



MARCHÉ PUBLIC DE FOURNITURES COURANTES ET DE SERVICES

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

Acquisition d'une plateforme robotique d'endoscopie flexible

**Université de Strasbourg
Direction des Finances - Département Achat Marchés
4 rue Blaise Pascal
CS 90032
67081 STRASBOURG Cedex**

Table des matières

1.	Description détaillée du système « patient »	4
1.1.	Caractéristiques du système "patient"	4
1.2.	Bilan des mobilités disponibles sur le système	5
2.	Caractéristiques techniques des sous-systèmes	6
2.1.	Sous-système n°1 : unités motorisées pour endoscope et instruments	6
2.1.1.	Contraintes techniques (sur tous les axes, sauf mention contraire)	6
2.1.2.	Spécifications pour chaque DDL.....	7
2.1.3.	Fonctionnalités spécifiques à la motorisation de l'endoscope	9
2.1.4.	Fonctionnalités des unités de motorisation des instruments	9
2.1.5.	Partie électrique	9
2.2.	Sous-système n°2 : mécanisme de translation et de rotation du système	10
2.2.1.	Spécifications pour chaque DDL.....	10
2.2.2.	Autres fonctionnalités.....	10
2.2.3.	Partie électrique	11
2.3.	Sous-système n°3 : support déplaçable	11
2.3.1.	Contraintes sur le chariot	11
2.3.2.	Partie électrique	11
2.3.3.	Spécifications pour chaque DDL.....	12
2.4.	Sous-système n°4 : Module passif d'actionnement de l'instrument	12
2.4.1.	Contraintes du module passif	12
2.5.	Assemblage du système global.....	13
2.5.1.	Modalités d'assemblage	13
2.5.2.	Essais de validation (FAT)	14
2.5.3.	Documentation	14
3.	Livrables	14
4.	Méthodologie et modalités de communication	14

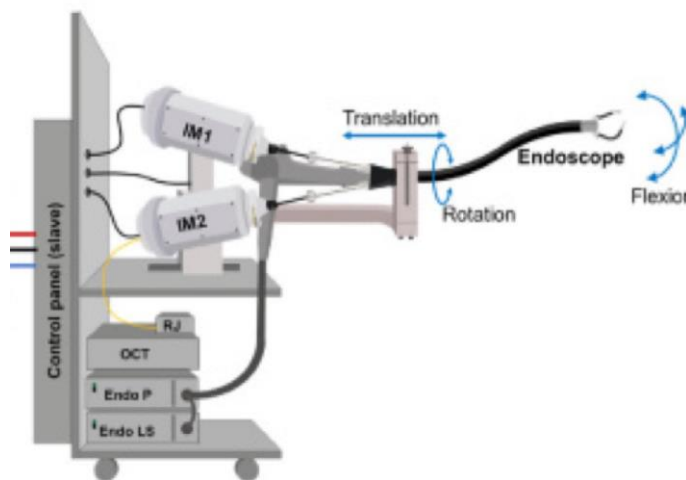
I. Contexte

Depuis plusieurs années le laboratoire ICube travaille sur des problématiques autour de l'endoscopie flexible robotisée. Dans ce cadre il souhaite acquérir une plateforme modulaire de motorisation d'un système endoscopique qui succédera à la plateforme STRAS précédemment exploitée (<https://seafire.unistra.fr/f/127ef2c52dc94bae8ab9/?dl=1>).

Ce marché s'inscrit dans le cadre du projet TIRREX portant sur la conception et la fabrication d'un prototype de robot chirurgical, basé sur l'architecture d'un dispositif similaire existant et les données recueillies avec celui-ci au cours d'expérimentations déjà réalisées, en vue de son utilisation pour des développements de laboratoire.

Le présent marché relève uniquement de la partie mécatronique directement au contact de l'endoscope flexible et des deux instruments endoscopiques ainsi que de la plateforme mobile supportant l'ensemble.

FIGURE 1 – REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE L'ENDOSCOPE ET DES INSTRUMENTS DEVANT ETRE PILOTES PAR LE SYSTEME CONÇU :



II. Objet du marché

L'objet de ce marché concerne uniquement le système robotique unitaire, produit par prestation externe par un OEM expérimenté, pour gérer la partie dite « patient », construit autour d'un endoscope flexible et d'outils acquis par ailleurs, et dont les plans sont fournis si besoin. Un ensemble de capteurs internes (capteurs de couple, capteurs de position, ...) doit y être intégré ainsi que les solutions de motorisation des différents mouvements (ensemble moteur, codeur, variateur, et mécanismes de transmission). La structure doit également permettre l'accueil de capteurs externes (capteur de forme, suivi de mouvement par sonde magnétique).

CCTP : Acquisition d'une plateforme robotique d'endoscopie flexible

L'ensemble sera utilisé uniquement pour des développements de laboratoire. La demande inclut également toute la documentation de conception et développement nécessaire pour permettre au laboratoire ICube d'en assurer la maintenance après la fin de la garantie

Le logiciel, des briques de test et la documentation du logiciel de configuration bas-niveau seront fournis par le laboratoire ICube.

Si nécessaire, les modèles CAO et la liste des matériels utilisés par la plateforme actuelle pourront également être fournis à la demande du titulaire.

Le marché porte sur quatre sous-systèmes différents et interdépendants ainsi que leur assemblage :

- Sous-système n°1 : unités motorisées pour l'endoscope et les instruments
- Sous-système n°2 : mécanisme de translation et rotation de l'ensemble du système
- Sous-système n°3 : support déplaçable
- Sous-système n°4 : module passif d'actionnement instrument
- L'assemblage du système global

Le candidat doit obligatoirement proposer la totalité de ces éléments (Sous-système n°1, n°2, n°3, n°4 et l'assemblage) dans son offre.

La livraison, la formation, la mise en service et la garantie d'un an sont comprises dans les prestations objet du marché.

Lieu d'exécution :

Laboratoire ICube

Bâtiment IHU – plateforme IRIS

1 place de l'hôpital

67091 Strasbourg cedex

1. Description détaillée du système « patient »

La caractérisation des fonctionnalités (obligatoires, essentielles, confort) est précisée au sein du CRT dans la partie « Couverture fonctionnelle ». Aussi, pour chaque fonctionnalité décrite ci-dessous dans le présent CCTP, son caractère obligatoire ou facultatif (donc valorisable) doit être vérifié au sein du CRT. **Le CRT est donc la pièce contractuelle référence pour déterminer le caractère obligatoire ou facultatif d'une fonctionnalité.**

1.1. Caractéristiques du système "patient"

Le système "patient" doit être constitué d'un chariot déplaçable manuellement, supportant différents modules :

- L'endoscope flexible qui comprend plusieurs canaux de travail (2 canaux latéraux, un canal central) et une extrémité distale possédant un mécanisme d'ouverture/fermeture permettant la déviation angulaire des instruments insérés dans les canaux latéraux. En extrémité distale, l'endoscope

CCTP : Acquisition d'une plateforme robotique d'endoscopie flexible

comprend une section articulée commandable permettant la flexion dans deux directions orthogonales. Ces flexions devront être pilotées par un module d'actionnement motorisé à développer, connectable à l'endoscope.

- Deux instruments insérés à l'intérieur des deux canaux de travail latéraux et des modules pour leur motorisation. Dans le cadre du marché, chaque instrument sera finalement constitué après intégration :
 - de la partie passive composée :
 - d'un corps flexible d'environ 80cm terminé par une section articulée (1 plan de flexion, 2 directions), en extrémité distale d'environ 30mm commandable par câble (fourni par le laboratoire ICube).
 - d'un insert (outil d'électrochirurgie monopolaire ou pince de plusieurs types possibles) (fourni par le laboratoire ICube)
 - d'un mécanisme passif (sous-système n°4) attaché au corps flexible, permettant la transmission du mouvement entre le module actif conçu dans le cadre du présent appel (sous-système n°1) et les câbles d'actionnements passant dans la partie passive.
 - Et d'un module actif contenant la motorisation pour tous les degrés de liberté de l'instrument (translation, rotation, flexion, ..., voir spécifications dans la suite).
- D'une structure de support portant l'ensemble, constitué de l'endoscope et des instruments. Cette structure doit pouvoir être déplacée manuellement dans les locaux. La hauteur de l'ensemble {endoscope et instruments}, ainsi que l'angle d'inclinaison par rapport à l'horizontale doit pouvoir être réglable de manière motorisée. La structure doit contenir par ailleurs une motorisation pour réaliser de manière contrôlée la translation et la rotation de l'ensemble de l'endoscope et des instruments par rapport à la structure selon des plages de mouvement spécifiées dans la suite.

1.2. Bilan des mobilités disponibles sur le système

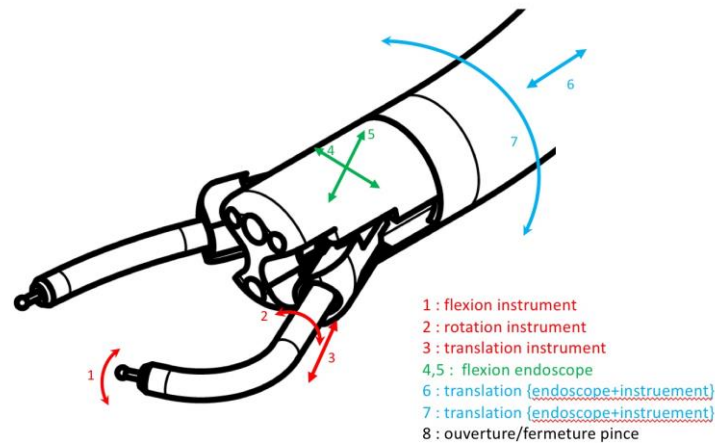
Le système "patient" doit comprendre 14 degrés de liberté motorisés :

- Au niveau du chariot : réglage de la hauteur et de l'angle d'inclinaison
- Au niveau de l'endoscope : flexion haut/bas et gauche/droite (respectivement 4 et 5 sur la figure 2)
- Au niveau des instruments (2 fois) : rotation et translation dans le canal de l'endoscope, flexion dans un plan et ouverture/fermeture des instruments de type mécanique (pince, ciseau, porte aiguille, ...) (respectivement 2,3, 1 et 8 sur la figure 2)
- Au niveau de l'ensemble Endoscope et instruments : translation et rotation (6 et 7 sur la figure 2)

L'orientation du plan de flexion des instruments change lors de la rotation de ceux-ci.

Les effets distaux de la translation et de la rotation de l'ensemble endoscope et instruments appliquées côté proximal dépendent de la configuration en flexion de l'endoscope et de la configuration générale de son corps flexible.

FIGURE 2 – DEGRE S DE LIBERTE ACTIFS – VUE DE LA PARTIE DISTALE DE L'ENDOSCOPE :



2. Caractéristiques techniques des sous-systèmes

2.1. Sous-système n°1 : unités motorisées pour endoscope et instruments

Ce premier sous-système comprend la conception et la réalisation de :

- La motorisation embarquée sur l'endoscope fourni par le laboratoire ICube, connectable et amovible par rapport à celui-ci.
- La motorisation pour l'actionnement de la flexion et de la pince. Pour des raisons de praticité, cette motorisation devra être fixée au support déplaçable (sous-système n°3).
- La motorisation permettant la rotation et la translation des instruments. Pour des raisons de praticité, cette motorisation devra être fixée au support déplaçable (sous-système n°3).

2.1.1. Contraintes techniques (sur tous les axes, sauf mention contraire)

Compte tenu de l'usage en laboratoire, pour l'étude de la commande d'un tel système de type robot chirurgical, des éléments de technologie sont imposés dans les choix pour les modules de motorisation :

- Moteurs : brushless ou courant continu
- Codeurs à minima :
 - Incrémentaux
 - Avec signaux complémentés et index
 - Résolution : 1024 points/tour au moins
- Variateurs : Pour des raisons d'intégration avec la console de manipulation (qui ne fait pas partie du présent marché), les variateurs devront fonctionner sur bus EtherCAT et répondre à la norme cia402. Sur certains axes (spécifiés par la suite), les variateurs doivent autoriser la commande en couple et il doit y avoir la possibilité de lire la valeur du courant consommé par le moteur.

CCTP : Acquisition d'une plateforme robotique d'endoscopie flexible

- Capteurs : détecteurs de proximité inductifs (sonde à effet hall)

2.1.2. Spécifications pour chaque DDL

CCTP : Acquisition d'une plateforme robotique d'endoscopie flexible

Sous-ensemble	DDL n°	Description	Course		Vitesse continue max.		Couple / effort continu max.		Jeu	Freinage	Capteur fin de course	Procédé calibration
Instruments	1a, 1b, 1c, 1d	Flexion	flexion complète de la partie articulée de l'instrument ; correspond à un déplacement linéaire des câbles	continue	course complète de la flexion en moins de 1s	20mm/s	effort de traction sur les câbles nécessaire à la flexion complète de l'instrument	40 N	0.2mm	non	non	capteur de présence
	2a, 2b	Pince	ouverture complète, fermeture avec suffisamment de force, quelle que soit la courbure de l'instrument ; déplacement de la tige	continue	ouverture (ou fermeture) en moins de 0.5s	30mm/s	effort de traction sur la tige de la pince nécessaire à la fermeture complète	80 N	*	non	non	capteur de présence
Modules T/R	3,3'	Rotation	-	continue	demi-tour de l'instrument en 1s	180°/s	couple -> rotation de l'instrument dans son canal (non mesuré)	0.3 Nm	0.5°	non	non	capteur de présence
	4,4'	Translation	sortie max. des instruments : 50mm (par rapport à la base de la section articulée)	150mm	vitesse de translation de l'instrument	50mm/s	effort -> translation de l'instrument dans son canal (non mesuré)	20 N	0.2mm	oui	oui	capteur de fin de course
Endoscope	5	Flexion haut-bas	rotation de l'axe inférieur	continue	passage de la position tendue à une flexion de 90° en 1.5s	60°/s	couple à appliquer sur l'axe de sortie (axe du bas) de la poignée de l'endoscope pour le fléchir au maximum	1Nm	0.5° (au niveau de l'axe)	oui	non	capteur de présence
	6	Flexion droite-gauche	rotation de l'axe supérieur	continue	passage de la position tendue à une flexion de 90° en 1.5s	60°/s	couple à appliquer sur l'axe de sortie (axe du haut) de la poignée de l'endoscope pour le fléchir au maximum	1Nm	0.5° (au niveau de l'axe)	oui	non	capteur de présence

CCTP : Acquisition d'une plateforme robotique d'endoscopie flexible

2.1.3. Fonctionnalités spécifiques à la motorisation de l'endoscope

La motorisation de l'endoscope doit disposer des fonctionnalités suivantes :

- Une motorisation des deux flexions
- Un mini joystick permettant le contrôle des deux directions de flexion depuis la poignée lors de l'insertion de l'endoscope.
- Pour des raisons de maniabilité, le poids total de l'endoscope motorisé (donc sans instrument) ne doit pas dépasser 3kg, ce qui correspond à une surcharge liée à la motorisation de 1.8 kg maximum.
- Un bloc moteur déconnectable pour permettre de manœuvrer l'endoscope même si une défaillance entraîne le blocage du système dans une configuration courbée.
- **En prestation supplémentaire éventuelle facultative (PSE) :** une mesure des couples exercés par les moteurs de flexion

2.1.4. Fonctionnalités des unités de motorisation des instruments

Les fonctionnalités relatives aux unités de motorisation doivent être les suivantes :

- Une motorisation de la flexion de l'instrument
- Une gestion de l'ouverture/fermeture de la pince
- Une mesure du couple exercé par le moteur de la flexion
- **En prestation supplémentaire éventuelle facultative (PSE) :** une mesure du couple exercé par le moteur de la pince
- **En prestation supplémentaire éventuelle facultative (PSE) :** une mesure du couple exercé par les moteurs de la rotation et de la translation

Les unités de motorisation doivent assurer la translation et la rotation de l'instrument dans le canal de l'endoscope

Les unités de motorisation, au nombre de 2, ne sont pas amovibles et restent solidaires de la structure porteuse du système "patient".

2.1.5. Partie électrique

Le titulaire doit minimiser le nombre de câbles apparents et assurer la fiabilité du câblage en évitant notamment leur torsion.

Les câbles électriques ne doivent pas être solidaires de l'endoscope ou des modules instruments, il faut donc prévoir de n'avoir que l'embase des connecteurs.

La partie électrique doit également embarquer les variateurs nécessaires au fonctionnement des moteurs.

CCTP : Acquisition d'une plateforme robotique d'endoscopie flexible

2.2. Sous-système n°2 : mécanisme de translation et de rotation de l'ensemble du système

Il s'agit du sous-ensemble qui permet de faire pivoter l'ensemble de l'endoscope muni de ses instruments autour de l'axe longitudinal de l'endoscope (côté poignée) et d'effectuer un mouvement de translation de cet ensemble pour ajuster la distance par rapport à la zone d'intérêt après positionnement manuel du système.

2.2.1. Spécifications pour chaque DDL

Sous-ensemble	DDL n°	Description	Course		Vitesse continue max.		Couple / effort continu max.		Jeu	Freinage	Capteur fin de course	Procédé de calibration
Ensemble	7	Rotation	position neutre = vue endoscopique horizontale	+/- 270°	vitesse de rotation de l'ensemble	30°/s	estimation	1.5 Nm	2°	oui	oui	oui
	8	Translation	-	+/- 200 mm	vitesse de translation de l'ensemble	50 mm/s	estimation	50 N	1mm	oui	oui	oui

2.2.2. Autres fonctionnalités

Le mécanisme doit permettre à l'opérateur de fixer de façon rapide, sûre et unique (utilisation d'un détrompeur) l'endoscope motorisé par sa poignée une fois qu'il est correctement positionné par rapport au site d'intérêt.

Le système de fixation de l'endoscope doit garantir l'alignement entre l'entrée des canaux opérateurs et l'axe des instruments, imposé par la position des modules instruments. Pour cela, l'opérateur doit pouvoir orienter manuellement (ou à l'aide d'une commande électrique accessible lors de cette étape) le mécanisme motorisé afin de l'adapter sa configuration à la position et à l'orientation de la poignée de l'endoscope une fois que celui-ci a été positionné manuellement.

Pour conserver une course suffisante sur cet axe de rotation au cours de l'opération quelle que soit l'orientation initiale de l'endoscope, la course de cet axe doit être d'au moins +/- 270°, ou mieux, et qu'il puisse tourner librement (sans butée).

Le capteur de fin de course (ou situé en milieu de course) doit permettre de ramener le dispositif en position neutre et de calibrer l'axe. Si la rotation est infinie, la calibration n'est pas nécessaire ; par contre, le cheminement des câbles électriques peut être problématique avec cette solution et devra être soigneusement étudiée.

Le mécanisme doit maintenir en permanence le positionnement relatif de l'endoscope et des instruments.

Dans le cadre de ce sous-système n°2, le candidat peut également proposer une prestation supplémentaire éventuelle facultative (PSE) : une mesure du couple exercé par les moteurs de la translation et de la rotation.

CCTP : Acquisition d'une plateforme robotique d'endoscopie flexible

2.2.3. Partie électrique

Le titulaire doit minimiser le nombre de câbles apparents et assurer la fiabilité du câblage en évitant notamment leur torsion.

Les câbles électriques ne doivent pas être solidaires de l'endoscope ou des modules instruments, il faut donc prévoir de n'avoir que l'embase des connecteurs.

La partie électrique doit également pouvoir embarquer les variateurs nécessaires au fonctionnement des moteurs.

2.3. Sous-système n°3 : support déplaçable

Cette structure déplaçable supportant l'ensemble [endoscope + instruments], par l'intermédiaire du mécanisme de translation et de rotation, se présente sous la forme d'un chariot ; elle permet un positionnement manuel par rapport à l'environnement de test. Ce chariot intègre aussi le coffret électrique contenant les composants d'alimentation, de commande et de communication de l'ensemble du dispositif.

Sa fonctionnalité principale est de permettre la fixation de la poignée de l'endoscope sur son support une fois que l'endoscope a été positionné manuellement par rapport à l'environnement.

2.3.1. Contraintes sur le chariot

Le chariot doit avoir :

- Un faible encombrement au sol et ne doit pas dépasser l'empreinte d'une tour d'endoscopie conventionnelle.
- Une bonne manœuvrabilité :
 - Roulettes omnidirectionnelles, dont 2 au moins avec frein
 - Possibilité de déplacer le chariot d'une seule main, quel que soit le côté duquel on se trouve (présence de poignées accessibles de tous les côtés),
 - Durée de mise en place du dispositif complet (positionnement du chariot, ajustement de la hauteur et de l'inclinaison, fixation de l'endoscope) inférieure à 3 min.
- Une stabilité par rapport au poids du système : le système ne doit pas basculer, même chargé et pour une inclinaison de 10° par rapport à la verticale
- Des mobilités motorisées : réglage en hauteur et en inclinaison

2.3.2. Partie électrique

En termes de gestion des câbles électriques, il convient d'assurer la connexion avec les sous-ensembles des sous-systèmes n°1 et 2.

De plus, le coffret doit prévoir les caractéristiques suivantes :

CCTP : Acquisition d'une plateforme robotique d'endoscopie flexible

- Il doit contenir l'ensemble des composants électriques nécessaires au bon fonctionnement du dispositif et non présents dans les sous-ensembles des sous-systèmes n°1 et 2. Les composants électriques actuellement utilisés sont accessibles à titre d'exemple sur demande du candidat.
- Sa taille devra être réduite au maximum
- Les entrées / sorties à prévoir sont :
 - ❖ Les signaux robotiques (puissance moteurs, signaux capteurs, signal EtherCAT)
 - ❖ Les commandes utilisées lors de la phase de positionnement manuel de l'endoscope (joystick commandant les flexions, commande de la rotation de l'ensemble)
 - ❖ La commande des ddl motorisés du chariot (réglage de la hauteur et de l'inclinaison)
 - ❖ L'alimentation secteur
 - ❖ La prise Ethernet (pour communication avec l'interface maître)
 - ❖ La prise EtherCAT
 - ❖ L'arrêt d'urgence déporté
- Il doit contenir un PC embarqué compatible EtherCAT pour le contrôle bas niveau du système

2.3.3. Spécifications pour chaque DDL

Sous-ensemble	DDL n°	Description	Course		Vitesse continue max.		Couple / effort continu max.		Jeu	Freinage	Capteur fin de course	Procédé de calibration
Chariot	9	Hauteur	hauteur de la poignée de l'endoscope par rapport au sol	800 – 1200mm	indifférent	-	selon la charge de l'ensemble	-	-	oui	oui	non
	10	Inclinaison	par rapport à l'horizontale	+/-30°	indifférent	-	selon la charge de l'ensemble	-	-	oui	oui	non

Les actionneurs choisis pour le réglage de la hauteur et de l'inclinaison doivent pouvoir être commandés au niveau du chariot (à l'aide d'une télécommande par exemple), mais n'ont pas besoin d'être contrôlés depuis l'interface maître. Cet ajustement doit être réalisé une unique fois en début d'opération. On pourra s'orienter vers des solutions tout-en-un intégrant les fonctions de freinage et de détection de fin de course tel que des vérins électriques.

2.4. Sous-système n°4 : Module passif d'actionnement de l'instrument

Ce module est un système d'interface monté sur la partie flexible de l'instrument qui assure l'entraînement des fonctionnalités de l'instrument : la flexion et l'ouverture/fermeture des pinces. Il contient un mécanisme d'entraînement des câbles d'actionnement d'encombrement minimal et permet la connexion rapide de l'instrument avec les unités de motorisation des instruments.

2.4.1. Contraintes du module passif

Les fonctionnalités et caractéristiques des modules passifs doivent être les suivantes :

CCTP : Acquisition d'une plateforme robotique d'endoscopie flexible

- Un mécanisme permettant la connexion/déconnexion rapide et sans outillage du bloc contenant les moteurs des instruments (afin de faciliter le remplacement des instruments)
- Un mécanisme permettant le réglage de la tension des câbles de flexion lors de l'assemblage des instruments sur le module passif
- Lorsque l'instrument est entièrement en position tendue (section flexible passive et section articulée commandable), les deux câbles ne doivent pas présenter de mou, sans pour autant être pré-tendus
- Prévoir des butées matérielles pour limiter la flexion admissible des instruments
- Disposer d'un accès externe au canal de l'instrument pour permettre le passage de sondes d'instrumentation tel que des sondes optiques à réseaux de Bragg ou des sondes de suivi magnétique

Les instruments à pince doivent pouvoir avoir un changement rapide d'insert : < 30s. (Le cas échéant, si le titulaire le propose dans le cadre de la grille « Couverture fonctionnelle » du Cadre de Réponse Technique, les instruments à pince doivent pouvoir garantir l'isolation électrique)

Les instruments électriques doivent pouvoir avoir un changement rapide d'insert : < 30s.

Le cas échéant si le titulaire le propose dans le cadre de la grille « Couverture fonctionnelle » du Cadre de Réponse Technique, les instruments électriques doivent :

- Garantir l'isolation électrique avec le reste de l'instrument
- Garantir une bonne conductivité au niveau de l'insert
- Prévoir une connectique compatible avec le câble provenant d'un générateur HF
- Concevoir cette connexion de telle manière que le câble n'entrave pas les mouvements de l'instrument

2.5. Assemblage du système global

Le titulaire devra assembler les sous-systèmes n°1, n°2, n°3 et n°4 ensemble.

Il devra suivre et coordonner les interactions entre les sous-systèmes n°1 à 4 afin d'assurer l'assemblage du dispositif complet.

2.5.1. Modalités d'assemblage

Dans le cadre de l'assemblage, le titulaire devra :

- Assembler les différents sous-systèmes (n°1 à n°4)
- Valider le fonctionnement de l'ensemble du système

Si le titulaire le propose dans le cadre de la grille « Couverture fonctionnelle » du Cadre de Réponse Technique :

- Fournir un emballage de transport réutilisable adapté au dispositif, éventuellement en plusieurs parties (par exemple, l'endoscope et les instruments peuvent être emballés séparément du chariot),
- Réaliser l'étiquetage de sécurité de l'ensemble des équipements

CCTP : Acquisition d'une plateforme robotique d'endoscopie flexible

2.5.2. Essais de validation (FAT)

Après l'assemblage, le titulaire devra réaliser lui-même les essais et validations afin de s'assurer du fonctionnement du système assemblé.

Une équipe du laboratoire ICube se rendra ensuite dans les locaux du titulaire afin d'évaluer si le système répond aux spécifications du cahier des charges ou si des derniers ajustements sont nécessaires avant la livraison. Le cas échéant, ces ajustements ne feront pas l'objet d'une prestation supplémentaire facturée.

2.5.3. Documentation

Le titulaire devra compiler la documentation des sous-systèmes n°1 à n°4 en un dossier cohérent (schémas, nomenclatures, etc.) ainsi que fournir les plans d'ensemble du système.

3. Livrables

Pour chaque sous-système, le titulaire devra fournir :

- L'étiquetage de sécurité
- Un rapport des tests effectués lors des essais de validation, incluant une comparaison entre les performances obtenues et les performances attendues dans le présent cahier des charges techniques
- Les plans d'ensemble et de détail
- Les modèles CAO des différents sous-systèmes
- Les schémas électriques
- La nomenclature complète, ainsi que les fiches techniques des composants critiques et les certificats de conformité RoHS

4. Méthodologie et modalités de communication

Les sous-systèmes n°1, n°2 et n°4 doivent être étudiés en premier lieu afin de lever les risques techniques au plus tôt. D'autre part, ces parties sont extrêmement dépendantes les unes des autres ; cette interaction devra être prise en compte le plus tôt possible.

La conception du sous-système n°3 dépend de celle du sous-système n°2. Afin de commencer la conception du sous-système n°3 avant la revue de conception détaillée du sous-système n°2, le titulaire devra réserver un volume de conception suffisant pour permettre l'interfaçage des deux sous-ensembles.

Il est conseillé de commencer le sous-système n°3 par la conception de la structure et le design du chariot, l'intégration du coffret électrique ou le choix des composants tels que les actionneurs.

Le déroulement de l'assemblage du système devra couvrir l'ensemble du développement des autres parties. Il débutera lors de la réunion de lancement du projet et finira par l'intégration et la recette de l'ensemble.

CCTP : Acquisition d'une plateforme robotique d'endoscopie flexible

Les candidats pourront proposer des alternatives au déroulement ci-dessus mais celles-ci devront être clairement justifiées. Ces alternatives pourront être refusées.

Lors de la conception, le titulaire devra réaliser :

- Une revue a minima bimensuelle avec l'équipe du laboratoire ICube
- Une revue de conception préliminaire des différents sous-systèmes pour validation avec l'équipe du laboratoire ICube. Une revue préliminaire des sous-système n°1, n°2 et n°4 est également à planifier au début de l'exécution des prestations afin de valider les spécifications retenues. Ces spécifications seront utilisées pour la conception du sous-système n°3.
- Une revue de conception complète (sous-système n°1, 2, 3 et 4) avant développement et fabrication.
- Une FAT du prototype complet en présence de l'équipe du laboratoire ICube est à prévoir avant livraison du prototype fini (conformément à l'article 2.5.2 du CCTP). Le titulaire devra fournir ce protocole de FAT 2 mois avant la date de la FAT.