



anr® ANR-10-EQPX-44-01
ANR-21-ESRE-0015

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Délégation Centre Limousin Poitou Charente

**OBJET : Cellule robotique à 4 robots industriels
pour la manipulation coordonnée**

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

Procédure n° 2025-06

SOMMAIRE

1. Contexte	3
2. Objet du marché	3
3. Caractéristiques de l'équipement.....	4
4. Garantie	7
5. Livraison et installation	7
6. Admission de la prestation.....	7

1. Contexte

L'équipe ROBOISS de l'Institut PPRIME dispose aujourd'hui dans le cadre de l'infrastructure de recherche ROBOTEX 2.0 d'une plateforme dédiée à la robotique industrielle, collaborative et à la manipulation dextre.

Cette plateforme est à la disposition de l'ensemble de la communauté scientifique et industrielle et elle est valorisée à travers plusieurs de projets de recherche (ANR, EQUIPEX, EQUIPEX+, ...) et collaborations contractuelles (CRITT Informatique, Schneider Electric, Kion Group, ...). L'objectif à travers cette procédure d'acquisition est de compléter la plateforme dans le contexte du projet EQUIPEX+ TIRREX en partenariat avec les laboratoires LS2N et LIRMM. Ce projet vise à proposer la mise en œuvre de démonstrateurs innovants pour accompagner la production de tâches de manipulation dans de grands espaces de travail. Les domaines applicatifs visés pourront concerner le BTP, les domaines de la construction aéronautique et navale, le tri de déchets, ...

Ce marché permettra à terme de mettre en situation spatiale des robots industriels fixés sous la nacelle d'un robot parallèle à câbles (RPC) évoluant dans de grands espaces de travail. La figure 1 illustre un exemple envisagé dans le cadre d'une application de tri de déchets.

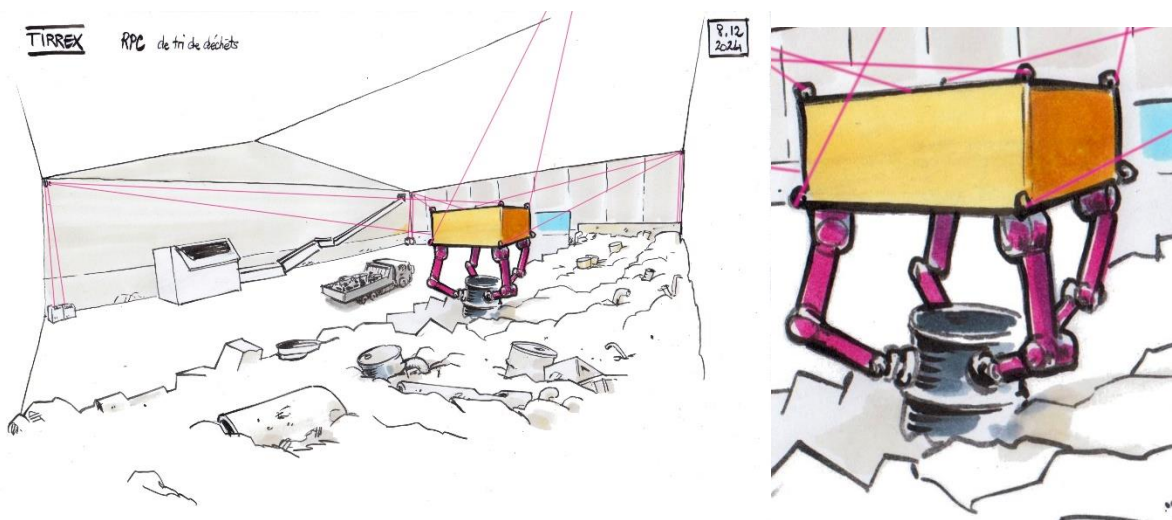


Figure 1 : Exemple d'application de manipulation dans un grand espace de travail : RPC équipé d'une nacelle embarquant 4 robots industriels © LS2N TIRREX

2. Objet du marché

Nous souhaitons acquérir un démonstrateur constitué de 4 robots industriels capables de travailler en synergie pour saisir et manipuler conjointement des objets de différentes nature et dimensions. L'ensemble de ces 4 robots industriels fixés sur un même support constitue un préhenseur multi-digital dont les doigts sont les robots industriels.

La figure 2 illustre l'agencement possible des robots industriels sur le type de support à fournir également dans le cadre de ce marché. On note que le support en question est constitué d'une plaque et de 4 pieds. La plaque devra être conçue pour permettre les fixations des robots selon les différentes configurations illustrées. Les contrôleurs des robots devront également être fixés sur le support comme illustré sur la figure 2. Un outillage spécifique devra également être proposé pour permettre le montage et le démontage des robots.

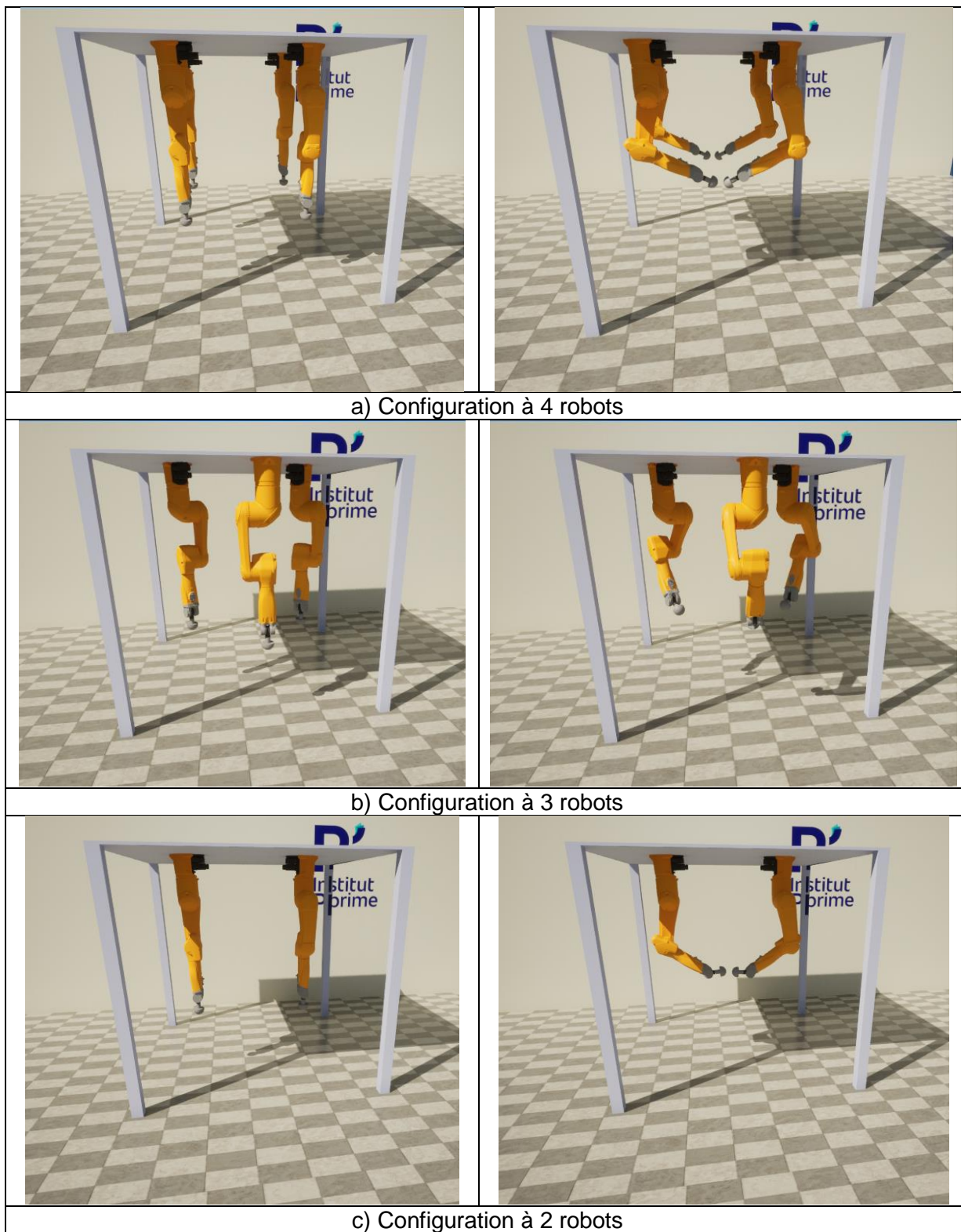


Figure 2 : Les types de configurations des robots industriels sur leur support, la configuration à un robot n'est pas représentée

Un support similaire sera fixé sous la nacelle du RPC de la figure 1. Nous pourrons ainsi démonter les robots et les contrôleurs du support développé dans ce marché, pour les installer sur le RPC du LS2N.

3. Caractéristiques de l'équipement

Le lot « Manipulation coordonnée avec 4 robots industriels » sera constitué de :

- Pour des raisons de compatibilité avec l'existant, 4 bras industriels identiques Stäubli TX2-60L à 6 articulations installables en configuration suspendue (plafond) équipés de capteurs d'efforts 6 composantes;
- Leur système de commande pour le pilotage synchronisé des 24 articulations de la cellule robotique et une armoire électrique dédiée;
- Un logiciel déployé sur chaque robot permettant d'activer et de désactiver un mode de pilotage distant par un contrôleur externe
- Le support permettant la fixation des robots selon différentes configurations, des contrôleurs, de l'armoire électrique et de 4 pieds pour une mise en situation des robots à une hauteur de 2m ;
- Un outillage spécifique permettant de monter/démonter chaque robot du support.

3.1 Contraintes relatives aux robots industriels

Les contraintes relatives à chaque robot industriel Stäubli TX2-60L que nous souhaitons acquérir sont :

- Le robot possède 6 articulations ;
- Le robot possède une architecture sériele ;
- L'alimentation électrique du robot est une alimentation électrique 220V en régime monophasé ;
- Le robot sera installé en configuration suspendue sur une base mobile et devra pouvoir supporter un changement de position et d'orientation de sa base ;
- En guise d'effecteur : assurer la fourniture d'un capteur d'efforts 6 composantes fixée au niveau du TCP (une interface hémisphérique à fixer sur le capteur sera fournie par le client) ;
- Les connecteurs électriques du robot doivent sortir sous la base du robot ;
- En termes de sécurité, le robot répond aux standards SIL3 et PLe.

3.2 Contraintes relatives au système de commande des robots industriels

Les contraintes relatives au système de commande des 4 robots industriels sont :

- Le système de commande s'appuie sur 4 contrôleurs/baies de commande de robots indépendants et d'un contrôleur externe (de type PLC ou PC Industriel);
- La mise en œuvre d'un PLC ou PC Industriel communiquant avec les 4 contrôleurs en exploitant une communication temps réel POWERLINK. Ce PLC ou PC Industriel doit permettre de mettre en œuvre le programme de contrôle de l'ensemble des 4 robots et des modes de contrôle associés qui seront développés par le client sur ledit PLC ou PC Industriel.
- A titre d'information, le client implémentera les modes suivants :
 - o Un mode manuel permettant de piloter les robots en mode articulaire, axe par axe ;
 - o Un mode manuel permettant de piloter les robots dans l'espace opérationnel dans le repère du robot (X, Y, Z, Rx, Ry, Rz) ;
 - o Un mode arrêt sur mesure de couple en visant un point de l'espace articulaire ;
 - o Un mode automatique permettant d'enregistrer des configurations caractéristiques des robots : une configuration caractéristique correspond à un set de position articulaires prédéfinies des robots, à titre d'exemple les configurations illustrées sur la figure 2 sont prédéfinies ;
 - o Un mode automatique permettant d'exécuter une trajectoire articulaire prédéfinie : une trajectoire articulaire est définie sous forme de fichier texte ou binaire composé d'une succession de configurations articulaires (6,12,18 ou 24 positions articulaires correspondant respectivement à 1, 2, 3 ou 4 robots installés sur la plaque) avec un temps de cycle de 2ms ou 4ms entre ces configurations ;
 - o Un mode de contrôle admettant par robot exploitant son capteur d'efforts 6 composantes.
- Pour des raisons de compatibilité avec les équipements existants, il s'agira d'un PLC ou PC Industriel du fabricant B&R. Ce PLC ou PC Industriel sera choisi en concertation avec le

client pour permettre de produire les modes explicités ci-dessus.

Les contraintes relatives au contrôleur Stäubli CS9 de chaque robot industriel Stäubli TX2-60L que nous souhaitons acquérir sont :

- Permettre une synchronisation multirobot par un calculateur externe;
- Offrir des fonctions de programmation avancée permettant de :
 - o Faire remonter au niveau du PLC pour chaque robot dans des variables clairement identifiées les informations de position, vitesse, accélération, couple articulaire de chaque axe, du capteur d'efforts (6 composantes) installé au niveau du TCP échantillonnées à 4ms;
 - o Modifier à la volée les paramètres de positionnement et d'orientation du support des robots dans l'espace (mode automatique);
 - o Communiquer avec un ou plusieurs contrôleurs externes (contrôleurs de robots, PLC) depuis un bus de communication temps réel EtherCAT ou POWERLINK (les deux technologies doivent être disponibles) ;
 - o Définir des limites de l'espace de travail au niveau logiciel dans l'espace opérationnel.

Les contraintes relatives à l'armoire électrique en tête de l'installation sont les suivantes :

- Intégrer le PLC B&R ou PC Industriel et prévoir des espaces pour des E/S complémentaires ;
- Intégrer les alimentations nécessaires et modules de conditionnement (capteurs d'effort) ;
- Intégrer la possibilité de pouvoir faire fonctionner la cellule sur des salons (disjoncteurs adaptés et/ou transformateur d'isolement) ;
- Intégrer un switch Ethernet pour l'interconnexion réseau PLC et contrôleurs et éventuels capteurs additionnels ;
- Prévoir une sortie Alimentation électrique, Ethernet Industriel et des ports USB (automate) ;
- Prévoir un connecteur pour le branchement d'un « Teach Pendant » fourni par le client.

3.3 Contraintes relatives à l'application logicielle

Le développement logiciel sera réalisé en parallèle par le fournisseur et par le client, l'interface entre les deux logiciels sera définie conjointement.

Côté contrôleur CS9, l'application robot livrée par le fournisseur devra permettre de sécuriser la mise en œuvre du mode automatique de chaque robot et l'activation/désactivation du mode de suivi d'une trajectoire fournie périodiquement par la fonction de génération de mouvement exécutée sur le PLC.

Côté PLC ou PC Industriel l'application sera développée par le client.

L'interface homme-machine sera développée par le client en s'appuyant sur le PLC B&R ou le PC Industriel avec les modes de contrôle discutés en section 3.2.

3.4 Contraintes relatives au support des robots industriels

Les contraintes relatives à la réalisation du support des robots industriels sont les suivantes :

- Permettre une installation des robots industriels en configuration suspendue selon quatre types de configurations illustrées sur la figure 2 :
 - o Configuration à 1 seul robot ;
 - o Configuration à 2 robots (fig. 2c) en configuration opposable au niveau du placement ;
 - o Configuration à 3 robots (fig. 2b) en configuration équilatérale au niveau du placement ;
 - o Configuration à 4 robots (fig. 2a) en configuration opposable 2 à 2.
- Les informations de placement des robots sur le support seront données par le client ou le fournisseur pourra proposer une manière de moduler le placement des robots de manière moins contrainte sur son support.
- Les contrôleurs des robots seront placés sur la face supérieure du support et des fixations

adaptées devront être prévues ainsi que les passages et fixations des câbles entre contrôleurs et robots à travers la plaque sachant que cette configuration sera dupliquée sur la plateforme du laboratoire LS2N pour être embarquée sur la nacelle du RPC ;

- Le support des robots est supporté par 4 pieds ; la structure sera fixée au sol ; les robots seront situés à une hauteur de 2m par rapport au sol.
- Le support occupera une surface au sol de 2.5mx2.5m soit 6.25m².
- L'accès aux robots sera sécurisé en fixant des grilles sur les côtés et poteaux du support.
- Un accès à l'intérieur de la cellule se fera sur un des côtés avec une porte permettant de faire passer l'outillage pour le montage des robots sur le support.

3.5 Contraintes relatives à l'outillage de montage/démontage des robots

Les contraintes relatives à l'outillage de montage/démontage des robots sont les suivantes :

- L'outillage doit permettre de réaliser le montage / démontage du robot sur son support en sécurité;

3.6 Contraintes générales

- La masse de l'ensemble embarqué devra être précisée et ne doit pas excéder 800kg : totalité de la cellule sans les pieds ;
- L'ensemble est alimenté depuis une ligne d'alimentation électrique monophasée.

4. Garantie

La période de garantie est au moins égale à 2 ans pièces, main d'œuvre et déplacements compris à compter de la réception définitive de l'équipement. Elle doit couvrir l'ensemble des équipements installés par le Titulaire. Elle subviendra à toute panne qui n'est pas liée à une erreur de manipulation.

La garantie doit assurer la mise à jour des logiciels, la mise à jour des systèmes informatiques et interfaçages en cas de panne et d'impossibilité de trouver sur le marché du matériel compatible. Le délai d'intervention en cas de panne ne doit pas dépasser 72h.

Une assistance téléphonique doit aussi être fournie pendant la période de garantie.

5. Livraison et installation

Le fournisseur assure sous son entière responsabilité, le transport, l'installation et la mise en service de l'ensemble du matériel sur le site.

Les coûts de douane, d'expédition, de transport, d'assurance de transport et les taxes sont à la charge du fournisseur.

Le fournisseur est invité à indiquer dans son offre le délai de livraison de l'équipement qui sera analysé et noté. Toutefois, ce délai ne devra pas excéder 6 mois à compter de la notification du marché.

Le matériel est livré, à une date qui aura été convenue entre les parties, à l'adresse suivante entre 9h et 12h ou entre 14h et 16h :

Plateforme TIRREX-XXL – Robotex 2.0 – Institut PPRIME
11 Bd Marie et Pierre Curie
86962 Futuroscope Chasseneuil

Le délai d'installation et de mise en service maximal est de 1 mois à compter de la date de livraison.

6. Admission de la prestation

Après la déclaration de fin d'installation du matériel par le fournisseur, celui-ci procède, dans les 15 jours calendaires suivants, aux tests pour prononcer la réception du prototype, objet du marché d'acquisition.

Les opérations de vérifications nécessaires à l'admission des prestations se font selon les modalités suivantes :

- Montage des robots avec l'outillage ;
- Démontage d'un robot avec l'outillage ;
- Intégration de l'application PLC ou PC industriel développée par le client ;
- Les tests de fonctionnement seront réalisés par le client en connectant l'application développée sur le PLC par le client aux robots.
- Les tests modes manuels articulaire et opérationnel avec les configurations à 1 robot, 2 robots, 3 robots et 4 robots seront évalués;
- Deux exemples démonstratifs illustrant les modes de mouvement coordonnés et « arrêt du mouvement » sur couple de consigne seront également testés :
 - o La saisie en puissance d'un gros objet exploitant l'arrêt sur couple (par exemple ballon d'assise de diamètre 65cm ou autre compatible avec les espaces de travail des robots) ;
 - o La manipulation coordonnée de l'objet avec les 3 ou 4 extrémités de robots (rotation par exemple d'un ballon et translation).

Tous ces tests de fonctionnement seront effectués depuis l'interface homme-machine développée par le client.

Ces tests, d'une durée maximale de 30 jours calendaires, ont pour but de vérifier la bonne adéquation du matériel livré avec d'une part les spécifications annoncées par le fournisseur lors de sa réponse au présent cahier des charges, et d'autre part, les exigences de l'unité CNRS.

A l'issue de cette vérification d'aptitude, suivie de la vérification de service régulier, la réception de la prestation, objet du présent marché, pourra être prononcée.