 €
Smart Analytics : 2 x 2500 € pour 2 missions à Montréal (août puis fév)	31-juil-19	5 000,00 €
Digital Transformation: 4000€ : missions pour 2 EC visite d'université partenaire Cluster ou Unite	01-juil-19	4 000,00 €
Tables RV (4 * 135 €)	01-sept-19	540,00 €
Valorisation Video EDT	26-mai-19	2 200,00 €
PC de pilotage RV	30-juin-19	2 100,00 €
stagiaire pour 6 mois pour mettre en place l'alignement flux info.	01-sept	3 307,50 €
Mission à Nantes pour 2 personnes, pour visiter une usine-plateforme connecté pour benchmark (probablement en automne)	01-oct	1 000,00 €
3 lecteurs de code barres	01-oct	750,00 €
7 tablettes à 320€	01-oct	2 240,00 €
Bacs lego	01-oct	500,00 €
4 EL-RFID-READ-LITE Lecteur RFID Actif, Format Compact	01-oct	1 158,00 €
10 EL-RFID-COIN-ID TAG RFID, Format COIN		
disponible	22 432,72 €	
total dépenses engagées		23 360,74 €

Heures pédagogiques mises en paiement

		Heures comp		dispo 2019			
		Nom	Prenom	Composante	Statut	Nbre heures 2018 réalisées	Nbre heures 2019 effectives
	Management du projet	Tollenaere	Michel	Grenoble INP Génie industriel	EC (en h)	8	
	Foresight and Strategy	Ruffieux	Bernard	Grenoble INP Génie industriel	PR	10	
		Rannaz	Laurent	Grenoble INP Génie industriel	PRASS		
	Management de la Cyber-Sécurité de	Flaus	Jean Marie	Polytech Grenoble	PR	8	
		Zamaï	Eric	Grenoble INP E3	MCF-HDR	8	
	Smart Analytics for Big Data	Joly	Iragael	Grenoble INP Génie industriel	MCF	12	
		Lemaire	Pierre	Grenoble INP Génie industriel	MCF	6	
		Bobineau	Christophe	Grenoble INP ENSIMAG	MCF	2	
		Collet	Christine	Grenoble INP ENSIMAG	PR	4	
		Vargas Solar	Genoveva	CNRS LIG	DR		
	Réalité virtuelle et augmentée	Noël	Frederic	Grenoble INP Génie industriel	EC (en h)	12	
		Pinquié	Romain	Grenoble INP Génie industriel	EC (en h)		
		Masclét	Cédric	UFR Phitem	MCF	5	
	Supply chain management - Alignem	Alpan	Gülgün	Grenoble INP Génie industriel	MCF HDR	8	
		Gzara	Lilia	Grenoble INP Génie industriel	MCF HDR	7	
		Tollenaere	Michel	Grenoble INP Génie industriel	PR		
		Yahouni	Zakarias	Grenoble INP Génie industriel	MCF		
	Digital economy: product, industry a	Kurtyka	Oliwia,	Grenoble INP Génie industriel	MCF	4	
		Gzara	Lilia	Grenoble INP Génie industriel	MCF HDR	0	
		LeDain	Marie Anne	Grenoble INP Génie industriel	MCF HDR		
		Joly	Iragael	Grenoble INP Génie industriel	MCF - HDR	8	
Total						102	0

Heures prévisionnelles 2018/2019 Industrie 4.0							
Etablissement	Composante	Projet	NOM Enseignant	Prenom Enseignant	Statut Enseignant	Nbre Heures Prévués	Montant Prévu
Grenoble INP	Génie Industriel	Industrie4.0	ALPAN-GAUJAL	Gülgün	MCF	10	434,80 €
Grenoble INP	ENSIMAG	Industrie4.0	BOBINEAU	Christophe	MCF	4	173,92 €
Grenoble INP	Génie Industriel	Industrie4.0	GZARA	Lilia	MCF	8	347,84 €
Grenoble INP	Génie Industriel	Industrie4.0	JOLY	Iragael	MCF	16	695,68 €
Grenoble INP	Génie Industriel	Industrie4.0	KURTIKA	Olivia	MCF	8	347,84 €
Grenoble INP	Génie Industriel	Industrie4.0	LE-DAIN	Marie-Anne	MCF	6	260,88 €
Grenoble INP	Génie Industriel	Industrie4.0	LEMAIRE	Pierre	MCF	6	260,88 €
Grenoble INP	Génie Industriel	Industrie4.0	NOEL	Fredéric	Professeur	6	260,88 €
Grenoble INP	Génie Industriel	Industrie4.0	PINQUIE	Romain	MCF	10	434,80 €
Grenoble INP	Génie Industriel	Industrie4.0	RANNAZ	Laurent	PRASS	10	434,80 €
Grenoble INP	Génie Industriel	Industrie4.0	TOLLENAERE	Michel	Professeur	8	347,84 €
Grenoble INP	ENSE3	Industrie4.0	ZAMAÏ	Eric	MCF	8	347,84 €
UGA	POLYTECH	Industrie4.0	FLAUS	Jean-Marc	Professeur	8	347,84 €
UGA	PHITEM	Industrie4.0	MASCLÉT	Cédric	MCF	5	217,40 €
Payé sur budget MS						100	4 348,00 €
Sur budget fonctionnement						13	565,24 €

Annexe 1 : Personnel enseignant impliqué

Nom	Prenom	Composante	Statut	Charge (EC et prag en heures, les autres en ETP)	Role dans le projet
Tollenaere	Michel	Grenoble INP Génie industriel	EC (en h)	36	Porteur de projet + contributeur
Ruffieux	Bernard	Grenoble INP Génie industriel	PR	32	Responsable Module Foresight
Rannaz	Laurent	Grenoble INP Génie industriel	Professeur associé	20	Contributeur
Flaus	Jean Marie	Polytech Grenoble	PR	32	Responsable Module Cybersécurité
Zamaï	Eric	Grenoble INP E3	MCF-HDR	24	Contributeur
Sicard	Franck	G-SCOP	Ingénieur doctorant	0,1	Contributeur
DuongQuoc	Bao	AIP Primeca DS	Ingénieur d'études	0,1	Support technique
Lemaire	Pierre	Grenoble INP Génie industriel	MCF	32	Responsable Module Smart Analytics
Joly	Iragael	Grenoble INP Génie industriel	MCF	32	Contributeur
Bobineau	Christophe	Grenoble INP ENSIMAG	MCF	20	Contributeur
Larquet	David	Camptocamp SA	Senior consultant		
Noël	Frederic	Grenoble INP Génie industriel	EC (en h)	32	Responsable de module Réalité virtuelle
Pinquié	Romain	Grenoble INP Génie industriel	EC (en h)	20	Contributeur
Martin	Sébastien	Grenoble INP GI/ G-SCOP	IE Informatique	0,1	Support technique
Maigrot	Patrick	Grenoble INP G-SCOP	IE Informatique	0,2	Support technique
Alpan	Gülgün	Grenoble INP Génie industriel	MCF HDR	32	Responsable Module Supply chain
Gzara	Lilia	Grenoble INP Génie industriel	MCF HDR	32	Contributeur
Tollenaere	Michel	Grenoble INP Génie industriel	PR	12	Contributeur
Roux-Fouillet	Nicolas	Chorege SA	Senior consultant		
Debressy	Pascal	Grenoble INP Génie industriel	IE Informatique	0,1	Support technique
Martin	Sébastien	Grenoble INP GI/ G-SCOP	IE Informatique	0,1	Support technique
Joly	Iragael	Grenoble INP Génie industriel	MCF	32	Responsable Module Digital Economy
Kurtyka	Oliwia,	Grenoble INP Génie industriel	MCF	32	Contributeur
LeDain	Marie Anne	Grenoble INP Génie industriel	MCF HDR	20	Contributeur
Gzara	Lilia	Grenoble INP Génie industriel	MCF HDR	32	Contributeur

Annexe 2 : Tableau des indicateurs IDEX consolidés.

Modules	Nb d'apprenants Formation Initiale	Nb d'heures Formation initiale	Nb d'heures formation continue	Partenariats internationaux	Interdisciplinaire	Pédagogie active	Pédagogie numérique	Plate-forme	Liste des enseignants, du site	Liste des chercheurs impliqués	Parcours de niveau L impacté	Parcours de niveau M impactés
Foresight and Strategy	42 étudiants inscrits à cet enseignement de "Foresight & Strategy".	14 classes de 4h30, soit 63 heures de présentiel par élève en formation initiale	Aucun	Aucune	Génie industriel, Conception de produit, Gestion de la chaîne de valeur, Economie expérimentale, Prospective.	Etudes de cas d'entreprises, de produits du futur, de technologie du futur, de "global players" (plateformes, notamment GAFAM)	Economie expérimentale. Notamment marché multi-faces des plateformes.	Economie expérimentale	Bernard Ruffieux, Professeur, Laurent Rannaz, Professeur associé, Philippe Bianic, chaire "Transformation 4.0", UIMM de l'Ain. Julie Cagne,	Laurent Muller, INRA, laboratoire GAEL, Sabrina Teyssier, INRA, laboratoire GAEL.	Aucun.	Elèves-ingénieurs en double diplôme international, dont le diplôme d'ingénieur de Grenoble INP - Génie industriel, niveau M2 (5 ^e année du cursus) Elèves-ingénieurs en
Management de la Cybersécurité pour l'Industrie												
Smart Analytics for Big Data	Le nombre d'étudiants maximum pour ce cours est fixé à 30 pour permettre un apprentissage en fondé sur l'application et le tutorat dans les projets.	L'UE est définie au standard des UE de 5A de Génie Industriel soit 52 heqTD		Bruno Agard, PR, Laboratoire en Intelligence des Données (LID), École Polytechnique de Montréal	Cours de système d'information ; Cours de Statistique et cours d'analyse de données	Apprentissage par les projets, étude de cas		Le cours utilisera la plate-forme Caseine	Iragaël Joly, coordinateur de l'UE, MCF HDR, Christophe Bobineau, MCF, Pierre Lemaire, MCF,	Genoveva Vargas Solar, DR, CNRS, LIG, HADAS Group	Aucun	Le cours sera prototypé (en 2020 et 2021) à Génie Industriel comme un cours de 5ème année. Et sera proposé aux élèves de l'ENSIMAG ensuite.
Réalité virtuelle et augmentée	UE ouverte à 26 étudiants à partir de septembre 2019. TP disponibles pour d'autres actions	50h environ		pas directement	Conception, Production, Système d'information, Réalité virtuelle, Réalité augmentée.	Les étudiants explorent les capacités des nouvelles technologies via des mises en usage sur des process pré-établis puis ils font un projet de mise en oeuvre de ces technos sur un processus métier de leur choix	La RV et la RA et les systèmes d'information supports sont des technologies numériques par excellence.	S.smart AIP-Primeca VISION-R	Frédéric Noël, Romain Pinquie			Master GI, GI 3A ICL + IDP
Supply chain management. Alignement système d'information / système physique	UE ouverte à 30 étudiants (depuis septembre 2018) + 30 autres envisagé dans le cours de Systèmes d'info	54h (x2)		Pas de partenaire direct mais beaucoup d'étudiant internationaux dans le cours le UE étant en	Gestion de flux, Système d'information,	Apprentissage par étude de cas et jeux sérieux, simulation physique d'une chaîne logistique complet, « learning-by-doing »	La version numérique des modes opératoires. Utilisation tablettes, bar-code scanner pour récolte des données et échange d'information	S.smart AIP-Primeca Operations Management Platform	G. Alpan, coordinatrice de l'UE, L. Gzara, M. Tollenaere		Deux projets de première année à GI (niveau L3)	Master GI, GI 3A ICL Master M2 SIE
Digital economy: product, industry and markets												
Etude de cas en logistique de transport et circuits courts urbains,												

TRANSFORMATIONS PEDAGOGIQUES

Industrie 4.0

Année universitaire	Nombres d'étudiants impactés*			Nombres d'étudiants impactés*			Nombres d'étudiants impactés*		
	2017/2018			2018/2019			2019/2020		
Niveau	L	M	D	L	M	D	L	M	D
Espaces de co-working	--	0	--	--	0	--	--	0	--
Classes inversées	--	0	--	--	40	--	--	110	--
Enseignement centré sur l'étudiant	--	0	--	--	60	--	--	160	--
Cours pluridisciplinaires modulables	--	40	--	--	70	--	--	170	--
Plateforme d'apprentissage par la pratique	--	30	--	--	110	--	--	320	--
MOOCS**	--	0	--	--	40	--	--	100	--
Cours innovants	--	0	--	--	130	--	--	430	--
Remarques	--		--	--	Le prototypage des modules a impliqué essentiellement des étudiants internationaux et Master SIE	--	--	La montée en charge impacte progressivement les élèves de ENSE3, Genie industriel et Polytech	--

* une même cohorte d'étudiants ne peut pas être comptée deux fois dans la même colonne, si votre projet relève de plusieurs catégories de pédagogie innovante, choisissez celle qui selon vous est prédominante

**MOOC : les étudiants ont-ils eu à utiliser des MOOCS pendant votre projet ? Si oui indiquer le nombre d'étudiants concernés et l'intitulé des MOOCS dans la rubrique "remarques"

TRANSFORMATIONS PEDAGOGIQUES

Industrie 4.0

Nombre étudiants niveau M impactés par pratique (cible 2020)								
	Foresight and Strategy	Cyber-Sécurité des systèmes industriels	Smart Analytics for Big Data	Réalité virtuelle et augmentée	Supply chain management - Alignement SI	Digital transformation and organization	logistique de transport et circuits courts	TOTAL
Espaces de co-working								0
Classes inversées		60			50			110
Enseignement centré sur l'étudiant				50	50		60	160
Cours pluridisciplinaires modulables	50		60			60		170
Plateforme d'apprentissage par la pratique		40	60	50	50	60	60	320
MOOCS**		100						100
Cours innovants	50	100	60	50	50	60	60	430