

**Direction générale des services**

**Direction des affaires juridiques**

**Département GIM de l’IUT de Saint-Denis**

**Pouvoir Adjudicateur :**

**Université Sorbonne Paris Nord**

**99, Avenue Jean Baptiste Clément**

**93430 VILLETANEUSE**

**Ensemble robotique composé d’une cellule collaborative et d’un banc de maintenance de bras correspondant**

**Cahier des clauses techniques particulières (C.C.T.P)**

*n°***2025MAPAF00001**

Etendue de la consultation :

Procédure adaptée en application des articles R2123-1 et R2123- 4 du code de la commande publique

**Table des matières**

# Spécifications générales

## Contexte général

### Présentation du contexte

Le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P) a pour objectif de décrire l’**Ensemble robotique composé d’une cellule collaborative et d’un banc de maintenance de bras correspondant** susceptible de répondre aux besoins en enseignement suivants et issus du Programme National du B.U.T. Génie Industriel et Maintenance :

Les principaux enseignements ressources du BUT GIM pour lesquels de tels équipements sont indispensables sont listés dans le tableau ci-dessous. Les ressources en couleur sont celles pour lesquelles les enseignements obligatoires du PN ne sont actuellement pas effectués, faute d’équipements adéquats.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Année** | **Enseignement**  ***Extrait du PN*** | **Nb de TP par groupe** | **Nb de TP total** |
| BUT 1  (4 groupes de TP) | **R1.07 : Méthodes et Outils de Maintenance 1**   * *Maintenance préventive (opérations de surveillance, inspection et contrôle, remplacements périodiques de composants, réglages, ...)* * *Maintenance corrective (réparations, mises à niveau après dégradation)* * *Fiabilisation (remplacements de composants, optimisations de paramètres de conduite, ...)* * *Planifications des opérations en cohérence avec les ressources (humaines et matérielles), plan de maintenance préventive, bon de travaux,* * *Méthode maintenance : préparation des interventions (modes opératoires, gammes)* * *Gestions de pièces de rechange, stockage* * *Documentation technique des équipements* * *Analyse fonctionnelle et structurelle* | 1 | 4 |
| **R1.05 : Technologies Mécanique et Fluidique 1**   * *Identifier les composants et leurs fonctions lors de la lecture de schémas mécaniques* * *Exécuter des opérations de démontage-remontage mécanique en suivant des gammes fournies.* | 1 | 4 |
| **R2.06 : Technologies Mécanique et Fluidique 2**   * *Analyser les documents techniques d’équipements industriels (DTE)* * *Préparer et réaliser une manutention et/ou un levage d’un équipement* | 1 | 4 |
| **R2.07 : Électricité et Automatismes Industriels 2**   * *Découvrir et mettre en œuvre un système de commande (Automates Programmables Industriels, ...) dans le cas d’applications simples.* * *Savoir utiliser les fonctions de base d’une interface de programmation.* | 1 | 4 |
| **R2.08 : Méthodes et Outils en Maintenance 2**  *Analyse de défaillances :*   * *Complément sur les outils d’analyse dysfonctionnelle* * *Analyse quantitative et analyse qualitative* | 1 | 4 |
| BUT 2 (3 groupes de TP) | **R3.06 : Technologies Mécanique et Fluidique 3**  *Technologie mécanique :*   * *Diagnostic : recensement des avaries possibles et connues sur les composants usuels de guidages, transmission de puissance* * *Composants mécaniques usuels* | 1 | 3 |
| **R3.07 : Automatismes Industriels 3**  *Interface Homme Machine (IHM)*   * *Mise en place matérielle et logicielle d’interface homme/machine* * *Modes de marches et d’arrêts* | 1 | 3 |
| **R4.3MI/ISP.05 : Mécatronique 3MI/ISP 4**   * *Définitions d’un système mécatronique et domaines d’application dans différents secteurs d’activité* * *A partir d’un dossier technique et/ou du système mécatronique mis à disposition en exploitation normale, décrire les aspects suivants à l’aide d’outils de description et/ou de langages de modélisation : fonctionnel, structurel et comportemental du système mécatronique* | 1 | 3 |
| BUT3 (2 groupes de TP) | **R5.3MI.07 : Mécatronique 3MI 5**   * *Découvrir les solutions techniques courantes mises en œuvre dans un système mécatronique* * *Asservir les grandeurs physiques en jeu* * *On pourra compléter cette démarche par :*   + *des tests de systèmes mécatroniques dans des cas d’utilisation divers (maintenance, mise en service, modification de configuration, ...)*   + *une réalisation ou un assemblage de constituants à choisir ou une reprogrammation/reconfiguration dans le cadre d’une action de maintenance ou d’amélioration continue* | 1 | 2 |
| **R5.3MI.08 : Maintenance 5**   * *Apport de l’instrumentation connectée IoT sur la surveillance des systèmes* | 1 | 2 |
| **R6.3MI.05 : Maintenance prévisionnelle / Supervision**   * *Supervision et Tableau de bord de la maintenance* * *Identification et pilotage des indicateurs pertinents* * *Choix des informations à acquérir* * *Communication et stockage (Internet des Objets / IoT* | 1 | 2 |
| **Total** | | | **35** |

### Cohérence de la solution attendue avec nécessité d’une adaptation entre les deux principaux éléments de l’ensemble.

Cet ensemble se doit d’être cohérent et les solutions techniques proposées complémentaires. En effet il est important que le banc de maintenance soit basé sur la typologie/technologie de bras robotisé présent dans la cellule robotisée collaborative afin de permettre une prise en main et une compréhension rapide par les étudiant.e.s des constituants et outils logiciels.

### Les utilisateurs

Les équipements robotiques sont des systèmes mécatroniques multi-axes comprenant une interface homme-machine, un PC industriel associé à des outils logiciels et une partie opérative avec servomoteurs, transmissions et capteurs. En ce sens, il s’agit d’équipements pluri-techniques. Le cœur de métier de la formation GIM étant l’exploitation et la maintenance d’équipements pluri-techniques, ces équipements peuvent être utilisés par les étudiant.e.s de BUT1 à BUT3 et ce, dans de nombreux enseignements, au-delà des ressources citées précédemment.

Ils permettent :

* de développer l'enseignement de la robotique industrielle, en forte progression dans les entreprises de production et de service,
* d’aborder des technologies actuelles et les actions de configuration, réglage, programmation et maintenance (préventive, corrective voire prévisionnelle),
* par leur versatilité, une utilisation en complément de procédés existants,
* d’augmenter la motivation des étudiant.e.s car il s’agit d’un support qu’ils apprécient.

L’équipement sera également utilisé comme support de projet tutoré au sein des enseignements de SAé, sur les 3 ans du BUT GIM. Les équipements pluri-techniques tels que les robots industriels dont fait l’objet ce projet sont des supports de projet idéaux pour l’apprentissage et l’évaluation des compétences métier en GIM : **maintenir**, **améliorer/adapter**, **installer** et **sécuriser**.

Le département GIM a enfin pour ambition de proposer des formations certifiantes autour de la maintenance des systèmes. Une formation *Maintenance de systèmes pluri-techniques* est actuellement en cours de création, à la demande de nos partenaires industriels. Les travaux pratiques orientés exploitation et maintenance de cette formation tireront profit à terme des équipements robotiques du département

### Installation en laboratoire d’enseignement

Cet **ensemble robotique composé d’une cellule collaborative et d’un banc de maintenance de bras correspondant** sera installé principalement dans le laboratoire E110 du Département GIM de l’IUT de Saint-Denis, Université Sorbonne Paris Nord. Ce laboratoire est situé au premier étage du bâtiment et accessible par un ascenseur et une cage d’escalier puis par une porte de salle de classe de largeur 90cm et de hauteur 202cm (ouverture la plus petite en l\*h donc la plus contraignante). Les constituants devront être mobiles pour être facilement rangés, mis en œuvre et ce, selon les besoins, dans d’autres laboratoires voire départements.

# Description fonctionnelle

**2.1. Objectif du Système**

Le système décrit dans ce document a pour objectif de permettre principalement l’enseignement et la formation d’étudiants tels que définis dans les extraits du Programme National présentés ci-dessus.

**2.2 Caractéristiques Techniques de la cellule robotique collaborative**

L'offre pour le système de base doit inclure les éléments suivants :

**A. Cellule**

* + Châssis :
  + matière : inox
  + dimensions max : 1200mm x 890mm x 2000mm (L x l x h)
  + roues pivotantes avec freins
  + panneaux latéraux transparents
  + Scrutateur laser de sécurité
  + Interrupteur de sécurité sans contact
  + Support permettant la programmation de trajectoires
  + Supports permettant la dépose de pièces à plat (3 à 5 empreintes)
  + Supports permettant la dépose de pièces sur un plan incliné (3 à 5 empreintes)
  + Pièces à manipuler (3 à 5 formes différentes)
  + Système de vision :
  + logiciel intégré
  + connexion EtherNet (RJ45)
  + Travaux pratiques associés à la cellule

**B. Robot collaboratif à intégrer à la cellule**

* + **Bras industriel poly-articulé 6 axes :**
  + Remarque : peut-être un bras de robot de seconde main remis en condition par le constructeur et garantit comme un neuf
  + Doit être de même typologie/technologie que le bras installé sur le banc de maintenance
  + Structure entièrement capotée
  + Moteurs sans balais intégrés aux réducteurs
  + Codeurs absolus sur les axes
  + Freins sur tous les axes
  + câble électrique intégré dans l’avant-bras + câble Ethernet cat-5E intégré (100 MHz)
  + Rayon d'action (axe 1 à 6) : au moins 500 mm
  + Charge maximale : au plus 2,5 Kg (1,7 à 1,9 Kg en nominal)
  + Répétabilité : +/- 0,02 mm (ISO 9283)
  + Poids : au plus 30 Kg
  + Classe de protection Bras : IP 65 au moins
  + Classe de protection Poignet : IP 67 au moins

**+ Electrovanne :**

* 1 électrovanne 5/2 pneumatique bistable incluse dans le bras

**+ Environnement :**

* Ambiance de fonctionnement standard
* Robot prévu pour une utilisation en milieu industriel de production, mais pas en salle blanche

**+ Finition bras :**

* Peinture lisse satinée couleur constructeur pour ce type d’utilisation

**+ Fixation :**

* Bras de type « fixation au sol »

**+ Raccordement du câble :**

* Connexion sur la base du robot

**+ Kit connexion utilisateur :**

* Avec Connectique I/O et Ethernet

**C. Système de préhension montée sur la bride du robot collaboratif intégré à la cellule**

* Avec ventouse pour la préhension de produits plats, rigides et lisses
* Interface d’adaptation à la bride si nécessaire (imprimée 3D possible)

**D. Contrôleur du robot collaboratif intégré à la cellule**

* CPU : au moins processeur ATOM nanoX-TC-E660-1,3GHz - single core
* Système d’exploitation : Linux
* Capacité mémoire : au moins 1 GB de RAM DDR2 + au moins disque dur Compact flash CFAST 2 GB
* Sauvegarde programme : sur port USB / Liaison Ethernet FTP / autre
* Entrées/Sorties (24 VDC) : au moins 4 entrées et au moins 4 sorties dont certaines rapides
* 1 port EtherCAT Master : E/S standard = 1 port bus de terrain Ethernet (EtherCAT Slave, ProfiNet Device, Ethernet/IP adapter, Modbus client ou serveur, PowerLink Controller, …)
* Au moins 2 Liaisons Ethernet pour client et serveur FTP, SRS, télémaintenance
* Au moins 2 Ports USB
* Au moins 1 liaison série : RS232
* Connexion ASI possible pour garantir le fonctionnement sur coupure secteur
* Niveau de sécurité : SIL3, PLe pour les arrêts de sécurité (contrôle moteur) et les contrôles de position et de vitesse sûrs
* Niveau de sécurité : SIL2, PLd pour le contrôle frein.
* Dimensions max (mm) : 500 (L) \* 400 (P) \* 300 (H)
* Rack au format 7U
* Poids : 45 kgs max
* Puissance maximale absorbée au réseau : 2 KVA
* Protection : au moins IP20
* Température de fonctionnement : 5 – 40 °C (NF EN 60 204-1)
* Langage de programmation interprété multitâches
* Refroidissement du contrôleur
* Alimentation mono tension : 1 x 240V, f=50Hz par prise secteur 16A
* Câble de liaison bras / contrôleur :

câble simple longueur d’au moins 5 mètres

1 connecteur côté bras

1 connecteur côté contrôleur

* Boîtier mode de marche :

sélection de mode de marche (automatique/manuel/déporté) + arrêt d'urgence + réarmement

peut être installé en dehors de la cellule

Indice de protection : au moins IP 20

Poids : max 500 g

Température de fonctionnement : 0 à + 40° C

avec câble au moins 5m selon norme EN ISO 10218-1

* Pad/boîtier manuel d'apprentissage avec support :

Interface utilisateur pour navigation intuitive et conviviale,

IHM graphique qui permet un premier niveau de dépannage

Grand écran tactile couleur

Démarrage et reprise de cycle simplifiés

Touches physiques pour la sécurité des déplacements

Utilisation possible en modes Portrait / Paysage

Port USB (sauvegarde)

Câble longueur au moins 5 mètres

Poids max : 1200 grammes

Classe de protection : au moins IP 54

Pour utilisateur droitier ou gaucher

Connection / déconnexion sans déclencher un arrêt d’urgence

**E. Banc de Maintenance**

* **Sous-ensemble mécanique type « Coude » (Axes 3 et 4 par ex) d’un bras industriel 6 axes :**
  + Les axes du bras doivent être de même technologie/typologie que le bras situé dans la cellule collaborative
  + Axes 3 et 4 fonctionnels (réducteur, moteur, courroie, roue/vis)
  + 1 moteur brushless intégré au réducteur
  + 2 codeurs absolus intégrés dans le robot
  + 4 codeurs absolus intégrés au châssis
  + 1 frein par axe
  + Répétabilité : +/- 0,02 mm (ISO 9283)
  + Classe de protection : IP65
  + Environnement : standard
  + Finition du coude : brute possible
  + Fixation du coude : Support indexable
  + Sortie câble de raccordement : horizontale
    - Câble de liaison bras / contrôleur : longueur 5m 1 connecteur côté bras
    - 1 connecteur côté contrôleur, sortie à droite
  + Set d’outils et d’appareils de mesure pour réalisation des opérations de maintenance
* **Châssis :** 
  + Dimensions max : 800mm (L) x 700mm (l) x 1500mm (h)
  + 4 roulettes avec freins
  + Tablette de travail rabattable et éléments de stockage de la visserie et des pièces démontées
* **Contrôleur du sous-ensemble mécanique type « Coude » (par ex. axes 3 et 4) d’un bras industriel 6axes**
* Idem que D.
* Intégré en façade
* **Pad/boîtier manuel d'apprentissage avec support :** 
  + Interface utilisateur : navigation intuitive et conviviale, IHM graphique, premier niveau de dépannage
  + Grand écran tactile couleur 7”
  + Démarrage et reprise de cycle simplifiés
  + Touches physiques pour la sécurité des déplacements
  + Utilisation en modes Portrait / Paysage
  + Port USB (sauvegarde)
  + Câble longueur 5 mètres
  + Poids : 1200 grammes
  + Classe de protection : IP 54
  + Pour utilisateur droitier ou gaucher
  + Connexion / déconnexion sans déclencher un arrêt d’urgence (Hot plug
  + Avec support SP2

**F. Dossier pédagogique**

* Descriptifs détaillés d’activités pédagogiques sous la forme de travaux pratiques permettant des mises en situations réelles et en cohérence avec les activités d’un technicien de maintenance robotique terrain. Niveaux Bac Pro, BTS MS à BUT GIM.

**G. Documentations de l’ensemble**

* En formats numérique et papier

# Acceptation du système, livraison et réception des installations

La livraison, la validation de la réception des équipements et la formation des personnels devra avoir lieu avant le 30 juin 2025.

## Livraison

Le système sera livré à une date convenue entre les deux parties. L’université demande que le système soit livré dans le local d’accueil de l’IUT de Saint-Denis, place du 8 mai 1945, 93200 Saint-Denis (USPN).

## Installation

Par le client en laboratoire d’enseignement.

## Réception des installations

## Formation des personnels

Stage en centre de formation du constructeur ou sur le site de l’IUT de Saint-Denis pour 3 enseignant.e.s.

## Phasage des paiements

Commande par bon de commande

100 % du montant TTC à 45 jours date de facture

# INDICATIONS GÉNÉRALES

## Présentation de l’offre

Il est demandé de présenter une offre aussi détaillée que possible en deux parties : l’offre de base et les options.

* Dans la première partie est décrite et chiffrée une offre pour un système de base répondant aux attentes minimales.
* Dans la deuxième partie de l'offre, des modules, des options, et des évolutions peuvent être présentées et chiffrées.

## Offres sur le système de base

L'offre de base doit inclure : les points A à G présentés ci-dessus

## Les options

Les options peuvent comprendre :

* un **bras robotisé « martyr »** de même typologie/technologie/génération (ou d’une génération précédente) que ceux proposés dans l’offre de base pourra être fourni pour permettre des opérations de maintenance préventives et curatives avec les étudiant.e.s
* un jeu de **licences logicielles** (6 en réseau) si le Dpt GIM de l’IUT de Saint-Denis ne possède pas les licences du constructeur.

## Variantes

Lorsque plusieurs possibilités existent elles seront présentées comme des options en indiquant le surcoût par rapport à l’offre de base.

Les éléments qui peuvent exister en plusieurs unités seront présentés à l’unité mais aussi en lots ce qui permettra d’ajuster la commande finale en fonction du budget.

## Prestations

Outre le respect des règles de l’art et celui des normes et règlements en vigueur, le système devra pouvoir donner toute garantie de bon fonctionnement, fiabilité, disponibilité, maintenabilité et sécurité notamment dans l'environnement pédagogique.

Le matériel sera conforme aux spécifications concernant ce type de système. Le soumissionnaire retenu devra tenir compte également de toute la réglementation en vigueur relative à la sécurité des équipements de laboratoire y compris les textes publiés postérieurement aux présents documents.

Les matériels et la livraison seront également conformes aux normes de sécurité électriques en vigueur au moment de la commande du matériel.

Pour réaliser cette installation, les prestations générales du soumissionnaire ci-dessous énumérées, s'entendent avec fourniture, montage, tests de conformité en usine, tests et essais complets de tous les éléments constitutifs (y compris les équipements à créer), et comprendront notamment :

* L'étude technique et la réalisation des besoins exprimés dans le présent cahier des charges,
* Test de conformité à réaliser avant accord de livraison
* Le transport, déchargement à l’IUT de Saint-Denis
* La fourniture
* La documentation et les plans : le titulaire remettra, lors de la mise en service, une documentation (en français ou en anglais) relative notamment aux :
  + - Montage mécanique et installation
    - Utilisation du poste de travail et des éventuels logiciels,
    - Utilisations techniques du système.
    - Recommandations d'installation,

## Garantie du matériel et durée du contrat de maintenance

## Pérennité des matériels

**12 mois** à date de facturation et ce sans limitation d’heures

Quelles que soient les évolutions technologiques à venir, le soumissionnaire s'engage à garantir, sur une période minimale de 10 ans, la fourniture du matériel des pièces détachés, et des logiciels pouvant s'adapter au système proposé, (l’assurance d’une compatibilité « ascendante » des différents équipements et logiciels utilisés est préférable).

Si le soumissionnaire n’est pas le constructeur ou le développeur du (des) matériel(s) et logiciel(s) qu'il installe ou fait installer, il joindra dans la mesure du possible à l'appui de son offre un engagement du (des) constructeur(s) ou développeur(s) respectant cette condition.

## Conception, étude

Une attention particulière devra être portée sur :

* La fiabilité du système,
* La même typologie/technologie de bras de robots utilisés dans la cellule collaborative et le banc
* La capacité du système à réagir en cas d’incidents,
* La présentation des informations,

## Dossiers des ouvrages exécutés

En fin de livraison, l’entreprise devra transmettre les notices détaillées d’entretien et de fonctionnement complétées par les notices techniques du constructeur des matériels (en français ou en anglais).

Les plans à jour de l’installation conformes à l'exécution tenant compte du matériel effectivement mis en place par l'entreprise.

Un bordereau des prix des différentes pièces de rechange.

## Documents officiels de références

Le soumissionnaire se conformera aux normes, stipulations, prescriptions, règlements, décrets relatifs à la sûreté aéroportuaire (applicables au contrôle d’accès en particulier) et documents de référence applicables aux travaux objet du présent lot, notamment : (liste non limitative)

* C.P.T.G. Cahiers des Prescriptions Techniques Générales édités par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.
* Documents Techniques Unifiés (D.T.U.)
* D.T.U. N° 70.2 d'avril 1973 : Cahier des charges : installations électriques des bâtiments à usage collectif, bureaux et assimilés, blocs sanitaires et garages.
* Normes françaises
* Toutes normes françaises concernant la fourniture, la pose ou l'application des ouvrages détaillés au C.C.T.P.
* normes NF C 14.1 00, C 15.100 et suivantes pour les installations électriques.
* normes NF C 12.100, C 12.200 : Protection contre les risques d'incendie et de panique.
* normes NFC 20.010: Symbole de définition relatif au degré de protection du matériel électrique
* norme NFC 20.030 et additif : Matériel électrique à basse tension. Protection contre les chocs électriques règles de sécurité,
* guide NFC 15.105 Détermination des sections des conducteurs et dispositifs de protection. Guide NFC 15.103 Choix des matériels électriques en fonction des influences externes. Norme NFC 20.455 Essais relatifs au feu, Méthodes d'essai, Essai au fil incandescent et guides, code de la construction et de l’habitation (art R 123.1 à R 123.55, R 152.4 à R 152.5).
* la norme 802.11b / g relative au Wifi
* Décret N'69.596 du 14 juin 1969 (J.O. du 15.06.69) Article 11 visant en particulier les installations électriques.
* Décret du 29 juillet 1977 (J.O. du 29.07.77) et du 30 novembre 1977 (j.o. du 03.01,78) rendant respectivement obligatoires les normes NFC 15.100 et NFC 14.100.
* Règlement sanitaire départemental. Code du Travail.
* Réglementation de sécurité contre les risques d'incendie et de panique concernant les établissements recevant du public.
* Décret n° 69-596 du 4 juin 1969 (J.O. du 15.06.69) : article 12 visant en particulier les risques d'incendie, arrêté du 25 juin 1980 : dispositions générales du règlement de sécurité incendie,
* Arrêté du 10 novembre 1976 (J.O. du 01.12.76 et du 05.01.77) concernant l'établissement et l'entretien des circuits et installations de sécurité.
* Circulaire du 3 mars 1982 : instructions techniques.
* Décret du 14 novembre 1988 : installations électriques, protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques.