

List of AM relevant skills required to work in an AM Workshop 4.0



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



This work is licensed by the EXAM 4.0 Partnership under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

EXAM 4.0 partners:

TKNIKA – Basque VET Applied Research Centre, CIFP Miguel Altuna, DHBW Heilbronn – Duale Hochschule Baden-Württemberg, Curt Nicolin High School, Da Vinci College, AFM – Spanish Association of Machine Tool Industries, 10XL, and EARLALL – European Association of Regional & Local Authorities for Lifelong Learning.



1. Résumé

L'industrie 4.0 impose de nouvelles exigences aux travailleurs, les nouvelles technologies nécessitent des solutions innovantes, donc des travailleurs innovants qui peuvent s'adapter aux ajustements requis et apporter de la valeur au secteur industriel. Les nouvelles exigences envers les travailleurs génèrent à leur tour de nouvelles exigences en matière d'éducation. Des recherches concernant les méthodes de développement de l'enseignement de l'Industrie 4.0 ont été menées par Curt Nicolin Gymnasiet et les partenaires du consortium EXFA 4.0 dans le cadre du module de travail 4 en raison des nouvelles exigences. Le module de travail 4, dans EXFA 4.0, comprend les définitions des exigences qu'un centre d'EFP/FPS doit remplir pour être en mesure de fournir aux étudiants des aptitudes et des compétences clés qui sont cruciales dans le secteur de la fabrication de pointe. Des modèles de description des institutions et des LAB sont inclus et testés par tous les partenaires du consortium. Les modèles et les descriptions peuvent être utiles lors de la définition de nouveaux LAB, conçus pour une fabrication avancée excellente. Le module de travail 4 contient également des informations sur les technologies de fabrication avancées pertinentes, les aspects importants de l'Industrie 4.0 et les processus d'apprentissage, tels que les méthodologies et le contenu d'apprentissage concernant l'éducation à l'Industrie 4.0. Dans ce rapport, le module de travail 4.3, comprend les aptitudes et les compétences essentielles au succès dans le secteur de la fabrication de pointe. Des informations concernant les compétences les plus importantes pour l'industrie 4.0 et les compétences pertinentes sont incluses dans ce rapport. Les informations sont principalement basées sur une étude réalisée dans le cadre d'EXFA 4.0, des réponses de représentants d'entreprises dans les pays partenaires du consortium, à savoir la Suède, l'Allemagne, les Pays-Bas et l'Espagne.



2. Table des matières

Résumé	3
Table des matières	4
WP4.3 modèle de tâches	5
Abréviation	6
Introduction	7
3.1 FA compétences transversales	9
3.2 Résultats de l'apprentissage	12
3.3 Effet de l'éducation sur l'économie	17
3.4 FA technologique dan l'éducation	18
3.5 Tableau des compétences spécifiques	19
References	21



WP4.3 modèle de tâches

Expected Result	Number	D4.3
	Title	Liste des compétences requises pour travailler dans un atelier de FA 4.0
	Type	Rapport
	Description	Tableau des compétences spécifiques liées aux profils des personnes pilotant la conception de FA Workshop 40, prenant en compte le périmètre de mise en œuvre dans chaque centre partenaire du projet, les conditions pédagogiques existantes, les équipements et technologies et les niveaux de compétences des enseignants et des élèves.
	Due date	M07
	Language(s)	Enlías, Allemand, Suédois, Néerlandais et Espagnol
	Media(s)	Electronique
Dissemination level	Public	



3. Abréviation

IA = Intelligence Artificielle
FA = Fabrication avancée
RA = Réalité Augmentée
CAO = conception assistée par ordinateur
FAO = fabrication assistée par ordinateur
CoVE = Centres d'excellence professionnelle
CSP = systèmes cyber-physiques
L = Livrable
CEC = Cadre européen des certifications
EXAM 4.0 = Excellent Advanced Manufacturing 4.0
FPS = Formation professionnelle supérieure
I4.0 = Industrie 4.0
TIC = Technologies de l'information et des communications
IoT = Internet des objets
IIoT = Internet des objets industriel
IT = Technologie de l'information
TGE = Technologies génériques essentielles
M2M = Communication machine à machine
TO = Technologie opérationnelle
IDRF = Identification par radiofréquence
EFP = L'éducation et la formation professionnelle
RV = Réalité virtuelle
WP = Module de travail



4. Introduction

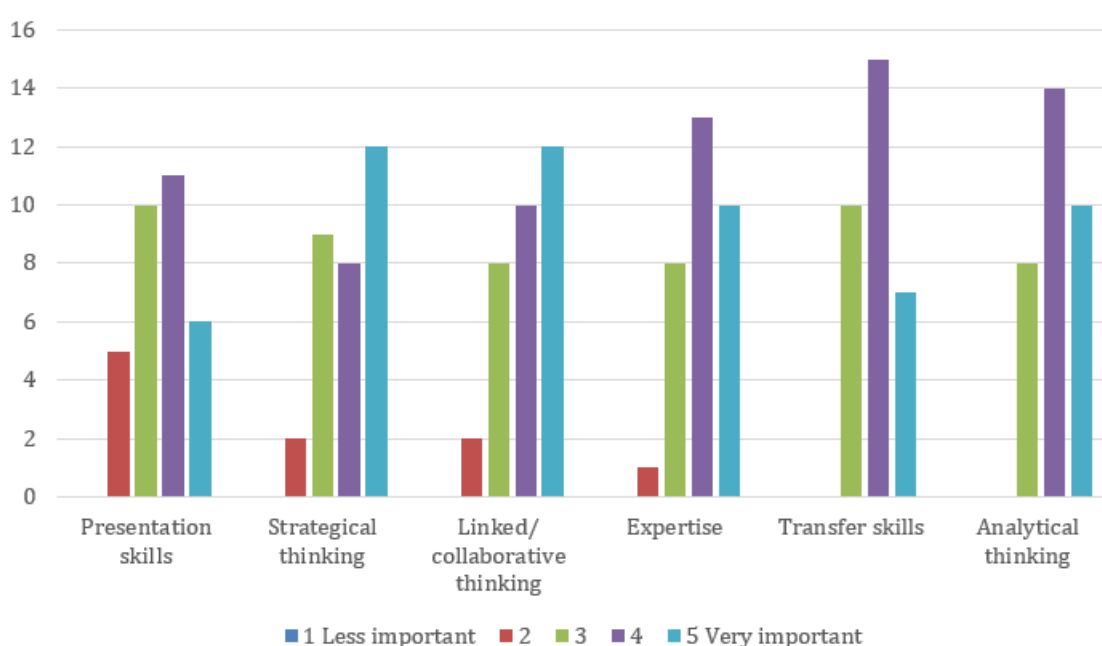
La troisième section du rapport comprend les aptitudes et les compétences requises pour travailler dans le secteur de la fabrication de pointe. Un tableau des compétences spécifiques qui incluent des aspects importants pour les personnes pilotant un atelier FA 4.0 est affiché dans cette section. Les informations concernant les conditions éducatives existantes pertinentes pour l'industrie 4.0 et l'effet éducatif sur le secteur de l'industrie sont présentées dans le Cadre de D4.3.



Liste des compétences requises pour travailler dans un atelier de FA 4.0

3.1 FA compétences transversales

Cette section présente les compétences requises dans le domaine de la fabrication avancée, recueillies auprès des parties prenantes dans les pays des partenaires du consortium. Les informations ci-dessous proviennent des résultats des réunions des groupes de discussion du projet EXAM 4.0. Des représentants de différentes entreprises participantes de chaque pays partenaire du consortium ont été interrogés sur l'importance de diverses compétences matérielles et immatérielles en ce qui concerne I4.0.

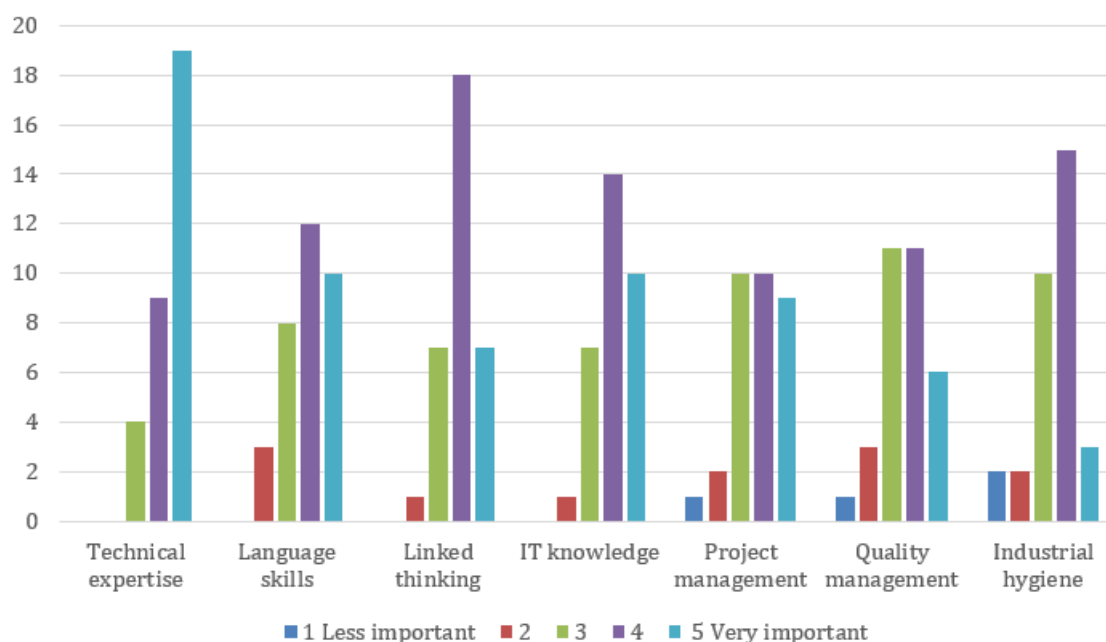


1. Graphique : Importance des compétences méthodologiques pour un futur environnement de production d'I4.0

Les différentes compétences méthodologiques sélectionnables avaient une importance relativement égale selon les entreprises des pays participants. L'esprit d'analyse étant toutefois la compétence la plus importante à obtenir selon les représentants.

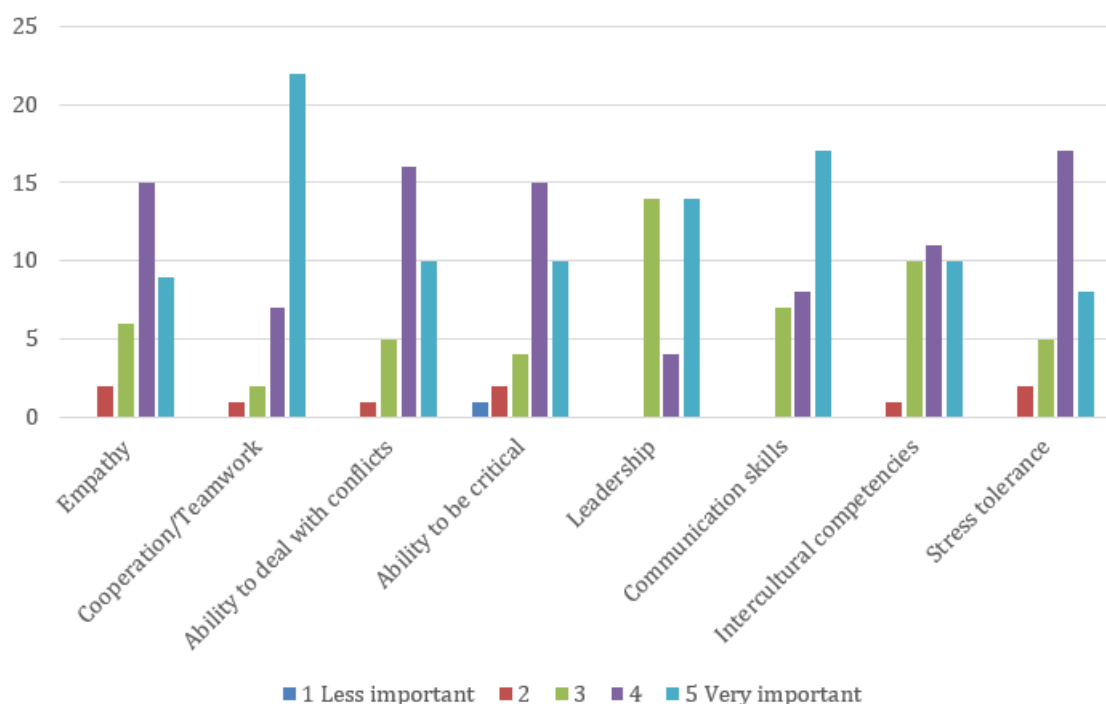
La résolution de problèmes (qui n'était pas une compétence sélectionnable) est souvent connue comme une configuration standard de blocs, ces blocs sont utilisés pour définir un problème spécifique, fixer un objectif, décider d'une solution pour le problème et ensuite appliquer la solution. L'industrie 4.0 donne lieu à des problèmes plus complexes, la résolution traditionnelle des problèmes n'est donc pas toujours une méthode adéquate. L'industrie a donc, dans ces cas, besoin de processus de réflexion plus avancés (Aventis Learning Group 2019).

Il existe des processus de pensée appropriés qui ont besoin d'être améliorés, ces méthodes devraient être appliquées pour aborder efficacement les problèmes complexes I4.0. Ces processus de pensée sont la pensée critique, la pensée analytique (qui a été observée comme importante par les représentants) et la pensée systémique (Aventis Learning Group 2019).



2. Graphique : Importance des compétences fonctionnelles par rapport à un futur environnement de production d' I 4.0

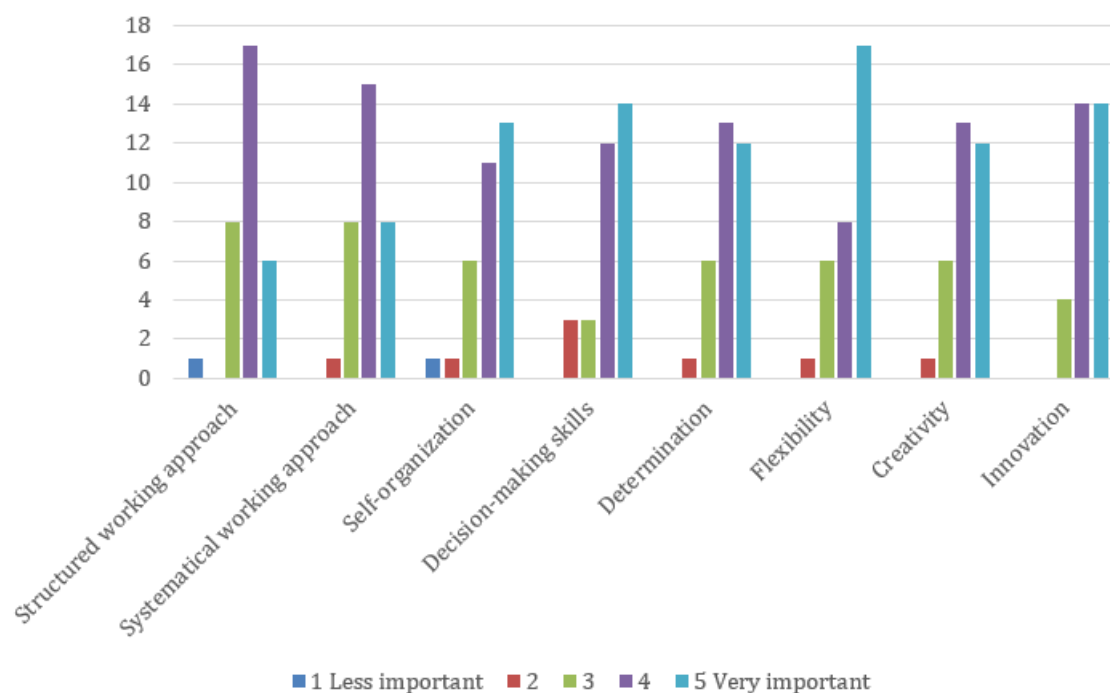
Les réponses importantes concernant les compétences fonctionnelles sélectionnables n'étaient pas égales par rapport aux réponses concernant les compétences méthodologiques. L'expertise technique a été considérée comme la compétence fonctionnelle la plus essentielle avec une réponse moyenne de 4,47, sur une échelle de 1 à 5. Les représentants ont estimé que l'hygiène industrielle était la compétence la moins importante, avec une moyenne de 3,53.



3. Graphique : Importance des compétences sociales par rapport à un futur environnement de production d' I 4.0



La compétence sociale est la compétence la plus importante à posséder pour être capable de coopérer et de travailler arbitrairement en équipe selon les individus représentatifs participant aux entretiens. Sur les 32 participants, 22 personnes ont répondu que la compétence "coopération/travail en équipe" est "très importante" pour un employé. Toutes les autres compétences sociales ont été jugées presque aussi importantes les unes que les autres, à l'exception des compétences en communication qui sont légèrement plus importantes.



4. Graphique : Importance des compétences personnelles par rapport à un futur environnement de production d'I4.0

Toutes les compétences personnelles sont considérées comme ayant une importance presque égale. L'innovation est toutefois la compétence que les représentants ont jugé la plus importante dans un futur environnement de production d'I4.0. La créativité a été citée par Lead The Change Community comme la troisième compétence la plus importante à posséder en 2020 en ce qui concerne l'I4.0 (Lead The Change Community 2019), bien qu'elle n'ait pas été identifiée comme très importante par les représentants.

Des réunions de groupe similaires ont été réalisées dans le même domaine, concernant les compétences importantes de l'I4.0. A une occasion spécifique, ces entretiens ont eu lieu en Allemagne, en Autriche, aux Pays-Bas, en Egypte et en Suisse. Les représentants étaient des professeurs ayant de l'expérience dans des domaines tels que l'informatique, les technologies de l'information, l'économie et l'ingénierie. Ces enseignants et professeurs ont estimé que les compétences comportementales étaient les plus importantes. Cette étude s'adressait toutefois à un groupe d'entreprises différent de celui des réunions de groupe réalisées par le projet EXAM 4.0. Les compétences comportementales que les représentants ont jugées importantes sont par exemple la communication, la capacité de présentation et la collaboration, car elles jouent un rôle essentiel dans le travail d'équipe (Kienegger et al., 2017). Ces compétences sont incluses dans l'enquête réalisée par EXAM 4.0, mentionnées dans différentes catégories, par exemple les compétences sociales et les compétences méthodologiques.

Selon l'enquête réalisée par l'Université technique de Munich, les compétences comportementales seraient les plus importantes pour l'I4.0. Ils pensent que davantage de recherches et d'analyses doivent être effectuées sur la manière dont les compétences déjà acquises par les étudiants et les employés peuvent être adaptées à l'I4.0. La recherche devrait en outre porter sur les nouvelles exigences en matière de programmes d'études et de programmes éducatifs concernant I4.0 (Kienegger et al., 2017).

3.2 Résultats de l'apprentissage

Ajustements des besoins des EFP/FPS pour répondre aux exigences de l'industrie 4.0

Les programmes d'études en EFP/FPS ne se sont pas adaptés au même rythme que l'industrie. Selon les parties prenantes, les diplômés des centres d'EFP/FPS ne répondent pas aux besoins directs de l'industrie. Les diplômés ne peuvent pas commencer à travailler immédiatement, ils doivent passer par une formation coûteuse en argent et en temps avant de pouvoir accomplir des tâches sans encadrement direct (CECIMO 2013, cité dans PwC 2020).

Aujourd'hui, de nombreux prestataires de services éducatifs envisagent à peine d'évoluer afin de répondre aux exigences éducatives de l'industrie 4.0, même si des méthodologies successives existent et sont abordées. La mise à jour et l'affinement du programme d'études est une approche possible qui implique des procédures compliquées. L'organisation de programmes d'études au-delà des facultés et des divisions est difficile en raison des complications administratives. Un grand nombre de facultés et de divisions disposent de réseaux limités et ne sont donc pas en mesure de travailler au-delà de petits groupes en raison de la "pensée en silo". Afin de faire face successivement aux demandes, il est essentiel de travailler au-delà des facultés et des divisions (Fondation Impuls 2019, référencée dans PwC 2020).

Domaines dans lesquels des changements sont nécessaires

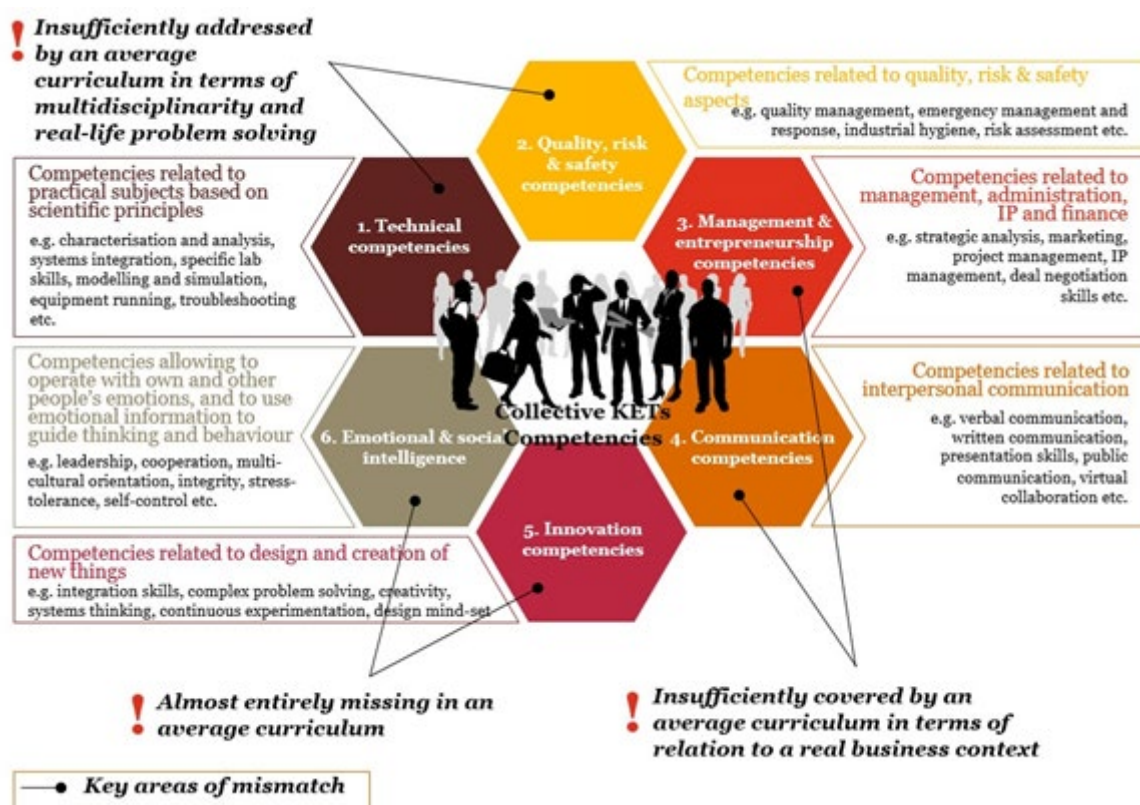


Figure 11 : Compétences collectives TGE et principaux domaines d'inadéquation (PwC 2016, référencé dans PwC 2020)

La figure 11 présente un modèle des changements nécessaires dans l'éducation pour réussir à enseigner les compétences requises par l'I4.0.



Dans ce modèle, nous pouvons voir ce que nous devons aborder concernant les résultats d'apprentissage :

- Compétences techniques
- Compétences en matière de qualité, de risque et de sécurité
- Compétences en gestion et entrepreneuriat
- Compétences en communication
- Compétences en matière d'innovation
- Intelligence émotionnelle et sociale

Les programmes éducatifs existants n'incluent pas les compétences non techniques et techniques appropriées et convoitées qui sont vitales pour les experts du secteur de la fabrication avancée. Les compétences non techniques sont devenues aussi essentielles que les compétences techniques, car il y a toujours des ajustements dans l'environnement du marché, de la législation, de la culture et des affaires. Les compétences liées à la résolution de problèmes, à l'esprit d'entreprise, à la négociation et à la communication sont essentielles pour pouvoir fournir des services à des acheteurs du monde entier au sein de grandes équipes (Fondation Impuls 2019, citée dans PwC 2020).

En ce qui concerne les compétences techniques, certains étudiants ne possèdent pas les connaissances requises pour travailler dans une organisation réelle, ce qui est souvent le résultat de logiciels et d'équipements obsolètes utilisés dans l'enseignement. Avec un accès limité aux nouveaux équipements, les étudiants n'auront pas l'expertise requise pour travailler dans le secteur de la fabrication avancée, et ne seront donc pas en mesure d'effectuer des missions de manière indépendante dans des entreprises qui utilisent les dernières versions des logiciels et des équipements.

La FESTO souligne que les écoles ne peuvent pas suivre la vitesse de développement des entreprises, les diplômés ne disposeront donc pas de l'expertise adéquate lorsqu'ils postuleront pour un emploi. Il est donc nécessaire que les écoles coopèrent avec les entreprises ou les organisations de l'I4.0 (FESTO n.d.). Les programmes d'enseignement technique manquent souvent de compétences non techniques telles que les compétences en matière de leadership, d'innovation, d'entrepreneuriat, de marketing et de vente. Ces compétences ne sont pas suffisamment reconnues par rapport à ce que l'on attend d'un étudiant technique en matière de fabrication avancée (PwC 2020).

Les écoles concentrent souvent leur enseignement sur l'apprentissage de faits spécifiques et sur la résolution de problèmes dans un domaine de connaissances limité. L'approche éducative qui est nécessaire pour la fabrication avancée aboutit à des connaissances qui peuvent être utilisées dans de multiples domaines. Les programmes éducatifs ont besoin de nouvelles méthodes d'enseignement, ces nouvelles méthodes doivent changer les modes de pensée traditionnels actuels. En conséquence, les étudiants apprendront à voir les liens entre des domaines non connectés et seront capables de créer des liens entre eux. En outre, les programmes ont souvent du mal à enseigner aux étudiants comment transformer les connaissances théoriques en problèmes industriels réels, alors qu'il s'agit d'un attribut hautement souhaitable chez les nouvelles recrues de la fabrication avancée, de l'industrie 4.0 (PwC 2020).

Les programmes existants ne parviennent souvent pas à trouver un équilibre entre qualité et quantité en matière de contenu éducatif et de compétences. Les parties prenantes affirment qu'il n'existe pas d'approche qui devrait toujours s'appliquer. L'éducation nécessite un équilibre entre les connaissances et les compétences spécifiques et générales, les entreprises préférant des diplômés ayant différents degrés de connaissances spécifiques (PwC 2020).

Il existe des différences entre les groupes professionnels au sein de l'industrie manufacturière avancée, et donc de nombreuses différences entre les contenus éducatifs. Une profession spécifique peut nécessiter davantage de connaissances et de compétences générales, tandis qu'une autre profession requiert des connaissances et des compétences plus spécifiques (PwC 2020).

Enseigner les compétences modernes d'une manière moderne

Les compétences en matière de fabrication avancée qui sont essentielles au 21^e siècle ne sont pas nécessairement nouvelles. Ces compétences ont existé au cours de l'histoire (RTOherhFA et WillinghFA 2009, référencés dans PwC 2020).



Il y a tellement de nouvelles connaissances générées que de nombreuses parties prenantes pensent que la connaissance réelle de l'information n'a pas d'importance. Ils pensent que la capacité à trouver des informations est plus importante que la possession de ces informations. L'un n'est pas plus important que l'autre, la possession de l'information est tout aussi importante que la capacité à trouver l'information. La tâche consiste à fournir des informations et des compétences afin d'améliorer les résultats de l'apprentissage pour les employeurs, les employés et les étudiants. Les informations et les compétences doivent donc être traitées sur un pied d'égalité dans l'enseignement (RTOherhFA et WillinghFA 2009, référencés dans PwC 2020).

Aptitudes et compétences à aborder dans le cadre de l'industrie 4.0

L'industrie 4.0 crée des besoins pour une quantité copieuse et variée de compétences (Fitsilis, Tsoutsas et Gerogiannis, 2018). Le terme "skills" dans le contexte de l'industrie 4.0 est le plus souvent utilisé comme le terme "compétence", donc utilisé de manière incorrecte. Davantage de recherches ont été menées concernant les compétences importantes pour l'industrie 4.0 que les aptitudes spécifiques. Le rapport se concentre donc principalement sur les compétences. Les compétences importantes suivent le développement des technologies, dans le cas l'industrie 4.0, et sont décrites par rapport à celles-ci. La robotique est, par exemple, une technologie habilitante clé de la fabrication avancée ; les connaissances en matière de programmation des robots sont donc essentielles.

Les compétences identifiées sont divisées en quatre groupes dans l'étude de Leinweber (Leinweber 2013, référencé dans Fitsilis, Tsoutsas et Gerogiannis 2018).

De nombreuses compétences méthodologiques essentielles doivent être apprises par les étudiants techniques durant leur formation dans les LABs EXAM 4.0. Selon Fitsilis, Tsoutsas et Gerogiannis, les compétences créativité, esprit d'entreprise, résolution de problèmes, résolution de conflits, prise de décision, compétences analytiques, compétences de recherche et orientation vers l'efficacité sont vitales pour être éduqué (Fitsilis, Tsoutsas et Gerogiannis 2018). Certaines compétences qu'il sont nécessaire d'enseigner dans les LABs EXAM 4.0. Ce sont la créativité, l'esprit d'entreprise, la résolution de problèmes et la prise de décision. La créativité, l'esprit d'entreprise et la résolution de problèmes sont décrits comme des compétences importantes selon Grzybowska et Łupicka (Grzybowska et Łupicka 2017). Grzybowska et Łupicka affirment que la créativité est vitale pour un employé au 21ème siècle (Grzybowska et Łupicka 2017). La créativité est cruciale pour voir les défis d'une manière nouvelle et utile, pour trouver de nouvelles solutions et établir des liens entre des sujets autrement sans rapport (Grzybowska et Łupicka 2017).

Il y a un besoin d'un plus grand nombre de spécialistes (Vieweg 2011, référencé dans Abele, Metternich et Tisch 2019). Des études montrent qu'il y a une altération notable dans le sens d'un plus grand nombre d'emplois nécessitant des compétences et des connaissances (CEDEFOP 2010, référencé dans Abele, Metternich et Tisch 2019).

Fitsilis, Tsoutsas et Gerogiannis affirment que les compétences interculturelles, les compétences linguistiques, les compétences de communication, les compétences de mise en réseau, la capacité à travailler en équipe, la capacité à faire des compromis et à coopérer, la capacité à transférer des connaissances et les compétences de leadership, les compétences sociales sont importantes pour les étudiants techniques (Fitsilis, Tsoutsas et Gerogiannis 2018). Les compétences sociales les plus essentielles qui doivent être enseignées dans les LABs EXAM 4.0 sont : le langage et la communication, le travail d'équipe et la coopération.

Selon Fitsilis, Tsoutsas et Gerogiannis, la flexibilité, la tolérance à l'ambiguïté, la motivation à apprendre, la capacité à travailler sous pression, l'état d'esprit durable et la conformité sont les compétences personnelles les plus importantes (Fitsilis, Tsoutsas et Gerogiannis 2018). Les compétences personnelles que chaque étudiant doit apprendre dans les LABs EXAM 4.0 sont la flexibilité, la motivation à apprendre, avoir un état d'esprit durable et gérer la pression.

Fitsilis, Tsoutsas et Gerogiannis affirment que tous les professionnels travaillant dans le domaine de la fabrication avancée ont besoin d'une formation et d'un développement constants (Fitsilis, Tsoutsas et Gerogiannis 2018). De plus, Fitsilis, Tsoutsas et Gerogiannis affirment que cela est dû au changement constant concernant le développement technologique, la mondialisation, la restructuration industrielle, le rôle croissant des TIC et les nouveaux modèles d'organisation du travail (Fitsilis, Tsoutsas et Gerogiannis 2018). Les professionnels, en l'occurrence les enseignants, ont constamment besoin de se perfectionner pour répondre aux exigences des organisations et des entreprises de fabrication avancée. Fitsilis, Tsoutsas

et Gerogiannis soulignent la nécessité de l'apprentissage tout au long de la vie et la nécessité qu'il a pour le développement individuel (Fitsilis, Tsoutsas et Gerogiannis 2018).

Exigences pour un éducateur de l'industrie 4.0

Le paragraphe ci-dessus sera utilisé pour résumer ce qui est exigé d'un enseignant qui enseigne dans un LAB EXFA 4.0 :

- Un enseignant donnant des cours dans un LAB EXAM 4.0 est tenu de passer par des cours continus de fabrication avancée. Alternativement énoncé comme un apprentissage tout au long de la vie.
- Un enseignant donnant des cours dans un LAB EXAM 4.0 est tenu de posséder toutes les compétences énumérées dans les paragraphes énoncés précédemment, ainsi que d'être qualifié pour les enseigner.

Cadre d'orientation du programme d'études

EXAM 4.0 COMPETENCIES FRAMEWORK FOR ADVANCED MANUFACTURING						
	TECHNICAL	QUALITY, RISK & SAFETY	MANAGEMENT & ...	COMMUNICATION	INNOVATION	EMOTIONAL INTELLIGENCE
General competencies	• Knowledge in STEM • ICT skills • Programming • Coding • Computer skills • Design methodology • Systems analysis • Data management skills • Ability to interact with human-machine interfaces • Interdisciplinary understanding (processes/technologies/organisations) • Manufacturing skills • Modelling & simulation	• Quality management • Risk assessment • Health & security • Industrial hygiene • Equipment safety • Emergency response & management • Data security • Ethics	• Strategic analysis • Technology strategy • Marketing • Customer orientation • Project Management • Time Management • Teamwork & ability to work in interdisciplinary environments • Change management • Risk management • Leadership	• Interpersonal skills • Verbal communication • Written communication • Presentation skills • Public communication • Virtual collaboration	• Integration skills • Continuous experimentation • Complex problem solving • Creativity • Abstraction ability • Critical thinking	• Flexibility & Adaptability • Responsibility • Stress tolerance • Ability to thrive on failures • Work-life balance • Self-control & discipline • Decision making • Mindset towards lifelong learning & continuous improvement • Self management & organisation • Cooperation & collaboration skills • Intercultural competencies • Attention to detail
Specific competencies	• Life cycle analysis • Scalability analysis • Specific lab skills • Computer aided manufacturing/ engineering		• Management of Personal resources • Management of financial resources • IP management • Deal negotiation skills			

Figure 12 : CADRE DE COMPÉTENCES POUR LA MANUFACTURERIE AVANCÉE (EXAM 4.0)

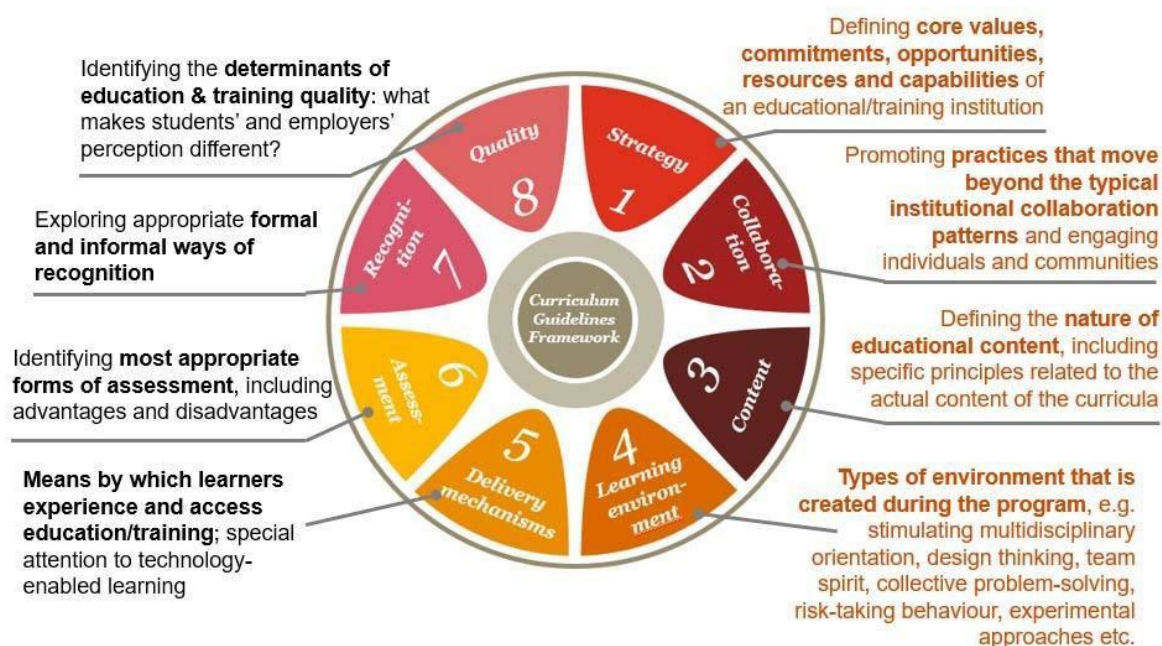


Figure 13: *Cadre des lignes directrices du programme d'études* (PwC 2020)

PwC implique qu'"il n'y a pas d'approche unique" (PwC 2020) dans l'éducation (PwC 2020).

PwC indique que l'objectif du cadre des lignes directrices du programme d'études est de fournir une vue complète de tous les aspects pertinents du programme d'études, de considérer le programme d'études comme la capacité d'éducation des individus au cours de leur vie professionnelle (PwC 2020).

Le cadre des lignes directrices du programme d'étude, figure 13, est basé sur huit phases uniques mais entrelacées (PwC2020).

Les quatre premières phases sont décrites plus en détail car elles ont nécessité une attention particulière afin de remodeler les programmes d'études en fonction des parties prenantes (PwC 2020).

Strategie

- Après le programme d'études, l'étudiant doit être prêt pour l'apprentissage tout au long de la vie, autrement dit posséder la volonté et la capacité de participer à un apprentissage sans fin au cours de sa carrière.
- Offre un enseignement complet, reconnaît la vision plus large de la manière dont l'offre d'apprentissage s'inscrit dans le parcours d'apprentissage global et sur le marché du travail.
- Prendre en compte non seulement les besoins sociétaux et caractéristiques de l'apprenant, mais aussi le besoin des parties prenantes, comme l'employabilité.
- Pour réussir leur développement personnel, leur emploi ainsi qu'en présence d'une société de la connaissance, les apprenants doivent transformer leurs connaissances en compétences.
- Pour présenter une formation personnelle et personnalisée pertinente, il est essentiel d'aller au-delà des objectifs des programmes d'études et des résultats d'apprentissage conventionnels.
- Faire participer les étudiants à l'élaboration et à la mise en œuvre du programme d'études.



Collaboration

- Développer et améliorer la collaboration entre les écoles et les parties prenantes afin d'augmenter le nombre de collaborations et les formes de collaboration.
- Concéder la part des parties prenantes en tant que partenaires de l'emploi, de la recherche et de l'éducation, en garantissant qu'elles prennent des responsabilités dans l'expérience d'apprentissage des élèves
- Faciliter le partage d'expériences entre les écoles.
- Mettre en œuvre l'apprentissage entre pairs afin que les élèves apprennent les uns des autres ainsi qu'ensemble.
- Mettre en relation les parties prenantes en appliquant des écosystèmes d'apprentissage.
- Passer de la communication homme-machine à la collaboration homme-machine comme forme de collaboration en développement.

Contenu

- Pour faire face aux exigences éducatives de l'industrie 4.0, il est essentiel de mettre à niveau le volet technique du programme d'études.
- De mettre en œuvre des compétences non techniques dans le programme d'études.
- D'impliquer les questions de durabilité, d'éthique, de diversité et d'inclusion sociale.
- Offrir un point de vue complet sur la durée de vie des systèmes et des produits.
- Éduquer les étudiants et les travailleurs à ne jamais cesser d'extraire des informations de " l'océan " de données en constante augmentation, ainsi qu'à savoir comment utiliser les informations extraites.
- Éduquer les étudiants et les travailleurs à prendre conscience de leur sécurité et de leur ergonomie, donc des exigences essentielles pour maintenir une bonne santé mentale et physique. Enseigner les résultats probables de l'exposition aux risques.

L'environnement d'apprentissage

- Amener l'élève à travailler sur des tâches sans solutions traditionnelles pour apprendre à penser librement, à l'aide de l'apprentissage par problèmes.
- Enseigner la créativité en formant un environnement éducatif qui aiderait l'étudiant à se forger des opinions et des compréhensions personnelles.
- Créer un environnement éducatif où l'échec est acceptable, mémorisé comme des expériences éducatives utiles.
- Faire des environnements éducatifs qui peuvent donner aux étudiants une expérience pratique.
- Offrir aux étudiants des espaces virtuels et physiques pour la collaboration, l'apprentissage avec les parties prenantes pour l'exemple.
- Encourager l'apprentissage assisté par la technologie.

(PwC 2020)

3.3 Effet de l'éducation sur l'économie

Voici quelques exemples soulignant l'importance de l'éducation au sein de l'industrie 4.0 concernant l'économie et la richesse :

- D'un point de vue économique, la qualité de l'éducation améliore le revenu de l'individu, la concurrence entre les entreprises et la croissance économique (Gylfason 2001, Hanushek et Woessmann 2007, Barro 1996, référencé dans Abele, Metternich et Tisch 2019).
- Les connaissances et les capacités des managers et des ingénieurs créent la base du profit financier pour les entreprises d'aujourd'hui et de demain (O'Sullivan, Rolstadås et Filos 2011, référencé dans Abele, Metternich et Tisch 2019).



- Il est dit que lorsque des compétences telles que les compétences en matière de recherche, les compétences en matière d'entrepreneuriat ainsi que les compétences en matière de gestion font défaut, cela affecte la capacité d'innovation concernant les produits fondamentalement nouveaux, l'efficacité des processus et la qualité (Tether et al. 2005, référencé dans Abele, Metternich et Tisch 2019).
- Une meilleure capacité d'innovation, une plus grande flexibilité ainsi que des actions à plus forte valeur ajoutée sont des exemples de résultats éducatifs (Smith 2001, référencé dans Abele, Metternich et Tisch 2019).
- Le secteur de l'industrie est essentiel pour l'économie de chaque nation. En Europe, l'industrie représente plus de 26 % de la part de la valeur ajoutée dans l'économie des entreprises non financières (Eurostat 2016, référencé dans Abele, Metternich et Tisch 2019).
- 75% du PIB et 70% des emplois en Europe sont associés à l'industrie (O'Sullivan et al. 2011, référencé dans Abele, Metternich et Tisch 2019).

Pour résumer l'effet de l'éducation concernant la production et la fabrication, etc., elle affecte l'industrie réelle qui affecte l'économie. L'industrie affecte à son tour l'économie individuelle et mondiale. On estime que 70 % des emplois sont associés à l'industrie (O'Sullivan et al. 2011, cité dans Abele, Metternich et Tisch 2019). Il est donc essentiel d'avoir une formation appropriée aux exigences actuelles et futures de l'industrie. Les connaissances possédées par les ingénieurs et les managers sont ce qui affecte les entreprises de manière positive ou négative. Il est donc essentiel d'acquérir des connaissances de bonne qualité et appropriées à partir de l'éducation afin de créer une future croissance financière pour les entreprises, les individus et les nations.

3.4 La technologie de FA dans l'éducation

Il s'agit d'un exemple de la manière dont les technologies de fabrication avancée peuvent être utilisées pour enseigner les compétences essentielles de l'industrie 4.0.

Les résultats concernant l'évaluation des méthodes d'enseignement d'une recherche axée sur la quatrième révolution industrielle et les normes de compétences nationales en Corée du Sud ont montré que la réalité virtuelle est la principale méthode de développement des compétences (Lee et Shvetsova 2019).

Il existe de nombreux jeux disponibles pour la réalité virtuelle, il est possible d'éduquer via ces jeux et de former virtuellement des tâches professionnelles réelles. Les possibilités des jeux et les non-limitations de la simulation donnent la possibilité d'éduquer de nombreuses compétences.

Expertise technique :

Une expertise technique est nécessaire pour pouvoir manipuler sans faute une technologie de pointe qui est essentielle dans la quatrième révolution industrielle. Apprendre à manipuler l'équipement RV réel, même sans jeux, aide les apprenants à acquérir plus d'expertise technique.

Connaissances en informatique :

Il existe de nombreux types de logiciels pour l'apprentissage du RV/AR. Il est important de posséder des connaissances informatiques pour pouvoir utiliser les logiciels associés à la RV/AR et résoudre les problèmes qui se présentent. Les connaissances informatiques obtenues pendant l'apprentissage de la RV peuvent être transférées dans d'autres situations liées à l'informatique, ce qui est important pour I4.0.

Compétences en matière de communication et de coopération :

Le développement des compétences en communication est nécessaire pour apprendre la coopération en RV, car un aspect important du travail d'équipe est la communication. Les compétences en matière de communication peuvent facilement être enseignées par le biais des jeux de RV. La RV est une méthode utile pour enseigner la coopération/le travail en équipe. Le formateur peut mettre en place des tâches d'apprentissage coopératif pour améliorer les capacités de travail en équipe des élèves. Ces tâches peuvent être effectuées dans des salles de RV en ligne ou entre un étudiant n'utilisant pas la RV et un étudiant utilisant la RV.

Résolution de problèmes :

Il est vital d'être un résolveur de problèmes avancé dans la quatrième révolution industrielle. Les nouvelles technologies exigent des esprits innovants pour faire face aux nouveaux problèmes complexes. Le développement de la compétence en matière de résolution de problèmes s'inscrit parfaitement dans le cadre de l'apprentissage en RV, puisque de nombreux jeux d'apprentissage ont été pratiquement conçus pour la résolution de problèmes.

3.5 Tableau de compétences spécifiques

Tableau des compétences spécifiques liées aux profils des personnes pilotant les conceptions de l'atelier de FA 4.0

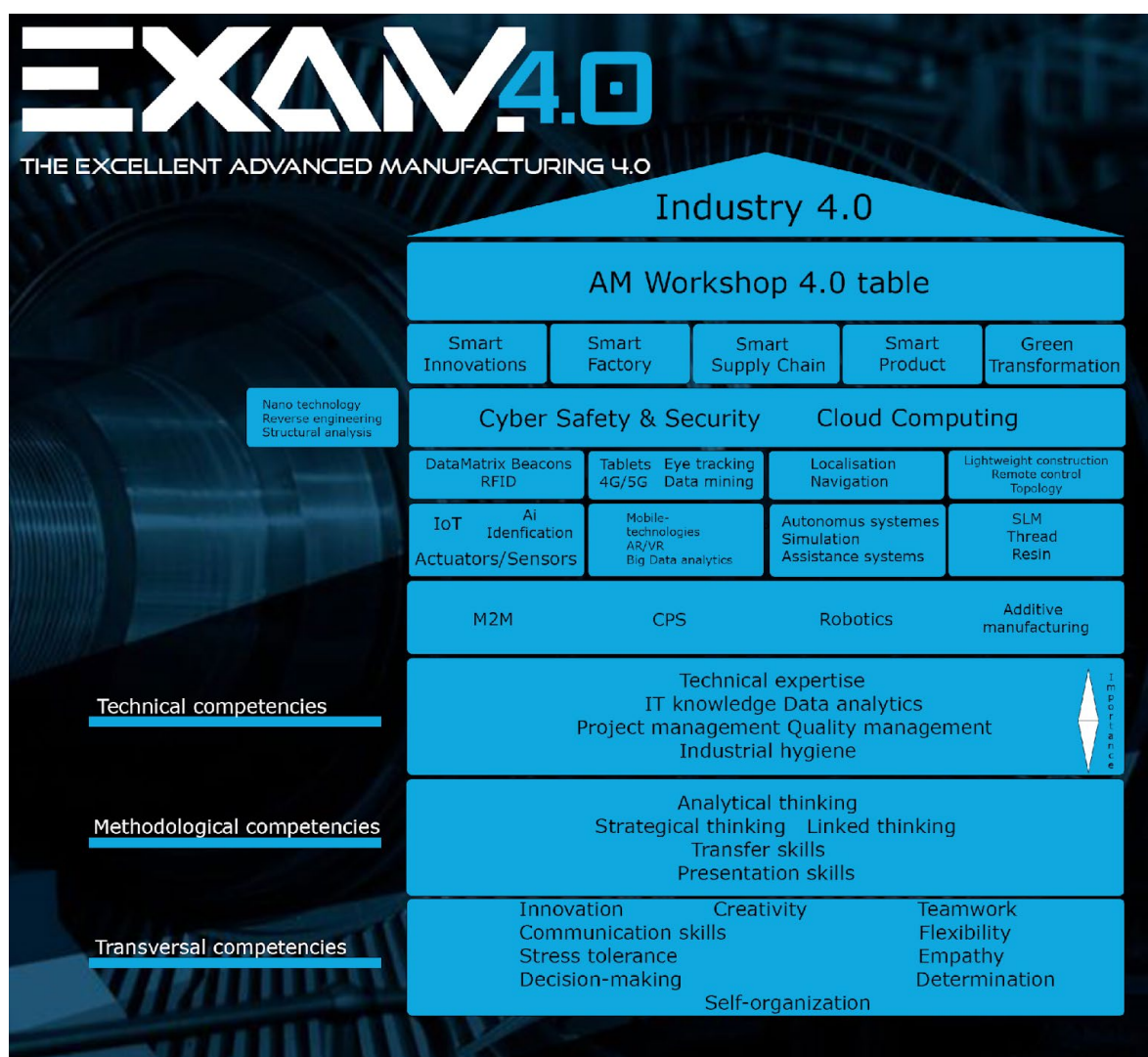


Figure 14 Tableau des compétences spécifiques (EXAM 4.0)

Les compétences sont l'un des aspects les plus importants concernant les exigences spécifiques pour les personnes pilotant un atelier de FA 4.0, donc les travailleurs du secteur de la fabrication avancée. Les compétences constituent le fondement, la base de notre maison, de la figure 14 concernant l'industrie 4.0. Le contenu du tableau est que les travailleurs de l'industrie 4.0 doivent avoir des compétences transversales, méthodologiques et techniques afin de réussir leur carrière. L'image ci-dessus montre les compétences les plus importantes dans chacun des trois groupes, séparées en trois rectangles différents, selon les sources et les recherches internes d'EXAM 4.0. L'importance des compétences est classée par les



chercheurs du WP4 sur la base des études susmentionnées, les compétences sont présentées de la plus importante à la moins importante de haut en bas. Les compétences transversales font référence aux compétences qui ne sont pas liées à un emploi spécifique et qui sont donc transférables entre différents emplois (Heron 2019).

Les compétences transversales constituent le fondement des compétences d'un employé de l'industrie 4.0 selon le tableau de EXAM 4.0. Elles comprennent des compétences telles que la créativité, l'innovation et le travail d'équipe, qui sont importantes dans de nombreux emplois et donc pour un employé de l'industrie 4.0. L'industrie 4.0, la fabrication avancée, se traduit par de nouvelles technologies et méthodes. Des compétences telles que la créativité et l'innovation sont donc essentielles pour faire face aux nouveaux problèmes et défis complexes.

Les compétences méthodologiques constituent la deuxième couche de compétences du modèle de FA Workshop 4.0. Ces compétences sont destinées à des domaines de travail spécifiques que les compétences transversales et les compétences méthodologiques de ce tableau sont essentielles pour l'I4.0.

Les compétences techniques sont des compétences qui sont liées à un domaine de travail particulier. Les différents secteurs d'activité exigent des connaissances spécifiques et donc des compétences spécifiques différentes. Il est important d'obtenir les compétences techniques requises pour un domaine spécifique afin de devenir un excellent employé (Zamboni 2018). Les compétences techniques figurant dans le tableau sont liées à l'industrie 4.0.

La partie centrale de la maison présente des couches de technologies différentes dont le travailleur, en fonction de son domaine de travail, doit avoir les connaissances ou les compétences. Un travailleur qui utilise une technologie I4.0 spécifique doit avoir des connaissances extraordinaires dans ce domaine, contrairement à un employé qui utilise toutes les technologies I4.0 de manière plus générale.

Exemple d'une technologie, la fabrication additive, et compétences pertinentes

Compétences:

- Ingénierie 3D
- CAO 3D : Concevoir, réparer, modifier des données CAO 3D
- Finition : Assemblage, peinture, ponçage, amélioration d'un modèle 3D.
- Ordonnancement : Gestion de plusieurs matériaux, expéditions, machines, commandes, etc.
- Maintenance : Calibrage, réparation et test des imprimantes 3D.
- Manipulation des matériaux
- Mesure des pièces

(Vulkov s.d.)

Les ingénieurs et les concepteurs de la fabrication additive d'aujourd'hui ont été formés pour utiliser des techniques de production traditionnelles pour fabriquer, de cette façon, ils ont également cette technique de pensée conventionnelle intégrée. Leur créativité est limitée en raison de ce mode de pensée traditionnel (Knezic 2017).

Il est par exemple vital que la prochaine génération de concepteurs et d'ingénieurs en fabrication additive développe une pensée créative et, de cette façon, devienne capable de penser au-delà de la pensée conventionnelle concernant les techniques de production. La pensée créative est donc l'une des compétences essentielles pour un employeur I4.0 qui travaille avec la fabrication additive.

La partie supérieure de la maison montre des aspects différents mais très importants de l'industrie 4.0. Le travailleur doit avoir des connaissances dans ces aspects afin de réussir dans le secteur de la fabrication avancée. Il s'agit des usines intelligentes, des innovations intelligentes, des chaînes d'approvisionnement intelligentes, des produits intelligents et de la transformation verte.

Annexe

Difference entre aptitudes et compétences:

Lorsque l'on recherche des informations sur les aptitudes et les compétences, il est facile de se perdre dans ce qui s'applique réellement. Les termes "aptitudes", "compétences spécialisées", "compétences de base" et "compétences" sont fréquemment utilisés, mais dans des contextes différents. Il n'existe pas vraiment de définition de la signification spécifique de ces différents termes et ils sont fréquemment utilisés dans des contextes différents. Dans ce rapport, les termes "aptitudes" et "compétences spécialisés" sont définis comme des synonymes et les termes "compétences de base" et "compétences" comme des synonymes, afin de réduire la confusion pour le lecteur.

	Definition	Examples
Skills	Specific learned abilities that you will require to perform a given job successfully	Handling accounts; coding; welding; writing tenders; computer programming; foreign language proficiency
Competencies	Knowledge and behaviours that lead you to be successful in a job	Analytical ability; problem-solving; initiative; negotiation; improving business processes; strategic planning; data-based decisions

Figure 9 APTITUDES VS. COMPETENCES (McNeill 2019)



Figure 10 QUELLE EST LA DIFFERENCE ENTRE APTITUDE ET COMPETENCES (McNeill 2019)

Une compétence est une capacité nécessaire pour effectuer physiquement une tâche professionnelle, par exemple le codage, la soudure ou l'écriture (McNeill 2019).

Une compétence se situe davantage dans le contexte de la connaissance ou du comportement afin qu'une personne puisse réussir sur le lieu de travail. Des exemples de compétences sont la compétence sociale, la pensée analytique et la créativité (McNeill 2019).



5. References

- Abele, Eberhard; Chrysosolouris, George; ElMaraghy, Hoda; Hummel, Vera; Metternich, Joachim; Ranz, Fabian; Sihn, Wilfried and Tisch, Michael. (2015a). Learning Factories for Research, Education, and Training. *5th Conference on Learning Factories*. Elsevier B.V, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.187> (gathered 2020-09-10).
- Abele, Eberhard; Hummel, Vera; Metternich, Joachim; Ranz, Fabian and Tisch, Michael. (2015b). *Learning Factory Morphology – Study Of Form And Structure Of An Innovative Learning Approach In The Manufacturing Domain*. The Turkish Online Journal of Educational Technology. https://www.researchgate.net/publication/281344323_Learning_Factory_Morphology_-_Study_Of_Form_And_Structure_Of_An_Innovative_Learning_Approach_In_The_Manufacturing_Domain (gathered 2020-09-07).
- Abele, Eberhard; Metternich, Joachim; and Tisch, Michael. (2019). *Learning Factories Concepts, Guidelines, Best-Practice Examples*. Cham: Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92261-4> (gathered 2020-08-28).
- Alves, A.C; Pereira, A.C and Lopes Nunes, M. (2017). *Smart products development approaches for Industry 4.0*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.035> (gathered 2020-10-17).
- AM FIELD GUIDE COMPACT. (2020). *Formnext magazine fon extra*. (gathered 2020-10-05).
- Aventis Learning Group. (2019). *Skills You Must Have To Stay Relevant In Industry 4.0*. <https://aventislearning.com/skills-you-must-have-to-stay-relevant-in-industry-4-0/> (gathered 2020-09-14).
- Barro, R. J. (1996). Determinants of economic growth: A cross-country empirical study. *NBER working paper series: Vol. 5698*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Bilberg, A; Bogers, M; Madsen, E.S and Radziwon, A. (2014). *Procedia Eng.*, 69 1184–1190 (gathered 2020-10-17).
- Buchner, Tilman; Knizek, Claudio; Kuhlmann, Kristian; Küpper, Daniel; Lorenz, Markus; Lässig, Ralph and Maue, Andreas. (2019). *Advanced Robotics in the Factory of the Future*. BCG Innovation Center, Germany. <https://www.bcg.com/publications/2019/advanced-robotics-factory-future> (gathered 2020-10-17).
- Buck Institute for Education. (n.d). *What is PBL?*. <https://www.pblworks.org/what-is-pbl> (gathered 2020-09-28).
- Burnaby schools. (2020). *RESPONSIBILITIES OF STUDENT*. <https://burnabyschools.ca/responsibilities-of-students/>. (gathered 2020-10-15).
- CECIMO. (2013) The European machine tool industry's Manifesto on skills.
- CEDEFOP. (2010). *Skills supply and demand in Europe: Medium-term forecast up to 2020*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Cherry, Kendra. (2020). *The Experiential Learning Theory of David Kolb*. <https://www.verywellmind.com/experiential-learning-2795154> (gathered 2020-09-29).
- Duch, B. J., Groh, S. E and Allen, D. E. (Eds.). (2001). *The power of problem-based learning*. Sterling
- Epicor. n.d. *What is Industry 4.0—the Industrial Internet of Things (IIoT)?* <https://www.epicor.com/en/resource-center/articles/what-is-industry-4-0/>. (gathered 2020-10-15).
- Eurostat. (2016). Manufacturing statistics - NACE Rev. 2: Relative importance of manufacturing (NACE Section C), 2013 (% share of value added and employment in the non-financial business economy total). Retrieved from http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Manufacturing_statistics_-_NACE_Rev._2.
- FESTO (n.d). *Industry 4.0 User's Guide: Educator Edition*. <https://www.festo-didactic.com/us-en/news/industry-4.0-user-guide-educator-edition.htm?fbid=dXMuZW4uNTc5LjE3LjE2LjU4MjA> (gathered 2020-09-08).



Fitsilis, Panos; Gerogiannis, Vassilis and Tsoutsas, Paraskevi. (2018). INDUSTRY 4.0: REQUIRED PERSONNEL COMPETENCES. *INDUSTRY 4.0*. Vol. 3, Issue 3. Bulgaria: Scientific technical union of mechanical engineering, pp. 130-133. <https://stumejournals.com/journals/i4/2018/3/130> (gathered 2020-08-26).

Gewerbliche Schule Crailsheim. (n.d). *WAS IST EINE LERNFABRIK 4.0*. <https://www.gscr.de/index.php?id=203> (gathered 2020-09-09).

Growth Engineering. (2017). *WHAT IS THE EXPERIENTIAL LEARNING CYCLE?* <https://www.growthengineering.co.uk/what-is-experiential-learning/> (gathered 2020-09-29).

Grzybowska, Katarzyna, and Łupicka, Anna. (2017). Key competencies for Industry 4.0. *Economics & Management Innovations* 1(1): pp. 250-253. https://www.researchgate.net/publication/322981337_Key_competencies_for_Industry_40 (gathered 2020-08-27).

Gylfason, Thorvaldur. (2001). Natural resources, education, and economic development. *European Economic Review: EER*, 45, 847–859.

Hanushek, E. A., and Woessmann, L. (2007). *The role of education quality in economic growth. Policy research working paper: Vol. 4122*. Washington, DC: World Bank Human Development Network Education Team.

Helbig, J; Kagermann, H and Wahlster, W. (2013). *Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0*, München, 2013 (gathered 2020-10-17).

Heron, Chris. (2019). *What is a Transversal Competency?* Vivagogy. <http://vivagogy.com/2019/03/04/transversal-competencies-2/> (gathered 2020-10-17).

Härtig, R.-C; Jozinović, P; Möhring, M; Neumaier, P; Reichstein, C and Schmidt, R. (2015). International Conference on Business Information Systems. 16–27. (gathered 2020-10-17).

Impuls Foundation (2019) “Impuls compact: Engineers for Industrie 4.0”, VDMA (The Mechanical Engineering Industry Association).

i-SCOOP. (n.d). *Logistics 4.0 and smart supply chain management in Industry 4.0*. <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/supply-chain-management-scm-logistics/> (gathered 2020-10-15).

Karukapadath Hafees, Rasim and Parekattil, Aswin Kumar. (2019). *A literature review on learning factory*. Diss, Chalmers University of Technology. <https://hdl.handle.net/20.500.12380/256553> (gathered 2020-09-09).

Kienegger, Harald; Knigge, Marlene; Krcmar, Helmut and Prifti, Loina. (2017). *A Competency Model for "Industrie 4.0" Employees: 13th International Conference on Wirtschaftsinformatik*. St. Gallen, Switzerland February 12-15, 2017. https://www.researchgate.net/publication/314391765_A_Competency_Model_for_Industrie_40_Employees (gathered 2020-09-14).

Knezic, Kruno. (2017). *Creativity is the key to design for additive manufacturing*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/creativity-key-design-additive-manufacturing-kruno-knezic/> (gathered 2020-09-02).

Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. New Jersey: Prentice-Hall.

Koo, Jenna. (2020). *What is a Smart Factory? (And what it means for you)*. Tulip. <https://tulip.co/blog/digital-transformation/what-is-a-smart-factory-and-what-it-means-for-you/> (gathered 2020-10-08).

Kirchner, Matthew D. (2017). *Teaching the Industrial Internet of Things*. Mequon. <https://labmidwest.com/wp-content/uploads/2017/09/Teaching-IIoT-Preparing-Students-and-Learners-for-Industry-4.0-2.pdf> (gathered 2020-10-15).

Kreimeier, Dieter. (2016). *Die LPS Lernfabrik Qualifizierung in einem realitätsnahen Fabrikumfeld*. Ruhr-Universität Bochum. [PowerPoint slides]. https://www.uni-siegen.de/smi/aktuelles/20161115_lps_lernfabrik_praesentation_kreimeier.pdf (gathered 2020-09-10).



- K3 Syspro. (n.d). *What's the Difference Between 3D Printing and Additive Manufacturing?* <https://www.k3syspro.com/advice-centre/erp-advice/whats-the-difference-between-3d-printing-and-additive-manufacturing/>. (gathered 2020-10-1).
- LAB Midwest. (2020). *How to Teach Industry 4.0 in 2020*. <https://www.youtube.com/watch?v=OhbDfAZ6JUc> (gathered 2020-10-16).
- Lead The Change Community. (2019). *KEY COMPETENCIES FOR INDUSTRY 4.0 — NEGOTIATION AND CREATIVITY*. Medium. <https://medium.com/@LeadTheChange/key-competencies-for-industry-4-0-negotiation-and-creativity-2f7685f8d49f> (gathered 2020-09-14).
- Lee, Hee Jang and Shvetsova A. Olga. (2019). *The Impact of VR Application on Student's Competency Development: A Comparative Study of Regular and VR Engineering Classes with Similar Competency Scopes*. https://www.researchgate.net/publication/332386448_The_Impact_of_VR_Application_on_Student's_Competency_Development_A_Comparative_Study_of_Regular_and_VR_Engineering_Classes_with_Similar_Competency_Scopes. (gathered 2020-09-02).
- Leinweber S. Etappe 3: Kompetenzmanagement. In: Meifert MT, editor. *Strategische Personalentwicklung - Ein Programm in acht Etappen*. 3rd ed. Wiesbaden: Springer Fachmedien; 2013
- Linke, Rebecca. (2017). *Additive manufacturing, explained*. MIT management. <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/additive-manufacturing-explained>. (gathered 2020-10-1).
- Loughborough University. (n.d). *About Additive Manufacturing*. <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/vatphotopolymerisation/> (gathered 2020-10-02).
- Marr, Bernard. (2018). *What is Industry 4.0?* Forbes. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/?sh=4acd83579788>. (gathered 2020-10-15).
- McNeill, Jane. (2019). *SKILLS VS. COMPETENCIES – WHAT'S THE DIFFERENCE, AND WHY SHOULD YOU CARE*. Hays. <https://social.hays.com/2019/10/04/skills-competencies-whats-the-difference/> (gathered 2020-10-09).
- Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg. (2019). *Lernfabriken 4.0 in Baden-Württemberg*. <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/innovation/schluesstechnologien/industrie-40/lernfabrik-40/> (gathered 2020-09-10).
- O'Sullivan, D., Rolstadås, A., and Filos, E. (2011). Global education in manufacturing strategy. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22(5), 663–674. <https://doi.org/10.1007/s10845-009-0326-2>.
- OTTO Motors. (2019). *What Is the Smart Factory and Its Impact on Manufacturing?*. <https://ottomotors.com/blog/what-is-the-smart-factory-manufacturing>. (gathered 2020-10-15).
- Pappas, Christopher. (2014). *Instructional Design Models and Theories: The Discovery Learning Model*. <https://elearningindustry.com/discovery-learning-model> (gathered 2020-09-29)
- Prince J. Michael and Felder M Richard. (2006). *Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases*. *Journal of Engineering Education*. American Society for Engineering Education. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x> (gathered 2020-10-17).
- PwC. (2016). *Skills for Key Enabling Technologies in Europe State-of-Play, Supply and Demand, Strategy, Recommendations and Sectoral Pilot*. Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (European Commission). https://ec.europa.eu/growth/content/final-report-skills-key-enabling-technologies-europe-0_en (gathered 2020-08-26).
- PwC. (2020). *Skills for Industry Curriculum Guidelines 4.0 Future-proof education and training for manufacturing in Europe*. Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises (European Commission). <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/845051d4-4ed8-11ea-aece-01aa75ed71a1> (gathered 2020-09-05).
- QEC. (n.d). *Duties and Responsibilities of a Teacher*. <https://ntu.edu.pk/qec/duties-and-responsibilities-of-a-teacher/> (gathered 2020-10-15).
- Raji, R.S. (1994). *IEEE Spectr.* 31 (6) 49–55 (gathered 2020-10-17).



Rotherham A.J. and Willingham D. (2009) "21st Century Skills: The Challenges Ahead".

Serhat, Kurt. (2020). Problem-Based Learning (PBL). Educational technology. <https://educationaltechnology.net/problem-based-learning-pbl/> (gathered 2020-09-25).

Smith, A. (2001). *Return on investment in training: Research readings*. Leabrook, S. Aust.: NCVER

Spectral Engines. (2018). *Industry 4.0 and how smart sensors make the difference*. <https://www.spectralengines.com/articles/industry-4-0-and-how-smart-sensors-make-the-difference> (gathered 2020-10-01).

Tether, B., Mina, A., Consoli, D., and Gagliardi, D. (2005). *A literature review on skills and innovation: How does successful innovation impact on the demand for skills and how do skills drive innovation? A CRIC report for the department of trade and industry*. Manchester, England: ESRC Centre for Research on Innovation and Competition.

Thames, L., and Schaefer, D. (2016). *Software-defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0*. *Procedia CIRP*, 52, 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.041>.

The Challenge Institute. (2018). *Challenge based learning*. <https://www.challengebasedlearning.org/> (gathered 2020-09-28).

Throughput. (2019). *Smart Supply Chain Management: Why it is Important to Implement?* <https://throughput.world/blog/smart-supply-chain-management/> (gathered 2020-10-17).

University of Illinois Board of Trustees, et al. (2020). *JUST-IN-TIME TEACHING*. <https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/just-in-time-teaching> (gathered 2020-09-25).

University of Illinois Board of Trustees, et al. (2020). *PROBLEM-BASED LEARNING (PBL)*. <https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/problem-based-learning-pbl> (gathered 2020-09-25).

Vieweg, H.-G. (2011). *Study on the competitiveness of the EU mechanical engineering industry*. Munich: Ifo Institute

Vulkov, Volen. N.d. *3d Printing Skills: Example Usage on Resumes, Skill Set & Top Keywords in 2020*. Enhancv. <https://enhancv.com/resume-skills/3d-printing/>. (gathered 2020-09-02).

Whitton, Nicola. (2012). *Games-Based Learning*. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4419-1428-6_437 (gathered 2020-09-29).

Wirtschaft digital Baden-Württemberg. (2020). *Lernfabriken*. <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/zielgruppen/produzierendes-gewerbe/lernfabriken-industrie-40/> (gathered 2020-09-10).

Zamboni, Jon. (2018). *What Are Examples of Technical Competencies?* Leaf Group Media. <https://careertrend.com/how-5867853-write-competency-based-resume.html> (gathered 2020-10-17).

Zhong, R. Y; Xu, X; Klotz, E; and Newman, S. T. (2017). *Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review*. *Engineering*, 3(5), 616–630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>

