CCTP 2026-10-1
CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

Fourniture de deux bras manipulateurs robotiques souples, gonflables et élancés pour le compte de l'UMR6004 LS2N.

CNRS UMR 6004 – *Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N)*
École Centrale de Nantes
1 rue de la Noë
44300 Nantes
FRANCE

Cadre du projet

Dans le cadre du projet TIRREX, le Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N, UMR6004) prend en charge la plateforme Robotique XXL. Cette plateforme couvre les problématiques de la robotique des grands espaces de travail. Le développement d'une plateforme de robotique XXL répond à un certain nombre de contraintes et de besoins de l'usine du futur et du secteur de la construction, où les industriels sont demandeurs.

Dans ce contexte, une nouvelle plateforme robotique, ouverte à des collaborations académiques et industrielles, sera réalisée pour mettre en œuvre des applications pour lesquelles les espaces de travail ne peuvent être couverts par des robots industriels conventionnels (par exemple, l'impression 3D de bâtiments, le ponçage robotisé de très grandes surfaces, les opérations d'assemblage de charges lourdes dans de grands volumes, la manipulation flexible dans de grands espaces, etc.).

Dans cette plateforme robotique, nous souhaitons ajouter 2 robots souples gonflables de longue portée (10 mètres de portées cumulées environ) et reconfigurable permettant de couvrir de grandes surfaces horizontales et verticales

La plateforme « Robotique XXL » offrira à la communauté robotique nationale un moyen accessible d'évaluer des démonstrateurs dédiés et des méthodologies de commande spécifiques dans les grands espaces.

Sommaire

I Descriptif et fournitures demandées 4
I.1 Cas d'usage 6
I.2 Définition du robot (ROBOT 1 ou ROBOT 2) 8
I.4 Matériels et outils à manipuler 10
I.5 Formation et transfert 12
I.6 Garantie 12
II Livraison, installation et admission de la prestation 13
II.1 Livraison et installation 13
II.2 Admission de la prestation 13

I Descriptif et fournitures demandées

Le présent appel d'offre a pour objet l'étude, la fabrication et la fourniture de deux (2) robots souples gonflables de grandes dimensions doté de leur système respectif de commande pneumatique.

Un robot souple gonflable est une structure modulaire, très légère et longue de plusieurs mètres, composée de segments tubulaires textile ou polymère gonflables, capable de se déployer et de largement se courber. Ainsi il est possible d'atteindre en longueur et en hauteur de grandes distances, grâce à son dispositif de distribution d'air comprimé, d'une unité de commande et de lois de commande spécifiques. La pression d'air insufflé dans les chambres étanches idéalement réparties rigidifie le robot tout en assurant de nombreux degrés de libertés pilotés pour effectuer le transport de matériel et d'outils.

Les deux (2) robots seront installés et opérationnels au sein de la plateforme « Robotique des grands espaces » du projet Tirrex XXL et serviront à des activités de recherche centrées sur la modélisation et la commande de robots souples, notamment dans le cadre de la manipulation et fixation de matériels de construction, de nettoyage et intervention en hauteur sur une maquette d'habitation (Figure 1). Également, ils serviront à des opérations de scan et d'inspection de pièces de grandes dimensions et encombrées.

A titre informatif, le bénéficiaire imagine une instrumentation des robots à deux (2) niveaux, pour développer une commande évoluée, à savoir :

- Couplé à un système de capture du mouvement, la cinématique des robots pourra aussi être mesurée, contrôlée et optimisée.
- Une balance de force à six (6) composantes pourra être installée entre l'interface avec l'outillage pour mesurer et contrôler le torseur des forces d'interaction entre l'outillage et la plaque.



Figure 1 – Concept des 2 robots souples gonflables manipulant une plaque de plâtre et en opération de vissage sur un modèle d'habitat au sein la plateforme Robotique Tirrex XXL

Le Titulaire fournis deux (2) robots, nommés ROBOT 1 et ROBOT 2 similaires.

Chaque robot est modulaire, à savoir composé de tronçons démontables permettant de faire varier sa longueur jusqu'à 5 m environ (espace de travail).

Un robot doit pouvoir se fixer à l'extrémité de l'autre robot, grâce à une interface, atteignant ainsi une longueur déployée cumulant ainsi 10m environ.

Chaque robot doit être stocké, protégé et livré dans une caisse de transport.

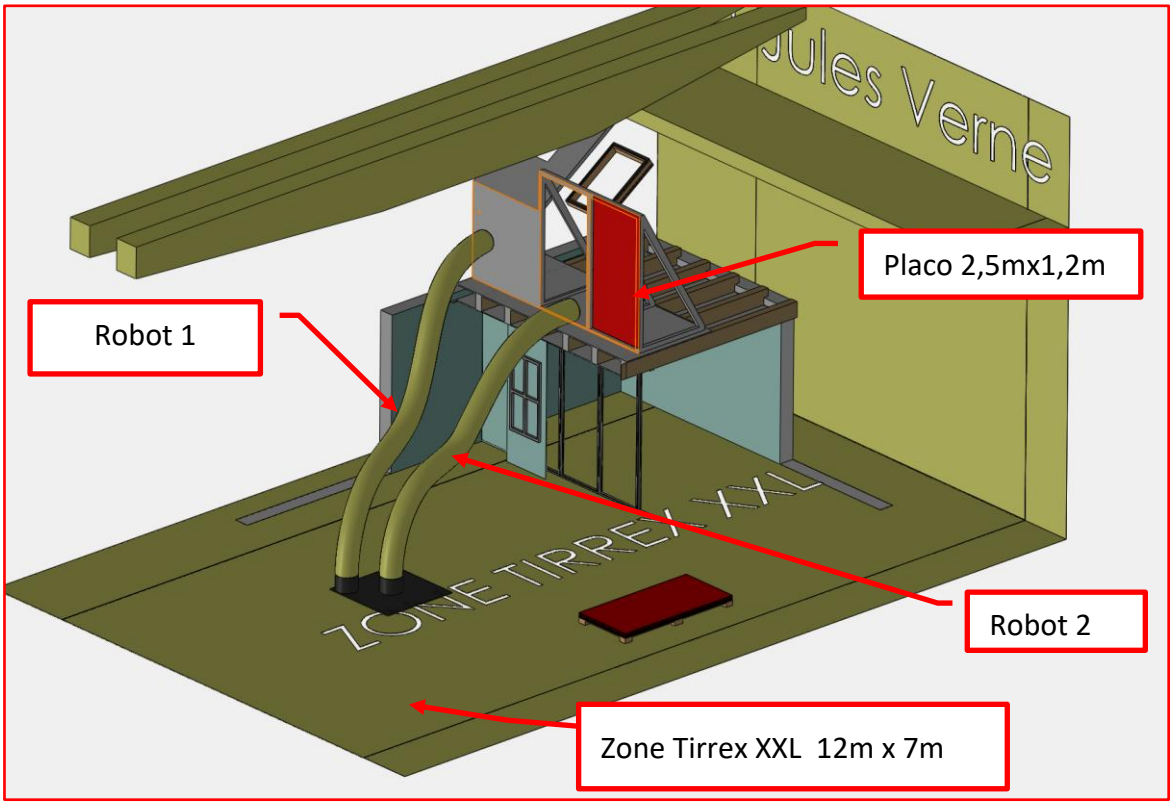


Figure 2 – Concept des 2 robots souples gonflables ROBOT 1 et ROBOT 2

I.1 Cas d'usage

Il est envisagé trois (3) cas d'usage principaux (UC) non exhaustifs

- UC1 : Manipulation Solo avec ROBOT 1

La configuration *UC1 est dédiée* à des tâches de prise et de présentation d'objets de construction type plaque de Placoplâtre, ou fenêtres de toit type velux 55cmx70cm face à l'ouverture de l'habitation au RDC ou à l'étage.

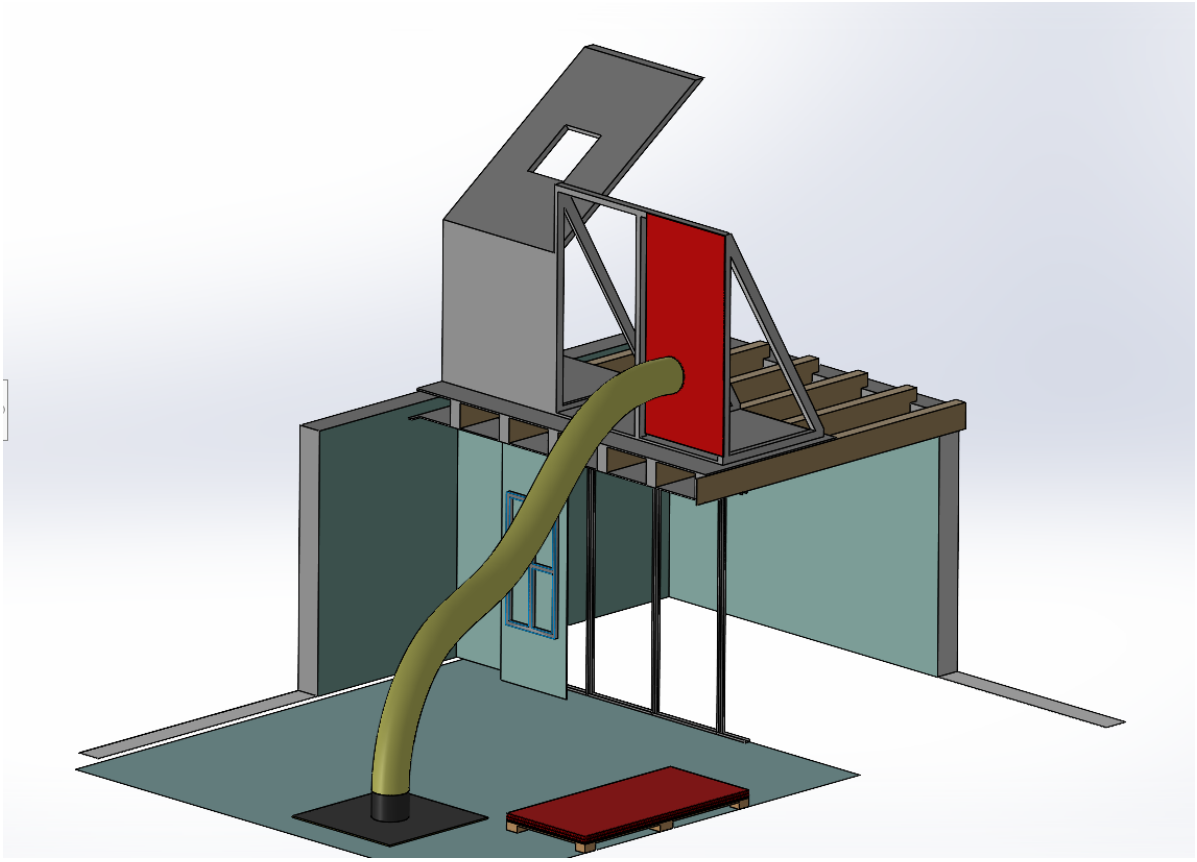


Figure 3 - Configuration solo présentation de la plaque sur les rails

- UC2 – Coopération en parallèle des deux (2) robots

La configuration *UC2 est dédiée* à la coordination et commande des 2 robots au cours de laquelle le ROBOT 2 peut accomplir des tâches de dextérité et de précision qui remplacent l'assistance humaine, à savoir selon la séquence suivante :

- Le ROBOT 2 à l'aide de sa ventouse se colle à la plaque, coopère et positionne avec précision la plaque vers la position cible sur les rails métalliques. La force latérale générée par le ROBOT 1 est une perturbation pour le ROBOT 1, mais les commandes appropriées devront assurer le contrôle précis de la tâche.

- Le ROBOT 1 maintient et augmente sa poussée si besoin. Dans le même temps, l'effecteur du ROBOT 2 est commandé pour guider la visseuse jusqu'à la vis, avec précision.

- Chaque robot est fourni avec son contrôleur et ils sont commandés indépendamment.

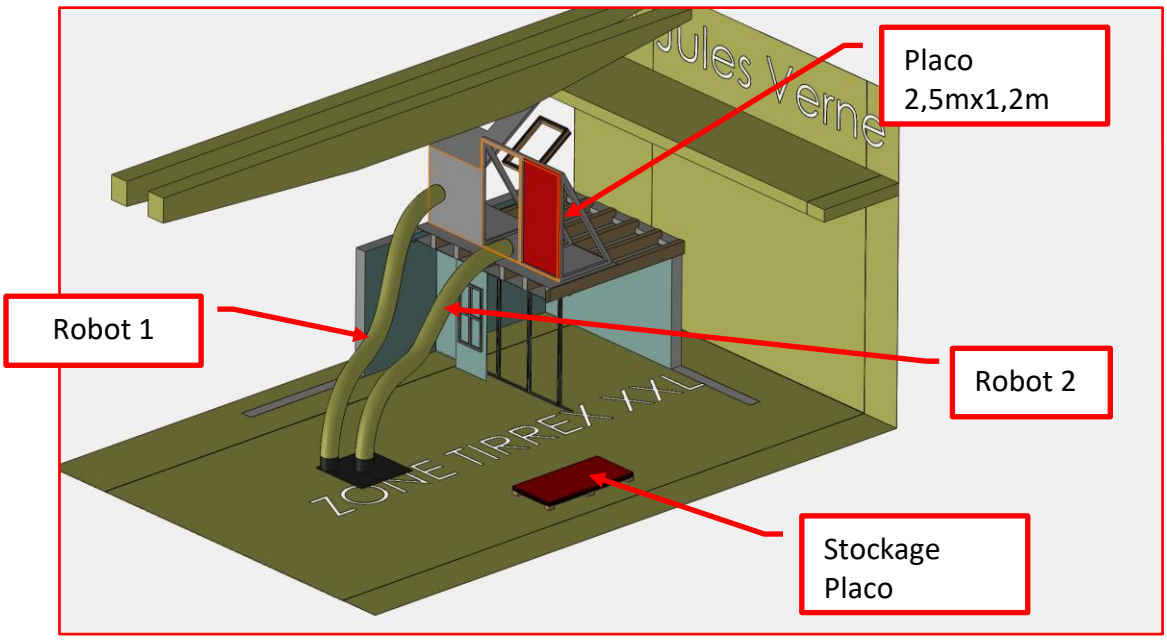


Figure 4 – Configuration Coopération des 2 robots en pose, positionnement précis et vissage

- UC3 – Coopération en série du ROBOT 1 et du ROBOT 2 : *BIGBOT*

La configuration suivante UC3 est envisagée et consiste à fixer le ROBOT 2 sur le ROBOT 1. Pour cela, une interface mécanique doit être fournie à l'extrémité du ROBOT 1. Cette configuration fera l'objet d'activités de recherche en commande avec coopération des deux robots.

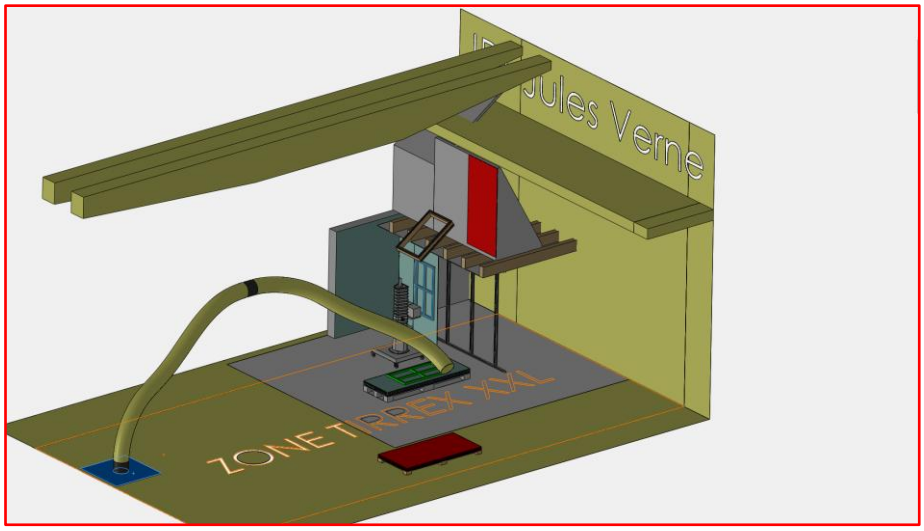


Figure 5 – Configuration sérielle des 2 robots déployés sur une grande longueur pour ponçage ou inspection

I.2 Définition du robot (ROBOT 1 ou ROBOT 2)

Chaque robot doit être installé, fixé sur une base lestée. Le robot doit être facile à déplacer à l'aide d'un transpalette.

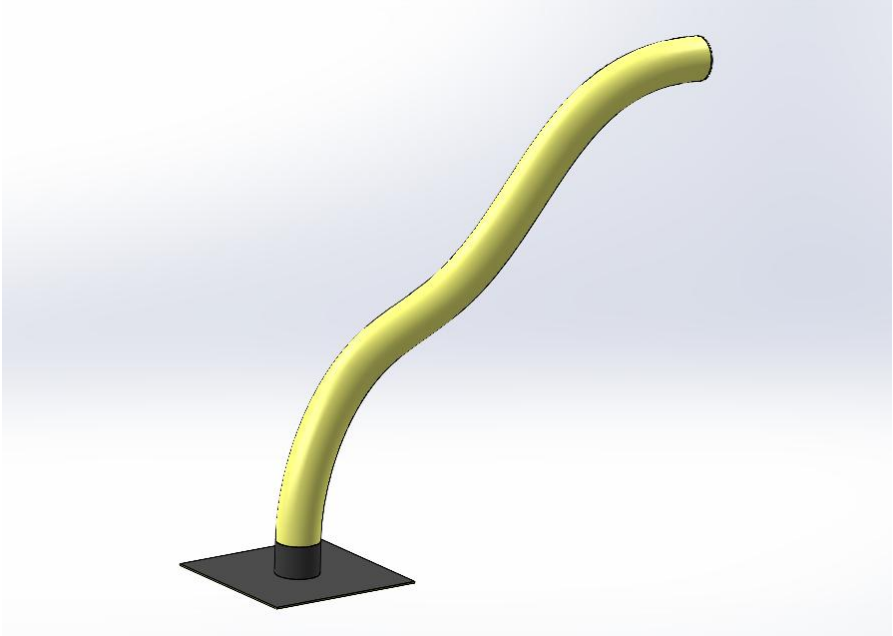


Figure 6 - Concept du robot souple sur sa base

Le robot doit être étudié pour satisfaire toutes les spécifications suivantes.

- Dimensions

La longueur déployée maximum est de 5m par robot. Le robot peut être conçu en différents segments/modules faciles à raccorder tout en assurant le gonflage et les étanchéités. Des capteurs doivent équiper chaque module afin d'en mesurer et d'en commander sa géométrie, avec l'objectif de piloter les 6 degrés de liberté de l'effecteur. L'erreur de de répétabilité, de l'effecteur doit être la meilleure possible, de l'ordre de quelques centimètres et impérativement inférieure à 5cm.

- Degrés de liberté et espace de travail

L'effecteur doit posséder 6 degrés de liberté. L'effecteur doit pouvoir évoluer en X, Y et Z de +/- 3m et des rotations maximums de +/- 90°.
Le robot est équipé de capteurs intégrés afin pouvoir mesurer et piloter la cinématique propre des modules du robot et la position de l'effecteur.

- Charge soulevée (Payload – gravité)

La charge minimum à soulever est 50 kg.

- Forces à appliquer sur un mur (torseur des forces extérieures hors gravité)

Le robot doit être capable d'appliquer une force normale X à un mur d'au minimum X=100 N, voire plus.

- Interface mécanique

Sur le dernier module avant l'effecteur, une interface mécanique doit être fournie. Cette interface doit permettre de fixer le ROBOT 2 à l'extrémité du ROBOT 1.

Cette interface doit permettre aussi d'installer une ventouse de préhension pneumatique, l'interface via des solutions mécaniques de type appui plan, centrage, taraudages

La tâche principale est de ventouser et manipuler une plaque de placoplâtre (36kg).
Un test de réception sur une plaque sera à réaliser sur le site du titulaire en présence de membres du LS2N. Ces tests feront l'objet d'une journée de réception technique.

- Dispositifs de préhension

L'interface devrait permettre de fixer une pince de préhension avec doigts pneumatiques (à fournir) pour la saisie d'outillages électroportatifs ou un scanner (décrits au 1.4 du CCTP) ; ou tout autre pince de préhension ou ventouse de préhension

En résumé, les fournitures demandées sont :

- Deux (2) bras robots (ROBOT 1 et ROBOT 2) ;
- Deux (2) bases lourde avec roulettes et pieds escamotables en nombre et hauteur suffisante pour être gerber ;
- Les capteurs intégrés dans les modules ;
- Le dispositif de distribution d'air, hors compresseur ;
- Deux (2) contrôleurs ;
- Deux (2) interfaces mécaniques ;
- La pince de préhension ou une ventouse pneumatique.

I.4 Matériels et outils à manipuler

Ci-dessous des exemples de matériels à manipuler par le BIGBOT, par l'intermédiaire de l'interface mécanique (commune aux 2 robots)

Matériel	Dimensions	Masse
Plaque de plâtre	2,5m x 1,2 m	36 kg
Demi plaque de plâtre	2,5m x 0,6 m	18 kg
Chevron	50 cm x 75 cm L = 3 m	8 kg
Pattes équerres		<1 kg
Panneau isolant semi-rigide		
Fenêtre de toit	55 cm x 70 cm	25 kg
Photovoltaïque	1650x1000 mm	20 kg
Double-vitrage		
Receveur de douche	1 m x 1 m	

Un exemple d'application outillages de construction à manipuler par le robot, par l'intermédiaire de l'interface mécanique) :

Outillage/ Electroportatif	Dimensions
Visseuse/ponceuse légère	1à 3kg 
Riveteuse-cloueuse	 
Pistolet de masticage	
Scanner laser	
Brosse et pulvérisateur pneumatiques autres…	

I.5 Formation et transfert

Formation :

Le robot doit être monté en 1 ou 2 journées sur la plateforme TIRREX-XXL, suivi de la mise en service et de la formation sur site pour la prise en main des robots. La prestation de formation sur site nantais sera proposée.

Le bénéficiaire demande au titulaire 2 jours de formation et d'accompagnement à l'utilisation du matériel fourni.

Pour cela, le titulaire fournira la procédure d'utilisation avec les recommandations utiles, la procédure de remplacement de capteurs, et la maintenance préventive.

Transfert :

Le bénéficiaire demande au titulaire de lui transmettre l'algorithme et les lois de commande, notamment ce qui concerne la calibration et les modèles géométriques direct et inverse pour permettre ainsi de futurs développements par le LS2N et aussi des co-développements.

Le bénéficiaire demande au titulaire de lui indiquer les contenus techniques protégés et interdits à la diffusion scientifique.

I.6 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, et dans les conditions normales d'utilisation.

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, le cas échéant, 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 10 jours ouvrés.

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

Réparation de pièces défectueuses, Pièces de rechanges, Indiquer les délais de SAV sur un tronçon, ou d'un composant de la partie commande

II Livraison, installation et admission de la prestation

II.1 Livraison et installation

Le titulaire 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 titulaire.

Le délai de livraison est de 10 mois maximum à compter de la date de notification du marché.

Le matériel est livré à l'adresse suivante :

CNRS UMR 6004 – Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N)
École Centrale de Nantes
1 rue de la Noë
44300 Nantes
FRANCE

Le délai d'installation, de mise en service et de formation maximal est de 2 mois à compter de la date de livraison.

II.2 Admission de la prestation

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

- Réalisation d'une trajectoire du préhenseur ;
- Essais de capacité de levage de la charge nominale en bout de bras pour vérifier les critères techniques du CCTP.

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

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 Titulaire 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.