

**MARCHÉ PUBLIC DE FOURNITURES COURANTES ET DE
SERVICES**

**EQUIPEMENTS PLATEAU TECHNIQUE CENTRE R&D
INDUSTRIE 4.0**

**(CCTP) - CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES
PARTICULIERES**

MARCHE PUBLIC N° 2026-210-005

Sommaire

Sommaire	2
1. Présentation générale du projet	5
1.1 Contexte et finalité	5
1.2 Implantation.....	5
1.3 Environnement existant — Ligne ErmaSmart et exigence de complémentarité	5
1.3 bis — Architecture fonctionnelle du Centre R&D.....	6
1.3 ter — Cas d'usage du plateau	6
1.4 Décomposition en lots.....	7
2. Calendrier contractuel et conditions générales d'exécution	8
2.1 Calendrier impératif de la procédure et de l'exécution	8
2.2 Obligation contractuelle d'installation et de formation	8
2.3 Formation des formateurs	8
2.3 bis Certification qualité du dispensateur de formation	9
2.3 ter Plan de formation distinct	9
2.4 Visite de site.....	9
2.5 Service après-vente et garantie	9
2.6 Exigences de sécurité et réglementaires	10
3. Lot 1 — Plateau R&D mutualisé (Brique 2).....	11
3.1 Contexte d'usage et objectifs du plateau	11
3.2 Spécifications techniques détaillées	11
3.2.1 Numérisation 3D pour rétro-ingénierie	11
3.2.2 Impression 3D FDM — postes pédagogiques multi-matière	11
3.2.3 Impression 3D SLS — procédé poudre polyamide	12
3.2.4 Impression 3D SLA/DLP — résine haute définition grand format.....	12
3.2.5 Post-traitement des pièces imprimées	12
3.2.6 Métrologie et contrôle dimensionnel	12
3.2.7 Bancs d'essais mécaniques des matériaux	13
3.2.8 Infrastructure informatique du plateau	13
4. Lot 2 — Centre R&D et Complément ErmaSmart (Brique 3).....	14
4.1 Contexte d'usage et objectifs	14
4.2 Spécifications techniques — Prototypage avancé.....	14
4.2.1 Impression 3D FDM grand format et longue durée	14
4.2.2 Impression 3D SLA haute précision	14
4.2.3 Four de post-traitement résine	14
4.2.4 Thermoformeuse semi-industrielle	14
4.2.5 Micro-presse à injection plastique	15
4.2.6 Laser CO2 industriel grand format	15
4.2.7 Fraiseuse CNC de précision — prototypage mécanique et PCB	15
4.2.8 Scanner 3D portatif de précision industrielle.....	15
4.2.9 Outillage et postes d'assemblage	15
4.2.10 Sécurité atelier	15
4.3 Spécifications techniques — Laboratoire IoT & CISIO	16

4.3.1 Équipements de mesure et débogage électronique	16
4.3.2 Plateforme de développement IoT — nœuds capteurs	16
4.3.3 Capteurs intelligents IO-Link et passerelles — instrumentation ErmaSmart	16
4.3.4 Infrastructure réseau LoRaWAN campus	16
4.3.5 Station d'impression de circuits imprimés	16
4.4 Spécifications techniques — Industrie 4.0, automatismes et instrumentation complémentaire ErmaSmart	16
4.4.1 Contrôleur IoT industriel Linux embarqué	17
4.4.2 Vision industrielle — instrumentation contrôle qualité ErmaSmart	17
4.4.3 Jumeaux numériques 3D programmables — complémentarité ErmaSmart	17
4.5 Spécifications techniques — Data, IA et edge computing	17
4.5.1 Serveur GPU pour IA générative et computer vision	17
4.5.2 NAS Data Lake campus	18
4.5.3 Modules d'inférence IA embarquée (edge AI).....	18
4.5.4 Firewall de segmentation réseau OT/IoT/IT	18
4.5.5 Postes de cybersécurité (pentest IoT)	18
4.5.6 Rack réseau mobile.....	18
4.6 Spécifications techniques — CAO et infrastructure informatique	18
4.6.1 Stations de travail CAO	18
4.6.2 Logiciel de CAO 3D numérique	18
4.7 Spécifications techniques — Cobotique	19
4.7.1 Robot collaboratif industriel	19
4.8 Spécifications techniques — Complément ErmaSmart : supervision, MES, réalité augmentée et maintenance	19
4.8.1 Gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO)	19
4.8.2 Supervision et conduite par supervision (SCADA).....	19
4.8.3 Réalité augmentée et instructions visuelles d'assistance opérateur	19
4.8.4 MES — Gestion de production et instructions visuelles	20
5. Lot 3 — Consommables de première année.....	21
5.1 Consommables spécifiques au plateau TSFA (Brique 2).....	21
5.2 Consommables du Centre R&D (Brique 3).....	21
6. Programme de formation associé aux Lots 1 et 2.....	22
6.1 Formation associée au Lot 1 — Plateau R&D mutualisé.....	22
6.2 Formation associée au Lot 2 — Centre R&D et complément ErmaSmart	22
6.3 Supports documentaires	22
7. Tableau de synthèse des quantités.....	24
Lot 1 — Plateau R&D mutualisé (Brique 2)	24
Lot 2 — Centre R&D et Complément ErmaSmart (Brique 3)	24
Lot 3 — Consommables Initiaux	26
8. Clauses finales	28
8.1 Visite de site.....	28
8.2 Variantes et options	28
8.3 Propriété et confidentialité	28
8.4 Réception et levée de réserves	28

Maître d'ouvrage	CCI Vaucluse
Structure opératrice	AVPI — Académie Vaucluse Provence Industrie, gestionnaire du Campus Industrie
Dispositif de financement	BPI France — Programme Industrie 4.0
Lieu de déploiement	Campus Industrie AVPI, 60 Chemin de Fontanille, 84000 Avignon — espace dédié R&D (Bâtiment B1 salle 104 principal, extension potentielle B3, atelier Electrotechnique)
Objet du marché	Fourniture, livraison, installation et formation — Équipements du plateau technique du Centre R&D, à destination mixte entreprises et étudiants
Lots	Lot 1 — Plateau R&D mutualisé (Brique 2) Lot 2 — Centre R&D + Complément ErmaSmart (Brique 3) Lot 3 — Consommables
Budgets plafonds HT (max impératifs, formation incluse)	Lot 1 : 110 000 € HT Lot 2 : 295 000 € HT Lot 3 : 17 000 € HT
Date limite de réception des offres	10 septembre 2026
Délai contractuel d'exécution	Livraison, installation, formation et finalisation complète au plus tard le 31 décembre 2026

Ce document constitue le Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) relatif à l'acquisition, la livraison, l'installation et la formation associée aux équipements du plateau technique du Centre R&D, marché porté par la CCI Vaucluse dans le cadre du dispositif BPI France Industrie 4.0. Ces équipements seront déployés sur le site du Campus Industrie AVPI (Agroparc, Avignon), dans un espace dédié à la R&D, principalement au Bâtiment B1, avec extension potentielle au Bâtiment B3. Le présent document concerne les Briques 2 (Plateau R&D mutualisé) et 3 (Centre R&D, incluant le complément de complémentarité avec la ligne ErmaSmart), ainsi que l'ensemble des consommables de première année afférents. Le centre est conçu pour un usage hybride, à destination conjointe des entreprises du territoire et des étudiants en formation.

1. Présentation générale du projet

1.1 Contexte et finalité

Le Centre R&D est un équipement structurant porté par la CCI Vaucluse, dans le cadre du dispositif BPI France Relance - Industrie 4.0 « soutien à l'investissement industriel dans les territoires ». Il est déployé sur le site du Campus Industrie AVPI (Agroparc, Avignon), domaine CCI Vaucluse, opéré par l'Académie Vaucluse Provence Industrie (AVPI) sur l'axe formation, au sein d'un espace dédié à la R&D.

Le Centre R&D a une vocation hybride et s'adresse à deux publics complémentaires :

- les entreprises du territoire, qui accèdent aux équipements pour leurs propres projets de R&D, de prototypage, de validation de design ou d'expérimentation Industrie 4.0 ;
- les étudiants en formation initiale et continue sur le Campus Industrie AVPI (BTS CRSA, BTS CPI, BTS Électrotechnique, CISIO, TSFA, Performance industrielle...), pour lesquels le centre constitue un plateau pédagogique de haut niveau technologique.

Cette double destination structure l'ensemble des exigences techniques du présent CCTP : les équipements doivent offrir un niveau de performance et de robustesse compatible avec un usage professionnel, tout en restant accessibles et pédagogiquement exploitables dans le cadre de travaux pratiques encadrés.

Le plateau technique est organisé en trois briques complémentaires. Le présent CCTP traite des Briques 2 et 3, qui constituent le cœur technologique du centre, ainsi que des consommables associés pour la première année de fonctionnement.

1.2 Implantation

Le Centre R&D est implanté dans un espace dédié, au sein du Campus Industrie AVPI, principalement au Bâtiment B1, avec une extension potentielle au Bâtiment B3 pour les équipements nécessitant un lien fonctionnel direct avec la ligne ErmaSmart. La surface utile disponible est estimée à 100m² en B1, complétés par environ 30 m² en B3. L'accès, la manutention et la mise en place de tous les équipements sont à la charge du titulaire.

1.3 Environnement existant — Ligne ErmaSmart et exigence de complémentarité

Le centre dispose d'une ligne pédagogique et industrielle de conditionnement automatisée ErmaSmart déjà en place, composée des équipements suivants :

- Dosaxe ErmaSmart (dosage industriel automatisé) ;
- Robot collaboratif de bouchage et d'assemblage ErmaSmart ;
- Système cartésien ErmaSmart (pick&place XYZ) ;
- Scénario de découverte de la ligne ErmaSmart ;
- Appareil d'analyse vibratoire VShooter.

La complémentarité avec cette ligne constitue une exigence structurante du présent marché et non une simple compatibilité optionnelle. Les équipements, notamment proposés au titre du lot 2, devront, chacun dans son domaine, renforcer, instrumenter ou prolonger les capacités de la ligne ErmaSmart existante :

- les automates, passerelles IIoT et capteurs intelligents du Lot 2 devront permettre l'instrumentation et la remontée de données de la ligne ErmaSmart (via IO-Link, Modbus, OPC-UA selon les protocoles documentés ci-après) ;
- le serveur GPU IA, les modules d'inférence embarquée et les outils de vision industrielle devront être en capacité d'exploiter les données et flux vidéo issus des postes de la ligne ErmaSmart pour des cas d'usage de contrôle qualité ou de maintenance prédictive ;
- les solutions de jumeau numérique, de réalité augmentée, de supervision et de MES (gestion de production) devront s'interfacer nativement avec les automates pilotant les postes Dosaxe, robot collaboratif de bouchage/assemblage et système cartésien de la ligne ErmaSmart ;
- l'appareil d'analyse vibratoire VShooter devra pouvoir alimenter, via les passerelles et capteurs du Lot 2, un pipeline de maintenance prédictive exploité dans l'environnement Data/IA du centre.

Les répondants devront impérativement décrire, dans leur offre technique, les modalités précises d'interfaçage proposées avec la ligne ErmaSmart, notamment les protocoles supportés (OPC-UA, MQTT, Modbus, IO-Link), les formats d'échange de données et les scénarios de démonstration envisagés associant les équipements livrés et la ligne existante. Ce critère de complémentarité fonctionnelle est noté au titre du critère « cohérence avec le projet de Centre R&D » (voir section 7).

1.3 bis — Architecture fonctionnelle du Centre R&D

La présente section a pour unique objet de permettre aux candidats de comprendre le fonctionnement global du plateau technique et l'intégration attendue de leurs équipements dans l'écosystème existant. Elle ne crée aucune obligation supplémentaire au-delà des spécifications techniques des sections 3 et 4.

Le Centre R&D est organisé en cinq niveaux fonctionnels superposés :

Niveau 1 — Terrain (physique)

La ligne ErmaSmart (Dosaxe, robot collaboratif de bouchage/assemblage, système cartésien pick&place, VShooter) — équipements existants, non remplacés par le présent marché ; les équipements de prototypage multi-procédés (impression 3D FDM/SLS/SLA, laser CO2, CNC, thermoformeuse, injection plastique) — Lots 1 et 2 ; les équipements IoT (nœuds capteurs, nano-ordinateurs Linux, kits capteurs multi-paramètres) — Lot 2.

Niveau 2 — Acquisition (instrumentation)

Capteurs intelligents IO-Link (mallettes IFM et SICK) ; contrôleurs et passerelles IIoT (contrôleurs Linux embarqués, passerelles LoRaWAN, routeurs 4G/VPN) ; protocoles industriels ouverts : IO-Link, OPC-UA, Modbus RTU/TCP, MQTT, LoRaWAN.

Niveau 3 — Données (stockage et historisation)

Collecte et historisation des données industrielles, des résultats de projets et des sorties IoT ; stockage mutualisé sur infrastructure NAS de niveau entreprise (Data Lake campus) ; archivage des données issues de la ligne ErmaSmart, des scans 3D et des jeux de données IA.

Niveau 4 — Intelligence (traitement IA et vision)

Serveur GPU central pour l'entraînement de modèles, le déploiement de LLM locaux et les pipelines de vision industrielle ; modules d'inférence IA embarquée (edge AI) pour les cas d'usage temps réel sans connexion cloud ; mallette vision industrielle pour le contrôle qualité sur la ligne ErmaSmart.

Niveau 5 — Exploitation (supervision et pilotage)

Poste de supervision SCADA pour la conduite de la ligne ErmaSmart ; MES à instructions visuelles pour le suivi des ordres de fabrication, des cadences et du TRS ; GMAO pour la maintenance préventive de l'ensemble du parc (ligne ErmaSmart incluse) ; jumeaux numériques 3D programmables des trois postes ErmaSmart (Dosaxe, robot bouchage, pick&place) ; casque de réalité augmentée et scénarios d'assistance opérateur.

1.3 ter — Cas d'usage du plateau

La présente section décrit les usages attendus du plateau et les domaines d'application couverts. Elle n'a pas pour objet de créer des obligations nouvelles mais d'aider les candidats à calibrer leurs offres avec la réalité des besoins pédagogiques et R&D.

1. Prototypage industriel multi-procédés

Fabrication additive multi-procédés (FDM, SLS poudre, SLA résine) — pièces fonctionnelles, prototypes clients, maquettes de validation ; thermoformage et injection plastique micro-séries — validation de design packaging, coques de protection ; découpe et gravure laser industrielle grand format — acrylique, composite, bois, matériaux variés ; fraisage CNC de précision — pièces alu, plastique, PCB fraisés ; rétro-ingénierie — numérisation 3D, extraction de surfaces, reconstruction CAO.

2. Produits connectés et électronique IoT

Développement de nœuds IoT (capteurs, actionneurs, connectivité Wi-Fi / LoRaWAN / BLE) ; prototypage et fabrication de circuits imprimés sur site (PCB) ; edge computing embarqué — traitement local des données sans dépendance cloud ; projets de produits connectés complets (conception, électronique, boîtier, firmware).

3. Industrie 4.0 et automatismes

Instrumentation de la ligne ErmaSmart via capteurs intelligents IO-Link et passerelles IIoT ; supervision, conduite et analyse de production (SCADA, MES, TRS, OF) ; interconnexion OT/IT via protocoles ouverts (OPC-UA, MQTT, Modbus) ; jumeaux numériques et réalité augmentée — simulation de la ligne avant déploiement ; maintenance prédictive basée sur les données vibratoires et IoT (pipeline VShooter → Data/IA).

4. Data et Intelligence Artificielle

Vision industrielle appliquée au contrôle qualité des pièces produites sur la ligne ErmaSmart ; IA générative locale — déploiement et inférence de modèles de langage open source sur infrastructure GPU dédiée ; IA embarquée — déploiement de modèles compacts sur modules edge AI pour applications temps réel ; exploitation de données industrielles — analytics, dashboards, détection d'anomalies, maintenance prédictive.

5. Cybersécurité industrielle

Segmentation des réseaux OT / IoT / IT — cloisonnement pédagogique de zones industrielles ; démonstration et TP sur les architectures de cybersécurité industrielle ; audit et tests de pénétration IoT en environnement isolé ; sécurisation des flux IoT et des données issues de la ligne ErmaSmart.

1.4 Décomposition en lots

Le marché est décomposé en trois lots distincts, pouvant faire l'objet de soumissions séparées ou groupées par des fournisseurs différents. L'installation et la formation sont des obligations contractuelles non dissociables de la fourniture, pour chaque lot, quel que soit le titulaire retenu :

N° Lot	Intitulé	Périmètre
Lot 1	Plateau R&D orienté TSFA (Brique 2)	Équipements d'impression 3D multi-procédés (FDM, SLS, SLA), post-traitement, métrologie, numérisation 3D et bancs d'essais matériaux, formation incluse
Lot 2	Centre R&D + Complément ErmaSmart (Brique 3)	Équipements de prototypage avancé, laboratoire IoT/CISIO, automatismes Industrie 4.0, Data/IA, cobotique, infrastructure informatique, et ensemble des équipements de complémentarité avec la ligne ErmaSmart (jumeaux numériques, capteurs intelligents, vision, réalité augmentée, supervision, MES, GMAO), formation incluse
Lot 3	Consommables annuels	Fournitures consommables première année, toutes briques (filaments, poudres, résines, composants électroniques, substrats PCB, câblage)

Les soumissionnaires peuvent répondre à un ou plusieurs lots, le Lot 1 et le Lot 2 pouvant être attribués à des titulaires différents. La candidature à plusieurs lots peut faire l'objet d'une remise globale, qui sera valorisée dans l'analyse. Chaque lot est néanmoins évalué et attribué indépendamment, et chaque titulaire — quel que soit le lot — demeure pleinement responsable de l'installation complète et de la formation associée à son périmètre.

2. Calendrier contractuel et conditions générales d'exécution

2.1 Calendrier impératif de la procédure et de l'exécution

Étape	Échéance	Observations
Date limite de réception des offres	10 septembre 2026	Aucune offre reçue après cette date ne sera examinée
Notification du marché	Fin septembre 2026	Sous réserve des délais de procédure de la commande publique
Livraison des équipements	Au plus tard décembre 2026	Conditionne le respect de l'échéance finale
Installation et mise en service	Au plus tard décembre 2026	Comprise dans l'échéance globale ci-dessous
Formation des formateurs	Au plus tard décembre 2026	Comprise dans l'échéance globale ci-dessous
Finalisation complète (réception sans réserve)	31 décembre 2026 au plus tard	Échéance contractuelle impérative, objet du critère de notation délai et des pénalités de retard

Le respect de cette échéance constitue un engagement contractuel ferme du titulaire, intégré comme critère d'attribution (15 points, voir section 7) et assorti de pénalités de retard (voir section 2.4). Les soumissionnaires indiqueront dans leur offre un planning détaillé prévoyant les étapes intermédiaires (commande fournisseurs, fabrication, transport, livraison, installation, recette, formation) permettant d'attester du respect de cette échéance.

2.2 Obligation contractuelle d'installation et de formation

L'installation complète des équipements sur le site du Campus Industrie AVPI et la formation des formateurs constituent des obligations contractuelles obligatoires et non optionnelles pour le titulaire des lots 1 et 2.. Aucune offre limitée à la seule fourniture de matériel, sans installation ni formation, ne sera recevable. Cette obligation s'applique identiquement que les Lots 1 et 2 soient attribués au même titulaire ou à des titulaires distincts : chaque titulaire reste responsable, pour son périmètre, de l'installation complète et de la formation des formateurs sur les équipements qu'il fournit.

Tous les équipements seront livrés, déballés, mis en place et mis en service par le titulaire, dans les locaux désignés du Campus Industrie AVPI, Bâtiment B1 (et B3 le cas échéant). Les opérations de manutention, de raccordement électrique (en attente de tableau), de mise en réseau informatique et de vérification du bon fonctionnement sont incluses dans le périmètre du marché.

2.3 Formation des formateurs

Le titulaire assure, à l'issue de l'installation et de la vérification de bon fonctionnement, la formation complète des formateurs d'AVPI sur les équipements livrés. Cette formation doit permettre une prise en main autonome des équipements dans un contexte pédagogique (usage en TP, mise en situation de groupes d'étudiants, maintenance de premier niveau) ainsi qu'un usage par des entreprises en accès R&D.

La formation portera a minima sur :

- la mise en route et l'arrêt des équipements, y compris les procédures de sécurité ;
- la configuration et la calibration des paramètres principaux ;
- la conduite des cycles de production/fabrication représentatifs des usages pédagogiques et R&D ;
- les interventions de maintenance de premier niveau et la gestion des consommables ;
- le diagnostic des pannes courantes et les procédures d'escalade SAV ;
- pour le Lot 2, les modalités d'interfaçage et de mise en œuvre conjointe avec la ligne ErmaSmart existante.

Les supports de formation (guides opérateur, fiches de maintenance, tutoriels vidéo) seront remis à la CCI Vaucluse en version numérique dans le délai d'une semaine suivant la dernière session.

2.3 bis Certification qualité du dispensateur de formation

Le soumissionnaire devra idéalement justifier, pour la dispense des actions de formation prévues au présent marché, d'une certification Qualiopi en cours de validité, ou de tout dispositif équivalent reconnu attestant de la qualité de son organisme de formation. Cette certification, lorsqu'elle est détenue par le soumissionnaire ou par le sous-traitant chargé de la formation, sera valorisée dans l'analyse de l'offre au titre du critère de cohérence pédagogique et de qualité du dispositif de formation (voir section 7). À défaut de certification Qualiopi, le soumissionnaire pourra justifier d'une expérience équivalente et de références de formations dispensées dans un contexte comparable.

2.3 ter Plan de formation distinct

Les actions de formation prévues au titre des Lots 1 et 2 font l'objet d'un plan de formation spécifique, distinct du reste de l'offre technique, à produire par le soumissionnaire. Ce plan de formation détaillera notamment :

- le nombre de jours de formation proposés par équipement ou groupe d'équipements, et leur articulation avec le programme détaillé en section 6 ;
- les objectifs pédagogiques et les compétences visées à l'issue de chaque module de formation ;
- les modalités pédagogiques retenues (démonstration, mise en pratique encadrée, évaluation des acquis) ;
- le profil et les qualifications des formateurs mobilisés, ainsi que, le cas échéant, la mention de la certification Qualiopi du dispensateur ;
- les supports et livrables remis à l'issue de la formation (section 6.3).

Ce plan de formation distinct est exigé pour chaque lot auquel le soumissionnaire répond, et constitue une pièce obligatoire de l'offre.

2.4 Visite de site

Une visite du site du Campus Industrie AVPI, Bâtiment B1, n'est pas obligatoire pour la remise des offres. Elle peut néanmoins être organisée à la demande de tout soumissionnaire souhaitant valider les contraintes d'accès et de manutention, les disponibilités en alimentation électrique, les besoins d'extraction d'air pour les équipements concernés, ou l'état des réseaux informatiques existants. Les demandes de visite sont à adresser à la CCI Vaucluse selon les modalités précisées dans le règlement de la consultation.

Contact : M. Pierre BROUARD – courriel : pbrouard@vaucluse.cci.fr

2.5 Service après-vente et garantie

Le titulaire s'engage sur un service après-vente robuste et réactif, incluant :

- une garantie minimum de deux ans sur l'ensemble des équipements livrés, couvrant les défauts de fabrication, les pannes d'origine matérielle et les défauts de mise en service ;
- un engagement de délai d'intervention sur site de 48 heures ouvrées maximum à compter du signalement d'une panne bloquante ;
- la disponibilité garantie des pièces de rechange et des consommables d'entretien (buses, filtres, optiques) pendant au minimum cinq ans après la date de livraison ;
- un accès à une hotline technique en langue française, disponible pendant les horaires d'ouverture du centre (lundi–vendredi, 8h00–18h00) ;
- la fourniture d'un contrat de maintenance préventive optionnel, chiffré séparément dans l'offre.

Pour les équipements critiques au fonctionnement pédagogique et R&D (imprimantes SLS, bancs d'essais, serveur GPU, cobot, équipements de supervision et MES), une procédure de remplacement ou de prêt d'équipement de substitution pourra être proposée et sera valorisée dans l'analyse des offres.

2.6 Exigences de sécurité et réglementaires

Tous les équipements livrés devront être conformes à la réglementation européenne applicable (directives machines 2006/42/CE, basse tension 2014/35/UE, compatibilité électromagnétique 2014/30/UE, marquage CE). Les équipements laser de classe 4 (laser CO2 industriel) devront être livrés avec toutes les protections réglementaires, dispositifs d'interverrouillage et signalétiques obligatoires. La zone SLS (poudre polyamide PA12 pulvérulente) fera l'objet d'un isolement physique conforme aux règles ATEX applicables ; le titulaire fournira la documentation ATEX correspondante.

3. Lot 1 — Plateau R&D mutualisé (Brique 2)

3.1 Contexte d'usage et objectifs du plateau

Le plateau de la Brique 2 répond en priorité aux exigences du référentiel TSFA (Technicien Supérieur en Fabrication Additive), diplôme de niveau 5 qui impose la maîtrise de l'ensemble des procédés de fabrication additive (FDM, SLS, SLA/DLP) ainsi que des techniques de métrologie, de contrôle des matériaux et de rétro-ingénierie. Conformément à la vocation hybride du Centre R&D, ce plateau est mutualisé entre les usages pédagogiques (BTS, formation TSFA) et les projets R&D portés par des entreprises du territoire accédant aux équipements pour leurs propres besoins de prototypage et de caractérisation matériaux.

Le plateau doit permettre, en configuration de classe opérationnelle, la conduite simultanée de travaux pratiques pour un groupe pouvant aller jusqu'à douze étudiants, répartis sur plusieurs postes d'impression, de métrologie et de post-traitement. La robustesse industrielle des équipements, leur fiabilité en usage intensif et leur adéquation stricte au référentiel TSFA sont des critères essentiels.

3.2 Spécifications techniques détaillées

3.2.1 Numérisation 3D pour rétro-ingénierie

Un scanner 3D de précision destiné aux travaux pratiques de rétro-ingénierie est requis (quantité : 1). Ce dispositif sera utilisé pour la capture de pièces mécaniques complexes, le contrôle géométrique de pièces fabriquées et la production de nuages de points exploitables en CAO. Les performances minimales attendues sont les suivantes :

- Précision de numérisation : 20 µm ou inférieure ;
- Technologie de capture : laser structuré et/ou infrarouge binoculaire ;
- Fonctionnement sans fil ou avec autonomie batterie suffisante pour une session de TP complète (minimum 4 heures) ;
- Plateau rotatif motorisé fourni pour la numérisation automatisée d'objets de format petit à moyen ;
- Logiciel de traitement du nuage de points livré avec la solution, compatible Windows, permettant la reconstruction de surfaces et l'export en formats STL, STEP, IGES.

Un logiciel de rétro-ingénierie professionnelle (quantité : 1 licence) devra être fourni en licence éducation, permettant le surfacage hybride, l'extraction de primitives géométriques, la modélisation depuis nuage de points, et l'export vers les principaux environnements CAO. La licence sera de type perpétuel monoposte ou en réseau.

3.2.2 Impression 3D FDM — postes pédagogiques multi-matière

Trois machines (quantité : 3) d'impression FDM de capacité grand format sont requises pour permettre la conduite de travaux pratiques simultanés sur trois groupes d'étudiants. Chaque machine présentera les caractéristiques minimales suivantes :

- Volume de construction : minimum 300 × 300 × 300 mm ;
- Vitesse d'impression : minimum 300 mm/s en conditions nominales ;
- Chambre de construction fermée et chauffée à au moins 50°C pour la compatibilité avec les filaments techniques (PA, ABS, ASA) ;
- Système multi-matière (changement automatique de filament) permettant l'impression bicolore ou multi-matière sans intervention manuelle ;
- Compatibilité filaments : PLA, PETG, ABS, ASA, PA (nylon), PETG-CF ;
- Interface de suivi et pilotage à distance.

Une machine (quantité : 1) d'impression FDM de niveau industriel est requise en complément, pour les filaments techniques certifiables et les pièces fonctionnelles soumises à contraintes mécaniques ou thermiques. Cette machine présentera les caractéristiques minimales suivantes :

- Volume de construction : minimum 250 × 220 × 250 mm ;
- Température d'extrusion : minimum 340°C (compatibilité PC, PA-CF, PEI/Ultem) ;
- Chambre fermée chauffée à au moins 70°C ;

- Double tête d'extrusion (matériau + support soluble) ;
- Système de filtration HEPA H13 intégré.

Trois boîtes (quantité : 3) de séchage actif de filaments hygroscopiques sont requises, avec contrôle et régulation de l'hygrométrie, taux d'humidité résiduelle inférieur à 15% HR.

3.2.3 Impression 3D SLS — procédé poudre polyamide

Un système complet (quantité : 1) d'impression 3D par frittage sélectif laser (SLS) sur matériau poudre polyamide est requis. Le système livré sera complet et comprendra a minima :

- L'imprimante SLS proprement dite, d'un volume de construction permettant des pièces représentatives d'usages industriels ;
- Une station de gestion de la poudre permettant le criblage, la récupération et le conditionnement de la poudre usagée ;
- Un aspirateur certifié ATEX adapté à la collecte de poudres fines explosibles ;
- Une station de sablage ou finition de surface post-impression ;
- Un jeu d'outils dédiés à la manipulation des pièces et de la poudre ;
- Un kit de consommables de démarrage (poudre polyamide PA12 ou équivalent technique, quantité permettant au minimum cinq cycles complets de formation).

La zone SLS sera obligatoirement installée dans un espace isolé ou semi-isolé, ventilé en surpression ou dépression contrôlée. Le titulaire fournira les préconisations d'installation et la documentation technique relative aux risques ATEX associés à la poudre PA12.

3.2.4 Impression 3D SLA/DLP — résine haute définition grand format

Un système (quantité : 1) d'impression par photopolymérisation (SLA ou DLP) de format grand est requis. Le système complet comprendra :

- L'imprimante résine, avec une résolution d'impression inférieure à 35 µm en XY, un volume de construction d'au moins 300 × 180 × 300 mm ;
- Une station de lavage des pièces (alcool isopropylique ou solvant dédié) de capacité adaptée au format d'impression ;
- Une station de polymérisation UV complète ;
- Un réservoir de remplacement inclus.

Les résines compatibles devront inclure a minima : résine standard, résine flexible/élastomère, résine haute température.

3.2.5 Post-traitement des pièces imprimées

- Un système (quantité : 1) de tribofinition par bol vibrant, permettant l'adoucissement de surface des pièces SLS en PA12 et le polissage de surface des pièces métalliques, bol d'au moins 3 litres de capacité, avec kit de médias de finition ;
- Un ensemble d'outillage (quantité : 3 outils de découpe précise + 8 outils de finition thermique à embouts interchangeables) pour le retrait de supports SLA, le lissage des surfaces FDM et le débouchage de pores.

3.2.6 Métrologie et contrôle dimensionnel

Conformément aux exigences du référentiel TSFA, le plateau doit disposer d'un ensemble complet d'instruments de métrologie. Les équipements suivants sont requis :

- Un marbre (quantité : 1) en fonte grise ou granit, format minimum 500 × 300 mm, certifié plan à une tolérance de grade inférieure à 5 µm ;
- Une balance de précision (quantité : 1), capacité minimum 20 kg, résolution 0,1 g, avec connectivité de traçabilité (USB, RS232 ou réseau) ;
- Un rugosimètre (quantité : 1) portable ou de paillasse permettant la mesure des paramètres Ra et Rz selon les normes EN ISO 4287/4288, plage de mesure Ra de 0,05 à 16 µm, fourni avec son certificat d'étalonnage ;
- Une colonne de mesure 2D (quantité : 1) permettant la mesure de hauteurs et de planéité, affichage numérique, résolution 1 µm ou inférieure ;

- Huit ensembles (quantité : 8) de mesure dimensionnelle courante constitués chacun d'un pied à coulisse numérique 150 mm résolution 0,01 mm, d'une jauge de profondeur et d'un micromètre extérieur, accompagnés de cales étalons. Ces huit ensembles permettent la conduite simultanée de TP de mesure pour un groupe entier ;
- Un microscope optique ou loupe de mesure (quantité : 1) permettant la lecture des empreintes d'indentation de dureté Brinell.

3.2.7 Bancs d'essais mécaniques des matériaux

Un système (quantité : 1) de caractérisation mécanique des matériaux imprimés est requis. Ce système comprendra a minima :

- Un bâti de test bi-colonne motorisé permettant les essais de traction, de compression et de dureté, capacité maximale en force d'au moins 5 kN ;
- Un dispositif d'acquisition simultanée de la force et du déplacement, avec logiciel de pilotage Windows permettant le traçage automatique des courbes contrainte/déformation ;
- Des accessoires pour essais de compression, de traction (mors autoserrants ISO 527) et de dureté Brinell (pénétrateur bille 5 mm) ;
- Un capteur de force (quantité : 1) de sensibilité réduite (100 à 500 N) pour les essais sur matériaux fragiles ;
- Un outillage (quantité : 1) pour essais de flexion 3 points, entraxe réglable de 4 à 150 mm, capacité jusqu'à 20 kN ;
- Un outillage (quantité : 1) pour essais de cisaillement, capacité jusqu'à 20 kN ;
- Un outillage (quantité : 1) pour essais d'emboutissage, diamètre poinçon 8 mm, capacité jusqu'à 20 kN.

Des échantillons de référence pour la vérification du banc seront fournis avec le système, permettant la prise en main et la vérification de l'étalonnage en conditions de formation.

3.2.8 Infrastructure informatique du plateau

Trois stations de travail (quantité : 3) à hautes performances graphiques sont requises pour la CAO, le post-traitement de nuages de points, la préparation des fichiers d'impression et la simulation numérique. Chaque station présentera les caractéristiques minimales suivantes :

- Processeur : 8 cœurs physiques minimum, fréquence de base 3,0 GHz ou supérieure ;
- Mémoire RAM : 32 Go DDR5 ou équivalent ;
- Carte graphique professionnelle ou haute performance, certifiée pour les logiciels CAO professionnels, VRAM minimum 8 Go ;
- Stockage : SSD NVMe 1 To minimum ;
- Écran 27 pouces ou supérieur, résolution 2560×1440 ou supérieure ;
- Système d'exploitation Windows 11 Pro.

4. Lot 2 — Centre R&D et Complément ErmaSmart (Brique 3)

4.1 Contexte d'usage et objectifs

Le Centre R&D constitue le cœur technologique du plateau porté par la CCI Vaucluse au titre du dispositif BPI France Industrie 4.0. Il se distingue du plateau de la Brique 2 par une vocation plus large, articulée autour de cinq axes complémentaires :

- Le prototypage avancé multi-procédés, avec des équipements de niveau industriel offrant des capacités non disponibles sur le plateau de la Brique 2 (thermoformage, injection plastique micro-série, laser industriel grand format, CNC précision) ;
- Le laboratoire IoT et électronique orienté CISIO (Concepteur Installateur de Solutions IoT) ;
- L'Industrie 4.0 et l'automatisme, avec des contrôleurs industriels et passerelles IIoT permettant l'intégration de la ligne ErmaSmart existante ;
- La Data, l'intelligence artificielle et l'edge computing, axe différenciant du centre permettant des projets R&D avancés avec les entreprises du territoire ;
- Le complément de complémentarité ErmaSmart, ensemble d'équipements destinés à instrumenter, superviser et enrichir la ligne ErmaSmart existante (jumeaux numériques, capteurs intelligents, vision industrielle, réalité augmentée, supervision, gestion de production, maintenance assistée par ordinateur).

Conformément à la vocation hybride du Centre R&D, ce plateau accueille à la fois les étudiants en BTS CRSA, BTS CPI, BTS Électrotechnique et CISIO du Campus Industrie AVPI, et des équipes d'entreprises du territoire en accès partagé pour leurs propres projets R&D. Les équipements devront donc présenter un double niveau d'accessibilité : prise en main guidée pour les étudiants en TP encadrés, et utilisabilité autonome par des ingénieurs et techniciens en projet R&D d'entreprise.

4.2 Spécifications techniques — Prototypage avancé

4.2.1 Impression 3D FDM grand format et longue durée

Une imprimante (quantité : 1) FDM de grand format et de haute fiabilité est requise. Caractéristiques minimales :

- Volume de construction : minimum 300 × 300 × 600 mm ;
- Double extrusion (deux têtes indépendantes) permettant l'impression simultanée matériau + support soluble ;
- Température d'extrusion maximale : 300°C minimum ;
- Filtre HEPA intégré ou connecteur d'extraction externe ;
- Fiabilité pour des impressions de longue durée (24 heures et plus) sans intervention.

4.2.2 Impression 3D SLA haute précision

Une imprimante (quantité : 1) SLA haute précision est requise, avec :

- Précision de couche inférieure à 25 µm, volume de construction d'au moins 145 × 145 × 185 mm ;
- Une station de lavage adaptée au format de la machine ;
- Une station de polymérisation UV ;
- Une plateforme de construction additionnelle.

4.2.3 Four de post-traitement résine

Un four (quantité : 1) de traitement thermique post-impression résine est requis, température maximale d'au moins 200°C, uniformité ±10°C ou mieux.

4.2.4 Thermoformeuse semi-industrielle

Une thermoformeuse (quantité : 1) semi-industrielle est requise, avec :

- Surface de formage : minimum 500 × 380 mm ;
- Compatibilité matériaux : PETG, ABS, HIPS, HDPE, PLA, PP, épaisseur 0,25 à 5 mm ;
- Chauffage céramique ou infrarouge à zones indépendantes ;

- Vide motorisé intégré ;
- Kit de moules de démonstration fourni.

4.2.5 Micro-presse à injection plastique

Une micro-presse (quantité : 1) d'injection plastique est requise, avec :

- Force de fermeture : minimum 6 tonnes ;
- Volume d'injection : minimum 10 cm³ ;
- Compatibilité matériaux : PA6, PP, PE, PS, ABS, POM ;
- Pilotage numérique des paramètres d'injection.

4.2.6 Laser CO2 industriel grand format

Un graveur/découpeur (quantité : 1) laser CO2 industriel grand format est requis, complémentaire du laser CO2 compact du Fablab. Caractéristiques minimales :

- Puissance nominale du tube laser : 80 W minimum (100 W recommandés) ;
- Surface de travail : minimum 600 × 900 mm ;
- Précision de positionnement : ±0,05 mm ou supérieure ;
- Système d'extraction d'air intégré ou prévu pour raccordement externe dédié — l'extraction est à la charge de la CCI Vaucluse selon les spécifications du titulaire ;
- Protections de sécurité classe 1 intégrées (enceinte fermée), interverrouillage de couvercle.

4.2.7 Fraiseuse CNC de précision — prototypage mécanique et PCB

Une fraiseuse (quantité : 1) CNC de précision est requise, avec :

- Architecture 3 axes, volume de travail minimum 140 × 100 × 50 mm ;
- Précision de répétabilité : ±0,025 mm ou supérieure ;
- Broche haute vitesse adaptée à l'usinage de l'aluminium et du FR4 (PCB) ;
- Logiciel de CAM fourni, import STEP/DXF/Gerber.

4.2.8 Scanner 3D portatif de précision industrielle

Un scanner (quantité : 1) 3D portatif de précision industrielle est requis.

Caractéristiques minimales :

- Technologie lumière structurée ou triangulation laser, résolution de surface inférieure à 0,5 mm ;
- Précision volumétrique inférieure à 0,1 mm ;
- Portée d'au moins 1,2 m, capture couleur ;
- Logiciel de traitement livré, export STL, OBJ, STEP.

Note : ce scanner 3D industriel est fourni dans le cadre du Lot 2 et utilisable par le titulaire du Lot 1 pour les besoins TSFA prévus à la section 6.1. En cas d'attribution des Lots 1 et 2 à des titulaires distincts, la CCI Vaucluse garantit l'accessibilité de cet équipement pour les usages du Lot 1 selon un planning de partage défini lors de la réception des équipements.

4.2.9 Outillage et postes d'assemblage

Deux postes (quantité : 2) d'assemblage complets sont requis, constitués chacun d'un établi robuste et d'une servante fermant à clé avec outillage complet (clés plates, tournevis isolés, jeu de clés Allen, pinces assorties, pince RJ45). Un ensemble d'outillage électroportatif partagé (visseuses, scie circulaire, ponceuse, outil multifonction, perceuse à colonne) sera fourni. Six stations (quantité : 6) de soudage électronique de précision seront fournies, plage de température régulée 150°C à 480°C.

4.2.10 Sécurité atelier

Un ensemble (quantité : 1) de sécurisation de l'atelier multi-procédés est requis afin d'assurer la conformité réglementaire des postes de travail (laser, résines, solvants, procédés chimiques). Cet ensemble comprend : des extincteurs CO2 adaptés aux risques électriques et laser ; dix tabliers de protection et dix paires de lunettes de sécurité (EPI atelier) ; le nécessaire pour un marquage au sol des zones de travail et des allées de circulation ; la signalétique de sécurité réglementaire (risques laser, chimiques, électriques) aux postes concernés. La fourniture de cet ensemble sont inclus dans le périmètre du marché.

4.3 Spécifications techniques — Laboratoire IoT & CISIO

4.3.1 Équipements de mesure et débogage électronique

Quatre oscilloscopes (quantité : 4) numériques 4 voies sont requis (un par poste binôme) : bande passante 200 MHz minimum, échantillonnage 1 Gec/s minimum, décodage I2C/SPI/UART/CAN.

Deux analyseurs (quantité : 2) logiques sont requis : minimum 8 canaux, échantillonnage 100 MHz ou supérieur, décodage LoRa/UART/SPI/I2C/Modbus RTU.

Quatre alimentations (quantité : 4) de laboratoire stabilisées sont requises (une par poste binôme), sortie double voie minimum 0–30 V / 0–5 A, protection court-circuit et surintensité.

Deux stations (quantité : 2) de soudage CMS/traversants professionnel sont requises pour l'assemblage et la réparation de cartes IoT.

4.3.2 Plateforme de développement IoT — nœuds capteurs

Trente microcontrôleurs (quantité : 30) de développement Wi-Fi/Bluetooth/LoRa sont requis : architecture dual-core 32 bits $\geq$ 240 MHz, GPIO $\geq$ 30 broches, interfaces UART/SPI/I2C/I2S, compatibilité Arduino IDE et MicroPython.

Dix modules (quantité : 10) de développement IoT industriel temps réel sont requis : architecture double cœur, connectivité Ethernet industriel et Wi-Fi, support Modbus RTU/TCP, OPC-UA, MQTT.

Quinze nano-ordinateurs (quantité : 15) Linux monocarte sont requis pour les fonctions de passerelle IoT et d'edge computing : ARM 64 bits 4 cœurs minimum, RAM 4 Go minimum, Ethernet Gigabit, Wi-Fi, GPIO 40 broches.

Vingt kits (quantité : 20) de capteurs multi-paramètres sont requis. Conformément à la diversité pédagogique attendue, ces kits couvriront un panel varié de grandeurs physiques : température, pression ou humidité, luminosité, qualité de l'air/CO₂, vibration ou accélération — sans qu'une répartition stricte par type soit imposée, l'objectif étant la diversité des cas d'usage abordables en travaux pratiques plutôt qu'une quantité homogène par paramètre. Une offre composée majoritairement de kits de même type de mesure sera considérée comme ne satisfaisant pas à cet objectif de diversité pédagogique.

4.3.3 Capteurs intelligents IO-Link et passerelles — instrumentation ErmaSmart

Conformément à l'exigence de complémentarité avec la ligne ErmaSmart (section 1.3), les équipements suivants sont requis pour l'instrumentation intelligente des postes de la ligne existante :

- Une mallette (quantité : 1) pédagogique de capteurs intelligents communicants au protocole IO-Link, regroupant un assortiment diversifié de capteurs (proximité, position, pression, niveau, débit selon assortiment du fournisseur), permettant l'acquisition de données et la réalisation de travaux pratiques d'instrumentation appliqués aux postes de la ligne ErmaSmart ;
- Un kit (quantité : 1) de déploiement IoT multi-machines intégrant un PC industriel et un logiciel de supervision permettant la création de tableaux de bord, la gestion d'alarmes et l'envoi de notifications à partir des données collectées sur les capteurs IO-Link déployés sur la ligne ;
- Une mallette (quantité : 1) passerelle IoT industrielle avec capteurs intelligents et maître IO-Link intégré, permettant la remontée cloud des données terrain et l'interconnexion de capteurs hétérogènes sur la ligne ErmaSmart.

4.3.4 Infrastructure réseau LoRaWAN campus

Trois passerelles (quantité : 3) LoRaWAN indoor/outdoor sont requises pour l'infrastructure réseau territorial IoT du campus : conformité LoRaWAN 1.0.3 ou 1.1, bandes EU868, backhaul Ethernet et LTE/4G.

Trois routeurs (quantité : 3) industriels 4G/VPN sont requis pour la connectivité terrain sécurisée : LTE Cat. 4 ou supérieur, support VPN OpenVPN/IPsec/WireGuard, montage rail DIN.

4.3.5 Station d'impression de circuits imprimés

Une station (quantité : 1) de fabrication de circuits imprimés sur site est requise : résolution de trace 200 μ m ou inférieure, processus complet (impression conducteur, reflow pâte à braser, perçage), kits de substrats et consommables de démarrage pour au moins 20 cartes.

4.4 Spécifications techniques — Industrie 4.0, automatismes et instrumentation complémentaire ErmaSmart

4.4.1 Contrôleur IoT industriel Linux embarqué

Deux contrôleurs (quantité : 2) IoT industriels Linux embarqués open-source sont requis pour les TP d'intégration IIoT open-source : système Linux embarqué temps réel, support Modbus RTU/TCP, MQTT, REST API, OPC-UA, montage rail DIN.

4.4.2 Vision industrielle — instrumentation contrôle qualité ErmaSmart

Une mallette (quantité : 1) pédagogique de vision industrielle est requise, dédiée au contrôle qualité par capture d'image, à la détection et à la mesure de pièces, et aux travaux pratiques de vision industrielle appliqués au contrôle qualité des produits issus de la ligne ErmaSmart. Cette solution devra être interfaçable avec les automates pilotant les postes de bouchage/assemblage et de pick&place de la ligne.

4.4.3 Jumeaux numériques 3D programmables — complémentarité ErmaSmart

Conformément à l'exigence de complémentarité avec la ligne ErmaSmart, trois solutions (quantité : 3) de jumeau numérique 3D programmable sont requises, chacune dédiée à l'un des postes suivants de la ligne existante :

- un jumeau numérique du poste de dosage automatisé (Dosaxe), permettant la programmation virtuelle d'un automate avant déploiement sur l'axe réel ;
- un jumeau numérique du poste de robot collaboratif de bouchage et d'assemblage, permettant la simulation et la programmation hors-ligne du cobot ;
- un jumeau numérique du poste de système cartésien (pick&place XYZ), permettant la simulation du cycle de prise et dépose avant intégration réelle.

Chaque jumeau numérique sera livré avec un pack automate programmable compact et carte d'entrées/sorties associée, permettant la mise en service virtuelle avant déploiement sur le poste physique correspondant de la ligne ErmaSmart. Une licence (quantité : 1) de simulation de systèmes 3D, exploitable sur poste informatique standard ou casque de réalité virtuelle, sera fournie comme socle logiciel commun aux trois jumeaux numériques.

4.5 Spécifications techniques — Data, IA et edge computing

4.5.1 Serveur GPU pour IA générative et computer vision

Un serveur (quantité : 1) GPU haute performance est requis comme infrastructure centrale de traitement IA du centre, utilisé pour l'entraînement et le fine-tuning de modèles de machine learning, le déploiement de LLM locaux, les pipelines de computer vision industrielle exploitant notamment les flux issus de la ligne ErmaSmart, et les projets R&D d'entreprises. Caractéristiques minimales :

- GPU haute performance, VRAM minimum 24 Go ;
- RAM système : 64 Go minimum ;
- Stockage : SSD NVMe 2 To minimum ;
- CPU : processeur moderne 16 cœurs minimum ;
- Format rack 1U ou tour, installé en salle technique climatisée ;
- Système d'exploitation Linux en distribution LTS pré-installée et à jour, avec environnement d'accélération GPU, bibliothèques de deep learning et plateforme de conteneurisation compatibles avec les principaux frameworks de machine learning open source (PyTorch, TensorFlow, ONNX, OpenCV).

Cette infrastructure constitue le cœur de traitement IA du Centre R&D et doit permettre : l'exécution locale de modèles IA open source, notamment des modèles de langage de grande taille (LLM), sans dépendance à un service cloud externe ; l'inférence de modèles de langage pour des applications d'assistance et d'analyse de données industrielles ; le traitement de pipelines de vision industrielle (détection, classification, contrôle qualité) exploitant les flux vidéo et d'images issus notamment de la ligne ErmaSmart ; l'analyse de données industrielles et la mise en œuvre de workflows MLOps ; l'expérimentation pédagogique dans le cadre des formations CISIO, BTS CRSA, CPI ; l'accueil de projets d'entreprises du territoire nécessitant des ressources de calcul IA non disponibles en interne ; l'utilisation d'environnements conteneurisés permettant l'isolation et la reproductibilité des environnements d'expérimentation.

Exemple de scénario type : les données vibratoires issues du poste VShooter de la ligne ErmaSmart sont collectées en temps réel par les passerelles IIoT, acheminées via les protocoles industriels ouverts (MQTT, OPC-UA), archivées dans le Data Lake NAS, puis exploitées sur le serveur GPU pour entraîner un modèle de détection d'anomalies ou de maintenance prédictive — sans aucune dépendance à un service cloud externe. Ce même pipeline peut être répliqué sur les données issues du robot de bouchage, du système pick&place ou de tout autre

poste instrumenté de la ligne, ainsi que sur les flux de vision industrielle pour le contrôle qualité des pièces produites.

4.5.2 NAS Data Lake campus

Un NAS (quantité : 1) de niveau entreprise est requis pour le stockage des données de projets, l'archivage des résultats IoT (incluant les données issues de la ligne ErmaSmart) et la sauvegarde du campus : capacité brute minimum 20 To, redondance RAID 5 ou 6, connectivité Ethernet Gigabit double port.

Cette infrastructure de stockage mutualisée constitue le Data Lake du Campus Industrie AVPI et doit permettre : le stockage mutualisé des projets R&D, des fichiers de travail des formations et des résultats d'expérimentation ; l'archivage des données industrielles issues des capteurs IoT, de la ligne ErmaSmart et des équipements de mesure ; le stockage des nuages de points et maillages 3D issus des scanners du plateau ; le stockage et la mise à disposition des jeux de données d'entraînement IA et des modèles produits sur le serveur GPU ; la sauvegarde centralisée des postes de travail et de l'infrastructure logicielle du centre ; la gestion multi-utilisateurs avec droits d'accès différenciés (étudiants, formateurs, entreprises en accès R&D) ; l'extension future des capacités par ajout de disques ou de boîtiers d'expansion, sans remplacement de l'infrastructure existante.

4.5.3 Modules d'inférence IA embarquée (edge AI)

Six modules (quantité : 6) d'intelligence artificielle embarquée sont requis pour les TP de déploiement de modèles IA en conditions de contrainte de ressources, exploitables notamment pour des cas d'usage de contrôle qualité temps réel sur la ligne ErmaSmart : performance IA minimum 20 TOPS, architecture ARM 64 bits avec accélérateur IA dédié, RAM 8 Go minimum, compatibilité TensorFlow/PyTorch/ONNX/OpenCV.

4.5.4 Firewall de segmentation réseau OT/IoT/IT

Un pare-feu (quantité : 1) de segmentation réseau est requis pour les TP de cybersécurité industrielle et la protection de l'infrastructure du laboratoire : débit de filtrage minimum 1 Gbps, support VLAN 802.1Q et segmentation de zones (OT, IoT, IT, DMZ).

Cette infrastructure de sécurité réseau constitue le dispositif de protection du laboratoire et doit permettre : la segmentation des réseaux opérationnel (OT), IoT et informatique (IT) en zones isolées, conformément aux architectures de cybersécurité industrielle reconnues ; la démonstration pédagogique des principes d'architecture de sécurité industrielle (segmentation de zones, flux autorisés, DMZ) dans le cadre des TP CISIO ; la sécurisation des flux IoT en provenance des capteurs intelligents et des passerelles déployés sur la ligne ErmaSmart ; la sécurisation des flux de données issus des postes automatisés de la ligne ErmaSmart (Dosaxe, robot bouchage, pick&place) vers les niveaux supervision et MES.

4.5.5 Postes de cybersécurité (pentest IoT)

Quatre postes (quantité : 4) nomades dédiés à la cybersécurité IoT sont requis pour les TP d'audit et de tests de pénétration : format portable léger, RAM 16 Go minimum, carte réseau Wi-Fi compatible mode moniteur, distribution Linux dédiée à la sécurité offensive pré-installée.

Ces postes dédiés sont utilisés pour l'ensemble des travaux pratiques de cybersécurité IoT et industrielle et doivent permettre : l'audit et les tests de pénétration de dispositifs IoT en environnement isolé (scan réseau, analyse de protocoles, tests de vulnérabilité) ; la réalisation de démonstrations pédagogiques sur les vulnérabilités des protocoles industriels (MQTT non sécurisé, Modbus, OPC-UA) ; l'analyse forensique de trafic réseau IoT et industriel ; les TP de sécurité offensive dans le cadre du référentiel CISIO (compétences C.3, C.4, C.12, C.13).

4.5.6 Rack réseau mobile

Un rack (quantité : 1) réseau sur roulettes (12U minimum) est requis pour le regroupement de l'infrastructure réseau active du laboratoire.

4.6 Spécifications techniques — CAO et infrastructure informatique

4.6.1 Stations de travail CAO

Quatre stations (quantité : 4) de travail à hautes performances graphiques sont requises pour la CAO mécanique, la simulation par éléments finis et la préparation de fichiers d'impression : processeur 8 cœurs, RAM 32 Go DDR5, carte graphique professionnelle VRAM minimum 8 Go, SSD NVMe 1 To, écran 27 pouces minimum.

4.6.2 Logiciel de CAO 3D numérique

Une licence (quantité : 1) éducation de logiciel de CAO 3D NURBS et modélisation de surface est requise, permettant la modélisation de formes complexes non paramétriques, de type licence laboratoire.

4.7 Spécifications techniques — Cobotique

4.7.1 Robot collaboratif industriel

Un bras (quantité : 1) robotique collaboratif est requis pour les TP de programmation cobotique, les démos d'automatisation flexible et les projets R&D d'entreprises, et constitue le socle pédagogique central du centre R&D. Caractéristiques minimales :

- Portée : minimum 750 mm ; charge utile : minimum 5 kg ;
- Répétabilité : $\pm 0,02$ mm ou inférieure ; six degrés de liberté ;
- Vitesse maximale d'outil : 1,5 m/s minimum ;
- Interface de programmation par guidage et accès bas niveau API ;
- Certifié conforme à la norme ISO 10218 pour la collaboration homme-robot.

La cellule cobotique complète comprendra une clôture de sécurité ou un système de délimitation de zone conforme aux normes applicables. Conformément à l'exigence de complémentarité, le soumissionnaire précisera les modalités d'intégration pédagogique entre ce cobot et le robot collaboratif de bouchage/assemblage de la ligne ErmaSmart (programmation comparée, transfert de compétences, scénarios mixtes).

Un jumeau numérique 3D programmable (quantité : 1) du cobot Lot 2 sera fourni en complément, avec scénario de réalité augmentée d'assistance opérateur dédié (voir section 4.8.3).

4.8 Spécifications techniques — Complément ErmaSmart : supervision, MES, réalité augmentée et maintenance

Cette sous-section regroupe les équipements destinés spécifiquement à enrichir et superviser la ligne ErmaSmart existante, conformément à l'exigence de complémentarité fonctionnelle exposée en section 1.3. Ces équipements constituent une composante différenciante du projet de Centre R&D, démontrant la capacité du plateau à transformer une ligne pédagogique existante en démonstrateur Industrie 4.0 complet.

4.8.1 Gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO)

Un logiciel (quantité : 1) de gestion de maintenance assistée par ordinateur est requis, en version académique, pour la planification des interventions et la maintenance préventive de l'ensemble du parc d'équipements du centre, incluant la ligne ErmaSmart. Le logiciel devra permettre la gestion des équipements, des fournisseurs, des modes opératoires de maintenance, et offrir une interface mobile pour les interventions de terrain. Une session de formation à la prise en main (2 heures minimum) sera incluse.

4.8.2 Supervision et conduite par supervision (SCADA)

Un poste (quantité : 1) de supervision/SCADA est requis pour la conduite par supervision d'une ou plusieurs machines de la ligne ErmaSmart, comprenant un poste serveur PC et un logiciel de supervision industrielle compatible avec les automates pilotant la ligne (interface homme-machine, visualisation de synoptiques, historisation des données, gestion d'alarmes). L'installation et la formation associée sur site sont incluses.

4.8.3 Réalité augmentée et instructions visuelles d'assistance opérateur

Un casque (quantité : 1) de réalité virtuelle/mixte est requis pour le support des scénarii de réalité augmentée et l'immersion dans les jumeaux numériques : RAM minimum 8 Go, deux manettes de commande incluses.

Deux scénarios (quantité : 2) d'assistance opérateur en réalité augmentée ou mixte sont requis, couvrant respectivement : la mise en service et le changement de format du poste robot collaboratif de bouchage et d'assemblage de la ligne ErmaSmart ; la mise en service, le contrôle d'alignement et de planéité du poste système cartésien (pick&place) de la ligne ErmaSmart.

Une licence (quantité : 1) logicielle annuelle de création et d'utilisation de scénarios de réalité augmentée est requise, permettant la création de nouveaux scénarios d'instructions visuelles et le suivi des utilisateurs. L'installation et la formation sur site sont incluses.

Note : la licence logicielle de réalité augmentée est une licence annuelle. Son renouvellement au-delà de la première année relève du budget de fonctionnement de l'AVPI et est hors périmètre du présent marché.

4.8.4 MES — Gestion de production et instructions visuelles

Un système (quantité : 1) de gestion de production (MES) à instructions visuelles est requis, destiné au suivi des indicateurs de production de la ligne ErmaSmart pour un poste de type chef de ligne : lancement et suivi des ordres de fabrication, suivi des cadences, calcul du taux de rendement synthétique (TRS), instructions visuelles connectées aux automates de la ligne. Le système comprendra un poste informatique et un serveur de communication.

Trois postes (quantité : 3) d'instructions visuelles sur tablette tactile sont requis pour les opérateurs de production et techniciens de maintenance, permettant l'affichage d'instructions visuelles au poste de travail dans un environnement applicatif ouvert et personnalisable.

L'installation et la formation sur site associées à la mise en service du système MES sont incluses.

5. Lot 3 — Consommables de première année

Le présent lot couvre l'ensemble des consommables nécessaires au fonctionnement des Briques 2 et 3 pendant la première année d'exploitation. Les quantités indiquées sont des minima contractuels : le soumissionnaire est invité à proposer des volumes suffisants pour garantir l'intégralité des usages des Lots 1 et 2 sur la première année. Ces consommables seront livrés simultanément aux équipements ou dans les deux semaines suivant la mise en service opérationnelle des équipements auxquels ils sont associés, et au plus tard à l'échéance contractuelle du 31 décembre 2026.

5.1 Consommables spécifiques au plateau TSFA (Brique 2)

Ces consommables couvrent spécifiquement les besoins de la formation TSFA (Technicien Supérieur en Fabrication Additive) sur le plateau de la Brique 2. Ils sont conçus pour assurer une année complète de travaux pratiques sur l'ensemble des procédés du référentiel TSFA (FDM multi-matériaux, SLS poudre polyamide, SLA résine, post-traitement, métrologie). Les quantités indiquées sont des minima permettant au minimum cinq sessions de formation complètes par procédé.

- Filaments techniques FDM multi-matériaux (PA12/PA6, ABS technique, PETG-CF, ASA, PLA) : minimum 12 bobines 1 kg (assortiment couvrant l'ensemble des matériaux du référentiel TSFA) ;
- Résines SLA (standard et flexible) : minimum 6 flacons de 0,5 à 1 litre ;
- Poudre SLS polyamide PA12 qualité industrielle : minimum 6 seaux de 6 kg ;
- Buses de remplacement haute performance : minimum 4 unités (Ø 0,4 et 0,6 mm assortis) ;
- Alcool isopropylique 99,9% (lavage pièces SLA, entretien optiques) : minimum 6 flacons 1 litre ;
- Abrasifs et médias de finition (post-traitement pièces SLS/FDM) : minimum 1 assortiment permettant le post-traitement de 50 pièces minimum.

5.2 Consommables du Centre R&D (Brique 3)

Ces consommables couvrent les besoins du Centre R&D (Brique 3) pour la première année d'exploitation. Les quantités sont des minima contractuels ; l'objectif est de constituer un stock initial conséquent permettant l'intégralité des usages des TP et des projets R&D.

- Filaments de prototypage (PLA, PETG, ABS, ASA) : minimum 8 bobines 1 kg ;
- Résines SLA haute précision (standard / haute température / flexible) : minimum 6 flacons ;
- Granulés thermoplastiques pour injection (PP, PE, PS, PLA, PHA) : minimum 18 sachets de 5 kg ;
- Filtres de remplacement pour le système d'extraction du laser CO2 industriel : minimum 2 unités (remplacement semestriel) ;
- Matières à découper pour laser CO2 (acrylique épaisseurs 3 et 6 mm, bois composite, matériaux variés) : minimum 1 lot d'une valeur estimée de 1 000 € HT ;
- Composants électroniques courants pour le laboratoire IoT (résistances, condensateurs, LED, connecteurs, modules capteurs) : minimum 1 lot d'une valeur estimée de 800 € HT ;
- Substrats et consommables pour la station d'impression PCB (minimum 40 cartes : pâte conductrice, substrats FR4, soudure) : minimum 1 lot d'une valeur estimée de 600 € HT ;
- Câblage et connectique IoT (câbles longueurs assorties, boîtiers IP67) : minimum 1 lot d'une valeur estimée de 300 € HT ;
- Consommables de cybersécurité (clés USB sécurisées, médias de sauvegarde) : minimum 1 lot d'une valeur estimée de 200 € HT ;
- Consommables de prototypage mécanique (visserie, inserts thermofusibles, colles structurales, époxy) : minimum 1 lot d'une valeur estimée de 400 € HT ;
- Colles pour impression 3D et assemblage pièces : minimum 10 unités ;
- Colles pour PMMA (assemblage et collage pièces acryliques issues du laser CO2) : minimum 10 unités.

6. Programme de formation associé aux Lots 1 et 2

La formation des formateurs constitue, comme indiqué en section 2.2, une obligation contractuelle non dissociable de la fourniture pour les lots 1 et 2. Elle s'inscrit dans une logique de transfert de compétences opérationnel, permettant aux formateurs de maîtriser de façon autonome l'ensemble des équipements livrés, dans un contexte pédagogique et R&D, et doit être intégralement réalisée avant l'échéance du 31 décembre 2026.

6.1 Formation associée au Lot 1 — Plateau R&D mutualisé

Une formation de cinq jours minimum sera dispensée sur site par le titulaire du Lot 1, à l'issue de l'installation et de la vérification de bon fonctionnement de l'ensemble des équipements. Cette formation couvrira a minima :

- La mise en route, l'arrêt et les procédures de sécurité de chaque procédé (FDM multi-matière, FDM industriel, SLS, SLA) ;
- La calibration et le réglage des paramètres machines ;
- La préparation et le traitement des fichiers numériques (slicing, orientation, supports, paramètres matériaux) ;
- La manipulation des poudres SLS et les protocoles ATEX ;
- L'utilisation du scanner 3D et du logiciel de rétro-ingénierie ;
- L'utilisation du banc d'essais mécaniques et des instruments de métrologie ;
- La maintenance de premier niveau de chaque équipement et la gestion des consommables.

6.2 Formation associée au Lot 2 — Centre R&D et complément ErmaSmart

Une formation de dix jours minimum sera dispensée sur site par le titulaire du Lot 2, à l'issue de l'installation et de la vérification de bon fonctionnement de l'ensemble des équipements. Cette formation couvrira a minima :

- L'ensemble des équipements de prototypage avancé (FDM grand format, SLA, four résine, thermoformeuse, injection plastique, laser CO2 industriel, CNC) ;
- La configuration et la mise en réseau du laboratoire IoT (passerelles LoRaWAN, capteurs intelligents, malles IO-Link) ;
- La programmation et la configuration des contrôleurs industriels et passerelles IIoT ;
- L'intégration des équipements avec la ligne ErmaSmart existante via les protocoles disponibles ;
- La mise en service et la configuration du serveur GPU et de l'environnement Data/IA ;
- La programmation de base du cobot et l'utilisation conjointe avec le robot collaboratif de la ligne ErmaSmart ;
- La prise en main des trois jumeaux numériques et de la licence de simulation 3D ;
- La prise en main de la mallette vision industrielle, des malles capteurs IO-Link et de la passerelle Smart IoT ;
- La prise en main du casque de réalité augmentée, des scénarios d'assistance opérateur et de la licence de création de scénarios ;
- La mise en service et la prise en main du poste de supervision SCADA ;
- La mise en service et la prise en main du système MES et des postes tablette opérateur ;
- La prise en main du logiciel de GMAO et la configuration du parc d'équipements ;
- La configuration des postes de cybersécurité et des environnements de TP CISIO ;
- La maintenance de premier niveau de chaque équipement.

6.3 Supports documentaires

Le titulaire fournira, dans la langue française, l'ensemble des supports documentaires suivants :

- Guides de prise en main rapide pour chaque équipement, format A4 plastifié ;
- Fiches de maintenance préventive de premier niveau par équipement ;
- Documentation d'installation et de configuration du réseau IoT, des automates et de l'intégration ErmaSmart ;
- Plans d'implantation définitifs après installation ;

- Schémas de câblage et plans électriques des équipements fournis ;
- Tutoriels vidéo de prise en main pour les équipements présentant une complexité de mise en œuvre élevée.

7. Tableau de synthèse des quantités

Le tableau ci-après récapitule l'ensemble des équipements et consommables requis avec leurs quantités, établies sur la base du dernier listing technique de référence. Ces quantités sont des minima contractuels. Pour les équipements de type capteurs où la diversité des paramètres mesurés prime sur l'homogénéité quantitative, l'objectif de panel diversifié est explicitement mentionné plutôt qu'une répartition stricte imposée.

Lot 1 — Plateau R&D mutualisé (Brique 2)

Catégorie	Spécification principale	Qté	Exigence clé
Numérisation 3D	Scanner 3D précision laser/NIR — précision $\leq 20 \mu\text{m}$, sans fil $\geq 4\text{h}$, plateau rotatif	1	Logiciel rétro-ingénierie licence éducation inclus
Impression FDM	FDM grand format $\geq 300^3 \text{ mm}$, chambre $\geq 50^\circ\text{C}$, multi-matière, vitesse $\geq 300 \text{ mm/s}$	3	3 postes simultanés pour TP groupe complet
Impression FDM	FDM industrielle $\geq 340^\circ\text{C}$, chambre $\geq 70^\circ\text{C}$, double tête, HEPA H13	1	Filaments techniques certifiables PA/PC/PEI
Séchage filaments	Boîte de séchage actif filaments hygroscopiques, HR $< 15\%$	3	Obligatoire PA/PETG-CF/ASA
Impression SLS	Set SLS complet : imprimante + station poudre + aspirateur ATEX + sableuse + outillage	1	Zone isolée ATEX, poudre PA12
Impression SLA	SLA grand format $\geq 330 \times 185 \times 300 \text{ mm}$, résolution $\leq 35 \mu\text{m}$, bundle complet	1	Résines multi-types compatibles
Post-traitement	Bol vibrant tribofinition $\geq 3 \text{ L}$ + médias finition	1	Pièces SLS et FDM
Outillage finition	Outils découpe fine + finition thermique post-impression	3 + 8	Référentiel TSFA
Métrologie	Marbre fonte grise $\geq 500 \times 300 \text{ mm}$, grade planéité $< 5 \mu\text{m}$	1	Référence planéité
Métrologie	Balance précision $\geq 20 \text{ kg}$, résolution $0,1 \text{ g}$	1	Traçabilité pièces SLS
Métrologie	Rugosimètre Ra/Rz EN ISO 4287, certificat étalonnage	1	Contrôle état de surface
Métrologie	Colonne de mesure 2D hauteur/planéité, résolution $\leq 1 \mu\text{m}$	1	Marbre dédié
Métrologie	Ensembles pied à coulisse + jauge + micromètre + cales	8	Exigé référentiel TSFA
Métrologie	Microscope/loupe mesure empreinte Brinell	1	Lecture indentation dureté
Banc essais	Bâti bi-colonne motorisé 5 kN , acquisition force+déplacement	1	Traction/compression/dureté
Banc essais	Capteur force $\leq 500 \text{ N}$ (matériaux fragiles)	1	Essais matériaux faiblement résistants
Banc essais	Outillage flexion 3 points, entraxe $4\text{--}150 \text{ mm}$ réglable	1	Poutres imprimées
Banc essais	Outillage cisaillement $\leq 20 \text{ kN}$	1	Essais normalisés
Banc essais	Outillage emboutissage $\varnothing 8 \text{ mm}$ $\leq 20 \text{ kN}$	1	Essais normalisés
Informatique	Stations CAO : CPU 8c, RAM 32 Go, GPU 8 Go VRAM, SSD 1 To, écran $\geq 27''$	3	CAO, slicing, rétro-ingénierie

Lot 2 — Centre R&D et Complément ErmaSmart (Brique 3)

Catégorie	Spécification principale	Qté	Exigence clé
FDM grand format	FDM $\geq 300 \times 300 \times 600$ mm, double extrusion, $T^\circ \geq 300^\circ\text{C}$	1	Longue durée, pièces prototypes R&D
SLA précision	SLA ≤ 25 μm , $\geq 145 \times 145 \times 185$ mm, bundle complet	1	Moules, micro-pièces, parois fines
Four post-résine	Four traitement thermique résine, $T^\circ \geq 200^\circ\text{C}$	1	Résines haute température
Thermoformeuse	Semi-industrielle $\geq 500 \times 380$ mm, multi-matières	1	Packaging, coques, blisters
Injection plastique	Micro-presse ≥ 6 T fermeture, ≥ 10 cm^3 injection	1	Validation design pièces injectées
Laser CO2 industriel	CO2 ≥ 80 W, surface $\geq 600 \times 900$ mm, précision $\pm 0,05$ mm	1	Grand format, usage intensif R&D
CNC fraisage	3 axes, vol. $\geq 140 \times 100 \times 50$ mm, répétabilité $\pm 0,025$ mm	1	Boîtiers IoT, PCB fraisés
Scanner 3D industriel	Lumière structurée, précision $\leq 0,1$ mm, portée $\geq 1,2$ m	1	Mutualisé Lot 1 / Lot 2
Postes assemblage	Établi + servante fermant à clé + outillage complet	2	Montage/câblage toutes formations
Sécurité atelier	Extincteurs CO2 + EPI atelier (10 tabliers, 10 lunettes) + marquage sol + signalétique sécurité	1	Conform. régl. laser/résine/solvants — tous opérateurs
Stations soudage	Soudage précision électronique, $T^\circ 150\text{--}480^\circ\text{C}$ régulée	6	Câblage IoT, réparation PCB
Oscilloscopes	4 voies, ≥ 200 MHz, décodage I2C/SPI/UART/CAN	4	1 par poste binôme CISIO
Analyseurs logiques	≥ 8 canaux, ≥ 100 MHz, décodage LoRa/Modbus	2	Débogage protocoles IoT complexes
Alimentations labo	Dual output 0–30V/0–5A, protection CC	4	1 par poste binôme
Stations soudage CMS	Soudage CMS/traversants professionnel	2	Assemblage carte IoT, réparation PCB
Microcontrôleurs IoT	Dual-core ≥ 240 MHz, Wi-Fi+BT, ≥ 30 GPIO	30	1 par étudiant + réserve
Modules IoT industriels	Dual-core, Ethernet, Modbus/OPC-UA/MQTT	10	TP intégration OT/IT
Nano-ordis Linux (SBC)	ARM 64 bits 4c, ≥ 4 Go RAM, GbE+Wi-Fi+GPIO	15	Gateways IoT, edge computing
Kits capteurs IoT	Multi-paramètres panel diversifié (T° , pression, luminosité, CO2, vibration)	20	Diversité visée — pas de répartition stricte imposée
Mallette IO-Link IFM	Capteurs intelligents IO-Link, assortiment diversifié	1	Instrumentation ErmaSmart
Kit déploiement IoT	PC industriel + supervision IO-Link multi-machines	1	Tableaux de bord, alarmes ErmaSmart
Mallette passerelle Sick	Passerelle Smart IoT + capteurs IO-Link, remontée cloud	1	Instrumentation ErmaSmart
Passerelles LoRaWAN	LoRaWAN 1.0.3+, EU868, Ethernet+LTE/4G	3	Infrastructure campus
Routeurs 4G/VPN	LTE Cat.4+, VPN, rail DIN	3	Connectivité terrain OT/IT
Station PCB	Impression conductrice ≤ 200 μm , import Gerber	1	Prototypage rapide cartes IoT
Contrôleur IIoT open	Linux RT embarqué, Modbus+MQTT+OPC-UA, rail DIN	2	Complémentaire automatismes
Mallette vision indus.	Contrôle qualité vision, détection/mesure pièces	1	Instrumentation contrôle qualité ErmaSmart

Catégorie	Spécification principale	Qté	Exigence clé
Jumeau numérique Dosaxe	Jumeau 3D programmable + pack automate + carte E/S	1	Poste Dosaxe ErmaSmart
Jumeau numérique Cobot	Jumeau 3D programmable + pack automate + carte E/S	1	Robot collaboratif bouchage/assemblage
Jumeau numérique Cartésien	Jumeau 3D programmable + pack automate + carte E/S	1	Système cartésien ErmaSmart
Licence simulation 3D	Socle logiciel simulation systèmes 3D (PC ou casque VR)	1	Socle commun aux 3 jumeaux
Serveur GPU IA	GPU ≥ 24 Go VRAM, RAM ≥ 64 Go, SSD ≥ 2 To, Linux CUDA	1	Infrastructure IA centrale
NAS Data Lake	≥ 20 To brut, RAID 5/6, GbE ×2	1	Stockage projets campus
Edge AI modules	≥ 20 TOPS, ARM 64 bits, ≥ 8 Go RAM	6	IA embarquée inférence locale
Firewall réseau	≥ 1 Gbps, VLAN 802.1Q, zones OT/IoT/IT/DMZ	1	Exigé référentiel CISIO
Postes cybersécurité	Laptop léger, ≥ 16 Go RAM, Wi-Fi mode moniteur, Linux sécurité	4	TP pentest IoT
Rack mobile 12U	12U minimum, sur roulettes	1	Regroupement infrastructure réseau
Stations CAO	CPU 8c, RAM 32 Go, GPU 8 Go VRAM, écran ≥ 27"	4	CAO mécanique, FEM
Logiciel CAO 3D	CAO 3D NURBS, licence laboratoire	1	Modélisation surfaces complexes
Cobot industriel	6 DDL, portée ≥ 750 mm, charge ≥ 5 kg, ISO 10218	1	TP cobotique, démos R&D
Jumeau numérique Cobot Lot 2	Jumeau 3D programmable + scénario RA	1	Cobot du plateau R&D
GMAO	Logiciel GMAO version académique + bases équipements	1	Maintenance préventive parc complet
Supervision SCADA	Poste serveur + logiciel supervision industrielle	1	Conduite ligne ErmaSmart
Casque réalité augmentée	Casque VR/mixte, ≥ 8 Go RAM, 2 manettes	1	Support scénarios RA
Scénarios RA assistance	Scénarios d'assistance opérateur RA/mixte	2	Cobot bouchage + Cartésien ErmaSmart
Licence RA création	Licence annuelle création/usage scénarios RA	1	Suivi utilisateurs inclus
MES gestion production	Instructions visuelles, suivi OF/cadences/TRS	1	Connecté automates ligne ErmaSmart
Postes tablette MES	Instructions visuelles tablette tactile opérateur	3	Poste opérateur/maintenance

Lot 3 — Consommables Initiaux

Brique	Désignation	Qté / Valeur minimum	Unité	Précisions
B2	Filaments techniques FDM multi-matériaux plateau TSFA (PA12/PA6, ABS, PETG-CF, ASA, PLA) — qté mini	12	bobines 1 kg	4 PA12, 2 ABS, 2 PETG-CF, 2 ASA, 2 PC

Brique	Désignation	Qté / Valeur minimum	Unité	Précisions
B2	Buses de remplacement haute performance	4	unités	Ø 0,4 et 0,6 mm assortis
B2	Poudre SLS PA12 Industrial Fresh	6	seaux 6 kg	5 cycles complets formation minimum
B2	Résines SLA standard/flexible	6	flacons 0,5–1 L	Min. 2 types : standard + flexible
B2	Alcool isopropylique 99,9%	6	flacons 1 L	Lavage pièces SLA + entretien optiques
B3	Filaments prototypage (PLA/PETG/ABS/ASA)	8	bobines 1 kg	PLA ×4, PETG ×2, ABS ×1, ASA ×1
B3	Résines SLA haute précision (std/HT/flexible)	6	flacons	2 gris std + 2 haute T° + 2 flexible
B3	Granulés thermoplastiques injection (PP/PE/PS/PLA/PHA)	18	sachets 5 kg	PP ×4, PE ×3, PS ×3, PLA ×4, PHA ×2
B3	Filtres laser CO2 (remplacement semestriel)	2	unités	Selon spécifications fabricant machine
B3	Matières laser CO2 (acrylique, bois, composite)	1 lot	~1 000 € HT	Acrylique 3+6 mm, bois, composite
B3	Composants électroniques courants	1 lot	~800 € HT	Stock labo IoT — résistances, capas, connecteurs
B3	Substrats et consommables PCB (≥ 40 cartes)	1 lot	~600 € HT	Pâte conductrice, substrats FR4, soudure
B3	Câblage et connectique IoT	1 lot	~300 € HT	Câbles longueurs assorties, boîtiers IP67
B3	Consommables cybersécurité	1 lot	~200 € HT	Clés USB sécurisées, médias sécurisés
B3	Consommables prototypage mécanique	1 lot	~400 € HT	Visserie, inserts, colles structurales
B2 TSFA	Abrasifs et médias de finition post-impression plateau TSFA	1 assortiment mini (≥50 pièces)	assortiment	Post-traitement SLS PA12 et FDM — inclus dans enveloppe TSFA
B3	Colles pour impression 3D et assemblage pièces	10 unités mini	unités	Assemblage pièces toutes imprimantes / fixation composants IoT
B3	Colles pour PMMA (collage pièces acryliques laser CO2)	10 unités mini	unités	Collage et assemblage acrylique — usage intensif laser CO2

8. Clauses finales

8.1 Visite de site

Comme indiqué en section 2.4, la visite du site n'est pas une condition de recevabilité de l'offre. Elle reste possible sur demande adressée à la CCI Vaucluse, dans les conditions précisées par le règlement de la consultation.

8.2 Variantes et options

Les variantes techniques sont admises dès lors que les spécifications minimales du présent CCTP sont intégralement satisfaites. Toute variante devra être explicitement présentée et distincte de l'offre de base. Les options de maintenance préventive et de garantie étendue seront chiffrées séparément.

8.3 Propriété et confidentialité

Les équipements livrés sont transférés en pleine propriété à la CCI Vaucluse dès réception sans réserve. Le présent CCTP est un document confidentiel à usage restreint. Les informations qu'il contient ne peuvent être divulguées à des tiers sans accord écrit préalable de la CCI Vaucluse.

8.4 Réception et levée de réserves

La réception de chaque lot sera prononcée à l'issue d'une réception en présence de la CCI Vaucluse, permettant de vérifier la conformité de chaque équipement aux spécifications du présent CCTP, le bon fonctionnement de l'ensemble des équipements en conditions opérationnelles — y compris l'interfaçage effectif avec la ligne ErmaSmart pour le Lot 2 — la complétude des formations dispensées et la remise des supports documentaires.

Les réserves éventuelles devront être levées dans un délai de quinze jours ouvrés, sans que ce délai ne puisse repousser l'échéance contractuelle du 31 décembre 2026 au-delà des conditions de pénalités prévues en section 10.1 du CCAP. La garantie contractuelle prend effet à la date de réception sans réserve.