LCAMP

Learner Centric Advanced Manufacturing Platform

D3.2 - M24 - Analyse de l'impact et de l'évolution des emplois dans l'industrie manufacturière

WP3 - D3.2 - M24 - F - Sous-rapport français

Co-funded by
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.

Co-funded by the European Union

Le soutien de la Commission européenne à la production de cette publication ne constitue pas une approbation de son contenu, qui reflète uniquement les opinions des auteurs, et la Commission ne peut être tenue responsable de l'utilisation qui pourrait être faite des informations contenues dans cette publication.

Ce travail est autorisé par le partenariat LCAMP sous une licence internationale Creative Commons Attribution-Non-commercial 4.0.

Partenaires LCAMP :

TKNIKA - Basque VET Applied Research Centre, CIFP MIGUEL ALTUNA Centro Integral de Formación Professional ; DHBW Heilbronn - Duale Hochschule, Baden-Württemberg, Curt Nicolin High School, AFM - Spanish Association of Machine Tool Industries, EARLALL - European Association of Regional & Local Authorities for Lifelong Learning, FORCAM, CMQE : Association Campus des Métiers et des Qualifications Industrie du Future, MV : Mecanic Vallée, KIC : Knowledge Innovation Centre, MADE Competence Centre Industria 4.0 ; AFIL : Associazione Fabbrica Intelligente Lombardia, SIMUMATIK AB ; Association HVC Association of Slovene Higher Vocational Colleges ; TSCMB:Tehniški šolski center Maribor, KPDoNE : Kocaeli Directorate of National Education ; GEBKİM OIZ et CAMOSUN College.

Résumé du document

Type de document :	Rapport public
Titre	Analyse de l'évolution des emplois dans l'industrie manufacturière avancée
Auteur	Pascal Pichoutou *Mecanic Vallée*
Co-auteurs	Hervé Danton *Mecanic Vallée*
Les contributeurs	CMQEIf, *Mecanic Vallée*,
Réviseurs	Camille Leonard, *CMQEIf,* Diana Miceli, *KIC*
Date	juillet 2024
Statut du document	9.0
Niveau du document	Confidentiel jusqu'à sa publication
Description du document	Ce document décrit les principales caractéristiques de l'évolution des emplois liés à l'industrie manufacturière de pointe dans cinq pays européens.
Citez ce document comme suit :	LCAMP (2024) Analysis of impacts and evolution of jobs in advanced manufacturing (LCAMP4.0 Deliverable D3.2M24) extrait de https://lcamp.eu/.
Niveau du document	Public

Gestion des versions

Version	Date	Action
0.1	2024-02-29	Version provisoire
0.2	2024-03-30	Version pour révision
0.3	2024-06-04	Revue par Hervé Danton, Camille Léonard
0.4	2024-06-07	Révision de la version finale
0.5	2024-07-08	Version finale validée avec conclusion

ACRONYMES

AFDET - Association française pour le développement de l'enseignement technique

AFNOR - Association française de normalisation

AI - Intelligence Artificielle

AR - Réalité augmentée

AGV - Véhicules à guidage automatique

B2B - Business to Business (de l'entreprise à l'entreprise)

B2C - Business to Consumer (de l'entreprise au consommateur)

CMQEIf - Campus des Métiers et des Qualifications d'Excellence Industrie du futur

CNC - Commande numérique par ordinateur

CEC - Cadre européen des certifications

ERP - Enterprise Resource Planning (Planification des ressources de l'entreprise)

ESCO - European Skills, Competences, Qualifications and Occupations (aptitudes, compétences, qualifications et professions européennes)

FDM – DFF - Impression 3D par Dépôt de Fil Fondu

FEM - Méthode des éléments finis

IHM - Interfaces homme-machine

HVET - Enseignement et formation professionnels supérieurs

IoT - Internet des objets

IT - Technologies de l'information

IUT - Institut universitaire de technologie

LCAMP - Plate-forme de fabrication avancée centrée sur l'apprenant

M2M - Communications entre machines

MV - *Mecanic Vallée*

PME - Petites et moyennes entreprises

VR - Réalité virtuelle

WP - Work Package (groupe de travail)

Note de Traduction : le terme anglais Skill a été traduit par aptitude, le terme competences a été maintenu.

SOMMAIRE

SOMMAIRE 5
RESUME 6
1. INTRODUCTION 8
2. METHODOLOGIES 9
3. ANALYSE DE L'IMPACT DE L'EMPLOI 9
3.1. Liste des emplois sélectionnés 10
3.2. Contrôleur de robot industriel 12
3.3. Contrôleur de la qualité des produits 20
3.4. Technicien en impression 3D 26
3.5. Expert en maintenance prédictive 32
3.6. designers industriel 38
3.7. Technicien en ingénierie des capteurs 44
4. RESULTATS, STATISTIQUES ET COMMENTAIRES DES EXPERTS 49
4.1. Nombre de tâches impactées par travail 50
4.2. De l'impact des tendances aux aptitudes nécessaires 51
4.3. CommentaireS des EXPERTS 56
5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES 58
6. SOURCES 59
7. REFERENCES 63
8. INDEX DES ILLUSTRATIONS 64
9. INDEX DES TABLEAUX 64
10. ANNEXE 65
10.1. rassemblement des aptitudes par type de aptitudes 65

RESUME

Le projet LCAMP (Learner-Centric Advanced Manufacturing Platform) dans le cadre de l'initiative CoVE vise à renforcer les écosystèmes régionaux de aptitudes dans le domaine de la fabrication avancée.

Le projet LCAMP prévoit d'établir une plateforme européenne d'excellence professionnelle pour la fabrication avancée, afin de promouvoir la résilience et l'innovation dans les régions par le biais de la collaboration.

Ce rapport est le résultat de l'Observatoire LCAMP, qui est l'un des services que la plateforme LCAMP mettra à la disposition des utilisateurs finaux. L'Observatoire est dirigé par le cluster français *Mecanic Vallée* et le Campus des Métiers et des Qualifications d'excellence CMQEIf.

Au cours de cette deuxième année de travail, le Groupe de Travail 3 « Observatoire » a lancé une analyse des impacts des tendances des transitions numérique et verte sur les emplois et les aptitudes de la main-d'œuvre dans l'industrie manufacturière de pointe. L'analyse s'est concentrée sur une sélection d'emplois occupés principalement par des personnes qualifiées par des études du Cadre européen des certifications (CEC) 3-6.

Ces analyses sont détaillées dans chaque sous-rapport régional/national rédigé par cinq pays (le Pays basque, la France, l'Allemagne, l'Italie et la Turquie) sur 28 emplois dans l'industrie manufacturière de pointe.

Malgré quelques différences dans les méthodes d'étude et la présentation des résultats, cette année a permis d'établir une approche méthodologique commune et un format standardisé pour la présentation des résultats, ce qui ouvre la voie à de nouveaux progrès.

L'analyse de la littérature et les entretiens menés avec des entreprises du secteur ont permis de dégager plusieurs conclusions essentielles.

Ce rapport se concentre sur l'analyse et les résultats français.

Processus de travail collaboratif :

- **Méthodologie :** Chaque pays s'est appuyé sur son propre réseau d'experts, avec leurs différences en termes de domaines d'expertise et de disponibilité.
- **Cadre :** Une présentation détaillée, décrite dans une base de données structurée, permet une analyse croisée rapide, basée sur différents axes : tendances, aptitudes, emplois/tâches.
- **Résultats :** Cette analyse a permis d'identifier les principales tendances de la transition numérique et écologique, l'impact sur les emplois et les aptitudes requises.
- **Année 3 :** Pour obtenir des résultats complets, utilisables et certifiés à l'avenir, il sera nécessaire de combiner les efforts sur des analyses communes. Cela pourrait se

traduire par l'analyse des impacts des emplois communs et l'établissement de rapports dans un cadre harmonisé.

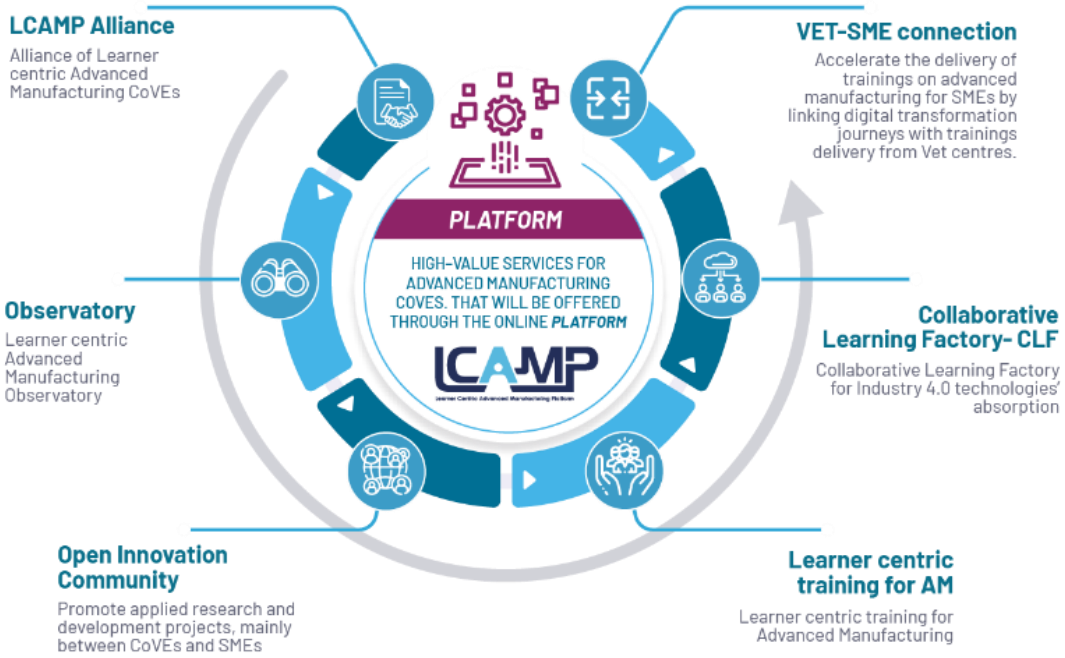


Figure 1 Résultats et services à fournir par la plate-forme LCAMP

1. INTRODUCTION

L'Observatoire LCAMP servira de source d'information facilement accessible pour les centres de formation professionnelle, les autorités en charge des programmes d'études, les entreprises, les clusters et autres associations par le biais d'une plateforme numérique. Tout au long du projet LCAMP, l'Observatoire publie des rapports périodiques couvrant les tendances technologiques, les changements sur le marché du travail, les exigences en matière de aptitudes et les professions dans le domaine de la fabrication avancée.

Une publication annuelle des rapports suivants est attendue :

- Rapport 1 : Juin 2023, D3.2 - M12
- Rapport 2 : juin 2024, D3.2 - M24 (objet de cette année)
- Rapport 3 : juin 2025, D3.2 - M36

Ces rapports sont complétés par des sous-rapports régionaux et nationaux qui seront périodiquement diffusés dans la plateforme et par les canaux de diffusion conventionnels.

Chacune de ces conclusions est décrite dans les sous-rapports écrits.

Dans ce rapport, le groupe de travail de l'Observatoire analyse l'impact des transitions numérique et écologique sur les compétences de la main-d'œuvre dans l'industrie manufacturière de pointe.

Il se concentre sur une sélection d'emplois occupés principalement par des personnes qualifiées par des études de niveau 3 à 6 du Cadre européen des certifications (CEC), qui constituent une part significative de la demande actuelle dans les entreprises industrielles situées en France, impactées par la transition numérique et écologique (voir les critères de sélection des emplois dans la partie "**Erreur ! Source du renvoi introuvable. Erreur ! Source du renvoi introuvable.**").

Les informations recueillies et les conclusions tirées constituent la base du développement d'autres activités dans le cadre du projet LCAMP. En outre, le contenu de ce rapport peut servir de matériel analytique à certaines parties prenantes pour développer des activités dans leurs domaines respectifs, tels que les centres de formation professionnelle, les clusters et les associations d'entreprises, les sociétés, etc. Ces parties prenantes y trouveront des informations de base pour le développement d'activités telles que l'intégration de la technologie dans les centres d'EFP, la révision du contenu (programme) et des méthodologies d'apprentissage, la mise à jour de la formation continue, la conception de spécialités de formation professionnelle, entre autres.

La combinaison de données documentaires (analyse des rapports publiés sur le sujet au cours des dernières années) et de contributions d'experts dans l'élaboration du rapport converge vers la description détaillée des six emplois sélectionnés.

En termes de gestion de projet et de travail collaboratif, cette année visait à valider la manière de décrire l'impact d'un emploi et les aptitudes connexes et à valider le cadre permettant à d'autres groupes de travail d'utiliser les résultats de l'Observatoire.

2. METHODOLOGIES

La **méthodologie de l'observatoire D3-2-M24** (Pichoutou, 2024) décrit la méthodologie utilisée pour produire ce **sous-rapport.** Il comprend :

- La méthodologie de sélection des emplois à analyser
- La méthodologie d'analyse des impacts
- La méthodologie de validation du sous-rapport.

3. ANALYSE DE L'IMPACT DE L'EMPLOI

Cette section traite de l'analyse des 6 emplois sélectionnés. Comme indiqué dans la méthodologie du rapport de l'Observatoire D3.2 M24 (section 3), une analyse des changements auxquels les entreprises sont confrontées est effectuée pour identifier les **leviers de ces changements** affectant les emplois spécifiques ; ensuite, les **changements de aptitudes et de connaissances** détectés dans l'analyse, sont décrits.

3.1. LISTE DES EMPLOIS SELECTIONNES

En reprenant les 5 principaux critères d'évaluation (c), voici ensuite la liste restreinte des emplois à analyser en France :

Tableau 1 Liste des emplois sélectionnés

CODE ESCO	OCCUPATION ESCO	1 - SECTEURS INDUSTRIELS	2 - TRANSITIONS NUMÉRIQUE ET VERTE NOUVELLES TENDANCES AYANT UN IMPACT SUR	3 - EMPLOYABILITÉ	4.PERTINENCE POUR LA STRATÉGIE DE SPÉCIALISATION INTELLIGENTE - AU NIVEAU RÉGIONAL/NATIONAL ?	5 - NIVEAU D'ÉDUCATION.
3139.2	Contrôleur de robot industriel	Machines-outils (ingénierie mécanique), automobile, aérospatiale, industries électriques et électroniques, maritime	1-1 Internet des objets (IoT) / Capteurs intelligents / Technologie 5G, 1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse de données massives, 2-1 Réalité virtuelle et augmentée, 3-1 Cybersécurité, 4-1 Impression 3D / Fabrication additive, 4-4 Jumeaux numériques, 4-6 Maintenance prédictive, 5-12 Initiatives en matière de responsabilité sociale des entreprises (RSE).	Novembre 2023 - France : Technicien en robotique : 3090 offres d'emploi https://candidat.pole-emploi.fr/offres/recherche?motsCles=technicien+robotique&offresPartenaires=true&range=0-19&rayon=10&tri=0	10 régions parmi les 21 régions FR considèrent cet emploi générique comme une priorité : FR10 ; FRC2 ; FRD1 ; FRF3 ; FRG0 ; FRH0 ; FRJ2 ; FRK1 ; FRK2 ; FRL0	CEC6
7543.9	Contrôleur de la qualité des produits	Machines-outils (ingénierie mécanique), industrie automobile, aérospatiale, électrique et électronique	1-1 Internet des objets (IoT) / Capteurs intelligents / Technologie 5G, 1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse de données massives, 2-2 Numérisation 3D, 3-1 Cybersécurité, 4-1 Impression 3D / Fabrication additive, 4-2 Robotique et automatisation	Novembre 2023 - France : Ingénieur QA : 1639 offres d'emploi https://candidat.pole-emploi.fr/offres/recherche?motsCles=ing%C3%A9nieur+testeur&offresPartenaires=true&range=0-19&rayon=10&tri=0	12 régions parmi les 21 régions FR considèrent cet emploi générique comme une priorité : FRD1 ; FRE1 ; FRF2 ; FRF3 ; FRG0 ; FRH0 ; FRI3 ; FRJ1 ; FRJ2 ; FRK1 ; FRK2 ; FRL0	CEC 6

3118.1	Technicien en impression 3D	Industries maritimes, électriques et électroniques, aérospatiale, automobile, transports	3-1 Cybersécurité, 4-1 Impression 3D/Fabrication additive, 4-4 Jumeaux numériques, 4-6 Maintenance prédictive, 5-3 Efficacité énergétique, 5-4 Réduction des déchets, 5-6 Innovation en matière de matériaux durables	En 2022, plus de 900 offres d'emploi dans le domaine de l'impression 3D ont été publiées sur les sites français, anglais, espagnol, italien et allemand de 3Dnatives. Ce nombre représente plus du double des offres publiées l'année précédente.	10 régions parmi les 21 régions FR considèrent cet emploi générique comme une priorité : FRC2 ; FRE1 ; FRF1 ; FRF2 ; FRF3 ; FRG0 ; FRH0 ; FRI2 ; FRJ2 ; FRK1	CEC 5
2152.1.13	Expert en maintenance prédictive	Machines-outils (ingénierie mécanique), automobile, aérospatiale, transport, industries électriques et électroniques, maritime	1-1 Internet des objets (IoT) / Capteurs intelligents / Technologie 5G, 1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse des Big Data, 2-2 Numérisation 3D, 3-1 Cybersécurité, 5-2 Économie circulaire		13 régions parmi les 21 régions FR considèrent cet emploi générique comme une priorité : FRC2 ; FRD1 ; FRD2 ; FRE1 ; FRE2 ; FRF1 ; FRF3 ; FRG0 ; FRH0 ; FRJ2 ; FRK1 ; FRK2 ; FRL0	CEC 6
2163.1	Concepteur industriel	Machines-outils (ingénierie mécanique), industrie automobile, aérospatiale, électrique et électronique	1-2 Intelligence artificielle (IA) / apprentissage automatique / analyse de données massives, 2-1 Réalité virtuelle et augmentée, 2-2 Numérisation 3D, 3-1 Cybersécurité, 4-1 Impression 3D / fabrication additive, 4-6 Maintenance prédictive, 5-2 Économie circulaire, 5-4 Réduction des déchets, 5-6 Innovation durable en matière de matériaux.	Novembre 2023 - France : 17852 offres d'emploi - Concepteur de produits : 712 offres (4%) https://www.glassdoor.fr/Emploi/france-product-designer-emplois-SRCH_IL.0,6_IN86_KO7,23.htm	18 régions parmi les 21 régions FR considèrent cet emploi générique comme une priorité : FR10 ; FRC2 ; FRD1 ; FRD2 ; FRE1 ; FRE2 ; FRF1 ; FRF2 ; FRF3 ; FRG0 ; FRH0 ; FRI2 ; FRI3 ; FRJ1 ; FRJ2 ; FRK1 ; FRK2 ; FRL0	CEC 6
3114.1.10	Technicien en ingénierie des capteurs	Machines-outils (Ingénierie mécanique), Automobile, Aérospatiale, Industries électriques et électroniques, Transport, Maritime	1-1 Internet des objets (IoT) / Capteurs intelligents / Technologie 5G, 1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse des données massives, 3-1 Cybersécurité, 4-1 Impression 3D / Fabrication additive, 4-6 Maintenance prédictive, 5-3 Efficacité énergétique, 5-10 Infrastructure informatique durable, 5-11 Surveillance de l'environnement et établissement de rapports.		18 régions parmi les 21 régions FR considèrent cet emploi générique comme une priorité :	CEC 5

3.2. CONTROLEUR DE ROBOT INDUSTRIEL

3.2.1. DESCRIPTION ET CHAMP D'APPLICATION DU POSTE

Description de l'emploi

Contrôleur de robot industriel (ESCO 3139.2) Description ESCO : "*Les contrôleurs de robots industriels font fonctionner et surveillent les robots industriels utilisés dans les processus d'automatisation pour effectuer diverses activités de fabrication telles que le levage, le soudage et l'assemblage. Ils s'assurent que les machines fonctionnent correctement et sont synchronisées avec d'autres robots industriels, entretiennent et réparent les pièces défectueuses, évaluent les risques et effectuent des tests.* (ESCO, n.d.).

Domaine d'activité

Cet emploi s'inscrit généralement dans le domaine plus large de l'ingénierie de l'automatisation et de la robotique. Les professionnels qui occupent ce poste sont responsables de la programmation, de l'exploitation et de la maintenance des robots industriels utilisés dans divers processus de fabrication et de production. Voici quelques-unes des industries clés dans le périmètre qui emploient des contrôleurs de robots industriels (Bill, n.d.).

- **Fabrication automobile :** Ce secteur est l'un des plus gros employeurs de contrôleurs de robots industriels. Les robots sont largement utilisés pour l'assemblage des voitures, le soudage, la peinture et la manipulation des composants.
- **Électronique et semi-conducteurs :** Les robots industriels sont utilisés pour assembler des appareils électroniques, des smartphones aux ordinateurs en passant par les téléviseurs. Ils sont utilisés pour des tâches qui exigent une grande précision, comme le placement de minuscules composants sur les cartes de circuits imprimés.
- **Aérospatiale :** L'industrie aérospatiale utilise des robots pour assembler des pièces d'avions et d'engins spatiaux. Il s'agit notamment de tâches de perçage, de rivetage et de soudage, qui requièrent toutes des niveaux élevés de précision et de fiabilité.
- **Métaux et fabrication de machines :** Les robots sont utilisés dans l'industrie métallurgique pour souder, couper, plier et assembler des pièces métalliques. Ils participent également à la fabrication de machines, en aidant à construire des machines complexes.
- **Logistique et entreposage :** Bien qu'il ne s'agisse pas d'un secteur manufacturier, ce secteur emploie de plus en plus de robots pour la préparation des commandes, l'emballage et la manutention des marchandises. Des contrôleurs sont nécessaires pour gérer ces systèmes robotiques.

Les contrôleurs de robots industriels sont essentiels dans ces secteurs, car ils veillent à ce que les robots fonctionnent de manière efficace, sûre et efficiente. Leur travail consiste à

programmer les robots pour qu'ils effectuent des tâches spécifiques, à résoudre les problèmes qui surviennent et à assurer la maintenance pour maintenir les robots dans un état optimal. Au fur et à mesure que la technologie progresse, la demande de contrôleurs de robots qualifiés est susceptible d'augmenter dans ces secteurs et dans d'autres. (Bureau des statistiques du travail des États-Unis, 2024)

3.2.2. CONTEXTE ET LIMITES

Des informations sur les marchés mondial et européen de la robotique industrielle peuvent fournir un contexte utile pour comprendre la demande potentielle de contrôleurs de robots industriels en France.

Le marché mondial de la robotique industrielle connaît une croissance significative, stimulée par les avancées technologiques et l'intégration de l'IA et de l'Internet des objets (IoT) dans la robotique. Ces avancées améliorent les capacités des robots, notamment le bras robotique à conformité sélective (SCARA) et les robots collaboratifs "cobots", les rendant plus adaptables, efficaces et adaptés à un plus large éventail d'applications. L'adoption croissante de la robotique dans les processus de fabrication et de production indique une demande croissante de professionnels qualifiés dans le contrôle et la maintenance de ces systèmes, y compris les contrôleurs de robots industriels.

En outre, le marché de la robotique connaît un essor dans le développement et l'application de robots collaboratifs conçus pour travailler aux côtés de l'homme. Cette tendance est particulièrement notable dans les petites et moyennes entreprises (PME) en raison de la rentabilité et de la flexibilité des cobots. La poussée vers l'industrie 5.0, qui vise à harmoniser la créativité et l'artisanat humains avec l'efficacité robotique, souligne l'importance des fonctions de sécurité avancées et des améliorations de l'interaction homme-robot.

Bien que des données spécifiques sur la demande de contrôleurs de robots industriels en France n'étaient pas directement disponibles, la trajectoire de croissance globale du marché européen de la robotique suggère que la France, en tant qu'acteur industriel important en Europe, connaît probablement des tendances similaires. L'expansion de l'industrie de la robotique en Europe, associée à des initiatives visant à promouvoir l'automatisation et la transformation numérique au sein du secteur industriel, implique des perspectives positives pour les opportunités d'emploi dans le domaine du contrôle et de la maintenance des robots.

Compte tenu de la tendance mondiale à l'automatisation et de l'importance stratégique de la robotique dans l'industrie manufacturière et d'autres secteurs, les professionnels ayant des aptitudes en matière de programmation, d'exploitation et de maintenance des robots industriels sont susceptibles de trouver de plus en plus de débouchés en France également. L'accent mis sur la sécurité, l'efficacité et l'intégration de nouvelles technologies dans la robotique fait ressortir le besoin de contrôleurs qualifiés pour gérer efficacement ces systèmes complexes.

3.2.3. DE LA SITUATION ACTUELLE A LA SITUATION EN COURS

Voici la description des principales tâches impactées par la **technologie numérique** et/ou la **transition écologique**, les modifications et les évolutions des aptitudes nécessaires correspondantes.

Tableau 2 Tâches et aptitudes liées à la profession de contrôleur de robot industriel.

TÂCHE	AYANT UN IMPACT SUR LA TECHNOLOGIE NUMÉRIQUE ET/OU LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE	DESCRIPTION DE L'IMPACT	APTITUDES/ CONNAISSANCES CONNEXES NÉCESSAIRES IMPACTÉES	TENDANCE ATTENDUE DE L'ÉVOLUTION DES APTITUDES	TYPE DE APTITUDE	NIVEAU DE MATURITÉ À ATTEINDRE	SKILL ESCO URL	DESCRIPTION DES APTITUDES
Exploiter et surveiller des robots industriels	**2-1 Réalité virtuelle et augmentée**	Améliorer l'efficacité des opérations en utilisant la technologie VR et AR pour le guidage en temps réel.	**L'adoption croissante des technologies VR et AR pour la simulation, la formation et la conception de robots, l'amélioration de la collaboration et l'amélioration de la sécurité.** **Réalité augmentée**	+	**Aptitude**	L3	**http://data.europa.eu/esco/skill/abdc7ac8-151f-40c6-bc1a-1e9b4b073290**	Le processus d'ajout de divers contenus numériques (tels que des images, des objets en 3D, etc.) sur des surfaces qui existent dans le monde réel. L'utilisateur peut interagir en temps réel avec la technologie en utilisant des appareils tels que des téléphones mobiles.
			L'adoption croissante des technologies de RV et de RA pour la simulation, la formation et la conception de robots, l'amélioration de la collaboration et de la sécurité. **Réalité virtuelle**				**http://data.europa.eu/esco/skill/5da42cfd-1da8-4e4f-b68e-4f821d005fc5**	Le processus de simulation d'expériences réelles dans un environnement numérique totalement immersif. L'utilisateur interagit avec le système de réalité virtuelle par l'intermédiaire de dispositifs tels que des casques spécialement conçus.
	3-1 Cybersécurité	Assurer la sécurité des opérations des systèmes robotiques interconnectés. Protéger les données industrielles sensibles et les systèmes de commande des robots contre les cybermenaces.	**Aptitudes en cybersécurité**		**Connaissances**		**http://data.europa.eu/esco/skill/8088750d-8388-4170-a76f-48354c469c44**	Les méthodes qui protègent les systèmes TIC, les réseaux, les ordinateurs, les appareils, les services, les informations numériques et les personnes contre une utilisation illégale ou non autorisée.

	4-4 Jumeaux numériques	Utilisation de jumeaux numériques pour la simulation, l'essai et l'optimisation de systèmes robotiques.	**Utilisation de jumeaux numériques pour l'optimisation**		**Aptitude**		**FR01**	Utilisation de jumeaux numériques pour l'optimisation du suivi
Optimiser les processus des robots industriels	**4-1 Impression 3D/Fabrication additive**	Créer des outils et des gabarits sur mesure pour les robots industriels, Produire des outils légers et durables pour la fabrication de précision	**Connaître les capacités de l'impression 3D pour proposer des solutions efficaces et flexibles dans l'utilisation quotidienne des robots.**		**Connaissances**		**http://data.europa.eu/esco/skill/2afb2b59-c9a3-4cf3-b1dd-1a2fad51e583**	Le processus de reproduction d'objets en 3D à l'aide des technologies d'impression en 3D.
	5-X Toutes les tendances de la transition écologique / Fabrication durable	Des pratiques de fabrication durables qui réduisent l'impact sur l'environnement.	**Connaissance des principes de fabrication durable, des techniques et des normes d'efficacité énergétique et de leur impact sur les processus des robots industriels.**		**Aptitude**	L4	**FR02**	Capacité à optimiser les processus des robots industriels conformément aux principes de la fabrication durable, en réduisant l'impact sur l'environnement et en améliorant l'efficacité des ressources.
Participer à l'élaboration de stratégies en matière de robotique	**5-12 Initiatives en matière de responsabilité sociale des entreprises (RSE)**	Aligner l'intégration des robots sur les principaux objectifs de la RSE, notamment en veillant à ce que les opérations robotiques respectent des normes de sécurité et de qualité élevées afin de protéger les employés et le public. Cela implique des tests rigoureux et le respect des réglementations et des normes en vigueur.	**Participation à des initiatives de RSE, compréhension des opérations éthiques**		**Connaissances**	L2	**http://data.europa.eu/esco/skill/66db424f-2abe-420d-8e5b-186607266b61**	Le traitement ou la gestion des processus commerciaux de manière responsable et éthique, en considérant la responsabilité économique envers les actionnaires comme tout aussi importante que la responsabilité envers les parties prenantes environnementales et sociales.
	5-X Toutes les tendances de la transition écologique / Fabrication durable	Intégrer les tendances de la transition écologique et les pratiques de fabrication durable.	**connaissance des tendances de la transition écologique et des principes de fabrication durable**				**FR03**	Comprendre les technologies des énergies renouvelables, les processus de fabrication durables et la programmation robotique afin de participer au développement et à la mise en œuvre de solutions d'automatisation intégrées pour ces secteurs.

		Améliorer l'efficacité de la communication et de la collaboration avec les équipes d'ingénieurs, de techniciens et de parties prenantes afin d'intégrer les tendances en matière de transition numérique et écologique dans des pratiques de fabrication efficaces et durables.	**collaborer avec les équipes de toutes les parties prenantes**		**Aptitude**	L3	**http://data.europa.eu/esco/skill/d52382fe-f236-421f-95fe-34fe69d48dbd (à modifier)**	Communiquer et collaborer avec toutes les équipes concernées afin d'améliorer les processus de fabrication.
Dépannage et entretien des robots industriels	**1-1 Internet des objets (IoT) / Capteurs intelligents / Technologie 5G**	Amélioration des capacités de maintenance prédictive : augmentation de la collecte de données à partir de robots connectés - Contrôle en temps réel des performances et de l'état de santé des robots.	**Connaissance de la communication des appareils IoT.**		**Connaissances**	L4	**http://data.europa.eu/esco/skill/f049d050-12da-4e40-813a-2b5eb6df6b51**	Les principes généraux, les catégories, les exigences, les limites et les vulnérabilités des dispositifs intelligents connectés (la plupart d'entre eux ayant une connectivité internet prévue).
			Connaissance de la technologie des capteurs.				**http://data.europa.eu/esco/skill/70a7b3b3-31ef-4b29-a30f-bb7299dff39b**	Les capteurs sont des transducteurs capables de détecter ou de percevoir des caractéristiques dans leur environnement. Ils détectent les changements dans l'appareil ou l'environnement et fournissent un signal optique ou électrique correspondant. Les capteurs sont généralement répartis en six catégories : les capteurs mécaniques, électroniques, thermiques, magnétiques, électrochimiques et optiques.
	1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse des données massives (Big Data)	Utiliser des outils d'analyse avancée et d'IA pour la maintenance prédictive et la détection des pannes.	**Aptitudes en programmation - Concepts d'IA**			L3	**http://data.europa.eu/esco/skill/e465a154-93f7-4973-9ce1-31659fe16dd2**	Les théories de l'intelligence artificielle, les principes appliqués, les architectures et les systèmes, tels que les agents intelligents, les systèmes multi-agents, les systèmes experts, les systèmes à base de règles, les réseaux neuronaux, les ontologies et les théories de la cognition.
			Aptitudes en programmation - concepts d'apprentissage automatique				**http://data.europa.eu/esco/skill/3a2d5b45-56e4-4f5a-a55a-4a4a65afdc43**	Les principes, méthodes et algorithmes de l'apprentissage automatique, un sous-domaine de l'intelligence artificielle. Les modèles courants d'apprentissage automatique tels que les modèles supervisés ou non supervisés, les modèles semi-supervisés et les modèles d'apprentissage par renforcement.
			Aptitudes techniques - analyse de données massives (big data)			L4	**http://data.europa.eu/esco/skill/47a49cd6-097d-457a-9f7b-c290c14930d5**	Recueillir et évaluer des données numériques en grandes quantités, en particulier dans le but d'identifier des modèles entre les données.

	4-6 Maintenance prédictive	Utilisez l'analyse prédictive pour assurer une maintenance en temps voulu et réduire les temps d'arrêt.	**Comprendre les principes de la maintenance prédictive, l'analyse des données et leur application dans l'automatisation industrielle.**				**http://data.europa.eu/esco/skill/7d913551-e17a-40ba-baf7-48d0c3b12e50**	L'utilisation de l'analyse des données et du calcul mathématique pour gérer et surveiller les conditions des machines et des processus de production.
Apprendre et simuler les procédures de maintenance	**2-1 Réalité virtuelle et augmentée**	Améliorer la formation et la simulation de la maintenance en utilisant la technologie VR et AR.	**L'adoption croissante des technologies de RV et de RA pour la simulation, la formation et la conception de robots, l'amélioration de la collaboration et de la sécurité.**		**Aptitude**		**FR04**	

3.2.4. IMPACTS SUR LES APTITUDES

Voici la description des nouvelles aptitudes identifiées, en suivant le format ESCO (modèle ESCO pour la description des nouvelles aptitudes)

Tableau 3 Impact du contrôleur de robot industriel sur les aptitudes

RÉFÉRENTIEL DE APTITUDES (CODIFICATION LOCALE)	NOM DU CONCEPT	DESCRIPTION	ÉTIQUETTES ALTERNATIVES/ SYNONYMES	TYPE DE APTITUDE	NIVEAU DE RÉUTILISATION DES APTITUDES	APTITUDE ESSENTIELLE DE	APTITUDE OPTIONNELLE DE	HIERARCHIE
FR01	Jumeau numérique Surveillance Optimisation	Utilisation de jumeaux numériques pour l'optimisation du suivi	Twin Monitoring Amélioration Réplique numérique Optimisation	S	Transversal	Ingénieurs industriels Ingénieurs de fabrication Ingénieurs de procédés Ingénieurs en automatisation Analystes de données/scientifiques en fabrication	Directeurs des opérations Superviseurs de la production Inspecteurs du contrôle de la qualité Coordinateurs de la logistique Techniciens de maintenance	
FR02	Robot industriel durable Optimisation des processus	Capacité à optimiser les processus des robots industriels conformément aux principes de la fabrication durable, en réduisant l'impact sur l'environnement et en améliorant l'efficacité des ressources.	Amélioration de la robotique durable Optimisation des processus écologiques	S	Spécifique au secteur	Ingénieurs en robotique Ingénieurs en fabrication Ingénieurs en procédés Ingénieurs industriels Ingénieurs en développement durable	Coordinateurs de la sécurité Techniciens de fabrication	
FR03	Intégration de l'automatisation des énergies renouvelables	Comprendre les technologies des énergies renouvelables, les processus de fabrication durables et la programmation robotique afin de participer au développement et à la mise en œuvre de solutions	Intégration des énergies renouvelables Green Automation Incorporation	S	Spécifique au secteur	Ingénieurs en énergies renouvelables Ingénieurs en automatisation Ingénieurs électriciens spécialisés dans les systèmes d'énergies renouvelables	Gestionnaires de projets d'énergie renouvelable Consultants en énergie	

		d'automatisation intégrées pour ces secteurs.				Ingénieurs en systèmes de contrôle Analystes en systèmes énergétiques Gestionnaires en développement durable		
FR04	Technologies de robotique VR/AR	L'adoption croissante des technologies de RV et de RA pour la simulation, la formation et la conception de robots, l'amélioration de la collaboration et de la sécurité.	Réalité virtuelle / augmentée Robotique Robotique immersive	S	Transversal	Ingénieurs en robotique Ingénieurs en réalité virtuelle (RV) Ingénieurs en réalité augmentée (RA) Développeurs de logiciels spécialisés en RV/RA Programmeurs en robotique Ingénieurs en simulation Spécialistes en interaction homme-machine (IHM)	Concepteurs graphiques	

3.3. CONTROLEUR DE LA QUALITE DES PRODUITS

3.3.1. DESCRIPTION ET CHAMP D'APPLICATION DU POSTE

Description de l'emploi

Contrôleur de la qualité des produits (ESCO 7543.9) : "Les *contrôleurs de la qualité des produits vérifient la qualité des produits fabriqués. Ils travaillent dans des installations de fabrication où ils effectuent une inspection et une évaluation de base des produits avant, pendant ou après le processus de production "* (ESCO, n.d.). Ils suivent les problèmes de production et renvoient les articles de qualité inférieure ou défectueux pour réparation (Aerospace Industries Association, 2023).

Domaine d'activité

Le rôle du contrôleur de la qualité des produits est essentiel dans divers secteurs où il est indispensable de maintenir des normes élevées de qualité des produits. Ces professionnels sont chargés d'inspecter et de tester les produits pour s'assurer qu'ils répondent aux normes de qualité établies, à la conformité réglementaire et à la satisfaction des clients. Voici quelques-unes des principales industries qui emploient des contrôleurs de la qualité des produits (Aerospace Industries Association, 2023) :

- **L'industrie manufacturière :** Il s'agit de l'un des secteurs qui emploient le plus de contrôleurs de la qualité des produits. Ils travaillent dans différentes industries manufacturières, notamment l'automobile, l'électronique, les biens de consommation, le textile et les machines, et veillent à ce que les produits soient fabriqués conformément aux spécifications et aux normes de qualité.
- **Aérospatiale et défense :** Compte tenu de la nature critique des produits dans l'industrie aérospatiale et de la défense, les contrôleurs de la qualité des produits veillent à ce que les composants, les systèmes et les produits finaux répondent à des normes strictes de qualité et de sécurité.
- **Matériaux de construction :** Dans le secteur de la construction, ils veillent à ce que les matériaux tels que le ciment, l'acier et le verre répondent aux normes de qualité et aux spécifications requises en matière de sécurité et de durabilité.
- **Technologie et électronique :** Les contrôleurs de la qualité des produits dans le secteur de la technologie travaillent avec des appareils électroniques, des logiciels et des produits matériels pour s'assurer qu'ils répondent aux normes de qualité, à la fonctionnalité et aux exigences de l'expérience utilisateur.

Dans tous ces secteurs, les contrôleurs de la qualité des produits utilisent diverses méthodes de test et d'inspection pour s'assurer que les produits répondent aux normes de qualité, notamment des inspections visuelles, des tests de performance, des tests de durabilité et des contrôles de conformité aux réglementations. Leur travail est essentiel pour protéger les consommateurs, maintenir la réputation des marques et assurer le succès à long terme des produits sur le marché.

3.3.2. CONTEXTE ET LIMITES

Les tendances générales et l'importance des fonctions de contrôle et d'assurance de la qualité dans divers secteurs d'activité fournissent des indications utiles. Les contrôleurs de la qualité veillent à ce que les produits répondent aux spécifications et aux normes de qualité, une fonction essentielle dans les processus de fabrication et de production. Leur rôle consiste à surveiller les processus de fabrication, à veiller au respect des normes, à tenir à jour la documentation relative à la qualité, à évaluer et à maintenir les systèmes de gestion de la qualité, etc.

L'ensemble des aptitudes requises pour les fonctions de contrôle de la qualité a évolué, l'accent étant mis davantage sur les aptitudes techniques, la résolution de problèmes et la connaissance des normes industrielles telles que les normes ISO et CEI. Il est essentiel de faire preuve de précision, de cohérence, de aptitudes analytiques et d'une approche pratique de la résolution des problèmes. Ces tendances suggèrent un besoin croissant de professionnels qualifiés dans le domaine du contrôle et de l'assurance de la qualité, reflétant la demande plus large pour des rôles qui soutiennent l'excellence opérationnelle et l'intégrité des produits.

Les aptitudes et les rôles connexes du "contrôleur de la qualité des produits" dans les secteurs industriels témoignent de l'importance des fonctions de contrôle de la qualité. Ces secteurs sont d'importants employeurs d'expertise en matière de contrôle de la qualité afin de maintenir les normes et la conformité des produits. Ainsi, les personnes ayant une expérience en matière de contrôle de la qualité et une connaissance approfondie des réglementations spécifiques à l'industrie sont susceptibles de trouver des débouchés dans le paysage industriel diversifié de la France.

3.3.3. DE LA SITUATION ACTUELLE A LA SITUATION EN COURS

Voici la description des principales tâches impactées par la **technologie numérique** et/ou la **transition écologique**, les modifications et les évolutions des aptitudes nécessaires correspondantes.

Tableau 4 Tâches et aptitudes liées à la profession de contrôleur de la qualité des produits.

TÂCHE	AYANT UN IMPACT SUR LA TECHNOLOGIE NUMÉRIQUE ET/OU LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE	DESCRIPTION DE L'IMPACT	APTITUDES/ CONNAISSANCES CONNEXES NÉCESSAIRES IMPACTÉES	TENDANCE ATTENDUE DE L'ÉVOLUTION DES APTITUDES	TYPE DE APTITUDE	NIVEAU DE MATURITÉ À ATTEINDRE	SKILL ESCO URL	DESCRIPTION DES APTITUDES
Analyser les données de performance des produits provenant des capteurs	**1-1 Internet des objets (IoT) / Capteurs intelligents / Technologie 5G**	Intégration de capteurs dans les produits pour le suivi des performances en temps réel et le contrôle de la qualité, ce qui permet d'obtenir des informations allant au-delà des inspections traditionnelles.	**Comprendre les données des capteurs, les techniques d'analyse des données et les principes de contrôle de la qualité dans des contextes industriels.**	+	**Aptitude**	L4	**FR13**	Capacité à analyser les données des capteurs industriels relatives aux performances des produits et à identifier les problèmes de qualité.
Effectuer des essais destructifs et non destructifs	**4-2 Robotique et automatisation**	Automatisation des procédures d'essai répétitives, dangereuses ou en grand nombre à l'aide de robots, afin d'améliorer l'efficacité et la cohérence.	**Comprendre les systèmes robotiques, les procédures d'essais industriels et les normes de contrôle de la qualité.**				**FR14**	Capacité à faire fonctionner et à utiliser des systèmes robotiques pour les essais de produits industriels et le contrôle de la qualité.
Tenir des registres de contrôle de la qualité précis et complets	**3-1 Cybersécurité**	Mise en œuvre de mesures de cybersécurité robustes pour protéger les données sensibles relatives au contrôle de la qualité, y compris les informations sur la production et la propriété intellectuelle.	**Principes de cybersécurité - Aptitudes en matière d'évaluation de la vulnérabilité et de tests de pénétration - Protocoles, normes et meilleures pratiques en**		**Connaissances**	L3	**http://data.europa.eu/esco/skill/8088750d-8388-4170-a76f-**	Les méthodes qui protègent les systèmes TIC, les réseaux, les ordinateurs, les appareils, les services, les informations numériques et les personnes contre une

			matière de sécurité des réseaux				**48354c469c44**	utilisation illégale ou non autorisée.
Effectuer une inspection visuelle	**1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse des données massives (Big Data)**	Automatisez les inspections visuelles en utilisant l'analyse d'images et de vidéos pour détecter les défauts avec une grande précision et une grande rapidité.	**Comprendre les principes de l'IA, les techniques d'analyse d'images/vidéos et les normes de contrôle de la qualité.**		**Aptitude**		**FR15**	
Effectuer des essais non destructifs		Analyse IA des données d'essais aux rayons X ou d'autres essais non destructifs pour l'identification des défauts internes.	**Comprendre les principes de l'IA, les techniques d'analyse des données et les méthodes et normes d'essais non destructifs.**				**FR16**	
Effectuer l'inspection de la qualité de la surface		Analyse des images de surface par l'IA pour la détection des rayures, des fissures ou des imperfections.	**Comprendre les principes de l'IA, les techniques d'analyse d'images et les normes de qualité des surfaces.**				**FR17**	
Exécuter Inspecter les produits pour détecter les défauts visuels et dimensionnels	**2-2 Numérisation 3D**	Utilisation de la numérisation 3D pour l'inspection automatisée de haute précision et la détection des défauts, y compris dans les géométries complexes.	**Comprendre les nouveaux outils de la technologie de numérisation 3D, l'analyse des données et l'identification des défauts dans les environnements industriels.**			L4	**FR18**	Capacité à utiliser des scanners 3D pour l'inspection de produits industriels, à analyser les données et à identifier les défauts.
Évaluer l'adaptation et la personnalisation des produits	**4-1 Impression 3D/Fabrication additive**	Adapter les pratiques de contrôle de la qualité pour évaluer les variations et garantir la qualité des produits imprimés en 3D sur mesure et personnalisés.	**Comprendre les principes de l'impression 3D, les lignes directrices de la conception pour la fabrication additive (DfAM) et les normes de qualité des produits personnalisés.**		**Connaissances**		**http://data.europa.eu/esco/skill/2afb2b59-c9a3-**	Le processus de reproduction d'objets en 3D à l'aide des technologies d'impression en 3D.

							4cf3-b1dd-1a2fad51e583	
Effectuer des tests avancés avec des outils imprimés en 3D		Réfléchir, demander et intégrer des gabarits, des montages et des outils de test imprimés en 3D pour des procédures de contrôle de la qualité spécialisées et efficaces.	**Comprendre les capacités d'impression 3D pour créer des outils d'essai personnalisés, connaître les procédures d'essai pertinentes et les aptitudes en matière d'analyse des données.**			L2	**FR19**	
Analyser les données de performance des processus de fabrication à partir de capteurs	**1-1 Internet des objets (IoT) / Capteurs intelligents / Technologie 5G**	Intégrer des capteurs dans les outils de production pour surveiller les performances en temps réel, améliorer le contrôle des processus grâce à la maintenance prédictive et à la détection des défauts de qualité, réduire les déchets et accroître l'efficacité.	**Comprendre les données des capteurs, les techniques d'analyse des données et les principes de contrôle de la qualité dans des contextes industriels.**		**Aptitude**	L4	**FR12**	Capacité à analyser les données des capteurs industriels relatives aux performances des produits et à identifier les problèmes de qualité.
	1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse des données massives (Big Data)		**Comprendre les principes de l'IA, les techniques d'analyse des données et les méthodes d'essais non destructifs.**				**FR11**	Capacité à analyser les données des capteurs industriels relatives aux performances des produits et à identifier les problèmes de qualité.

3.3.4. IMPACTS SUR LES APTITUDES

Voici la description des nouvelles aptitudes identifiées, en suivant le format (modèle ESCO pour la description des nouvelles aptitudes)

Tableau 5 Impact du contrôleur de la qualité des produits sur les aptitudes

RÉFÉRENTIEL DE APTITUDES (CODIFICATION LOCALE)	NOM DU CONCEPT	DESCRIPTION	ÉTIQUETTES ALTERNATIVES/SYNONYMES	TYPE DE APTITUDE	NIVEAU DE RÉUTILISATION DES APTITUDES	APTITUDE ESSENTIELLE DE	APTITUDE OPTIONNELLE DE	HIERARCHIE
FR10	Développement durable de l'automatisation	Comprendre les technologies des énergies renouvelables, les processus de fabrication durables et la programmation robotique afin de participer au développement et à la mise en œuvre de solutions d'automatisation intégrées pour ces secteurs.	Automatisation durable Progrès de l'automatisation respectueuse de l'environnement	S	Spécifique au secteur	Ingénieurs en durabilité Ingénieurs en automatisation Ingénieurs industriels Ingénieurs en fabrication Ingénieurs en procédés	Consultants en énergie Analystes des opérations	

3.4. TECHNICIEN EN IMPRESSION 3D

3.4.1. DESCRIPTION ET CHAMP D'APPLICATION DU POSTE

Description de l'emploi

Technicien en impression 3D (Prior, 2023), (ESCO 3118.1) Description de l'ESCO : "*Les techniciens en impression 3D participent à la conception et à la programmation de produits, allant des prothèses aux miniatures en 3D. Ils peuvent également assurer la maintenance de l'impression 3D, vérifier les rendus 3D pour les clients et effectuer des tests d'impression 3D. Les techniciens en impression 3D peuvent également réparer, entretenir et nettoyer les imprimantes 3D*" (ESCO, n.d.).

Description du poste LCAMP : Les techniciens en impression 3D, également connus sous le nom de techniciens ou spécialistes en fabrication additive, sont chargés de faire fonctionner et d'entretenir les équipements et processus d'impression 3D afin de créer des objets tridimensionnels à partir de modèles numériques.

Ici, le **tableau ESCO permet d'examiner une occupation existante** remplie pour proposer une modification de la description :

Tableau 6 Définition de la profession de technicien en impression 3D

OCCUPATION URI	TITRE DE LA PROFESSION	COMMENTAIRES SUR LE TERME PRÉFÉRÉ	NOUVELLE DESCRIPTION D'UNE PROFESSION EXISTANTE	ÉTIQUETTES ALTERNATIVES À SUPPRIMER/MODIFIER	APTITUDES ET CONNAISSANCES ESSENTIELLES CONCEPTS À AJOUTER/SUPPRIMER	LES APTITUDES ET CONNAISSANCES OPTIONNELLES À AJOUTER/SUPPRIMER
3118.1 **http://data.europa.eu/esco/occupation/4cf7be91-fed9-47a7-9ca9-e74c7eb6becb**	Technicien en impression 3D	La description de l'ESCO devrait maintenant contenir "operating 3D printers" (imprimantes 3D en fonctionnement).	Les techniciens de l'impression 3D font désormais partie des processus de production en série, et ne se concentrent plus uniquement sur la phase de conception et la production de prototypes.	N/A	N/A	N/A

Domaine d'activité

Voici les industries qui jouent ce rôle :

Le domaine d'activité d'un opérateur d'impression 3D peut varier considérablement, selon qu'il se concentre sur les marchés B2C (business-to-consumer) ou B2B (business-to-business). Dans un contexte B2C, l'impression 3D peut être utilisée pour créer des produits personnalisés tels que des objets de collection, des articles de mode ou même des écouteurs personnalisés. Ce domaine est intéressant parce qu'il permet de créer des articles uniques et sur mesure qui répondent aux préférences individuelles des consommateurs.

En revanche, dans un contexte B2B, les services d'impression 3D sont souvent destinés à des clients industriels et peuvent impliquer la production de prototypes, de pièces pour les processus de fabrication, voire de produits fonctionnels dans divers secteurs tels que l'ingénierie, l'automobile, l'aérospatiale et le médical. Dans ce domaine, l'accent est davantage mis sur la fourniture de solutions répondant à des besoins industriels spécifiques, tels que la création de prototypes pour les essais ou la production de composants spécialisés qui pourraient être trop complexes ou trop coûteux à fabriquer à l'aide de méthodes traditionnelles.

Dans les contextes B2C et B2B, la possibilité de personnaliser et de prototyper rapidement offre des avantages significatifs. Toutefois, le niveau d'investissement, le type d'imprimantes 3D nécessaires et le modèle commercial peuvent différer considérablement entre ces deux approches. Par exemple, le B2C peut nécessiter un investissement initial moins important et peut être lancé même avec des imprimantes 3D de bureau plus abordables, alors que les services B2B exigent souvent un équipement plus haut de gamme, un investissement plus important et une compréhension plus approfondie des exigences industrielles.

Ainsi, le domaine d'activité d'un opérateur d'impression 3D peut aller de la création de produits axés sur le consommateur à la fourniture de services de fabrication et de prototypage spécialisés pour diverses industries. Le choix du domaine dépend en grande partie du marché cible, du niveau d'investissement et de l'expertise et des capacités spécifiques de l'opérateur.

Dans le secteur interentreprises (B2B), les opérateurs d'impression 3D peuvent explorer plusieurs domaines, notamment :

- **Ingénierie et fabrication :** Fournir des prototypes et des pièces pour divers processus d'ingénierie et de fabrication. Il s'agit notamment de créer des composants pour des machines, des pièces automobiles ou d'autres outils de fabrication.
- **Industrie médicale :** Production de prothèses, d'orthèses et d'implants médicaux. Le domaine médical exige souvent des pièces hautement personnalisées, ce qui constitue un atout majeur de l'impression 3D.
- **Industrie aérospatiale :** Dans le secteur aérospatial, l'impression 3D est utilisée pour créer des composants légers et des pièces qui doivent répondre à des spécifications précises.
- **Industrie automobile :** L'impression 3D est utilisée à la fois pour le prototypage et la production de pièces finales dans l'industrie automobile, en particulier pour les véhicules personnalisés ou spécialisés.
- **Biens de consommation et électronique :** Composants personnalisés pour les biens de consommation, l'électronique et les articles ménagers.
- **Éducation et recherche :** Fournir des modèles et des plans expérimentaux à des fins éducatives et pour des projets de recherche.
- **Outillage et montages :** Production de gabarits, de montages et d'autres outils utilisés dans divers processus de fabrication.
- **Pièces de machines personnalisées :** Fabrication de pièces sur mesure pour des machines spécifiques qui pourraient être trop chères ou trop longues à fabriquer selon les méthodes traditionnelles.

- **Pièces de rechange :** Reproduction de composants d'anciennes machines ou de produits pour lesquels l'outillage n'est plus disponible. Maintenir l'équipement opérationnel, réduire les ressources utilisées pour produire de nouvelles machines de remplacement, réduire l'impact sur l'environnement.

3.4.2. CONTEXTE ET LIMITES

Chiffres clés

En 2022, plus de 900 offres d'emploi dans le domaine de l'impression 3D ont été publiées sur les sites français, anglais, espagnol, italien et allemand de 3Dnatives. Ce nombre représente plus du double des offres publiées l'année précédente. Les données indiquent une demande importante de profils techniques dans le secteur de l'impression 3D, en particulier dans des domaines industriels tels que l'aérospatiale, l'automobile et le médical. Ces secteurs intègrent de plus en plus la fabrication additive dans leur chaîne de valeur, ce qui témoigne d'un marché et d'un intérêt croissants pour les aptitudes en matière d'impression 3D.

À partir de 2022 et jusqu'en 2023, le rôle d'un technicien en impression 3D dans l'industrie a évolué de manière significative, indiquant un passage d'une phase principalement axée sur la recherche à un rôle de plus en plus appliqué et "vivant" dans l'industrie.

Le marché de l'emploi dans le domaine de l'impression 3D en 2022 a connu une demande croissante pour des postes techniques, avec un accent sur la conception, le développement, la production et les méthodes. Cette demande reflète l'intégration continue de la fabrication additive dans divers secteurs industriels, tels que l'aérospatiale, l'automobile et le médical. Le fait que 76 % des offres d'emploi dans le domaine de l'impression 3D soient des contrats à durée indéterminée témoigne également d'un investissement à long terme dans ces technologies et de la confiance dans leur durabilité et leur croissance au sein de l'industrie. Cette transition de la recherche à l'application industrielle est évidente dans le recrutement croissant de grandes entreprises manufacturières spécialisées dans ces secteurs, à la recherche d'experts en fabrication additive pour maximiser les avantages de la technologie.

La tendance pour 2023 continue de montrer une expansion de l'impression 3D dans les processus de fabrication courants, en mettant l'accent sur le dépassement des défis précédents tels que les problèmes de chaîne d'approvisionnement et le besoin de processus de fabrication plus efficaces. L'accent est mis sur le développement de nouvelles technologies, de nouveaux systèmes et de nouveaux matériaux pour favoriser l'adoption de la fabrication additive. Un aspect notable est la diversification des applications dans différents secteurs, y compris les soins de santé et les soins dentaires, qui sont particulièrement bien adaptés aux avantages de l'impression 3D.

Toutefois, des défis subsistent, tels que les préoccupations relatives aux budgets d'investissement des clients, les questions concernant l'utilisation des systèmes existants et les facteurs économiques tels que l'inflation. Ces questions pourraient influer sur le rythme d'adoption et d'intégration des technologies d'impression 3D dans différents secteurs.

Dans l'ensemble, le rôle d'un technicien en impression 3D s'est fermement établi dans l'industrie, avec une croissance et une application significatives dans divers secteurs. Les développements et les défis en cours mettent en évidence une industrie qui va de plus en plus au-delà de la recherche et du prototypage pour devenir un élément clé des processus de fabrication et de production courants.

3.4.3. DE LA SITUATION ACTUELLE A LA SITUATION EN COURS

Voici la description des principales tâches impactées par la **technologie numérique** et/ou la **transition écologique**, les modifications et les évolutions des aptitudes nécessaires correspondantes.

Tableau 7 Tâches et aptitudes impactées liées à la profession de technicien en impression 3D.

TÂCHE	AYANT UN IMPACT SUR LA TECHNOLOGIE NUMÉRIQUE ET/OU LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE	DESCRIPTION DE L'IMPACT	APTITUDES/ CONNAISSANCES CONNEXES NÉCESSAIRES IMPACTÉES	TENDANCE ATTENDUE DE L'ÉVOLUTION DES APTITUDES	TYPE DE APTITUDE	NIVEAU DE MATURITÉ À ATTEINDRE	SKILL ESCO URL	DESCRIPTION DES APTITUDES
Garantir la fiabilité et la cybersécurité	**3-1 Cybersécurité**	Protéger les données et les systèmes sensibles contre les cybermenaces	**Cybersécurité**	+	**Connaissances**	L3	**http://data.europa.eu/esco/skill/8088750d-8388-4170-a76f-48354c469c44**	Les méthodes qui protègent les systèmes TIC, les réseaux, les ordinateurs, les appareils, les services, les informations numériques et les personnes contre une utilisation illégale ou non autorisée.
Collaborer à la conception	**4-1 Impression 3D/Fabrication additive**	Intégrer la technologie d'impression 3D dans la conception des produits	**Collaborer avec le concepteur**		**Aptitude**		**http://data.europa.eu/esco/skill/d52382fe-f236-421f-95fe-34fe69d48dbd**	Communiquer et collaborer avec les autres concepteurs pour coordonner les nouveaux produits et les nouvelles conceptions.
Utiliser des imprimantes 3D		Améliorer la flexibilité, la précision, la durabilité et la fiabilité des processus de production.	**Connaissance des technologies, matériaux et processus d'impression 3D.**		**Connaissances**	L4	**http://data.europa.eu/esco/skill/2afb2b59-c9a3-4cf3-b1dd-1a2fad51e583**	Le processus de reproduction d'objets en 3D à l'aide des technologies d'impression en 3D.

Exploiter et contrôler	**4-4 Jumeaux numériques**	Améliorer la supervision et l'efficacité des opérations d'impression 3D	**Internet des objets**			L3	**http://data.europa.eu/esco/skill/f049d050-12da-4e40-813a-2b5eb6df6b51**	Les principes généraux, les catégories, les exigences, les limites et les vulnérabilités des dispositifs intelligents connectés (la plupart d'entre eux ayant une connectivité internet prévue).
Entretenir les imprimantes 3D	**4-6 Maintenance prédictive**	Anticiper les pannes de maintenance et réduire les temps d'arrêt.	**maintenance prédictive**			L4	**http://data.europa.eu/esco/skill/7d913551-e17a-40ba-baf7-48d0c3b12e50**	L'utilisation de l'analyse des données et du calcul mathématique pour gérer et surveiller les conditions des machines et des processus de production.
Mettre en œuvre des pratiques de développement durable	**5-3 Efficacité énergétique**	Réduire les déchets et la consommation d'énergie	**conseiller sur les solutions de développement durable**		**Aptitude**	L3	**http://data.europa.eu/esco/skill/dbef5042-4b99-4e6f-b2ed-1d33b07b3ed6**	Conseiller les entreprises sur les solutions permettant de développer des processus de production durables, d'améliorer l'efficacité et la réutilisation des matériaux et de réduire l'empreinte carbone.
Gestion des matériaux	**5-6 Innovation en matière de matériaux durables**	Utiliser des matériaux et des composants durables	**Connaissance des matériaux durables et de l'évaluation de l'impact sur l'environnement**				**http://data.europa.eu/esco/skill/73576419-31c2-4e45-8e30-ab1afec3db4e**	Identifier et sélectionner des matériaux et des composants respectueux de l'environnement. Décider du remplacement de certains matériaux par d'autres qui sont respectueux de l'environnement, tout en maintenant le même niveau de fonctionnalité et d'autres caractéristiques du produit.

3.5. EXPERT EN MAINTENANCE PREDICTIVE

3.5.1. DESCRIPTION ET CHAMP D'APPLICATION DU POSTE

Description de l'emploi

Expert en maintenance prédictive (ESCO 2152.1.13) Description ESCO : *" Les experts en maintenance prédictive analysent les données collectées à partir de capteurs situés dans les usines, les machines, les voitures, les chemins de fer et autres pour surveiller leurs conditions afin de tenir les utilisateurs informés et éventuellement notifier la nécessité d'effectuer une maintenance "* (ESCO, n.d.) (Next Move Strategy Consulting, 2024).

Domaine d'activité

Les techniciens de maintenance prédictive jouent un rôle crucial dans les industries qui accordent la priorité à la fiabilité des équipements afin d'améliorer l'efficacité opérationnelle, de réduire les temps d'arrêt et d'optimiser les calendriers de maintenance. Leur principale responsabilité est d'utiliser des outils de diagnostic et d'analyse de données pour prévoir le moment où l'équipement risque de tomber en panne et d'effectuer la maintenance pour prévenir ces pannes. Voici quelques secteurs clés qui emploient des techniciens de maintenance prédictive dans notre champ d'action :

- **Fabrication :** Dans les usines de fabrication, la maintenance prédictive est essentielle pour minimiser les temps d'arrêt et garantir le bon fonctionnement des lignes de production. Les techniciens surveillent les machines et les équipements à l'aide de capteurs et d'analyses de données afin de prévoir et de prévenir les pannes.
- **Logistique :** Les opérations de transport maritime et de logistique utilisent la maintenance prédictive pour surveiller l'état des moteurs, des véhicules et d'autres infrastructures critiques. Cela permet d'éviter les retards et de réduire les coûts de maintenance.
- **Construction et machinerie lourde :** La maintenance prédictive est essentielle pour surveiller les équipements de construction et les machines lourdes afin d'éviter les pannes inattendues qui peuvent retarder les projets et augmenter les coûts.

Ces industries apprécient le rôle des techniciens de maintenance prédictive car ils contribuent à réduire les coûts opérationnels, à améliorer la sécurité et à augmenter la durée de vie des équipements grâce à des décisions de maintenance opportunes et fondées sur des données.

3.5.2. CONTEXTE ET LIMITES

La demande de techniciens en maintenance prédictive en France fait partie d'une tendance globale, vers l'intégration de technologies avancées comme l'IoT et l'IA pour les stratégies de maintenance, impactant de manière significative diverses industries. Cette approche améliore non seulement l'efficacité opérationnelle, mais contribue également à la réduction des coûts en minimisant les temps d'arrêt non planifiés et en prolongeant la durée de vie des équipements. Bien que des chiffres spécifiques pour la France n'étaient pas disponibles, le marché mondial de la maintenance prédictive, dont la France fait partie, devrait connaître une croissance substantielle, ce qui indique une forte demande pour ces aptitudes dans l'ensemble des industries.

3.5.3. DE LA SITUATION ACTUELLE A LA SITUATION EN COURS

Voici la description des principales tâches impactées par la **technologie numérique** et/ou la **transition écologique**, les modifications et les évolutions des aptitudes nécessaires correspondantes.

Tableau 8 Tâches et aptitudes impactées liées à la profession d'expert en maintenance préventive.

TÂCHE	AYANT UN IMPACT SUR LA TECHNOLOGIE NUMÉRIQUE ET/OU LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE	DESCRIPTION DE L'IMPACT	APTITUDES/ CONNAISSANCES CONNEXES NÉCESSAIRES IMPACTÉES	TENDANCE ATTENDUE DE L'ÉVOLUTION DES APTITUDES	TYPE DE APTITUDE	NIVEAU DE MATURITÉ À ATTEINDRE	SKILL ESCO URL	DESCRIPTION DES APTITUDES
Collecte et suivi des données relatives à l'équipement en temps réel et/ou en différé pour l'analyse de l'état de santé de l'équipement	**1-1 Internet des objets (IoT) / Capteurs intelligents / Technologie 5G**	Améliorer la collecte et l'analyse de données en temps réel et/ou en différé. Nécessité de comprendre les principes généraux, les catégories, les exigences, les limites et les vulnérabilités des dispositifs intelligents connectés.	**Connaissance de la communication des appareils IoT.**	+	**Savoir**	L3	**http://data.europa.eu/esco/skill/f049d050-12da-4e40-813a-2b5eb6df6b51**	Les principes généraux, les catégories, les exigences, les limites et les vulnérabilités des dispositifs intelligents connectés (la plupart d'entre eux ayant une connectivité internet prévue).
		Améliorer la collecte et l'analyse des données en temps réel et/ou en différé. Nécessité de comprendre les principes généraux, les catégories, les exigences, les limites et les vulnérabilités de la technologie des capteurs.	**Connaissance de la technologie des capteurs.**				**http://data.europa.eu/esco/skill/70a7b3b3-31ef-4b29-a30f-bb7299dff39b**	Les capteurs sont des transducteurs capables de détecter ou de percevoir des caractéristiques dans leur environnement. Ils détectent les changements dans l'appareil ou l'environnement et fournissent un signal optique ou électrique correspondant. Les capteurs sont généralement répartis en six catégories : les capteurs mécaniques, électroniques, thermiques, magnétiques, électrochimiques et optiques.

	1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse des données massives (Big Data)	Améliorer la précision des prévisions et optimiser les calendriers de maintenance. Nécessité de comprendre les théories de l'intelligence artificielle, les principes appliqués, les architectures et les systèmes.	**Aptitudes en programmation - Concepts d'IA**		**Aptitude**		**http://data.europa.eu/esco/skill/e465a154-93f7-4973-9ce1-31659fe16dd2**	Les théories de l'intelligence artificielle, les principes appliqués, les architectures et les systèmes, tels que les agents intelligents, les systèmes multi-agents, les systèmes experts, les systèmes à base de règles, les réseaux neuronaux, les ontologies et les théories de la cognition.
Formation virtuelle pour les équipes de maintenance	**2-1 Réalité virtuelle et augmentée**	Expériences de formation améliorées grâce à la RV/RA	**Développement de la RA conception de la formation**				**http://data.europa.eu/esco/skill/abdc7ac8-151f-40c6-bc1a-1e9b4b073290**	Le processus d'ajout de divers contenus numériques (tels que des images, des objets en 3D, etc.) sur des surfaces qui existent dans le monde réel. L'utilisateur peut interagir en temps réel avec la technologie en utilisant des appareils tels que des téléphones mobiles.
		Améliorer l'efficacité de la communication et de la collaboration avec les programmateurs de RV/RA afin d'améliorer les expériences de formation avec la RV/RA.	**collaborer avec toutes les équipes concernées**				**http://data.europa.eu/esco/skill/d52382fe-f236-421f-95fe-34fe69d48dbd (à modifier)**	Communiquer et collaborer avec toutes les équipes concernées afin d'améliorer les processus de fabrication et les activités de maintenance.
Améliorer l'identification de l'usure dimensionnelle des équipements	**2-2 Numérisation 3D**	Utilisation de la numérisation 3D pour l'inspection automatisée de haute précision et la détection des défauts, y compris dans les géométries complexes.	**Comprendre les nouveaux outils de la technologie de numérisation 3D, l'analyse des données et l'identification des défauts dans les environnements industriels.**			L4	**FR20**	Capacité à utiliser des scanners 3D pour l'inspection de produits industriels, à analyser les données et à identifier les défauts.

Améliorer la sécurisation des données	**3-1 Cybersécurité**	Protection des données de maintenance sensibles : nécessité de comprendre les concepts de cybersécurité.	**Principes de cybersécurité - Aptitudes en matière d'évaluation des vulnérabilités et de tests de pénétration - Protocoles et bonnes pratiques en matière de sécurité des réseaux**		**Savoir**		**http://data.europa.eu/esco/skill/8088750d-8388-4170-a76f-48354c469c44**	Les méthodes qui protègent les systèmes TIC, les réseaux, les ordinateurs, les appareils, les services, les informations numériques et les personnes contre une utilisation illégale ou non autorisée.
Gestion durable du cycle de vie des équipements	**5-2 Économie circulaire**	Promotion de la réutilisation et du recyclage des équipements.	**Analyse du cycle de vie, stratégies d'économie circulaire**			L3	**http://data.europa.eu/esco/skill/22c45bf7-e52b-475f-847b-c32a87f65a5d**	L'économie circulaire vise à maintenir les matériaux et les produits en usage le plus longtemps possible, à en extraire le maximum de valeur pendant leur utilisation et à les recycler à la fin de leur cycle de vie. Elle améliore l'efficacité des ressources et contribue à réduire la demande de matériaux vierges.

3.5.4. IMPACTS SUR LES APTITUDES

Voici la description des nouvelles aptitudes identifiées, en suivant le format ESCO (modèle ESCO pour la description des nouvelles aptitudes)

Tableau 9 Impacts des experts en maintenance préventive sur les aptitudes

RÉFÉRENTIEL DE APTITUDES (CODIFICATION LOCALE)	NOM DU CONCEPT	DESCRIPTION	ÉTIQUETTES ALTERNATIVES/ SYNONYMES	TYPE DE APTITUDE	NIVEAU DE RÉUTILISATION DES APTITUDES	APTITUDE ESSENTIELLE DE	APTITUDE OPTIONNELLE DE	HIERARCHIE
FR10	Développement durable de l'automatisation	Comprendre les technologies des énergies renouvelables, les processus de fabrication durables et la programmation robotique afin de participer au développement et à la mise en œuvre de solutions d'automatisation intégrées pour ces secteurs.	Progrès de l'Automatisation durable l'automatisation respectueuse de l'environnement	S	Spécifique au secteur	Ingénieurs en durabilité Ingénieurs en automatisation Ingénieurs industriels Ingénieurs en fabrication Ingénieurs en procédés	Consultants en énergie Analystes des opérations	

3.6. DESIGNERS INDUSTRIEL

3.6.1. DESCRIPTION ET CHAMP D'APPLICATION DU POSTE

Description de l'emploi

Designer industriel (ESCO 2163.1) Description ESCO : "*Les designers industriels élaborent des idées et les transforment en dessins et concepts pour une grande variété de produits manufacturés. Ils intègrent la créativité, l'esthétique, la faisabilité de la production et la pertinence du marché dans la conception de nouveaux produits"* (ESCO, n.d.) (World Economic Forum, 2023).

Domaine d'activité

Les techniciens et technologues en conception industrielle trouvent un emploi dans toute une série de secteurs, principalement dans l'industrie manufacturière et les domaines connexes, où leurs aptitudes en matière de conception, d'amélioration de l'efficacité et d'optimisation de la production sont très appréciées.

Les principaux secteurs d'activité employant des techniciens et technologues en conception industrielle sont les suivants

- **L'industrie manufacturière :** Ce secteur est l'employeur le plus important, engageant une part considérable de professionnels dans des rôles axés sur l'amélioration des processus de fabrication, de la qualité des produits et de l'efficacité de la production. Ils peuvent être amenés à planifier, tester et fabriquer des produits industriels sur mesure afin d'améliorer les résultats de la fabrication.
- **Fabrication de produits informatiques et électroniques :** Les techniciens et les technologues contribuent au développement et à la production de produits électroniques, en jouant un rôle crucial dans la conception des flux de travail, l'agencement des machines et l'amélioration des méthodes de production.
- **Fabrication de matériel de transport :** Dans ce secteur, les professionnels peuvent travailler à la conception et à l'amélioration du processus de fabrication des équipements de transport, en veillant à ce que les produits répondent aux normes de qualité et d'efficacité.
- **Services professionnels, scientifiques et techniques :** Cette vaste catégorie comprend les entreprises qui fournissent des conseils et une assistance dans des domaines tels que l'ingénierie, les services de conception et d'autres disciplines techniques, où les aptitudes en matière de design industriel peuvent être appliquées à une variété de projets.
- **Fabrication de machines :** Les professionnels de ce secteur travaillent à la conception, à l'amélioration et à l'optimisation de la production de diverses machines et équipements, en veillant à ce qu'ils répondent aux normes et aux niveaux d'efficacité spécifiés.

Ces secteurs mettent en évidence la diversité des possibilités offertes aux techniciens et technologues en design industriel, reflétant leur rôle essentiel dans l'amélioration des processus

de production, de la qualité des produits et de l'efficacité globale dans un large éventail d'environnements de fabrication. Leur travail implique souvent une collaboration avec des ingénieurs et d'autres professionnels pour résoudre des problèmes complexes et mettre en œuvre des solutions efficaces.

3.6.2. CONTEXTE ET LIMITES

Bien que des données spécifiques sur la demande de techniciens en design industriel en France ne soient pas directement disponibles, un aperçu du domaine plus large de l'ingénierie énergétique et du design industriel en France peut offrir un certain contexte pour le marché de l'emploi et les opportunités de formation dans des domaines connexes. La France est reconnue pour son secteur de pointe dans le domaine de l'ingénierie énergétique, accueillant près de 500 sociétés d'ingénierie énergétique et employant plus de 30 000 ingénieurs et techniciens. Cela indique un secteur de l'ingénierie robuste qui pourrait avoir une demande parallèle dans des domaines tels que le design industriel.

Pour ceux qui s'intéressent au domaine du design industriel, la France offre une variété de programmes de formation en design industriel au niveau du premier cycle et du troisième cycle. Ces programmes couvrent un large éventail de sujets, notamment la gestion de la conception, la conception technique et la conception industrielle durable, préparant les diplômés à diverses possibilités de carrière dans le domaine de la conception.

Étant donné que la France met fortement l'accent sur l'ingénierie, la conception et l'innovation, ainsi que sur la présence d'agences de conception spécialisées et de programmes éducatifs, il semble qu'il y ait des opportunités pour les techniciens en conception industrielle, bien qu'elles soient indiquées indirectement. Les personnes intéressées par ce parcours professionnel pourraient avoir intérêt à se concentrer sur le développement des aptitudes en CAO, en conception de produits et en innovation afin de s'aligner sur les exigences des industries françaises.

Pour une recherche plus ciblée sur le marché de l'emploi ou les programmes d'études, la visite de sites web d'entreprises spécifiques ou de portails d'établissements d'enseignement peut fournir des informations supplémentaires sur les opportunités et les exigences actuelles en France.

3.6.3. DE LA SITUATION ACTUELLE A LA SITUATION EN COURS

Voici la description des principales tâches impactées par la **technologie numérique** et/ou la **transition verte**, les modifications et les évolutions des aptitudes nécessaires correspondantes.

Tableau 10 Tâches et aptitudes impactées liées à la profession de dessinateur industriel.

TÂCHE	AYANT UN IMPACT SUR LA TECHNOLOGIE NUMÉRIQUE ET/OU LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE	DESCRIPTION DE L'IMPACT	APTITUDES/ CONNAISSANCES CONNEXES NÉCESSAIRES IMPACTÉES	TENDANCE ATTENDUE DE L'ÉVOLUTION DES APTITUDES	TYPE DE APTITUDE	NIVEAU DE MATURITÉ À ATTEINDRE	SKILL ESCO URL	DESCRIPTION DES APTITUDES
Conceptualiser et concevoir de nouveaux produits	**1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse des données massives (Big Data)**	L'IA permet d'automatiser les tâches de routine, d'améliorer les détails et le réalisme, d'optimiser les conceptions, d'accélérer le prototypage, la modélisation prédictive, la personnalisation et la détection des erreurs dans la création de modèles 3D.	**Aptitude en IA pour la modélisation 3D**	+	**Aptitude**	L4	**FR06**	Utiliser des outils d'IA pour améliorer l'efficacité et la précision de la création de modèles 3D.
							FR09	Utiliser des outils d'IA pour améliorer l'efficacité et la précision de la création de modèles 3D.
	2-1 Réalité virtuelle et augmentée	L'utilisation de la RV et de la RA pour le prototypage de produits facilite la collaboration en matière de conception et les tests d'expérience utilisateur.	**Comprendre les technologies de RV et de RA, leurs applications dans la conception industrielle et leur intégration dans les outils de conception.**			L3	**http://data.europa.eu/esco/skill/5da42cfd-1da8-4e4f-b68e-4f821d005fc5**	Le processus de simulation d'expériences réelles dans un environnement numérique totalement immersif. L'utilisateur interagit avec le système de réalité virtuelle par l'intermédiaire de dispositifs tels que des casques spécialement conçus.
	2-2 Numérisation 3D	Utilisation de la numérisation 3D pour capturer des objets du monde réel en vue d'une reproduction précise du modèle. L'outil d'ingénierie inverse permet	**Maîtrise de la technologie et des logiciels de numérisation 3D**		**Connaissances**	L4	**FR07**	Aptitudes en matière d'utilisation et d'interprétation de la technologie de numérisation 3D

		de convertir l'objet scanné en un objet utilisable dans l'outil de CAO,	**Maîtrise de l'outil de rétro-ingénierie**				**FR08**	Aptitudes en matière d'utilisation d'outils d'ingénierie inverse
	4-1 Impression 3D/Fabrication additive	L'utilisation de l'impression 3D permet une plus grande liberté et complexité de conception, un prototypage rapide permettant plusieurs boucles avec un faible coût et un investissement en temps.	**Connaissance des technologies, matériaux et processus d'impression 3D.**			L3	**http://data.europa.eu/esco/skill/2afb2b59-c9a3-4cf3-b1dd-1a2fad51e583**	Le processus de reproduction d'objets en 3D à l'aide des technologies d'impression en 3D.
			Collaborer avec les opérateurs de machines		**Aptitude**	L4	**FR05**	Communiquer et collaborer avec les opérateurs de machines pour intégrer les contraintes et les possibilités technologiques dans la conception des produits.
	5-2 Économie circulaire	Concevoir des produits pour le démontage, la réutilisation et le recyclage.	**Compréhension des principes de la conception circulaire**		**Connaissances**		**http://data.europa.eu/esco/skill/22c45bf7-e52b-475f-847b-c32a87f65a5d**	L'économie circulaire vise à maintenir les matériaux et les produits en usage le plus longtemps possible, à en extraire le maximum de valeur pendant leur utilisation et à les recycler à la fin de leur cycle de vie. Elle améliore l'efficacité des ressources et contribue à réduire la demande de matériaux vierges.
Concevoir des produits durables	**5-6 Innovation en matière de matériaux durables**	Utilisation de matériaux durables et de principes et normes de conception pour réduire l'impact environnemental des produits.	**Connaissance des matériaux durables, des principes de conception, des normes et de leur application dans la conception de produits.**		**Aptitude**		**http://data.europa.eu/esco/skill/73576419-31c2-4e45-8e30-ab1afec3db4e**	Identifier et sélectionner des matériaux et des composants respectueux de l'environnement. Décider du remplacement de certains matériaux par d'autres qui sont respectueux de l'environnement, tout en maintenant le même niveau de fonctionnalité et d'autres caractéristiques du produit.

3.6.4. IMPACTS SUR LES APTITUDES

Voici la description des nouvelles aptitudes identifiées, en suivant le format ESCO (modèle ESCO pour la description des nouvelles aptitudes)

Tableau 11 Impact du dessinateur industriel sur les aptitudes

RÉFÉRENTIEL DE APTITUDES (CODIFICATION LOCALE)	NOM DU CONCEPT	DESCRIPTION	ÉTIQUETTES ALTERNATIVES/ SYNONYMES	TYPE DE APTITUDE	NIVEAU DE RÉUTILISATION DES APTITUDES	APTITUDE ESSENTIELLE DE	APTITUDE OPTIONNELLE DE	HIERARCHIE
FR05	Communication et collaboration dans la conception de produits	Communiquer et collaborer avec les opérateurs de machines pour intégrer les contraintes et les possibilités technologiques dans la conception des produits.	Conception de produits Coopération Conception collaborative Communication	S	Spécifique au secteur	Concepteurs de produits Concepteurs industriels Ingénieurs concepteurs Chefs de projet Concepteurs de l'expérience utilisateur (UX) Concepteurs de l'interface utilisateur (UI) Chefs de conception	Techniciens de fabrication Techniciens d'assistance technique	
FR06	Modélisation 3D assistée par ordinateur	Utiliser des outils d'IA pour améliorer l'efficacité et la précision de la création de modèles 3D.	Modélisation 3D IA Conception 3D automatisée	S	Transversal	Modélisateurs 3D Concepteurs CAO Concepteurs industriels Ingénieurs produits Développeurs de logiciels spécialisés dans l'IA et la modélisation 3D Chercheurs en vision artificielle et apprentissage automatique Développeurs de jeux vidéo	Techniciens en conception de produits	

FR07	Fonctionnement et interprétation de la numérisation 3D	Aptitudes en matière d'utilisation et d'interprétation de la technologie de numérisation 3D	Fonctionnement du scanner 3D Analyse Interprétation du scanner Manipulation	S	Spécifique au secteur	Techniciens en numérisation 3D Inspecteurs du contrôle de la qualité Techniciens en métrologie Ingénieurs de fabrication Ingénieurs inverseurs	Techniciens de fabrication Inspecteurs du contrôle de la qualité	
FR08	Ingénierie inverse	Aptitudes en matière d'utilisation d'outils d'ingénierie inverse	Analyse du produit Retro-Engineering	S	Transversal	Ingénieurs produits Ingénieurs de fabrication Ingénieurs concepteurs Ingénieurs contrôleurs de qualité Concepteurs industriels Ingénieurs mécaniciens Ingénieurs aérospatiaux	Inspecteurs du contrôle de la qualité Techniciens de fabrication Chercheurs scientifiques	
FR09	Modélisation 3D assistée par ordinateur	Utiliser des outils d'IA pour améliorer l'efficacité et la précision de la création de modèles 3D.	Modélisation 3D IA Conception 3D automatisée	S	Transversal	Modélisateurs 3D Concepteurs CAO Concepteurs industriels Ingénieurs produits Développeurs de logiciels spécialisés dans l'IA et la modélisation 3D Chercheurs en vision artificielle et apprentissage automatique	Techniciens en conception de produits	

3.7. TECHNICIEN EN INGENIERIE DES CAPTEURS

3.7.1. DESCRIPTION ET CHAMP D'APPLICATION DU POSTE

Description de l'emploi

Technicien en ingénierie des capteurs (ESCO 3114.1.10) Description ESCO : "*Les techniciens en ingénierie des capteurs collaborent avec les ingénieurs en capteurs au développement de capteurs, de systèmes de capteurs et de produits équipés de capteurs. Leur rôle consiste à construire, tester, entretenir et réparer l'équipement des capteurs"* (ESCO, n.d.) (U.S. Bureau of Labor Statistics, 2023).

Domaine d'activité

Les techniciens en ingénierie des capteurs, qui relèvent largement des catégories des technologues et techniciens en ingénierie électrique et électronique, trouvent un emploi dans plusieurs secteurs clés. Il s'agit notamment des services d'ingénierie, de la fabrication de semi-conducteurs et d'autres composants électroniques, de la fabrication d'instruments de navigation, de mesure, électromédicaux et de contrôle, ainsi que des services publics. Ces professionnels jouent un rôle crucial dans la conception, le développement, le test et la réparation d'équipements alimentés par l'électricité ou le courant électrique.

3.7.2. CONTEXTE ET LIMITES

Bien que la fonction de technicien en ingénierie des capteurs puisse impliquer une quantité importante de travail pratique avec les capteurs et l'équipement connexe, elle peut ne pas nécessiter une expertise technique aussi approfondie que celle d'un ingénieur ou d'un scientifique en capteurs. Travaillant généralement sous la direction d'ingénieurs, et souvent en étroite collaboration avec eux, ils peuvent être limités en termes de pouvoir de décision ou de responsabilité dans la conception de nouvelles technologies de capteurs.

Les responsabilités des techniciens en ingénierie des capteurs peuvent inclure la mise en place d'expériences, la collecte de données, l'analyse des résultats et la formulation de recommandations d'amélioration sur la base de leurs conclusions, mais aussi l'installation de capteurs dans divers environnements et la garantie de leur entretien et de leur bon fonctionnement.

Les techniciens en ingénierie des capteurs peuvent également être amenés à respecter des protocoles de sécurité stricts et des exigences réglementaires. Mais ils peuvent avoir une influence limitée sur les décisions stratégiques ou les objectifs plus larges du projet. Ils se

concentrent généralement sur l'exécution des tâches dans le cadre des paramètres définis par les ingénieurs et les chefs de projet.

Pour une recherche plus ciblée sur le marché de l'emploi ou les programmes d'études, la visite de sites web d'entreprises spécifiques ou de portails d'établissements d'enseignement peut fournir des informations supplémentaires sur les opportunités et les exigences actuelles en France.

3.7.3. DE LA SITUATION ACTUELLE A LA SITUATION EN COURS

Voici la description des principales tâches impactées par la **technologie numérique** et/ou la **transition écologique**, les modifications et les évolutions des aptitudes nécessaires correspondantes.

Tableau 12 Tâches et aptitudes impactées liées à la profession de technicien en ingénierie des capteurs.

TÂCHE	AYANT UN IMPACT SUR LA TECHNOLOGIE NUMÉRIQUE ET/OU LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE	DESCRIPTION DE L'IMPACT	APTITUDES/ CONNAISSANCES CONNEXES NÉCESSAIRES IMPACTÉES	TENDANCE ATTENDUE DE L'ÉVOLUTION DES APTITUDES	TYPE DE APTITUDE	NIVEAU DE MATURITÉ À ATTEINDRE	SKILL ESCO URL	DESCRIPTION DES APTITUDES
Étalonner, tester les capteurs, dépanner et diagnostiquer les dysfonctionnements des capteurs.	**1-1 Internet des objets (IoT) / Capteurs intelligents / Technologie 5G**	Utilisation accrue de capteurs avancés avec des procédures d'étalonnage complexes nécessitant une compréhension des protocoles de données et de la connectivité réseau.	**Internet des objets**	+	**Connaissances**	L3	**http://data.europa.eu/esco/skill/f049d050-12da-4e40-813a-2b5eb6df6b51**	Les principes généraux, les catégories, les exigences, les limites et les vulnérabilités des dispositifs intelligents connectés (la plupart d'entre eux ayant une connectivité internet prévue).
			Compréhension des principes d'étalonnage des capteurs, des protocoles de communication et de l'analyse des données.	=	**Aptitude**	L4	**http://data.europa.eu/esco/skill/6e34b68e-0d61-49f2-bc4d-571c0326d857**	Tester les capteurs à l'aide de l'équipement approprié. Recueillir et analyser les données. Contrôler et évaluer les performances du système et prendre des mesures si nécessaire.
		Utilisation de la 5G pour une transmission plus rapide des données ; mise en œuvre de l'informatique en périphérie pour un traitement localisé des données.	**Compréhension des principes d'étalonnage des capteurs, des normes, des protocoles de communication et de l'analyse des données.**		**Connaissances**	L3	**http://data.europa.eu/esco/skill/70a7b3b3-31ef-4b29-a30f-bb7299dff39b**	Les capteurs sont des transducteurs capables de détecter ou de percevoir des caractéristiques dans leur environnement. Ils détectent les changements dans l'appareil ou l'environnement et fournissent un signal optique ou électrique

								correspondant. Les capteurs sont généralement répartis en six catégories : les capteurs mécaniques, électroniques, thermiques, magnétiques, électrochimiques et optiques.
	1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse des données massives (Big Data)	Intégration avec des systèmes d'intelligence artificielle pour l'analyse de données en temps réel et le contrôle adaptatif à l'aide de données de capteurs.	**Compréhension des principes de l'IA.**	+	**Aptitude**		**http://data.europa.eu/esco/skill/e465a154-93f7-4973-9ce1-31659fe16dd2**	Les théories de l'intelligence artificielle, les principes appliqués, les architectures et les systèmes, tels que les agents intelligents, les systèmes multi-agents, les systèmes experts, les systèmes à base de règles, les réseaux neuronaux, les ontologies et les théories de la cognition.
			concepts d'apprentissage automatique				**http://data.europa.eu/esco/skill/3a2d5b45-56e4-4f5a-a55a-4a4a65afdc43**	Les principes, méthodes et algorithmes de l'apprentissage automatique, un sous-domaine de l'intelligence artificielle. Les modèles courants d'apprentissage automatique tels que les modèles supervisés ou non supervisés, les modèles semi-supervisés et les modèles d'apprentissage par renforcement.
	4-6 Maintenance prédictive	Mise en œuvre de techniques de maintenance prédictive utilisant les données des capteurs pour anticiper et prévenir les défaillances des capteurs.	**Comprendre les principes de la maintenance prédictive, l'analyse des données et leur application dans l'automatisation industrielle.**		**Connaissances**	L4	**http://data.europa.eu/esco/skill/7d913551-e17a-40ba-baf7-48d0c3b12e50**	L'utilisation de l'analyse des données et du calcul mathématique pour gérer et surveiller les conditions des machines et des processus de production.

Mettre en œuvre des pratiques durables de déploiement de capteurs	**5-X Toutes les tendances de la transition écologique / Fabrication durable**	Incorporer les tendances de la transition écologique et les pratiques de fabrication durable. Intégration de sources d'énergie renouvelables pour l'alimentation électrique.	**connaissance des tendances de la transition écologique et des principes de fabrication durable**			L3	**FR10**	Comprendre les technologies des énergies renouvelables, les processus de fabrication durables et la programmation robotique afin de participer au développement et à la mise en œuvre de solutions d'automatisation intégrées pour ces secteurs.
Gérer la sécurité et la confidentialité des données des capteurs	**3-1 Cybersécurité**	Les problèmes de cybersécurité liés à la collecte, à la transmission et au stockage des données des capteurs.	**Compréhension des principes, des normes et des meilleures pratiques en matière de cybersécurité pour protéger les données des capteurs contre les cybermenaces.**				**http://data.europa.eu/esco/skill/8088750d-8388-4170-a76f-48354c469c44**	Les méthodes qui protègent les systèmes TIC, les réseaux, les ordinateurs, les appareils, les services, les informations numériques et les personnes contre une utilisation illégale ou non autorisée.

3.7.4. IMPACTS SUR LES APTITUDES

Voici la description des nouvelles aptitudes identifiées, en suivant le format ESCO (modèle ESCO pour la description des nouvelles aptitudes)

Tableau 13 Impacts des techniciens en ingénierie des capteurs sur les aptitudes : Impacts des techniciens en ingénierie des capteurs sur les aptitudes : Impacts des techniciens en ingénierie des capteurs sur les aptitudes

RÉFÉRENTIEL DE APTITUDES (CODIFICATION LOCALE)	NOM DU CONCEPT	DESCRIPTION	ÉTIQUETTES ALTERNATIVES/SYNONYMES	TYPE DE APTITUDE	NIVEAU DE RÉUTILISATION DES APTITUDES	APTITUDE ESSENTIELLE DE	APTITUDE OPTIONNELLE DE	HIERARCHIE
FR10	Développement durable de l'automatisation	Comprendre les technologies des énergies renouvelables, les processus de fabrication durables et la programmation robotique afin de participer au développement et à la mise en œuvre de solutions d'automatisation intégrées pour ces secteurs.	Automatisation durable Progrès de l'automatisation respectueuse de l'environnement	S	Spécifique au secteur	Ingénieurs en durabilité Ingénieurs en automatisation Ingénieurs industriels Ingénieurs en fabrication Ingénieurs en procédés	Consultants en énergie Analystes des opérations	

4. RESULTATS, STATISTIQUES ET COMMENTAIRES DES EXPERTS

Grâce à ces analyses d'impact, des statistiques ont été construites, basées sur :

- Par travail, la liste des tendances impactantes et le nombre de tâches impactées.
- L'impact des tendances permet d'identifier les aptitudes nécessaires pour accompagner les changements.

4.1. NOMBRE DE TACHES IMPACTEES PAR TRAVAIL

Le nombre de tâches concernées par tendance est indiqué ci-dessous, par profession.

Ce tableau récapitule, par emploi, les tendances identifiées comme ayant un impact et donne une idée du nombre de tâches concernées au sein de l'emploi.

Tableau 14 Nombre de tâches impactées par emploi.

TITRE DE LA PROFESSION	1-1 INTERNET DES OBJETS (IOT) / CAPTEURS INTELLIGENTS / TECHNOLOGIE 5G	1-2 INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (AI) / MACHINE LEARNING / BIG DATA ANALYTICS	2-1 LA RÉALITÉ VIRTUELLE ET AUGMENTÉE	2-2 NUMÉRISATION 3D	3-1 CYBERSÉCURITÉ	4-1 IMPRESSION 3D/ FABRICATION ADDITIVE	4-2 ROBOTIQUE ET AUTOMATISATION	4-4 JUMEAUX NUMÉRIQUES	4-6 MAINTENANCE PRÉDICTIVE	5-12 INITIATIVES EN MATIÈRE DE RESPONSABILITÉ SOCIALE DES ENTREPRISES (RSE)	5-2 ÉCONOMIE CIRCULAIRE	5-3 EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE	5-6 INNOVATION EN MATIÈRE DE MATÉRIAUX DURABLES	5-X TOUTES LES TENDANCES DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE / FABRICATION DURABLE
Expert en maintenance prédictive	2	1	2	1	1						1			
Dessinateur industriel		2	1	2		2					1		1	
Technicien en ingénierie des capteurs	3	2			1				1					1
Technicien en impression 3D					1	2		1	1			1	1	
Contrôleur de robot industriel	2	3	3		1	1		1	1	1				3
Contrôleur de la qualité des produits	2	4		1	1	2	1							

4.2. DE L'IMPACT DES TENDANCES AUX APTITUDES NECESSAIRES

L'impact des tendances permet d'identifier les aptitudes nécessaires pour accompagner les changements. Afin de simplifier l'analyse, toutes les aptitudes nécessaires ont été réparties en 7 groupes. Ci-après sont regroupés les types de aptitudes nécessaires pour soutenir l'impact des tendances.

Tableau 15 Type de aptitudes nécessaires, permettant de soutenir les impacts des tendances.

TITRE DE LA PROFESSION	AYANT UN IMPACT SUR LA TECHNOLOGIE NUMÉRIQUE ET/OU LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE	LA COOPÉRATION INTERDISCIPLINAIRE ET LA GESTION DE PROJETS	TECHNOLOGIES DE PRODUCTION ET DE FABRICATION	NUMÉRISATION ET SÉCURITÉ INFORMATIQUE	COMPETENCES TECHNOLOGIQUES DE BASE	L'ANALYSE DES DONNÉES ET L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE	DURABILITÉ ET GESTION DE L'ENVIRONNEMENT	RÉALITÉ VIRTUELLE ET AUGMENTÉE
Expert en maintenance prédictive	1-1 Internet des objets (IoT) / Capteurs intelligents / Technologie 5G			2				
	1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse des données massives (Big Data)					1		
	2-1 Réalité virtuelle et augmentée	1						1
	2-2 Numérisation 3D		1					
	3-1 Cybersécurité			1				
	5-2 Économie circulaire						1	

dessinateur industriel	1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse des données massives (Big Data)					2		
	2-1 Réalité virtuelle et augmentée							1
	2-2 Numérisation 3D		2					
	4-1 Impression 3D/Fabrication additive	1	1					
	5-2 Économie circulaire						1	
	5-6 Innovation en matière de matériaux durables						1	
technicien en ingénierie des capteurs	1-1 Internet des objets (IoT) / Capteurs intelligents / Technologie 5G			2	1			
	1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse des données massives (Big Data)					2		
	3-1 Cybersécurité			1				
	4-6 Maintenance prédictive					1		

	5-X Toutes les tendances de la transition écologique / Fabrication durable						1	
Technicien en impression 3D	3-1 Cybersécurité			1				
	4-1 Impression 3D/Fabrication additive	1	1					
	4-4 Jumeaux numériques			1				
	4-6 Maintenance prédictive					1		
	5-3 Efficacité énergétique						1	
	5-6 Innovation en matière de matériaux durables						1	
Contrôleur de robot industriel	1-1 Internet des objets (IoT) / Capteurs intelligents / Technologie 5G			2				
	1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse des données massives (Big Data)					3		

	2-1 Réalité virtuelle et augmentée							3
	3-1 Cybersécurité			1				
	4-1 Impression 3D/Fabrication additive		1					
	4-4 Jumeaux numériques		1					
	4-6 Maintenance prédictive					1		
	5-12 Initiatives en matière de responsabilité sociale des entreprises (RSE)						1	
	5-X Toutes les tendances de la transition écologique / Fabrication durable	1					2	
contrôleur de la qualité des produits	1-1 Internet des objets (IoT) / Capteurs intelligents / Technologie 5G				2			
	1-2 Intelligence artificielle (IA) / Apprentissage automatique / Analyse des données massives (Big Data)					4		
	2-2 Numérisation 3D		1					

	3-1 Cybersécurité			1				
	4-1 Impression 3D/Fabrication additive		2					
	4-2 Robotique et automatisation		1					

Le recueil des aptitudes par type de aptitudes est disponible à l'annexe 10.1. Rassemblement des aptitudes par type de aptitudes.

4.3. COMMENTAIRES DES EXPERTS

Les résultats du rapport français ont été approuvés par un panel d'experts français composé de :

- **Matthieu Merciecca** : Ministère français de l'Education, Chef de la Mission Economie-Education Campus.
- **Landry Bourguignon** : Ministère de l'éducation nationale, Inspecteur d'académie et Inspecteur pédagogique régional.
- **David Krupka** : AFNOR (Association française de normalisation), responsable du développement " Ingénierie, équipements, matériaux et industrie 4.0 ".
- **Eric Fernandez** : Effi'Cairn, Manager.
- **Pierre Carillo** : IUT du Limousin, responsable des partenariats avec les entreprises, département Génie mécanique et productique.
- **Stéphane Blanchard** : Agence Ad'occ (Agence de développement économique de la région Occitanie),
- **Ali Guerroui :** AFDET (Association française pour le développement de l'enseignement technique), membre du conseil d'administration.

Ci-après les résultats d'une enquête partagée avec les participants impliqués lors de la conférence LCAMP à Aalen (Allemagne, mai 2024). Il correspond à un échantillon de 30 personnes composé de :

- 40% (12) sont des experts de l'EFP
- 30% (9) sont des apprenants
- 23% (7) sont des experts industriels
- 7% (2) proviennent des gouvernements.

Dans le schéma suivant, ces personnes ont évalué l'impact de chaque tendance numérique sur les emplois, et le nombre de aptitudes impliquées :

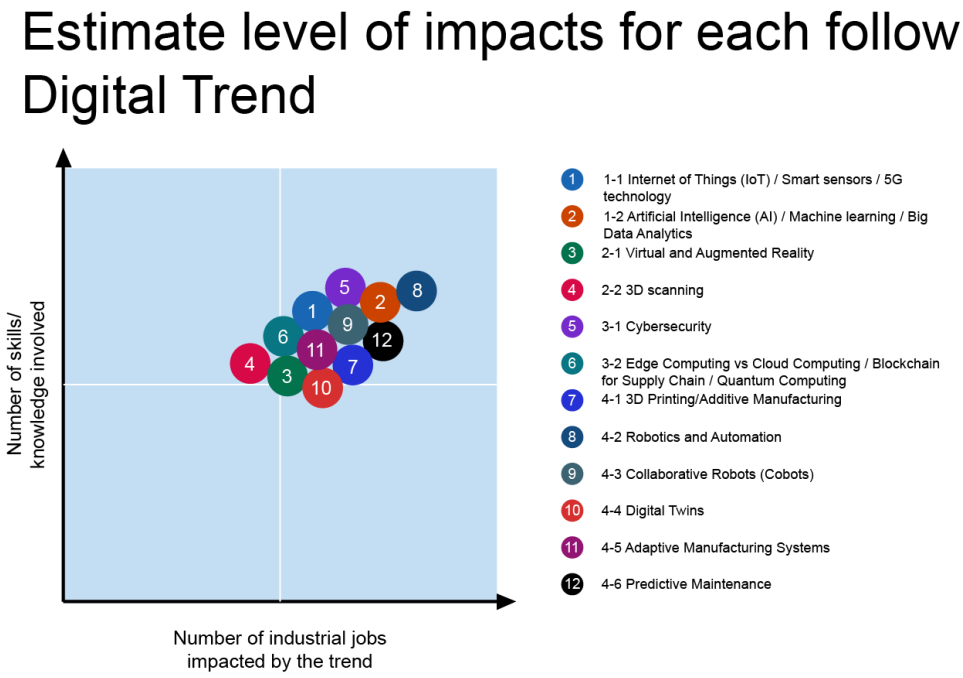


Figure 2 Niveau d'impact estimé pour chacune des tendances numériques suivantes

Dans le schéma suivant, ils ont évalué l'impact de chaque tendance de la transition verte sur les emplois et le nombre de aptitudes impliquées :

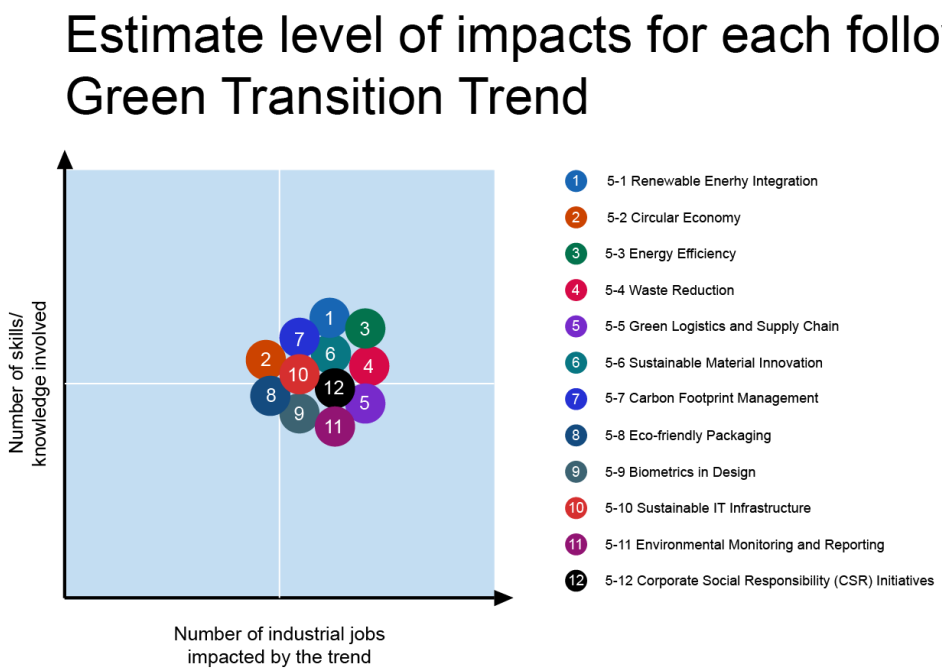


Figure 3 Niveau d'impact estimé pour chacune des tendances suivantes de la transition écologique

Dans le schéma suivant, ces personnes ont évalué les tendances de la transition numérique et écologique qui ont un impact sur la profession de contrôleur de la qualité des produits :

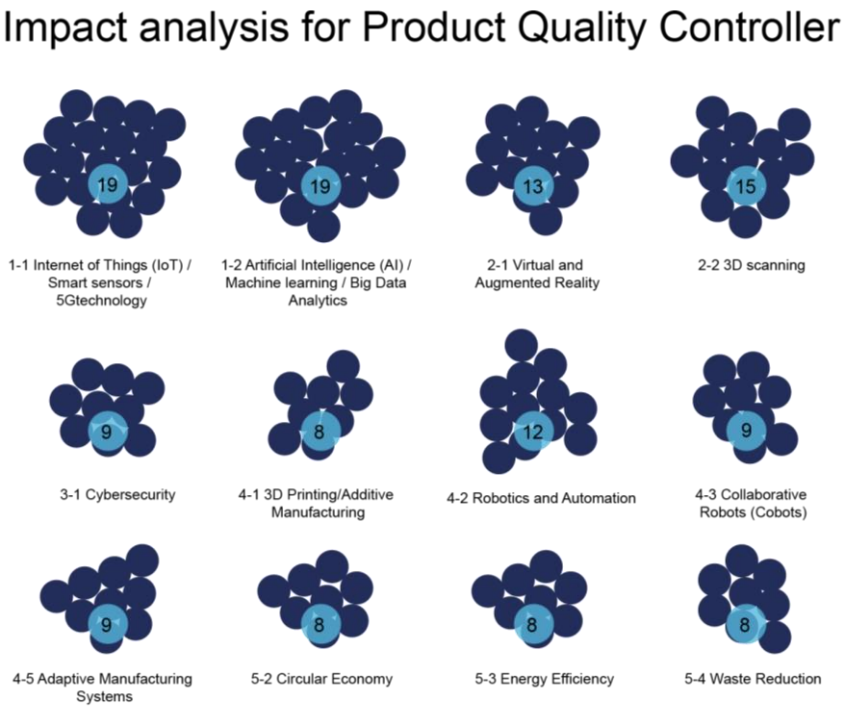
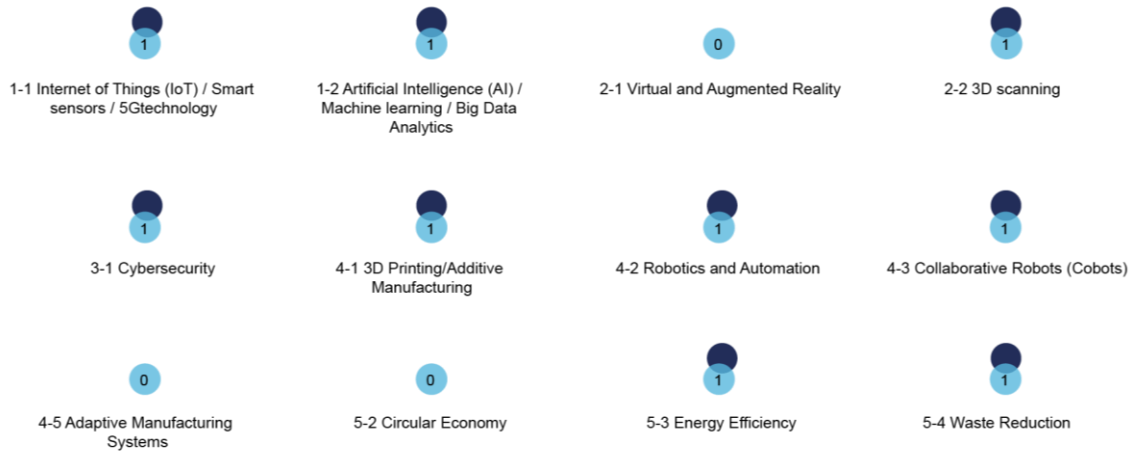


Figure 4 Analyse d'impact pour le contrôleur de la qualité des produits

Des divergences peuvent être facilement constatées entre cette enquête et l'analyse d'impact factuelle approfondie réalisée et présentée dans le présent rapport, qui peut être résumée comme suit :



:

Figure 5 Résumé de l'analyse d'impact

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce sous-rapport, qui marque la deuxième année de travail, est par nature une mise à jour intermédiaire, reflétant deux années de travail et de collaboration entre tous les partenaires et experts. L'équipe française, par exemple, s'est réunie trois fois pour examiner le travail et analyser les résultats.

L'examen des experts a montré que le nombre d'experts dans chaque pays ou région est insuffisant pour fournir une évaluation unifiée et complète des résultats. Au lieu de cela, ils ont proposé des avis d'experts individuels tels que documentés dans les sous-rapports. Un point de discussion notable entre certains experts est l'impact perçu de l'intelligence artificielle (IA) sur la conception 3D. Alors que certains experts ne voient actuellement aucun effet significatif ou considèrent qu'il s'agit d'une faible priorité, l'IA influence déjà la création et le contrôle des modèles 3D. Une compréhension approfondie des outils d'IA est essentielle pour permettre aux designers industriels de se mettre à niveau.

En outre, des études plus approfondies sont nécessaires pour analyser les impacts verts et numériques sur les emplois dans le secteur de la fabrication avancée. Cette recherche fournira aux formateurs et aux enseignants des données précieuses pour mettre à niveau les cours actuels, développer de nouveaux micro-crédits et faciliter la comparaison des résultats entre les différents pays et régions. L'objectif est d'améliorer la qualité des supports dans les années à venir.

L'objectif final est de rassembler suffisamment de données sur un nombre important d'emplois affectés par les tendances écologiques et numériques. Cela permettra de fournir des données claires et précieuses aux formateurs et aux enseignants afin de mettre à jour efficacement les programmes européens et nationaux de fabrication avancée.

6. SOURCES

Technicien en impression 3D

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P. et Suman, R. (2021). Perspectives industrielles de la numérisation 3D : Features, roles and it's analytical applications. Sensors International, 2, 100114. https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100114

Kim, C. (2021). Applications de l'inspection et du contrôle de la qualité. https://www.capture3d.com/applications/inspection-quality-control

Molitch-Hou, M. (2022). 3d printing opportunities for small businesses (opportunités d'impression 3D pour les petites entreprises). 3DPrint.Com | The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing. https://3dprint.com/293013/3d-printing-opportunities-for-small-businesses/

Yao, A. W. L. (2004). Applications of 3D scanning and reverse engineering techniques for quality control of quick response products. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 26(11-12), 1284-1288. https://doi.org/10.1007/s00170-004-2116-5

Concepteur industriel

PHI DESIGN. (2023). Agence PHI DESIGN - PHI Design. Phi Design. https://www.phi-design.com/en/lagence-phi-design/

Forum économique mondial. (2020). The future of jobs report 2020. https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2020/

Contrôleur de robot industriel

Dataiku. (2024). Dataiku Everyday AI, Extraordinary people. https://content.dataiku.com/manufacturing-efficiency/driving-efficiency-ai-manufacturing?fbclid=IwAR1JTVZbMBDGEsPKUByaHyADhN6vg3MHQJaNQ_Pu1AF3L-AN2xnBen3Vxzg

Technicien de maintenance prédictive

Ulring, E. (2023, 2 mai). Comment la maintenance prédictive améliore l'efficacité dans cinq secteurs d'activité - IBM Blog. https://www.ibm.com/blog/predictive-maintenance-efficiencies-client-case-studies/

Contrôleur de la qualité des produits

Hartmann, A. (2023). Les fabricants trouvent des opportunités dans l'IA. NAM. https://nam.org/manufacturers-find-opportunity-in-ai-23271/

D. Wang, P. Guo, & L. Li. (s.d.). "Sensor-Based Energy Efficiency Monitoring and Optimization in Industrial Processes (Surveillance et optimisation de l'efficacité énergétique basées sur des capteurs dans les processus industriels) : A review". Energy Conversion and Management.

Pech, M., Vrchota, J. et Bednář, J. (2021). Maintenance prédictive et capteurs intelligents dans l'usine intelligente : revue. Sensors, 21(4), 1470. https://doi.org/10.3390/s21041470

Srivastava, M., Rathee, S., Patel, V., Kumar, A. et Koppad, P. G. (2022). Examen de divers matériaux pour la fabrication additive : Recent trends and processing issues. Journal of Materials Research and Technology, 21, 2612-2641. https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.10.015

Y. Sun, Z. Li, & J. Liu. (n.d.). Sensor Integration for Intelligent Systems : A Review. IEEE Sensors Journal.

Y. Wu, D. He, & S. Zhao. (s.d.). "Cybersécurité pour les réseaux de capteurs : A review". IEEE Wireless Communications.

Tendances

Aegilmez, S. (2021). Manuel Forcam Force Edge. (F. gmbh, Producer) Consulté sur https://forcam.com/app/uploads/2021/11/Manual-FORCAM-FORCE-EDGE.pdf

Argolini, R., Bonalumi, F., Deichmann, J. et Pellegrinelli, S. (2023). Digital twins : La clé du développement de produits intelligents. McKinsey & Company. https://www.mckinsey.com/industries/industrials-and-electronics/our-insights/digital-twins-the-key-to-smart-product-development

Barbier, L. (2020). Industry 4.0 adoption for US aerospace and defense industry (S. Grinsted, Ed.) [Bachelor's Thesis, Aalto University]. https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/44095/bachelor_Barbier_Louis_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Belinski, R., Peixe, A., Frederico, G. et Garza-Reyes, J. (2020). Apprentissage organisationnel et industrie 4.0 : résultats d'un examen systématique de la littérature et programme de recherche. Benchmarking 27(8), 2435-2457. doi:https:// doi. org/ 10. 1108/BIJ- 04-2020- 0158

Bergs, T., Stauder, L., Beckers, A., Grünebaum, T. et Barth, S. (2021). Conception adaptative de séquences de processus de fabrication en cas de perturbations à court terme dans le processus de production. Manufacturing Letters, 27, 92-95. https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2021.01.004

Bisen, A. S. et Payal, H. (2022). Robots collaboratifs pour les tâches industrielles : A review. Materials Today : Proceedings, 52, 500-504. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.263

Carvalho, A., Mahony, N. O., Krpálková, L., Campbell, S., Walsh, J. T., & Doody, P. (2019). Edge computing appliqué aux machines industrielles. Procedia Manufacturing, 38, 178-185. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.024

Cerliani, M. (2022). Contrôle de la qualité avec l'apprentissage automatique - Vers la science des données. Medium. https://towardsdatascience.com/quality-control-with-machine-learning-d7aab7382c1e Robots collaboratifs : inspections de qualité. (s.d.). Automate. https://www.automate.org/robotics/cobots/collaborative-robots-quality-inspections

Engelhart. (2023). La réalité de la transition vers l'énergie propre. https://www.linkedin.com/pulse/reality-clean-energy-transition-engelhart-commodities-trading-part

Gordon, J. (2023). La cybersécurité dans l'industrie manufacturière - Industrial Cyber. Cyber industrielle. https://industrialcyber.co/expert/cybersecurity-in-the-manufacturing-industry/

Haarman, De Klerk, Decaigny, Mulders, Vassiliadis, Sijtsema, & Gallo. (2018). Maintenance prédictive 4.0 - Au-delà du battage médiatique : PDM 4.0 Deliver results. https://www.pwc.de/de/industrielle-produktion/pwc-predictive-maintenance-4-0.pdf

Hartmann, D. et Van Der Auweraer, H. (2020). Digital Twins. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/338853051_Digital_Twins

Huelsman, T., Powers, E., Peasley, S. et Robinson, R. (2016). Cyber risk in advanced manufacturing (risque cybernétique dans l'industrie manufacturière de pointe). Deloitte. https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/manufacturing/us-manu-cyber-risk-in-advanced-manufacturing.pdf

Kim, H., Lin, Y. et Tseng, T. (2018). Une revue sur le contrôle de la qualité dans la fabrication additive. Rapid Prototyping Journal, 24(3), 645-669. https://doi.org/10.1108/rpj-03-2017-0048

Kopacek, P. (2019). Tendances de l'automatisation de la production. IFAC-PapersOnLine, 52(25), 509-512. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.595

Loorpuu, A. (2020). Adoption of AI based predictive maintenance technologies in the manufacturing industry [mémoire de maîtrise, TU Delft]. https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:1db63388-3c42-4003-af7b-fe09085e25c3/datastream/OBJ/download

Melina.Bluhm. (2024). Comment assurer la qualité de l'impression 3D. Replique. https://replique.io/2022/05/10/how-to-ensure-quality-in-3d-printing/

Povlsen, K. (2023). Une nouvelle génération de robots peut aider les petits fabricants. Harvard Business Review. https://hbr.org/2023/11/a-new-generation-of-robots-can-help-small-manufacturers

Raj, P. et Surianarayanan, C. (2020). Digital twin : The industry use cases. In Advances in Computers (pp. 285-320). https://doi.org/10.1016/bs.adcom.2019.09.006

Ratava, J., Penttilä, S., Lund, H., Lohtander, M., Kah, P., Ollikainen, M., & Varis, J. (2019). Assurance qualité et contrôle des processus en réalité virtuelle. Procedia Manufacturing, 38, 497-504. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.063

Sallee, B. (2021). How AR can (Actually) shape the future of Manufacturing (Comment la RA peut (réellement) façonner l'avenir de la fabrication). Forbes. https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/03/04/how-ar-can-actually-shape-the-future-of-manufacturing/

Segovia, D. F., González-Mendoza, M., Mendoza, E. et González, E. (2015). Augmented reality as a tool for production and quality monitoring (La réalité augmentée comme outil de contrôle de la production et de la qualité). Procedia Computer Science, 75, 291-300. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.250

Spinger Nature Group (n.d.) Taking responsibility https://group.springernature.com/gp/group/taking-responsibility

Tzermia, C. (2021). Applications of Machine Learning and Object Recognition In Virtual Worlds [mémoire de maîtrise, Université hellénique de la Méditerranée]. https://apothesis.lib.hmu.gr/bitstream/handle/20.500.12688/10260/TzermiaChrysoula2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Zio, E. (2024). Data-driven prognostics and health management (PHM) for predictive maintenance of industrial components and systems (pronostics et gestion de la santé pilotés par les données pour la maintenance prédictive des composants et des

systèmes industriels). Dans Elsevier eBooks (pp. 113-137). https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91152-8.00014-4

7. REFERENCES

Association des industries aérospatiales. (2024). Association *des industries aérospatiales.* https://www.aia-aerospace.org/

Bill M. (s.d.). IFR Fédération internationale de robotique. Rapport du président par Marina Bill. https://ifr.org/ifr-press-releases/news/presidents-report-1-2024

Bureau of Labor Statistics, U.S. Department of Labor. (2023). Techniciens en génie électrique et électronique. Occupational Outlook Handbook. https://www.bls.gov/ooh/architecture-and-engineering/electrical-and-electronics-engineering-technicians.htm

Danton H. (2023, July). *Observatory report N1-2* (D3.2). Retrieved from https://lcamp.eu/wp-content/uploads/sites/53/2023/07/D3.2-Observatory_reportN1-2.pdf

Pichoutou P. (2024). D3.2 - M24 - A - Sous-rapport méthodologique

Organisation internationale du travail. (n.d.). Aptitudes et apprentissage tout au long de la vie. https://www.ilo.org/skills/lang--en/index.htm

Prior, M. (2023). Quelles sont les tendances du marché de l'emploi dans l'impression 3D en 2022 ? 3Dnatives. https://www.3dnatives.com/en/trends-on-the-3d-printing-job-market-in-2022-020320234/

Bureau des statistiques du travail des États-Unis. (n.d.). https://www.bls.gov/

Forum économique mondial (2023). Rapport 2020 sur l'avenir de l'emploi. https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2020/

8. INDEX DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 Résultats et services à fournir par la plate-forme LCAMP 7
Figure 2 Niveau d'impact estimé pour chacune des tendances numériques suivantes 57
Figure 3 Niveau d'impact estimé pour chacune des tendances suivantes de la transition écologique ... 57
Figure 4 Analyse d'impact pour le contrôleur de la qualité des produits 57
Figure 5 Résumé de l'analyse d'impact 58

9. INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 Liste des emplois sélectionnés 10
Tableau 2 Tâches et aptitudes liées à la profession de contrôleur de robot industriel. 14
Tableau 3 Impact du contrôleur de robot industriel sur les aptitudes 18
Tableau 4 Tâches et aptitudes liées à la profession de contrôleur de la qualité des produits. 22
Tableau 5 Impact du contrôleur de la qualité des produits sur les aptitudes 25
Tableau 6 Définition de la profession de technicien en impression 3D 26
Tableau 7 Tâches et aptitudes impactées liées à la profession de technicien en impression 3D. 30
Tableau 8 Tâches et aptitudes impactées liées à la profession d'expert en maintenance préventive. ... 34
Tableau 9 Impacts des experts en maintenance préventive sur les aptitudes 37
Tableau 10 Tâches et aptitudes impactées liées à la profession de dessinateur industriel. 40
Tableau 11 Impact du dessinateur industriel sur les aptitudes 42
Tableau 12 Tâches et aptitudes impactées liées à la profession de technicien en ingénierie des capteurs. 46
Tableau 13 Impacts des techniciens en ingénierie des capteurs sur les aptitudes : Impacts des techniciens en ingénierie des capteurs sur les aptitudes : Impacts des techniciens en ingénierie des capteurs sur les aptitudes 48
Tableau 14 Nombre de tâches impactées par emploi. 50
Tableau 15 Type de aptitudes nécessaires, permettant de soutenir les impacts des tendances. 51
Tableau 16: Collecte de aptitudes par type de aptitudes 65

10. ANNEXE

10.1. RASSEMBLEMENT DES APTITUDES PAR TYPE DE APTITUDES

Ici, après les aptitudes/types de collecte :

Tableau 16: Collecte de aptitudes par type de aptitudes

APTITUDES/CONNAISSANCES NÉCESSAIRES CONNEXES IMPACTÉES - HARMONISÉES	APTITUDES/CONNAISSANCES NÉCESSAIRES IMPACTÉES
Si la aptitude est disponible dans la base de données ESCO : Nom de la aptitude ESCO. **Si ce n'est pas le cas, indiquer le nom de la aptitude**	Si la aptitude est disponible dans la base de données ESCO : Nom de la aptitude ESCO. Si ce n'est pas le cas, indiquer le nom de la aptitude
Coopération interdisciplinaire et gestion de projet	collaborer avec toutes les équipes de parties prenantes
	collaborer avec le concepteur
	Collaborer avec les opérateurs de machines
Technologies de production et de fabrication	Technologies, matériaux et procédés d'impression 3D
	Connaître les capacités de l'impression 3D pour proposer des solutions efficaces et flexibles dans l'utilisation quotidienne des robots.
	Connaissance des technologies, matériaux et processus d'impression 3D
	Maîtrise de la technologie et des logiciels de numérisation 3D
	Maîtrise de l'outil de rétro-ingénierie
	Comprendre les capacités d'impression 3D pour créer des outils d'essai personnalisés, connaître les procédures d'essai pertinentes et les aptitudes en matière d'analyse des données.
	Comprendre les nouveaux outils de la technologie de numérisation 3D, l'analyse des données et l'identification des défauts dans les environnements industriels
	Comprendre les principes de l'impression 3D, les directives relatives à la conception pour la fabrication additive (DfAM) et les normes de qualité des produits personnalisés.
	Comprendre les systèmes robotiques, les procédures d'essais industriels et les normes de contrôle de la qualité
	Utilisation de jumeaux numériques pour l'optimisation
Numérisation et sécurité informatique	Cybersécurité

	Principes de cybersécurité - Aptitudes en matière d'évaluation des vulnérabilités et de tests de pénétration - Protocoles et bonnes pratiques en matière de sécurité des réseaux
	Internet des objets
	Connaissance de la communication des appareils IoT
	Connaissance de la technologie des capteurs
	Aptitudes en cybersécurité
	Compréhension des protocoles de communication 5G et de l'analyse des données
	Compréhension des principes de cybersécurité et des meilleures pratiques pour protéger les données des capteurs contre les cybermenaces
Compétences technologiques de base	Comprendre les données des capteurs, les techniques d'analyse des données et les principes de contrôle de la qualité dans des contextes industriels
	Compréhension des principes d'étalonnage des capteurs, des protocoles de communication et de l'analyse des données
Analyse des données et intelligence artificielle	Aptitude en IA pour la modélisation 3D
	concepts d'apprentissage automatique
	maintenance prédictive
	Aptitudes en programmation - Concepts d'IA
	Aptitudes en programmation - concepts d'apprentissage automatique
	Aptitudes techniques - analyse de données massives (big data)
	Comprendre les principes de l'IA, les techniques d'analyse des données et les méthodes d'essais non destructifs
	Comprendre les principes de l'IA, les techniques d'analyse d'images et les normes de qualité des surfaces
	Comprendre les principes de l'IA, les techniques d'analyse d'images/vidéos et les normes de contrôle de la qualité
	Comprendre les principes de la maintenance prédictive, l'analyse des données et leur application dans l'automatisation industrielle
	Compréhension des principes de l'IA
Durabilité et gestion de l'environnement	conseiller sur les solutions de développement durable
	Participation à des initiatives de RSE, compréhension des opérations éthiques
	connaissance des tendances de la transition écologique et des principes de fabrication durable
	Connaissance des principes de fabrication durable, des techniques d'efficacité énergétique et de leur impact sur les processus des robots industriels

	Connaissance des matériaux durables, des principes de conception et de leur application dans la conception de produits
	Connaissance des matériaux durables et de l'évaluation de l'impact sur l'environnement
	Analyse du cycle de vie, stratégies d'économie circulaire
	Compréhension des principes de la conception circulaire
Réalité virtuelle et augmentée	Développement de la RA conception de la formation
	Adoption croissante des technologies de RV et de RA pour la simulation, la formation et la conception de robots, afin d'améliorer la collaboration et la sécurité.
	L'adoption croissante des technologies VR et AR pour la simulation, la formation et la conception de robots, l'amélioration de la collaboration et l'amélioration de la sécurité. Réalité augmentée
	L'adoption croissante des technologies VR et AR pour la simulation, la formation et la conception de robots, l'amélioration de la collaboration et l'amélioration de la sécurité. Réalité virtuelle

Co-funded by
the European Union