

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

MARCHÉ N° 2025-027

Objet : Acquisition d'une chaîne d'inspection automatisée destinée au tri de cartes électroniques (PCB) avant recyclage dans le cadre du projet RETURN pour le Laboratoire Hubert Curien de l'Université Jean Monnet

SOMMAIRE

1.	OBJET DE LA CONSULTATION.....	3
2.	CONTEXTE	3
3.	SPECIFICATIONS TECHNIQUES.....	3
3.1.	<i>Sous-ensemble mécanique : convoyeur à bande motorisée</i>	<i>3</i>
3.2.	<i>Ordinateur de contrôle et de traitements.....</i>	<i>4</i>
3.3.	<i>Postes d'acquisition</i>	<i>4</i>
4.	DEVELOPPEMENT LOGICIEL, VALIDATION ET LIVRABLES.....	5

1. Objet de la consultation

Le présent cahier des clauses techniques particulières a pour objet de définir les spécifications techniques de la prestation d'acquisition, livraison, installation et mise en service d'une chaîne d'inspection automatisée destinée au tri de cartes électroniques (PCB) avant recyclage, conformément aux objectifs du projet européen RETURN pour le laboratoire Hubert Curien de l'Université Jean Monnet.

2. Contexte

Les fonctions attendues pour la chaîne d'inspection automatisée sont les suivantes :

- Transport continu et asservi des cartes sur un convoyeur à bande jusqu'à 1 m/s ;
- Acquisition linéaire synchronisée d'images couleur haute résolution + profil 3D et d'images hyperspectrales VNIR (400-1000 nm) et SWIR (900-1700 nm) ;
- Fusion temps réel des données multi-capteurs dans un ordinateur équipé GPU ;
- Restitution d'une décision de tri (classification IA) et pilotage d'actionneurs en aval (hors périmètre de ce marché mais prévu dans le projet).

Les cartes à traiter varient de 76 × 127 mm (3" × 5") à 610 × 457 mm (24" × 18"). Leur masse s'échelonne de quelques grammes à plusieurs centaines de grammes ; exceptionnellement, certains lots fragmentés (pré-broyage) peuvent contenir des pièces de masse voisine du kilogramme. Le convoyeur et les dispositifs de maintien devront garantir une stabilité suffisante afin de permettre la co-registation précise des trois postes d'acquisition.

Il s'agit d'un équipement de laboratoire qui va fonctionner dans des conditions non industrielles :

- pas de problème d'encombrement.
- pas de problème de poussière.
- pas de vibrations externes
- seuls des personnes accréditées auront accès à la salle où se trouve le système d'acquisition.

La co-registation des images provenant des trois postes d'acquisition pourra être proposée sous la forme d'un module logiciel optionnel (PSE facultative).

Le candidat pourra proposer plusieurs offres variantes notamment concernant les équipements, de prestations et le temps de réalisation (le panachage entre les différentes offres ne sera pas possible). Les variantes seront analysées suivant les prescriptions du règlement de consultation.

3. Spécifications techniques

L'appareil devra avoir, a minima, les caractéristiques suivantes :

3.1. Sous-ensemble mécanique : convoyeur à bande motorisée

Caractéristique	Spécifications attendues
Structure	Châssis en profilé aluminium, rigidité $\geq EI 35 \times 10^6 \text{ mm}^4$ pour limiter la flèche ; platines de fixation modulaires pour capteurs.
Bande	Bande antistatique à revêtement haute adhérence.
Largeur utile	$\geq 475 \text{ mm}$ ou $\geq 550 \text{ mm}$

Caractéristique	Spécifications attendues
Longueur	> 6 m utiles permettant le positionnement séquentiel des trois postes + zone d'accélération / décélération. La zone de vitesse stable doit couvrir les 3 postes d'acquisition.
Vitesse	0,05 – 1,0 m/s, réglable par variateur vectoriel ; répétabilité $\pm 0,1$ %. Un codeur incrémental 2048 pts sur l'axe moteur fournit le pas d'asservissement.
Stabilité	Le convoyeur doit disposer d'un système permettant de maintenir les cartes électroniques stables entre les postes d'acquisition afin de permettre une fusion optimale des données des 3 postes d'acquisitions.
Charge utile	10 kg/m répartis avec rigidité de lit contrôlée.
Guidage & maintien	Rails latéraux réglables.
Table de réception	Table inox ou PVC antistatique, réglable en hauteur, bord à fleur de bande.
Sécurité	Arrêts d'urgence, carters plexi (si vraiment considéré comme nécessaire), détecteur de surtension moteur, disjoncteur courbe D.

3.2. Ordinateur de contrôle et de traitements

L'ordinateur en charge du contrôle de l'ensemble des équipements ne doit pas être un ordinateur industriel (cf section 4).

Il doit disposer de la puissance nécessaire pour le pilotage, la synchronisation des différents équipements qui compose le système.

Son système d'exploitation doit être compatible avec les différents SDK utilisés et disposer de mises à jour de sécurités après fin 2025 (Windows 10 doit être exclu).

Il sera connecté sur le réseau de l'université. Il doit disposer d'une carte graphique compatible CUDA 12.

3.3. Postes d'acquisition

Les trois postes sont implantés successivement (ordre 1 \rightarrow 3) à entraxe fixe ; chaque capteur reçoit une impulsion trigger ligne issue du codeur convoyeur pour assurer une résolution constante dans le sens du déplacement.

Les liaisons vidéo utilisent GigE Vision (câble Cat6a blindé, M12 X-coded côté caméra, RJ45 côté switch) ; un switch 10 GigE peut regrouper les flux.

Les longueurs de câble sont limitées à 10 m.

Il est aussi possible de proposer une version sans switch avec plusieurs cartes ethernet dans le PC de contrôle et de traitement.

3.3.1. Poste 1 – imagerie 2D couleur haute résolution & profil 3D

Élément	Spécifications minimales
Caméra linéaire couleur	$\geq 4\,096$ px / ligne, cadence ≥ 80 KHz. Interface GigE.
Objectif	Focale 35 mm, monture M42, ouverture réglable F/2,8-16, distorsion $< 0,2$ %.
Éclairage	Double barre LED blanche (CRI > 85 %, 5700 K) en incidence rasant 45° , longueurs ≥ 500 mm, pilotage stroboscopique via contrôleur 24 V / 2 A.
Profilomètre 3D	Capteur triangulation laser ligne, $\geq 4\,096$ pts / profil ; fréquence profil ≥ 5 kHz \rightarrow pas longitudinal $\leq 0,2$ mm à 1 m s ⁻¹ . Plage Z ± 25 mm, précision ± 50 μ m.

Élément	Spécifications minimales
	Laser classe 2M 660 nm, puissance < 1 mW.

3.3.2. Poste 2 – caméra hyperspectrale VNIR (400–1000 nm)

Élément	Spécifications minimales
Capteur	Caméra push-broom ≥ 1024 px , ≥ 200 bandes, ≥ 300 lignes /s.
Objectif	500 mm couvert par l'optique ou 600 mm (si largeur du convoyeur ≥ 550 mn)
Éclairage	Ligne halogène quartz 150 W avec fibre optique linéaire 300 mm (uniformité ± 10 %) + ballast stabilisé 12 V. Temp. couleur ~ 3000 K, spectre continu 400-1000 nm. Dissipation thermique forcée.
Interface câbles	& GigE Vision; câble Cat6a blindé 8 × AWG 26, embases M12 X-coded IP52.

3.3.3. Poste 3 – caméra hyperspectrale SWIR (900–1700 nm)

Élément	Spécifications minimales
Capteur	Caméra push-broom ≥ 640 px , ≥ 200 bandes, ≥ 500 lignes /s.
Objectif	500 mm couvert par l'optique ou 600 mm (si largeur du convoyeur ≥ 550 mn)
Éclairage	Double projecteur halogène SWIR 250 W + guides lumière linéaires, verre borosilicate, IR-guard, ventilé. Option LED SWIR 1650 nm pour raies spécifiques.
Interface	GigE Vision ; même topologie réseau que poste 2.

3.3.4. Câblage, synchronisation & asservissement

- **Horloge maître** : encodeur incrémental (2048 ppr, A/B/Z) sur l'axe moteur ; une carte FPGA qui reconstruit un pulse train pour la caméra linéaire et des sous-multiples pour les caméras hyperspectrales.
- **Protocole trigger** : LVTTTL / 24 V optocouplé ; délai inter-postes compensé (latence bus) < 10 μ s.
- **Éclairage** : piloté par contrôleur
- **Réseau** : switch 10 GigE ; temps de latence < 3 μ s ou plusieurs cartes ethernet sur le PC.

3.3.5. Sous-ensemble éclairage

Postes	Type	Bande spectrale (nm)	Uniformité (\pm %)	Durée de vie
1	Barre LED COB + diffusant sablé	430-700	5	>50000H (LED)
2	Halogène 150 W + fibre optique linéaire	400-1000	10	2000H (ampoule)
3	Halogène 250 W SWIR + condensateur quartz	900-1700	12	1500H (ampoule)

4. Développement logiciel, validation et livrables

1. **Contrôle temps-réel** : le code source C++ basé sur les différents SDK des équipements devra être mis à disposition. Il devra être compatible avec CUDA 12 et permettre de piloter et de

synchroniser à partir des signaux du moteur du convoyeur l'ensemble des 3 postes d'acquisition. Il devra être compatible avec du code C++/CUDA 12 de traitements fournis par nos soins.

2. **Calibration** : routines automatiques (mires albédo 99 % & étage Z) avec stockage dans des fichiers json qui seront utilisés pour le contrôle temps réel.
3. **Interface opérateur** : mise en place d'un tableau bord des paramètres, alarmes.
4. **Tests usine** : test débit 1 m/s 24 H ; MTBF > 5 000 h.
5. **Echantillons de test** : des échantillons de test seront mis à disposition. Les séquences produites à l'aide de ces échantillons devront être analysées et validées par les chercheurs en charge de ce projet.
6. **Prestation supplémentaire éventuelle que peut proposer l'entreprise (PSE facultative) :**
Co-registration : intégration dans le code C++ d'un module de co-registration des flux vidéo des 3 postes d'acquisition