



UNIVERSITE JEAN MONNET
Direction des Services Financiers
Service Achat & Marchés Publics (SAMP)
10 rue Tréfilerie CS 82301
42023 Saint-Etienne cedex 2
www.univ-st-etienne.fr
marches-publics@univ-st-etienne.fr
04 77 42 17 00

**CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES
C. C. T. P.**

MARCHÉ N° 2025-036

**Objet : Atelier pédagogique de production pour le département Génie Mécanique et
Production de l'IUT Saint-Etienne de l'Université Jean Monnet
Lot 1 – Ligne pédagogique de production modulaire**

1.	PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES.....	3
1.1.	Objet du marché.....	3
1.2.	Environnement d'installation	3
1.3.	Nature du courant d'alimentation.....	4
1.4.	Réseau d'air comprimé.....	4
2.	TRANCHE FERME : DESCRIPTION DES FONCTIONNALITE TECHNIQUES DES EQUIPEMENTS.....	4
2.1.	Equipements fixes.....	4
2.1.1.	Equipement de grenailage / microbillage.....	5
2.1.2.	Pistolet de poudrage manuel.....	6
2.1.3.	Cabine de poudrage manuel avec filtration intégrée	7
2.1.4.	Étuvage – Four de cuisson pour peinture poudre	7
2.2.	Equipements mobiles.....	8
2.2.1.	Spécifications Poinçonneuse hydraulique	8
2.2.2.	Spécifications Cintreuse électrique CNC	9
2.2.3.	Postes de travail d'assemblage Lean polyvalents et transitique modulaire	10
2.2.4.	Rail de connexion (infrastructure mutualisée).....	11
2.3.	Système MES – Suivi de production et supervision énergétique.....	12
2.3.1.	Objectifs pédagogiques et techniques.....	13
2.3.2.	Fonctionnalités détaillées attendues	13
2.3.3.	Architecture réseau, capteurs et instrumentation	14
2.3.4.	Interopérabilité avec l'ERP TopSolid'Erp	15
2.3.5.	Ergonomie, pédagogie et évolutivité.....	16
2.3.6.	Données types échangées avec l'ERP.....	16
2.3.7.	Livrables attendus.....	16
2.3.8.	Synoptiques (à titre indicatif, photos non contractuelles).....	18
3.	TRANCHE OPTIONNELLE N°1 : DESCRIPTION DES FONCTIONNALITE TECHNIQUES DES EQUIPEMENTS ..	20
3.1.	Equipements fixes.....	20
3.1.1.	Machine à laver lessivielle.....	20
3.1.2.	Système de suspension et transfert de pièces pour poudrage et étuvage	21
3.2.	Equipements mobiles.....	22
3.2.1.	Fluoperceuse à colonne haute vitesse	22
3.2.2.	Outillages pour postes de travail d'assemblage Lean et transitique modulaire	23
3.2.3.	Ferme d'imprimantes 3D FDM.....	24
3.2.4.	Robot collaboratif (Cobot).....	25
4.	TRANCHE OPTIONNELLE N°2 : DESCRIPTION DES FONCTIONNALITE TECHNIQUES DES EQUIPEMENTS ..	26
4.1.	Equipements mobiles.....	26
4.1.1.	Presse plieuse horizontale.....	27
4.1.2.	Fabrication de pièces polymères fonctionnelles : Imprimante SLS avec station de post- traitement	28
4.1.3.	Fabrication de pièces polymères fonctionnelles – Variante : Presse d'injection plastique	29
4.1.4.	Postes de travail d'assemblage Lean polyvalents et transitique modulaire supplémentaire .	30
4.1.5.	Système de marquage de traçabilité pour pièces métalliques et plastiques.....	32
5.	ESSAIS, RÉCEPTION ET GARANTIE.....	33
5.1.	Raccordement au réseau.....	33
5.2.	Essais.....	33
5.3.	Documents à fournir	33
5.4.	Pièces détachées et consommables.....	34

1. PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

1.1. *Objet du marché*

Le présent cahier des clauses techniques particulières a pour objet de définir les spécifications de la prestation suivante :

La conception, la fourniture, l'installation, la mise en service et la formation associée pour un atelier modulaire pédagogique de production mécanique en série destiné au département Génie Mécanique et Productique de l'IUT de Saint-Étienne. Cet atelier a vocation à simuler un environnement industriel modulaire, évolutif et connecté, permettant de former les étudiants aux différentes étapes d'un processus de production moderne, de la fabrication à la finition des pièces, en passant par le pilotage numérique et la traçabilité.

Cet appel d'offre est constitué d'une tranche ferme décrite au paragraphe 2 ainsi que de deux tranches optionnelles décrites aux paragraphes 3 et 4.

L'atelier comporte :

- **Des équipements fixes** dédiés à la finition des pièces métalliques, spécifiés au paragraphe 2.1 pour la tranche ferme et aux paragraphes 3.1 pour les tranches optionnelles.
- **Des équipements modulaires et mobiles** dédiés à la fabrication de pièces métalliques et plastiques, spécifiés au paragraphe 2.2 pour la tranche ferme et aux paragraphes 3.2 pour les tranches optionnelles. L'objectif est que les étudiants puissent sélectionner et implanter les équipements nécessaires pour atteindre des objectifs de production.
- **Des solutions numériques de pilotage et de supervision**, intégrant un ERP / GPAO type TopSolid/ERP (concerné par le lot 2 du présent appel d'offre) pour la planification des ordres de fabrication ainsi qu'un MES et des capteurs adaptés pour le suivi et la traçabilité des ordres de fabrication et de l'état des machines, spécifié au paragraphe 2.3. La fourniture du MES est une variante facultative de la tranche ferme.
- **Des équipements de traçabilité** spécifiés aux paragraphes 4.14 et 4.15.

L'ensemble des équipements devra être interopérable et conçu pour une exploitation pédagogique sécurisée, intuitive et adaptable aux différents projets d'apprentissage.

La fourniture d'équipement d'occasion est permise sous forme de variante s'il répond aux mêmes exigences de garanties.

1.2. *Environnement d'installation*

L'ensemble des équipements devront être livrés et installés à l'IUT GMP de Saint-Etienne. L'ensemble des équipements seront de préférence pré-installés chez le fournisseur pour validation du fonctionnement puis désassemblés, livrés, installés, connectés et testés dans nos locaux : atelier accessible par camion avec une hauteur maximale de passage de 3 mètres.

- Les équipements fixes seront installés sur une surface d'atelier de 3,5m par 10m environ et d'une hauteur de 6m environ. Ces données sont approximatives et une visite de métrage sur site est fortement conseillée.
- Les équipements mobiles doivent pouvoir être déplacés facilement sur roulettes ou à l'aide d'un transpalette manuel. Si nécessaire, les modifications nécessaires seront réalisées sur les équipements pour le permettre.

1.3. Nature du courant d'alimentation

Tous les équipements doivent être compatibles avec une alimentation électrique en 230V monophasé ou 400V triphasé.

- Les équipements fixes devront être connectés sur canalisation électrique préfabriquée type « Canalis » au plafond (hauteur 6m environ) dans la limite de puissance de ce dernier, sinon une connexion à l'armoire électrique principale de l'atelier située dans le même atelier à environ 60m devra être réalisée ;
- Les équipements mobiles devront être équipés de connexions simples permettant de se raccorder sur un rail d'alimentation à fournir et décrit dans le présent document au paragraphe 2.2.4. Pour permettre leur connexion à ce rail, la longueur de câble de chaque équipement mobile devra être $\geq 3,5\text{m}$.

1.4. Réseau d'air comprimé

Si un équipement nécessite une alimentation en air comprimé, une consommation modérée et une pression standard doivent être prévues (environ 6 bars, avec raccord rapide standard). Le réseau pneumatique est présent dans l'atelier à moins de 10m de la zone d'installation.

- Les équipements fixes nécessitant une alimentation en air comprimé devront être alimentés par une distribution réalisée en « aérien » depuis ce point.
- Les équipements mobiles nécessitant une alimentation en air comprimé devront être équipés de connexions simples permettant de se raccorder sur un rail d'alimentation à fournir et décrit dans le présent document au paragraphe 2.2.4. Pour permettre leur connexion à ce rail, la longueur de tuyau souple de chaque équipement mobile devra être $\geq 3,5\text{m}$.

2. TRANCHE FERME : Description des fonctionnalités techniques des équipements

2.1. Equipements fixes

Les équipements fixes décrits dans cette section sont inclus dans la partie « finition » de la ligne pédagogique modulaire du département GMP de l'IUT de Saint-Étienne. Ils sont destinés aux opérations de traitement de surface, d'application de peinture en poudre et de cuisson, sur des pièces métalliques (ou exceptionnellement polymères) fabriquées dans l'atelier. Conçus pour une utilisation régulière par les étudiants, ils doivent offrir une grande robustesse, une simplicité d'usage, une sécurité optimale, ainsi qu'une qualité industrielle de traitement.

Ces équipements comprennent :

- Une cabine de grenaillage / microbillage,
- Une solution de poudrage manuel,
- Une cabine de poudrage avec aspiration filtrée,
- Un four de cuisson (étuve).

Chacun de ces postes doit permettre des conditions de travail ergonomiques, sécurisées, et conformes aux normes CE en vigueur.

2.1.1. Equipement de grenaillage / microbillage

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'une cabine de grenaillage / microbillage à manches, destinée à la préparation de surface, au décapage et à la finition de pièces métalliques en atelier. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristiques techniques souhaitées

Critère	Valeur
Type de machine	Cabine de grenaillage / microbillage à manches, fermée, avec recyclage de l'abrasif
Matériaux	Métaux ferreux et non ferreux
Dimensions intérieures utiles	Largeur : 1000 mm, Profondeur : 900 mm, Hauteur : 750 mm
Table tournante	Oui, table tournante manuelle sur rail, diamètre : 780 mm, charge admissible : 500 kg
Rail d'entrée/sortie	Oui, charge admissible : 500 kg
Recyclage de l'abrasif	Oui, en circuit fermé
Système d'aspiration	Oui, aspiration et filtration intégrée pour rejets minimum dans l'atelier ; efficacité de filtration $\geq 99,9\%$
Éclairage	Oui, éclairage intérieur
Commande	Mise en route par pédale
Sécurité	Coupure d'air à l'ouverture de la porte
Alimentation électrique	240V monophasé ou 400V triphasé (voir paragraphe 1.3)
Accessoires fournis	Fourni avec deux abrasifs différents en quantités suffisantes pour utilisation de l'équipement : un abrasif agressif type grenaillage métallique ou équivalent pour décapage en profondeur de pièces acier avant peinture ; un abrasif doux type microbilles de verre ou plastique ou équivalent pour nettoyage / amélioration d'aspect de pièces en aluminium (éventuellement plastiques) ; Fourni avec Filtre anti-eau pour réseau d'air comprimé, protection de vitre anti-dépoli, gants, filtres ; Fourni avec EPI si nécessaire ;

c) Services associés

- Grenaillage / Microbillage d'une pièce de démonstration fournie par le client lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter le Grenaillage / Microbillage.
- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau pour deux personnes (enseignant-e-s ou technicien-ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE.

2.1.2. Pistolet de poudrage manuel

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'un équipement de poudrage manuel électrostatique sur chariot mobile, destiné à l'application de peinture en poudre sur des pièces métalliques de géométries variables. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristiques techniques souhaitées

Élément	Caractéristiques
Pistolet	Léger, télécommande intégrée permettant d'activer facilement le mode de charge de poudre et de régler le débit, nettoyage simple et rapide
Pompe à poudre	Pompe type Venturi, faible consommation d'air comprimé, raccords rapides
Unité de contrôle	Écran tactile ou afficheur clair, au moins 3 modes prédéfinis (pièces plates, profilés, repoudrage), technologie de dosage numérique du débit de poudre. Doit être connectée (via Ethernet ou autre) pour permettre la consultation des paramètres de réglage, l'analyse de la productivité, consultation des diagnostics et historiques de cycles.
Chariot mobile	Chariot mobile avec table vibrante pour fluidification de la poudre, bras pivotant, support tuyau/pistolet.
Accessoires fournis	1 buse de pulvérisation à jet plat complète, 6 m de tuyau poudre antistatique Ø 10 mm, 6 m de tuyau air de rinçage électrode Ø 4/6 mm, 1 brosse de nettoyage, 1 kit de pièces de rechange Un carton de 15kg de peinture poudre epoxy RAL 7016 ; Fourni avec EPI si nécessaire ;
Alimentation en poudre	L'unité de poudrage manuel doit pouvoir puiser directement dans le carton d'origine du fabricant de poudre.
Alimentation électrique	240V monophasé ou 400V triphasé (voir paragraphe 1.3)

c) Services associés

- Peinture d'un lot de pièces de démonstration fourni par le client lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter la peinture.
- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau pour deux personnes (enseignant·e-s ou technicien·ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE

2.1.3. Cabine de poudrage manuel avec filtration intégrée

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'une cabine de poudrage manuelle destinée garantir une qualité d'aspiration et de filtration efficace, une sécurité optimale ainsi qu'un confort acoustique compatible avec un environnement de travail sans obligation de port de protections auditives. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristiques techniques souhaitées

Critère	Valeur
Dimensions utiles	Largeur : 900 mm, Hauteur : 1000 mm
Filtration	Système à cartouches avec nettoyage manuel ; efficacité $\geq 99,9 \%$
Niveau sonore	≤ 80 dB(A)
Eclairage	Oui
Chargement des pièces	Compatible avec la solution de suspension et transfert de pièces décrite au paragraphe 2.1.6
Accessoires fournis	Fourni avec filtres
Alimentation électrique	240V monophasé ou 400V triphasé (voir paragraphe 1.3)

c) Services associés

- Peinture d'un lot de pièces de démonstration fourni par le client lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter la peinture.
- Formation à l'utilisation pour deux personnes (enseignant·e-s ou technicien·ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE

2.1.4. Étuvage – Four de cuisson pour peinture poudre

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'un four de cuisson destiné à l'étuvage de pièces métalliques peintes par application de peinture poudre epoxy ou polyester principalement. Le four doit permettre un fonctionnement efficace, sûr et traçable. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristique technique souhaitées

Critère	Valeur
Type	Étuvage pour cuisson peinture poudre epoxy ou polyester principalement
Dimensions intérieures utiles	Largeur : 1200 mm, Profondeur : 1200 ; Hauteur : 1700 mm
Mode de chauffage	Electrique
Température d'utilisation	Jusqu'à 200°C
Alimentation électrique	240V monophasé ou 400V triphasé (voir paragraphe 1.3)
Temps de montée à 180°C (vide)	≤ 40 min
Temps de montée à 180°C (plein)	≤ 70 min

Interface de commande	Écran tactile couleur 7" avec IHM intuitive
Programmation	Programmation des cycles simple sur machine ou PC
Connectivité	RS485 (ModBus Master/Slave), compatibilité SCADA, export données via USB
Suivi du process	Compteur de consommation par cycle, heure de début et fin de cycle ; Tour de signalisation de l'état du four ;
Ventilation / Cheminée	Fourniture et installation d'une cheminée, extraction hors bâtiment pour élimination humidité et fumées
Portes	Double vantail ou guillotine ;
Chargement des pièces	Compatible avec la solution de suspension et transfert de pièces décrite au paragraphe 2.1.6

c) Services associés

- Etuvage d'un lot de pièces de démonstration fourni par le client lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter l'étuvage.
- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau pour deux personnes (enseignant-e-s ou technicien-ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE

2.2. Equipements mobiles

Les équipements décrits dans cette section sont inclus dans le cœur mobile et flexible de la ligne pédagogique modulaire. Conçus pour être déplacés, réorganisés et interconnectés facilement, ils permettent la mise en œuvre de scénarios de production variés dans un environnement Lean, pédagogique et industriel.

Ces postes mobiles couvrent un large spectre de procédés : formage (poinçonnage, cintrage), assemblage.

Chaque équipement doit être ergonomique, robuste, conforme aux normes CE, facilement déplaçable sur roulettes ou par transpalette manuel, facilement connectable à un rail de connexion dédié et pensé pour un usage pédagogique sécurisé. L'ensemble de la ligne mobile doit permettre aux étudiants d'expérimenter une chaîne de production flexible, complète, interconnectée et proche des standards industriels actuels.

2.2.1. Spécifications Poinçonneuse hydraulique

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'une poinçonneuse hydraulique universelle mobile destinée au poinçonnage de tôles et de profilés métalliques. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristiques techniques souhaitées

Critère	Valeur
Type de machine	Poinçonneuse hydraulique universelle, poste unique ou multi-stations
Force de poinçonnage	: 40 tonnes
Course du poinçon	: 60 mm

Profondeur du col de cygne	: 180 mm
Commande	Commande à pied avec sécurité intégrée ou équivalent
Alimentation électrique	240V monophasé ou 400V triphasé avec longueur de câble et connecteur adaptés à la connexion sur rail de connexion spécifique (voir paragraphe 1.3)
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes freinées ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Changement de série	Changement rapide des outils (sans nécessiter de démontage complexe)
Accessoires fournis	Fourni avec 1 jeu de 3 poinçons et matrices ronds diamètres Ø5 Ø10 Ø20 pour perçage, 1 outillage d'encochage à 90° et 1 outillage pour couper des barres rondes ou tubes ; changement rapide des outils (sans nécessiter de démontage complexe) ; Fourni avec EPI si nécessaire ;
Suivi de process	Possibilité de raccorder un dispositif de comptage de cycle

c) Services associés

- Réalisation d'une pièce de démonstration lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter la fabrication.
- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau pour deux personnes (enseignant-e-s ou technicien-ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE

2.2.2. Spécifications Cintreuse électrique CNC

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'une cintreuse électrique mobile à commande numérique destinée au cintrage de tubes métalliques de 10mm à 60mm.

b) Caractéristique techniques souhaitées

Critère	Valeur
Type de machine	Cintreuse électrique CNC (avec ou sans souris)
Capacité tube acier (S275)	De Ø10 mm à Ø60 mm
Angle de cintrage	Jusqu'à 180°
Rayon de cintrage	$\geq 3 \times \varnothing$ du tube
Commande	Commande à pied avec sécurité intégrée ou équivalent
Commande numérique	Oui, intuitive, avec affichage des paramètres de cintrage et possibilité d'enregistrement de programmes
Programmation simplifiée	L'opérateur saisit les dimensions du tube, la matière, l'épaisseur, l'angle et la matrice ; le système ajuste automatiquement les autres paramètres.
Correction du retour élastique	Automatique ou programmable

Table d'indexation	Oui avec mandrin
Alimentation électrique	240V monophasé ou 400V triphasé avec longueur de câble et connecteur adaptés à la connexion sur rail de connexion spécifique (voir paragraphe 1.3)
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes freinées ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Changement de série	Changement rapide des outils (sans nécessiter de démontage complexe)
Accessoires fournis	Fourni avec 1 kit de cintrage complet pour tube rond Ø10 mm et 1 kit de cintrage complet pour tube rond Ø20 mm et accessoires nécessaires à l'utilisation ; Fourni avec EPI si nécessaire ;
Suivi de process	Possibilité de raccorder un dispositif de comptage de cycle

b) Services associés

- Réalisation d'une pièce de démonstration lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter la fabrication.
- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau pour deux personnes (enseignant-e-s ou technicien-ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE

2.2.3. Postes de travail d'assemblage Lean polyvalents et transitive modulaire

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'un poste de travail d'assemblage Lean polyvalents mobile pour un atelier pédagogique et d'un chariot FIFO. Cet équipement doit permettre l'assemblage de pièces industrielles avec éclairage, alimentation, et manutention des composants. L'ensemble de ces équipements doit être ergonomique, mobile, modulaire et compatible avec les autres équipements de la ligne pédagogique. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristiques techniques souhaitées

Postes de travail Lean (1 poste)

Critère	Valeur
Châssis	Métallique, robuste.
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Plateau	Hauteur réglable de 700 à 1100 mm, dimensions : 1200 x 800 mm
Rails FIFO	Intégrés ; 2 niveaux inclinés compatibles bacs norme Europe largeur 300 mm (20 kg max/bac), stockage minimum de 3 bacs sur chaque niveaux
Support écran	Orientable, compatible écran jusqu'à 24 pouces
Éclairage	Intégré LED sans scintillement

Mobilité	Déplacement possible sur roulettes ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Alimentation électrique	Connecteur électrique unique du poste au réseau en 240V monophasé ou 400V triphasé avec longueur de câble et connecteur adaptés à la connexion sur rail de connexion spécifique (voir paragraphe 1.3) Multiprise 220V, min. 4 prises sur poste Système de gestion des câbles et alimentation protégé
Portique outillage	Intégré, compatible avec équilibreurs de charge
Support petits bacs à becs et outils manuels	Intégré, latéral ou suspendu

Chariots FIFO (1)

Critère	Valeur
Structure	Métallique, robuste.
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Niveaux	3 niveaux inclinés, compatibles bacs norme Europe 300 mm (20 kg/bac) ; stockage minimum de 3 bacs sur chaque niveau
Accès	Chargement arrière / déchargement avant, positionnement adapté aux postes Lean fournis
Dimensions	Largeur et hauteur compatibles avec les postes Lean fournis permettant le transfert des bacs depuis les chariots vers les postes Lean par glissement

2.2.4. Rail de connexion (infrastructure mutualisée)

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'un rail de distribution multi-réseaux dédiée à la connexion sécurisée des équipements mobiles de la chaîne de production modulaire. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristiques techniques souhaitées

Critère	Valeur
Finalité	Permettre la connexion sécurisée électrique, pneumatique et réseau LAN des équipements mobiles à un rail situé en hauteur et supporter la masse des câbles et des tuyaux d'alimentation pneumatique des machines.
Hauteur	Permettant la circulation piétonne sous le rail Permettant la connexion des équipements mobiles à l'aide d'un simple marche pieds 3 marches
Longueur	12m
Connexion des équipements	8 blocs connecteurs situés sur le rail tous les 1,5m minimums, comprenant chacun : 1 prise femelle 230V, 1 prise femelle triphasée (400V), 1 raccord pneumatique rapide femelle, 1 port réseau RJ45 ; Chaque point de connexion doit être doté d'une perche orientable de 1.5m permettant de supporter la masse des câbles connectés (électrique, pneumatique, LAN). Voir schéma de principe page suivante. Les connexions et déconnexions des équipements devront être réalisables sans outils et sans certification électrique ;

Connexion du rail	Connexion du rail au réseau électrique 240V monophasé ou 400V (voir paragraphe 1.3) Connexion pneumatique à moins de 5m du départ du rail Connexion réseau LAN à moins de 5m du départ du rail
-------------------	--

c) Services associés

- Test du rail avec connexion d'une machine sur chaque connecteur lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter la connexion des équipements mobiles.
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Equipement conforme aux normes CE

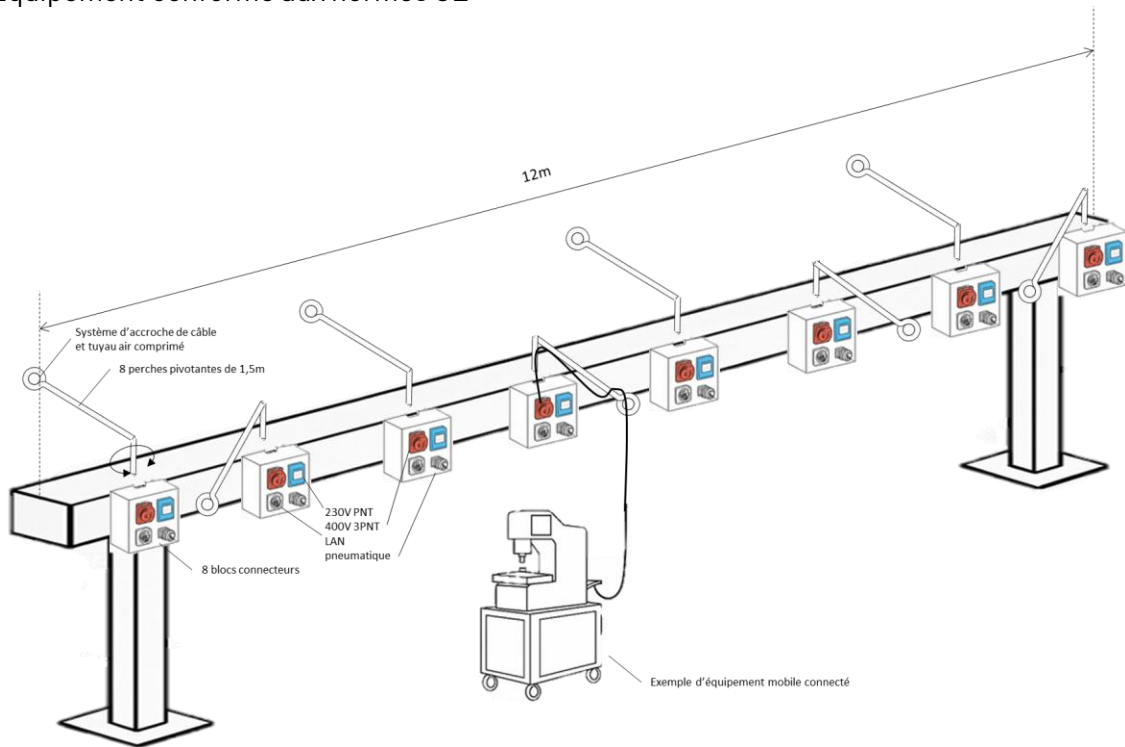


Schéma de principe d'une solution possible pour le rail de connexion

2.3. Système MES – Suivi de production et supervision énergétique

La fourniture du MES est une variante facultative de la tranche ferme.

Le système MES (Manufacturing Execution System) mis en place devra permettre aux étudiants de se former de manière immersive aux outils numériques industriels utilisés dans la supervision et la traçabilité des processus de production. Il devra être totalement hébergé sur site (on-premise), installé sur un serveur ou PC de l'IUT, et ne devra nécessiter ni abonnement SaaS ni connexion à des serveurs distants. Le système devra être évolutif et configurable afin de s'adapter aux évolutions futures de la plateforme pédagogique.

2.3.1. Objectifs pédagogiques et techniques

Le MES doit permettre :

- La réception automatique des Ordres de Fabrication (OF) en provenance de l'ERP (TopSolid'Erp).
- La visualisation des OF à traiter sur chaque poste de production.
- La déclaration par l'opérateur du début et de la fin d'un OF, du nombre de pièces bonnes ou non conformes produites.
- La déclaration des arrêts machine avec enregistrement du motif.
- L'acquisition automatique des données de production lorsque les machines le permettent.
- L'intégration de données issues de capteurs industriels (nombre de pièces, état machine, consommation énergétique).
- La visualisation synthétique des états de production en temps réel via un poste de supervision.
- La génération de rapports horodatés, traçables et exportables.

2.3.2. Fonctionnalités détaillées attendues

Gestion des Ordres de Fabrication (OF)

- Affichage en temps réel des OF disponibles par machine ou ressource.
- Démarrage et fin d'un OF par action tactile ou lecture d'un QR code/code-barres.
- Saisie des quantités produites (bonnes et non conformes) manuellement ou via lecture code-barres.
- Suivi des temps de cycle, des quantités, des anomalies.

Déclaration d'arrêt machine

- Déclaration d'un arrêt de production avec sélection du motif via une liste personnalisable (manque matière, panne, réglage, nettoyage, autre).
- Redémarrage manuel ou automatique après détection de reprise de production.

Traçabilité et horodatage

- Enregistrement automatique des étapes clés de la production : début OF, fin OF, début/fin d'arrêt, nombre de pièces produites.
- Enregistrement de la consommation énergétique par pas de temps (au minimum 1 min).

- Génération de rapports horodatés par OF, machine ou période.

Tableau de bord central (supervision)

- Affichage temps réel de l'état de chaque poste : OF en cours, statut (en production, en arrêt), avancement (% ou quantité).
- Indicateurs de performance : TRS par poste et global, nombre de rebuts, taux de non-conformité.
- Consommation énergétique : instantanée par équipement, graphique historique (bâtons ou courbes), cumul par période.
- Données disponibles via un poste de supervision fixe ou en grand écran (HD minimum).

Interaction opérateur simplifiée

- Interface tactile intuitive avec pictogrammes et codes couleurs.
- Navigation simplifiée, accès rapide aux fonctions : démarrer/arrêter un OF, déclarer des pièces ou arrêts.
- Utilisation de lecteurs code-barres ou QR code pour éviter les saisies manuelles (actions associées à des codes imprimés).

2.3.3. Architecture réseau, capteurs et instrumentation

Le système MES devra s'intégrer à l'infrastructure technique de l'atelier tel que défini dans les synoptiques réseau et énergie fournis.

Exemple d'architecture possible :

- Le réseau d'acquisition industriel basé sur un réseau type **Profinet / connecteur RJ45 ou équivalent**, interconnectant les postes via des E/S déportées (**IO Controllers**), compatibles avec les équipements industriels utilisés (cintreuse, poinçonneuse, ferme 3D, cobot, etc.)
- Un **automate Siemens** (ou équivalent) assurera la collecte des données terrain.
- Une solution d'affichage de tableaux de bord / traçabilité (Blue Open Studio ou équivalent)
- Des **capteurs à fournir** seront installés sur les machines non communicantes, parmi lesquels :
 - Capteurs de comptage pièces (via récupération de signal électrique, cellules optiques, capteur inductifs...)
 - Capteurs d'état machine (présence tension, capteurs de consommation ou vibration...) si nécessaires pour satisfaire les fonctionnalités spécifiés

- Compteurs d'énergie connectés (compatibles Modbus TCP, Profinet ou équivalent).

Matériels spécifiques à fournir :

- **Un poste opérateur tactile** à installer dans la zone de production, permettant :
 - La consultation des OF en attente ou en cours.
 - La déclaration de début/fin d'OF, d'arrêts ou de quantités produites.
 - La connexion d'un **lecteur code-barres/QR code** sans fil (x1 fourni).
- **Un écran de supervision fixe** dédié à l'affichage des indicateurs de l'ensemble de la ligne :
 - État des postes, avancement, TRS, consommations énergétiques.
 - Monté sur pupitre ou support mural selon implantation, accessible aux encadrants ou aux groupes d'apprenants.
- **Les équipements d'interface avec les capteurs :**
 - IO Controllers modulaires connectés au réseau Profinet.
 - Boîtiers d'interface (automates ou passerelles) pour les capteurs non IP.

L'ensemble des machines de la zone modulaire et de la zone peinture devra être instrumenté ou connectable. L'architecture devra permettre l'ajout ultérieur de postes sans refonte complète (modularité).

2.3.4. Interopérabilité avec l'ERP TopSolid'Erp

Le système devra pouvoir s'interfacer avec l'ERP TopSolid'Erp pour échanger automatiquement les données relatives aux OF. Plusieurs scénarios d'intégration seront possibles selon les capacités du fournisseur ERP :

- **Échange de fichiers CSV ou TXT** : lecture/écriture de fichiers normalisés déposés dans un répertoire partagé (nom, structure et fréquence définis avec l'IUT).
- **Connexion OPC UA** : communication directe si TopSolid expose ses données via un serveur OPC compatible.
- **API / Web services** : si disponibles dans la version de l'ERP, utilisation d'appels API REST/JSON pour synchroniser les OF et leur état.

L'intégrateur devra proposer la solution la plus robuste et maintenir la cohérence des données entre l'ERP et le MES :

- Import des OF depuis l'ERP avec : ID, opération, ressource, quantité, stocks origine/destination, durée unitaire.

- Export vers ERP en fin d'OF : quantités réalisées, rebuts, consommations de stock, statut OF.

2.3.5. Ergonomie, pédagogie et évolutivité

- L'interface utilisateur devra être ergonomique, intuitive, entièrement en français, pensée pour écran tactile.
- Le système devra être conçu comme un **outil pédagogique** :
 - Possibilité d'ajouter ou retirer des équipements à superviser.
 - Création jusqu'à 25 opérateurs distincts.
 - Système tolérant aux erreurs de manipulation (important pour un usage étudiant).
- Les vues et rapports devront pouvoir être modifiés ou étendus par l'IUT (accès administrateur, documentation technique ou fichiers sources).
- L'interface devra s'adapter à la pédagogie : fonctionnement par OF, visualisation temps réel, simulation d'arrêt, analyse a posteriori.

2.3.6. Données types échangées avec l'ERP

Fichier entrant exemple : OFs_en_cours.csv

Id OF	Id Opération	Ressource (machine)	Stock origine	Stock destination	Réf entrée	Réf sortie	Qté Entrée	Qté sortante	Durée unitaire opération - Qté sortante (s)
145	10	Impression	Stock MP	Stock Montage	Fil_ABS	Bouchon	2	5	1800
145	25	Poudrage	Stock Peinture	Stock Peinture	Support	Support	25	25	30

Fichier sortant exemple : OFs_en_cours.csv

Id Evènement	Type Evènement	Item	Ref	Valeur
3210	Mvmt stock	Stock_MP	Fil_ABS	-3
3211	Mvmt stock	Stock_PF	Support	+25
3212	FinOF	OF	145	Soldé

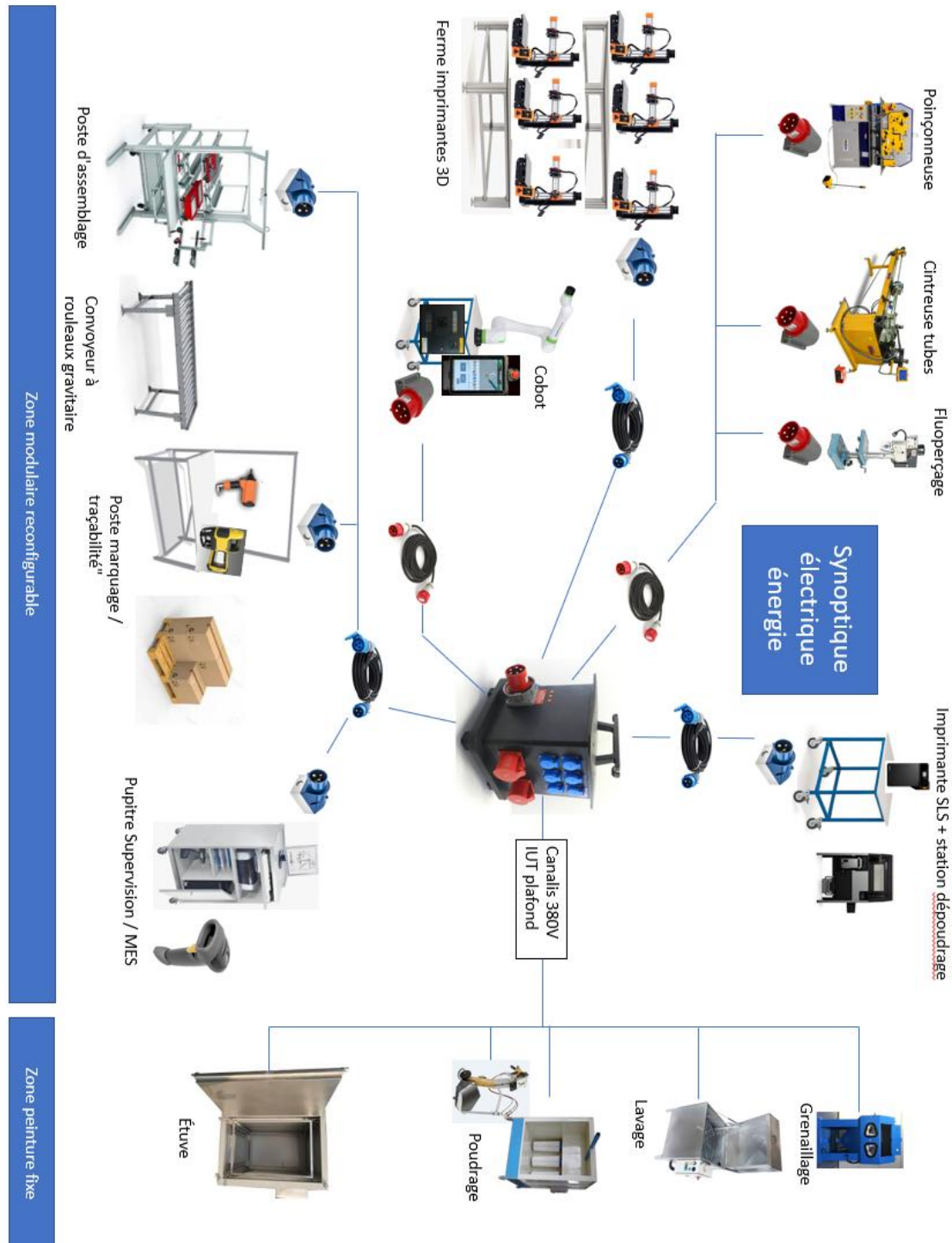
2.3.7. Livrables attendus

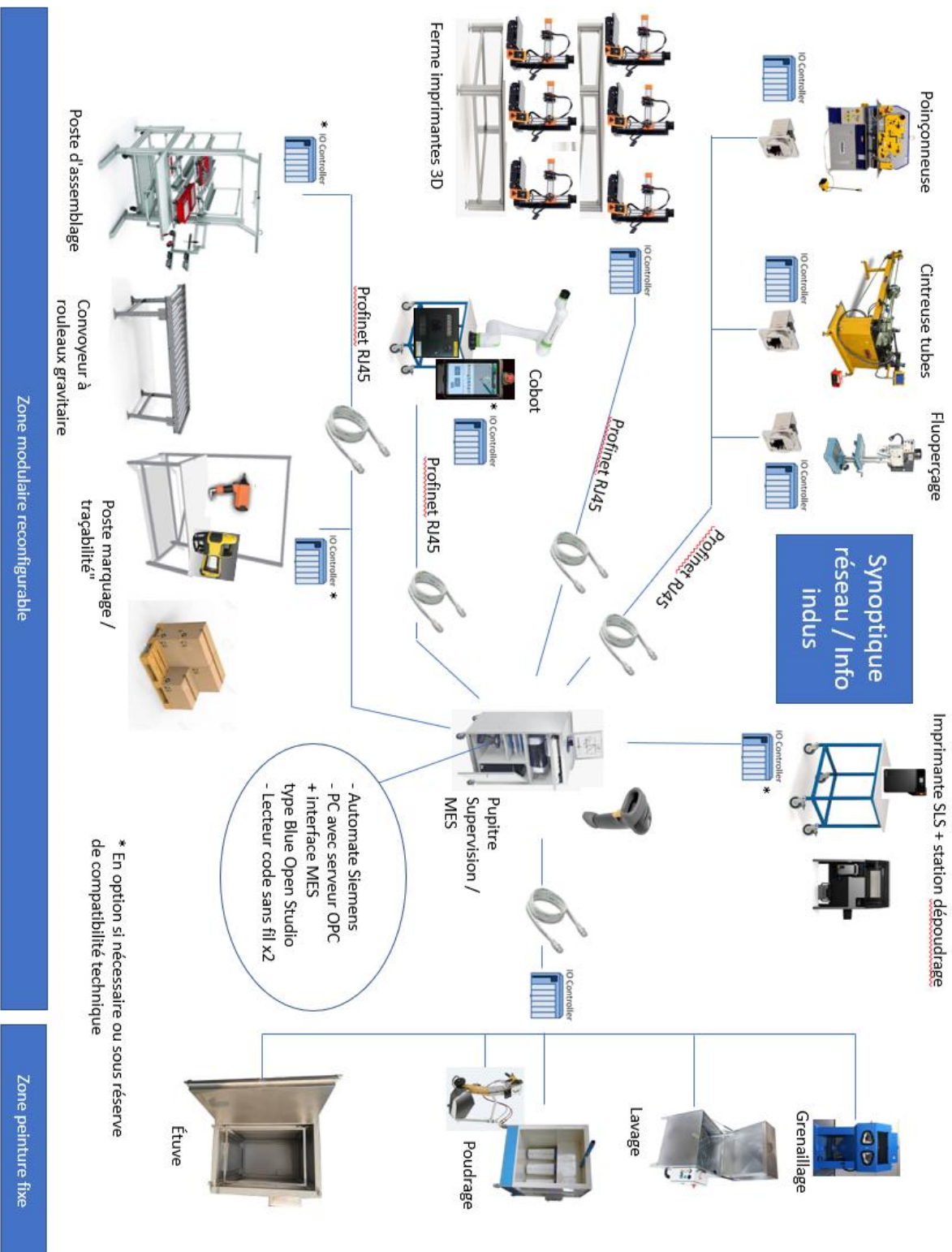
Le prestataire retenu devra fournir :

- Le logiciel MES installé, configuré et opérationnel sur le site de l'IUT.
- Tous les matériels nécessaires :
 - Les écrans et IHM nécessaires à la bonne marche du système (un écran de saisie + un écran de visualisation / tableau de bord)
 - Le ou les lecteurs QR code nécessaires à la bonne marche du système
 - L'écran de supervision avec pupitre ou fixation murale.
 - Les capteurs de comptage, état machine et énergie. Les IO Controllers nécessaires et boîtiers d'interface associés.
- Le paramétrage initial des postes et des ressources.
- La documentation complète : manuel utilisateur, manuel administrateur, structure fichiers d'échange, schémas réseau/capteurs.
- Les fichiers sources ou scripts spécifiques développés pour l'IUT (ERP/MES, acquisition, supervision).
- La formation des utilisateurs (étudiants, enseignants, administrateurs techniques).
- Un plan de test pour la recette fonctionnelle.
- Une garantie de 24 mois minimum avec support technique, maintenance corrective et évolutive.

Les synoptiques joints précisent l'architecture électrique et réseau. La zone « performance industrielle » comprend des postes fixes et des postes modulaires reconfigurables interfacés au MES via les réseaux électriques 380V et Profinet avec supervision OPC.

2.3.8. Synoptiques (à titre indicatif, photos non contractuelles)





3. TRANCHE OPTIONNELLE N°1 : Description des fonctionnalités techniques des équipements

3.1. Équipements fixes

Les équipements fixes décrits dans cette section sont inclus dans la partie « finition » de la ligne pédagogique modulaire du département GMP de l'IUT de Saint-Étienne. Ils sont destinés aux opérations de traitement de surface, d'application de peinture en poudre et de cuisson, sur des pièces métalliques (ou exceptionnellement polymères) fabriquées dans l'atelier. Conçus pour une utilisation régulière par les étudiants, ils doivent offrir une grande robustesse, une simplicité d'usage, une sécurité optimale, ainsi qu'une qualité industrielle de traitement.

Ces équipements comprennent :

- Une machine de lavage lessivielle,
- Un système de suspension et de transfert des pièces.

Chacun de ces postes doit permettre des conditions de travail ergonomiques, sécurisées, et conformes aux normes CE en vigueur.

3.1.1. Machine à laver lessivielle

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'une machine à laver lessivielle pour le nettoyage de pièces métalliques en atelier. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristiques techniques souhaitées

Critère	Valeur
Type de machine	Machine à laver pour pièces mécaniques, fermée
Volume utile	Largeur : 780 mm, Profondeur : 780 mm, Hauteur : 500 mm
Charge admissible	150 kg
Température de lavage	Ambiante jusqu'à 70 °C minimum
Produits de lavages acceptés	Détergent lessiviel et alcalin
Alimentation électrique	240V monophasé ou 400V triphasé (voir paragraphe 1.3)
Commande	Réglage de la durée et de la température des cycles de lavage
Accessoires fournis	Fournie avec détergent nécessaire pour dégraissage de pièces mécaniques ; Fourni avec EPI si nécessaire ;

c) Services associés

- Lavage d'un lot de pièces de démonstration fourni par le client lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter le lavage.
- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau pour deux personnes (enseignant·e·s ou technicien·ne·s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE

3.1.2. Système de suspension et transfert de pièces pour poudrage et étuvage

a) Exigence minimale

Fourniture, installation et mise en service d'un système de suspension, de manutention et de transfert de pièces métalliques destinées à être revêtues par poudrage électrostatique, puis cuites en étuve.

Le système doit permettre un déplacement manuel, fluide et sécurisé des pièces depuis la cabine de poudrage vers l'étuve, dans un contexte de production industrielle pédagogique, selon une logique Lean adaptée aux petites et moyennes séries.

L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

Solutions recevables :

- Soit un convoyeur aérien manuel suspendu.
- Soit un ou plusieurs chariots mobiles sur roues, configurés pour recevoir les pièces suspendues.
- Toute autre solution répondant aux contraintes

L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristique techniques souhaitées

Critère	Valeur
Type de solution autorisé	Convoyeur aérien manuel ou chariot de transfert mobile ou autre solution équivalente
Charge utile maximale	150 kg
Format des pièces acceptées	Jusqu'à 50 pièces de 100×100×200 mm ou 1 pièce de 1000×1000×200 mm
Système de suspension	Crochets, barres ou supports adaptés au poudrage et cuisson de pièces métalliques
Retournement des pièces	Possibilité de retourner simplement les pièces pendant le poudrage
Mode de déplacement	Manuel uniquement (aucune motorisation ou automatisation requise)
Accessibilité	Chargement/déchargement facile ; Ergonomique ; Hauteur de travail adaptée
Adaptation à la cabine de poudrage et à l'étuve de cuisson	Compatibilité avec cabine de poudrage et avec insertion dans l'étuve ou transfert direct via le système
Modularité	Système modulable pour accueillir différents formats de pièces et s'adapter à la configuration d'atelier
Ergonomie et sécurité opérateur	Manipulable par un opérateur sans risque ; roulettes avec frein (si chariot) ; butées sur rail (si convoyeur)
Évolutivité	Possibilité d'ajouter des postes ou d'étendre la ligne si besoin
Accessoires fournis	Fourni avec un lot de 100 crochets de suspension ; Fourni avec EPI si nécessaire ;

c) Services associés

- Poudrage, transfert et étuvage d'un lot de pièces de démonstration fourni par le client lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et

consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter le transfert de pièces.

- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau pour deux personnes (enseignant-e-s ou technicien-ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE

3.2. Equipements mobiles

Les équipements décrits dans cette section sont inclus dans le cœur mobile et flexible de la ligne pédagogique modulaire. Conçus pour être déplacés, réorganisés et interconnectés facilement, ils permettent la mise en œuvre de scénarios de production variés dans un environnement Lean, pédagogique et industriel.

Ces postes mobiles couvrent un large spectre de procédés : usinage léger (fluoperçage, ébavurage), assemblage, impression 3D, automatisation collaborative.

Chaque équipement doit être ergonomique, robuste, conforme aux normes CE, facilement déplaçable sur roulettes ou par transpalette manuel, facilement connectable à un rail de connexion dédié et pensé pour un usage pédagogique sécurisé. L'ensemble de la ligne mobile doit permettre aux étudiants d'expérimenter une chaîne de production flexible, complète, interconnectée et proche des standards industriels actuels.

3.2.1. Fluoperceuse à colonne haute vitesse

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'une perceuse à colonne haute vitesse, destinée au fluoperçage (ou perçage thermique type Flowdrill) de pièces métalliques fines, avec support dédié mobile. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristique techniques souhaitées

Critère	Valeur
Type de machine	Perceuse à colonne avec variateur électronique de vitesse
Capacité de perçage acier	Ø 32 mm
Vitesse de rotation haute	: 3000 tr/min (obligatoire pour fluoperçage)
Vitesse de rotation basse	: 100 tr/min
Plage de vitesses	Réglables en continu par variateur électronique
Inversion de sens	Oui
Broche	Cône morse CM4
Course de la broche	: 150 mm
Profondeur du col de cygne	: 250 mm
Alimentation électrique	240V monophasé ou 400V triphasé avec longueur de câble et connecteur adaptés à la connexion sur rail de connexion spécifique (voir paragraphe 1.3)
Interface	Affichage de la vitesse
Sécurité	Carters, arrêt d'urgence, interrupteur de sécurité
Support	Structure métallique dédiée, surface de travail stable ($\geq 500 \times 500$ mm), hauteur de travail ergonomique

Fixation	La perceuse doit être solidement fixée au support pour un usage stable et sécurisé
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes freinées ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Accessoires fournis	Fourni avec 1 kit complet de fluoperçage (outils type Flowdrill) pour M4, M6 et M8 ; Fourni avec EPI si nécessaire ;

c) Services associés

- Réalisation d'une pièce de démonstration lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter le fluoperçage d'une pièce.
- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau pour deux personnes (enseignant·e-s ou technicien·ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE.

3.2.2. Outillages pour postes de travail d'assemblage Lean et transitique modulaire

b) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'outillage suspendus pour poste de travail d'assemblage Lean ainsi que de solution de transitique modulaire. Les outillages doivent permettre l'ébavurage, et l'assemblage de pièces industrielles. L'ensemble de ces équipements doit être ergonomique, mobile, modulaire et compatible avec les autres équipements de la ligne pédagogique. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

c) Caractéristique techniques souhaitées

Outillages suspendus

Type d'outillage	Caractéristiques
Meuleuse droite électrique (x1)	Meuleuse droite électrique à vitesse variable (min. 5 000 à max. 30 000 tr/min), compatible avec fraises en carbure de Ø 3 à 6 mm. Conçue pour l'ébavurage de pièces en plastique et en acier. L'outil doit être ergonomique, léger, sécuritaire pour un usage pédagogique. Livré avec un set de fraises carbure variées (forme boule, conique, cylindrique, flamme, etc.). Doit pouvoir être suspendue sur un équilibreur de charge. Fourni avec EPI si nécessaire.
Visseuse dynamométrique électrique (x1)	Visseuse électrique à couple réglable, plage de 0,5 à 8 Nm. Débrayage automatique à seuil réglable. Compatible avec vissage M4 (plastique) à M8 (acier). Utilisable à une main. Livrée avec 10 embouts standards. Alimentation sur batterie ou filaire (au choix du fournisseur). Doit pouvoir être suspendue sur un équilibreur de charge. Fourni avec EPI si nécessaire.
Équilibreurs de charge (x2)	Équilibreurs à câble ou ressort pour suspendre la visseuse, la meuleuse et l'outil de fixation pour plaques signalétiques ;

	réglage de tension et longueur de câble adaptée. Capacité de charge adaptée aux outils fournis. Fixation aisée sur le portique du poste Lean.
--	---

Transitique : Convoyeurs à rouleaux gravitaires

Critère	Valeur
Type d'éléments	8 tronçons indépendants : 3 droits (Longueur 1 m), 3 droits (Longueur 2 m), 2 courbes (90°)
Structure	Acier, pieds réglables 700-1100 mm,
Largeur	compatibles bacs norme Europe 300 mm (20 kg/bac)
Charge	: 50 kg/m
Dimensions	Largeur compatible avec les postes Lean fournis
Guidage des bacs	Guides latéraux démontables
Mobilité	Chaque tronçon est déplaçable par transpalette manuel ou sur roulettes freinées
Connexion	Possibilité de connecter les tronçons

c) Services associés

- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau des outillages pour deux personnes (enseignant-e-s ou technicien-ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE

3.2.3. Ferme d'imprimantes 3D FDM

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'un ensemble de 6 imprimantes 3D FDM identiques, montées sur une structure commune mobile formant une ferme d'imprimantes, destiné à la fabrication de pièces en dépôt de fil fondu. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristiques techniques souhaitées

Critère	Valeur
Nombre d'imprimantes	6, toutes identiques, chaque imprimante doit pouvoir fonctionner de manière autonome
Marque exigée	Prusa, pour raison de cohérence pédagogique avec nos équipements (modèle libre)
Support	Imprimantes fixées sur un meuble/support à hauteur ergonomique de travail Accès à l'ensemble des pièces imprimées sur le même côté de la structure support Système de gestion des câbles et alimentation protégé
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes freinées ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Technologie d'impression	FDM (dépôt de fil fondu)

Volume d'impression (XYZ) par imprimante	: 180 × 180 × 180 mm
Température buse	: 280 °C
Température plateau	: 100 °C
Type de buse	0.4 mm minimum, interchangeable
Matériaux compatibles	PLA, PETG, ABS, ASA, Flexibles (TPU)
Calibration	Nivellement automatique du plateau ou équivalent
Capteur de filament	Oui
Connectivité	Impression depuis clé USB, SD, et réseau (LAN ou Wi-Fi)
Épaisseur de couche mini	: 50 µm
Alimentation électrique	Connecteur électrique unique pour la ferme d'imprimantes en 240V monophasé ou 400V triphasé avec longueur de câble et connecteur adaptés à la connexion sur rail de connexion spécifique (voir paragraphe 1.3)
Accessoires fournis	Fourni avec 6 bobines de filament PLA d'au moins 1 kg chacune, 1 bobine de filament technique (PETG ou ABS) de 1 kg minimum, ensemble de pièces détachées courantes (6 buses de rechange, 6 plateaux de rechange (type PEI ou équivalent), outil de nettoyage de buse ; Fourni avec EPI si nécessaire ;
Suivi de process	Affichage de l'état de l'imprimante

c) Services associés

- Impression d'une pièce de démonstration sur chaque imprimante lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter l'impression sur chaque imprimante.
- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau pour deux personnes (enseignant-e-s ou technicien-ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE

3.2.4. Robot collaboratif (Cobot)

b) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'un robot collaboratif (cobot) sur support mobile destiné à la manipulation de pièces dans des scénarios de production variés (assemblage, transfert de pièces, etc.) avec un haut niveau de facilité d'utilisation et de reprogrammation. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristiques techniques souhaitées

Critère	Valeur
Type	Robot collaboratif 6 axes avec bras articulé
Charge utile	5 kg
Portée	1000 mm
Préhenseur fourni	Oui, pince avec force de serrage et ouverture réglables adaptée à des pièces plastiques ou métalliques

Changement de série	Changement rapide de préhenseur (sans nécessiter de démontage complexe)
Programmation	Interface intuitive, programmation par guidage manuel (hand guiding) et tablette tactile, Utilisation sans connaissance préalable en robotique
Alimentation électrique	240V monophasé ou 400V triphasé avec longueur de câble et connecteur adaptés à la connexion sur rail de connexion spécifique (voir paragraphe 1.3)
Support	Structure métallique dédiée, surface de travail stable (: 500 × 500 mm), hauteur de travail permettant au bras de travailler à hauteur ergonomique humaine.
Fixation	L'équipement doit être solidement fixé au support pour un usage stable et sécurisé ; Le support doit rester parfaitement stable y compris en bout de course, en charge et en mouvement dynamique ;
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes freinées ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Connectivité	Ethernet, USB ou autre pour liaison éventuelle avec logiciel ERP ou supervision

c) Services associés

- Réalisation d'un cycle de démonstration avec prélèvement d'une pièce dans une machine et dépôt dans un bac sur convoyeur lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter le cycle de démonstration.
- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau pour deux personnes (enseignant-e-s ou technicien-ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Equipement conforme aux normes CE

4. TRANCHE OPTIONNELLE N°2 : Description des fonctionnalités techniques des équipements

4.1. Equipements mobiles

Les équipements décrits dans cette section sont inclus dans le cœur mobile et flexible de la ligne pédagogique modulaire. Conçus pour être déplacés, réorganisés et interconnectés facilement, ils permettent la mise en œuvre de scénarios de production variés dans un environnement Lean, pédagogique et industriel.

Ces postes mobiles couvrent un large spectre de procédés : formage (pliage), production de pièces polymères fonctionnelles (injection plastique ou impression SLS), d'assemblage supplémentaire, de marquage. Deux technologies sont possibles pour la réalisation de pièces polymères fonctionnelles : soit par impression 3D SLS et post-traitement, soit par injection thermoplastique. Ces deux variantes sont considérées comme également recevables pour répondre au besoin de produire des pièces plastiques complexes, robustes et en petite ou moyenne série. Le présent marché exige une réponse sur l'une de ces deux options, ou les deux.

Chaque équipement doit être ergonomique, robuste, conforme aux normes CE, facilement déplaçable sur roulettes ou par transpalette manuel, facilement connectable à un rail de connexion dédié et pensé pour un usage pédagogique sécurisé. L'ensemble de la ligne mobile doit permettre aux étudiants d'expérimenter une chaîne de production flexible, complète, interconnectée et proche des standards industriels actuels.

4.1.1. Presse plieuse horizontale

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'une presse plieuse hydraulique horizontale à commande numérique, mobile destinée à la réalisation de pliages précis sur tôles de 1mm à 8 mm d'épaisseur. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristique techniques souhaitées

Critère	Valeur
Type de machine	Presse plieuse hydraulique horizontale
Force de travail	10 tonnes
Course utile	185 mm
Commande numérique	Oui, intuitive, avec affichage des paramètres de pliage et possibilité d'enregistrement de programmes
Modes de fonctionnement	Manuel et automatique
Réglage de l'angle de pliage	Oui, via la commande numérique avec correction du retour élastique
Programmation assistée	L'opérateur doit pouvoir sélectionner le matériau, l'épaisseur, l'angle et l'outillage, le système calculant automatiquement les paramètres de pliage.
Alimentation électrique	240V monophasé ou 400V triphasé avec longueur de câble et connecteur adaptés à la connexion sur rail de connexion spécifique (voir paragraphe 1.3)
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes freinées ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Changement de série	Changement rapide des outils (sans nécessiter de démontage complexe)
Accessoires fournis	Fourni avec 1 matrice de pliage permettant de plier des tôles de 1 à 8 mm d'épaisseur 1 poinçon compatible ; Fourni avec EPI si nécessaire ;
Suivi de process	Possibilité de raccorder un dispositif de comptage de cycle
Commande	Système de commande sécurisé (double pédale ou équivalent)

c) Services associés

- Réalisation d'une pièce de démonstration lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter la fabrication.
- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau pour deux personnes (enseignant-e-s ou technicien-ne-s).

- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE

4.1.2. Fabrication de pièces polymères fonctionnelles : Imprimante SLS avec station de post-traitement

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation, et mise en service et la formation à l'utilisation d'un système complet d'impression 3D par frittage sélectif par laser (SLS) et de post-traitement, destiné à la fabrication de pièces polymères fonctionnelles en petite et moyenne série. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristiques techniques souhaitées

Imprimante SLS

Critère	Valeur
Technologie d'impression	SLS (frittage sélectif par laser)
Puissance du laser	30 W
Volume d'impression (XYZ)	165 × 165 × 300 mm
Épaisseur de couche	≤ 110 µm
Vitesse de production	0,5 L/h (à densité ≥ 20%)
Connectivité	Impression depuis clé USB ou SD, et réseau (LAN ou Wi-Fi)
Filtration	HEPA ou équivalent
Support	Imprimante fixée sur un meuble/support à hauteur ergonomique de travail Système de gestion des câbles et alimentation protégé
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes freinées ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Alimentation électrique	240V monophasé ou 400V triphasé avec longueur de câble et connecteur adaptés à la connexion sur rail de connexion spécifique (voir paragraphe 1.3)
Logiciel	2 licences logiciel PC de préparation d'impression avec tranchage et imbrication automatique (nesting)
Matériaux compatibles	Toutes poudres polymères frittées à 1064 nm dont Nylon 12 (PA12), Nylon 11 (PA11), Nylon 12 GF (fibre de verre), Nylon 11 CF (fibre de carbone), Polypropylène (PP) et TPU 90A (élastomère)
Accessoires fournis	Fourni avec 1 chambre de fabrication amovible ou dispositif équivalent et 10 kg de poudre Nylon 12 (PA12) ; Fourni avec EPI si nécessaire ;
Suivi de process	Affichage de l'état de l'imprimante

Station de Post-traitement

Critère	Valeur
Technologie de post-traitement	Extraction des pièces, récupération des poudres, stockage et mélange avec poudre fraîche. Ces fonction pourront être assurées : soit par une station déportée, compatible avec l'extraction du lit de fabrication, soit par un module intégré à l'imprimante
Filtration	HEPA ou équivalent, travail en dépression
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes freinées ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Alimentation électrique	240V monophasé ou 400V triphasé avec longueur de câble et connecteur adaptés à la connexion sur rail de connexion spécifique (voir paragraphe 1.3)
Accessoires fournis	Fourni avec les brosses antistatiques ou outils équivalents nécessaires au dépoudrage des pièces ; Fourni avec EPI si nécessaire ;

c) Services associés

- Impression d'une pièce de démonstration lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter les impressions SLS à réception.
- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau pour deux personnes (enseignant-e-s ou technicien-ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE

4.1.3. Fabrication de pièces polymères fonctionnelles – Variante : Presse d'injection plastique

Cet équipement, est une variante facultative à l'équipement d'impression SLS + avec station de post-traitement.

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'une presse d'injection plastique mobile destinée à la fabrication de pièces polymères fonctionnelles en petite et moyenne série. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristique techniques souhaitées

Critère	Valeur
Type de machine	Presse d'injection de thermoplastiques
Force de fermeture	10 tonnes (100 kN)
Pression d'injection	1 200 bars
Volume d'injection	15 cm ³
Matériaux compatibles	Thermoplastiques standards (PP, PE, ABS, PA)
Système d'éjection intégré	Oui
Sécurité	Carénage de la zone de moule ou capot sécurisé

Commande numérique	Oui, intuitive, avec affichage des paramètres de réglage des cycles (paramétrage des températures et du temps d'injection, maintien, refroidissement) et possibilité d'enregistrement de programmes
Alimentation électrique	240V monophasé ou 400V triphasé avec longueur de câble et connecteur adaptés à la connexion sur rail de connexion spécifique (voir paragraphe 1.3)
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Changement de série	Changement rapide de moule (sans nécessiter de démontage complexe)
Accessoires fournis	Fourni avec 1 moule pédagogique complet, permettant la fabrication d'une pièce représentative (ex. bouchon, boîtier, pièce technique); le moule doit pouvoir être démonté pour étude de fonctionnement et être compatible avec les dimensions maximales de la machine proposée. Fourni avec un lot de granulés thermoplastiques standards compatible avec la machine et le moule fournis : 10 kg minimum, type au choix parmi : PP, ABS ou PA6 ; Fourni avec EPI si nécessaire ;
Suivi de process	Possibilité de raccorder un dispositif de comptage de cycle

c) Services associés

- Réalisation d'une pièce de démonstration lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter la fabrication.
- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau pour deux personnes (enseignant-e-s ou technicien-ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE

4.1.4. Postes de travail d'assemblage Lean polyvalents et transitique modulaire supplémentaire

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'un second poste de travail d'assemblage Lean polyvalent mobile pour un atelier pédagogique, d'un outillage suspendu permettant la fixation de plaques signalétiques par rivetage sur pièces métalliques, ainsi que d'un second chariot FIFO. Ces postes doivent permettre la finition, le marquage et l'assemblage de pièces industrielles avec éclairage, alimentation et manutention des composants. L'ensemble de ces équipements doit être ergonomique, mobile, modulaire et compatible avec les autres équipements de la ligne pédagogique. L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristiques techniques souhaitées

Poste de travail Lean (1 poste)

Critère	Valeur
Châssis	Métallique, robuste.
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Plateau	Hauteur réglable de 700 à 1100 mm, dimensions : 1200 x 800 mm
Rails FIFO	Intégrés ; 2 niveaux inclinés compatibles bacs norme Europe largeur 300 mm (20 kg max/bac), stockage minimum de 3 bacs sur chaque niveau
Support écran	Orientable, compatible écran jusqu'à 24 pouces
Éclairage	Intégré LED sans scintillement
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Alimentation électrique	Connecteur électrique unique du poste au réseau en 240V monophasé ou 400V triphasé avec longueur de câble et connecteur adaptés à la connexion sur rail de connexion spécifique (voir paragraphe 1.3) Multiprise 220V, min. 4 prises sur poste Système de gestion des câbles et alimentation protégé
Portique outillage	Intégré, compatible avec équilibreur de charge
Support petits bacs à becs et outils manuels	Intégré, latéral ou suspendu

Outillage suspendu

Type d'outillage	Caractéristiques
Outil de fixation pour plaques signalétiques (x1)	Outil pneumatique à impact unique (type Gripnail 211 ou équivalent), conçu pour fixer des plaques signalétiques métalliques fines sur pièces usinées ou peintes. Fonctionnement à air comprimé (6-7 bar), déclenchement simple par pression. Compatible avec des fixations à impact (clous spécifiques), livré avec un lot initial de 100 fixations. Doit pouvoir être suspendue sur un équilibreur de charge. Fourni avec EPI si nécessaire.
Équilibreurs de charge (x1)	Équilibreurs à câble ou ressort pour suspendre la visseuse, la meuleuse et l'outil de fixation pour plaques signalétiques ; réglage de tension et longueur de câble adaptée. Capacité de charge adaptée aux outils fournis. Fixation aisée sur le portique du poste Lean.

Chariot FIFO (1)

Critère	Valeur
Structure	Métallique, robuste.
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin

Niveaux	3 niveaux inclinés, compatibles bacs norme Europe 300 mm (20 kg/bac) ; stockage minimum de 3 bacs sur chaque niveau
Accès	Chargement arrière / déchargement avant, positionnement adapté aux postes Lean fournis
Dimensions	Largeur et hauteur compatibles avec les postes Lean fournis permettant le transfert des bacs depuis les chariots vers les postes Lean par glissement

c) Services associés

- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau des outillages pour deux personnes (enseignant-e-s ou technicien-ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE

4.1.5. Système de marquage de traçabilité pour pièces métalliques et plastiques

a) Exigence minimale

Fourniture, livraison, installation et mise en service d'un équipement sur support mobile de marquage pour pièces métalliques et plastiques, destiné à assurer la traçabilité unitaire des pièces produites dans un atelier pédagogique. L'équipement devra permettre le marquage lisible et durable de textes, numéros de série, codes-barres et codes QR, en interaction avec un système numérique (ERP ou équivalent). L'équipement est destiné à une utilisation pédagogique régulière.

b) Caractéristiques techniques souhaitées

Critère	Valeur
Finalité	Marquage de pièces en métal ou plastique pour traçabilité unitaire (numéro de série, code-barres, QR code)
Technologies acceptées	Toutes technologies de marquage direct rapides, permanentes, compatibles avec l'atelier pédagogique (ex : micro-percussion, laser, gravure mécanique, etc.)
Matériaux compatibles	Acier, inox, aluminium, plastiques techniques
Surface de marquage	100 × 50 mm
Profondeur / visibilité du marquage	Doit être durable, lisible, et contrasté
Support	Structure métallique dédiée, surface de travail stable (: 500 × 500 mm), hauteur de travail ergonomique
Fixation	L'équipement doit être solidement fixé au support pour un usage stable et sécurisé
Mobilité	Déplacement possible sur roulettes freinées ou par transpalette manuel avec réalisation d'une structure adaptée si besoin
Interface utilisateur	Interface locale avec écran (≥ 7") ou contrôle depuis un PC fourni ou existant ; possibilité de prévisualisation
Connectivité	Port Ethernet minimum ; Wifi et/ou USB complémentaires acceptés

Compatibilité ERP	Exportation/importation de données de marquage (identifiants, n° série, etc.) via protocoles standards
Fonctionnalités logicielles	Marquage de champs variables ; Gestion de séries automatiques ; Génération de QR codes et codes-barres
Alimentation électrique	240V monophasé ou 400V triphasé avec longueur de câble et connecteur adaptés à la connexion sur rail de connexion spécifique (voir paragraphe 1.3)
Sécurité	dispositifs de sécurité nécessaires selon la technologie proposée (ex : capotage laser, arrêt d'urgence)
Accessoires fournis	Fourni avec tous les consommables et accessoires nécessaires à l'utilisation et logiciel de pilotage si dédié ; Fourni avec EPI si nécessaire ;

c) Services associés

- Marquage d'une pièce de démonstration lors de la livraison. L'équipement devra être livré avec tous les composants, accessoires et consommables nécessaires pour être immédiatement fonctionnel. Aucune commande complémentaire ne devra être requise pour débiter le marquage.
- Formation à l'utilisation et la maintenance de 1^{er} niveau pour deux personnes (enseignant-e-s ou technicien-ne-s).
- Documentation complète fournie en français (manuel technique, schémas, sécurité, plan de maintenance).
- Poste de travail sécurisé, conforme aux normes CE

5. ESSAIS

5.1. Raccordement au réseau

Le titulaire devra raccorder les équipements aux réseaux d'énergie et, si nécessaire, au réseau pneumatique existants.

5.2. Essais

L'ensemble des équipements formant la ligne complète seront si possible pré-installés chez le titulaire pour validation du fonctionnement par un représentant de l'établissement à travers un essai défini à chaque équipement.

Après validation, l'ensemble des équipements formant la ligne complète seront désassemblés, livrés, installés, connectés et testés dans nos locaux : atelier accessible par camion avec une hauteur maximale de passage de 3 mètres.

Une validation du fonctionnement dans nos locaux sera alors réalisée par un représentant de l'établissement à travers un essai défini pour chaque équipement.

Une période de 3 mois d'utilisation des équipements débutera alors pour s'assurer de fonctionnement fiable et nominal.

5.3. Documents à fournir

Pour chaque équipement, devront être fournis :

- Manuel utilisateur en français
- Documentation technique
- Liste des pièces d'usure et références
- Fiche de maintenance préventive

5.4. Pièces détachées et consommables

Chaque fournisseur devra livrer les consommables et accessoires définis spécifiquement pour chaque équipement.