

MARCHE PUBLIC DE FOURNITURES ET SERVICES

# **Cahier des Clauses Techniques Particulières**

*Marché passé selon une procédure formalisée en application des articles L2124-2 de l'ordonnance n° 2018-1074 du 26 novembre 2018 portant partie législative du code de la commande publique et l'article R2124-2 du décret 2018-1075 du 3 décembre 2018 portant partie réglementaire du code de la commande publique*

**Administration contractante :**

**INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE POUR L'AGRICULTURE,  
L'ALIMENTATION ET L'ENVIRONNEMENT**

**Etablissement public de l'Etat à caractère  
Scientifique et Technologique**

## **OBJET**

**ACQUISITION DE MATERIELS SCIENTIFIQUES  
POUR L'UNITE TSCF 1471**

**ACQUISITION D'UN VEHICULE ENJAMBEUR  
AUTONOME POUR LA REALISATION  
D'ITINERAIRES AGROECOLOGIQUES**

## **LOT 2**

**Centre de Recherches INRAE Clermont-Auvergne-Rhône-Alpes**

## **ARTICLE 1 - OBJET DU MARCHE**

Le présent marché porte sur l'acquisition d'un véhicule autonome enjambeur dans le but d'animer des agroéquipements afin de réaliser des itinéraires agroécologiques innovants en vignes mais aussi en grandes cultures. Ce véhicule autonome enjambeur pourra également être équipé d'un bras manipulateur pour la réalisation d'interventions culturales de précision. Le déploiement des principes de l'agroécologie à grande échelle nécessite de pouvoir agir de façon discriminée, précise et fréquente. Ceci implique le recours à une main d'œuvre de plus en plus difficile à recruter, compte tenu de la pénibilité des travaux associés. Aussi, un véhicule autonome enjambeur apparaît comme un levier prometteur, qu'ils convient de développer. Une telle approche nécessite de nombreuses avancées, tant au niveau de la définition de pratiques culturales nouvelles, que de développements robotiques.

Ce véhicule autonome enjambeur rejoindra le vivarium de robots du roboterrium mis en œuvre dans le cadre de l'infrastructure pour la recherche d'excellence en robotique ([TIRREX](#)). L'objectif de cette plateforme est d'engager des travaux de recherche dans le domaine de la robotique en milieux tout-terrains et agricoles. Elle vise à développer des recherches notamment sur la navigation, la perception et la commande de robots hybrides, la reconnaissance et l'interaction avec un environnement variable et malléable ainsi qu'avec des humains, la coopération entre robots... Sans être exclusif, le domaine d'application sur la robotique pour l'agroécologie est privilégié. Les premiers travaux avec ce véhicule porteront sur la réalisation d'un itinéraire technique agroécologique mise en œuvre au sein de notre unité de recherche.

## **ARTICLE 2 – TYPE DE PROCEDURE**

Cette consultation est passée selon une procédure formalisée en application de l'article L2124-2 de l'ordonnance n°2018-1074 du 26 novembre 2018 portant partie législative du code de la commande publique et de l'article R2124-2 du décret 2018-1075 du 3 décembre 2018 portant partie réglementaire du code de la commande publique.

## **ARTICLE 3 – DESCRIPTION DU BESOIN**

### **3.1 Marché de Base : Spécifications techniques**

Il s'agit d'acquérir un véhicule autonome suffisamment ouvert pour tester et développer nos algorithmes sur le haut niveau du robot avec notre PC embarqué sous ROS2, nos capteurs ainsi que tous les capteurs présents sur le robot et nos agroéquipements.

Nous devons pouvoir contrôler au minimum les fonctions, si elles sont présentes sur le véhicule, telles que la direction (ou la vitesse de lacet), la vitesse, les relevages, les systèmes hydrauliques ainsi que les prises de force avec des délais d'exécution de commande en adéquation avec la réalisation de travaux robotiques en temps réel. Des exemples pertinents de délais d'exécution de commande réalisable pour les relevages, les systèmes hydrauliques ainsi que les prises de force devront être fournis. Nous souhaitons également avoir l'accès en temps réel à l'ensemble des capteurs présents sur le robot, les spécifications métrologiques des capteurs devront être fournies. La ou les méthodes nous permettant d'accéder au tracteur afin de réaliser nos développements devront être décrites.

Recueillir l'ensemble des données provenant des capteurs proprioceptifs et extéroceptifs ainsi que toutes les informations instantanées disponibles sur l'état du véhicule. Ces données

doivent être synchronisées et stockées sur au minimum 8h et disponible au minimum 48h. La liste exhaustive de ces données pouvant être recueillies devra être fournie, l'accès aux consommations d'énergie du tracteur est une information importante pour nous.

Acquérir tout l'écosystème disponible permettant l'autonomie du robot (interface utilisateur, équipements de planification, logiciel...)

L'équipe projet souhaite disposer d'un robot enjambeur ayant les fonctions suivantes :

- Se déplacer en milieux naturels avec un mode manuel et un mode ouvert pour la prise en charge autonome.
- Travailler sur la détection et la reconnaissance de la végétation, ainsi qu'au monitoring de l'environnement, nécessitant des séquences de travail longues et répétitives.
- Développer les capacités d'interaction avec l'environnement, pour réaliser des actions sur la végétation et le sol, notamment le prélèvement d'échantillons et le traitement des cultures.
- Effectuer des actions de manipulation coordonnées, notamment à des fins de taille, de récolte ou de pulvérisation.

De telles actions nécessitent donc de disposer d'un enjambeur autonome doté d'un bras manipulateur, et de capacités de montage d'outils portés plus classiques. Il doit disposer d'une autonomie suffisante pour réaliser des campagnes d'acquisition conséquentes, et disposer d'une charge utile compatible avec des essais de long terme et de durabilité. Le tableau suivant reprend les spécifications techniques attendues pour ce robot dans le cadre de l'appel d'offre.

**Le tableau ci-dessous reprend les spécifications techniques attendue dans le cadre de ce marché.**

Critère	Niveau	Flexibilité
<b>Dimensions et caractéristiques</b>		
Encombrement max (long./larg./haut.)	4x 2 x 2,5 m <sup>3</sup>	10 %
Poids maximal	< 2,5 t	10 %
Voie variable	70 cm à 1,5 m	10 %
Garde au sol jambage	> 1,50 m	10 %
Outils embarqués	Attelage 3 points arrière (avant)	-
Rayon braquage minimal	< 2 m	-
<b>Énergie</b>		
Type d'énergie	Électrique	-
Autonomie	6 h en charge nominale	-
Temps de recharge	< 8 h	1 h
<b>Performance</b>		
Pente maximale admissible	30 %	±10 %
Dévers maximal	12,5 %	±5 %
Charge utile (déportée)	> 500 kg	10 %

Franchissement marche	> 15 cm	-
Franchissement ornière	> 25 cm	-
Vitesse maximale	> 25 km/h	5 km/h
Contrôle minimum de la vitesse de lacet	$\pm 0,2^\circ/\text{s}$	
Délais d'exécution de la commande sur la vitesse	2s	$\pm 50\%$
Délais d'exécution de la commande sur la direction/vitesse de lacet	500mms	$\pm 50\%$
Temps d'établissement de la vitesse de lacet sur bitume	500ms	$\pm 50\%$ avec une vitesse d'avance de $0,5\text{m/s} \pm 0,1^\circ/\text{s}$
<b>Contrôle</b>		
Interface de commande	ROS2	ROS1, udp, can
Contrôle manuel	Radiocommande	-
Arrêt urgence à distance	Portée 100 m	min
	Watchdog 1 s	max
Arrêt urgence machine	Bumpers	-
	4 AU coup de poing sur la machine	-
<b>Capteurs embarqués</b>		
Odométrie	Résolution angle braquage $0,05^\circ$	20 %
	Résolution vitesse linéaire : $0,005\text{m/s}$	20 %
Centrale inertielle	De type Xsens Mti - 630 ou équivalent	-
GPS centimétrique	de type Septentrio Asterx ou équivalent	-
Alimentation pour nos capteurs 12V-24V-48V	3 Prises standards accessibles	-
	Prise standard sous jambage	-
	Puissance max > 1000 W	-
<b>Abonnement si nécessaire pour la réalisation des tâches autonomes</b>		
Full options	10 ans	

Si des zones mortes dans la commande sont présentes, elles devront être décrites.

Les spécifications techniques assurant la sécurité et l'intégrité de la machine devront être décrites et expliquée

Il est aussi demandé aux candidats de proposer et chiffrer les équipements suivants en Prestations Supplémentaires Eventuelles Obligatoires PSEO :

### 3.2 Prestations supplémentaires éventuelles obligatoires (PSEO)

PSEO 1 : Acquisition d'une remorque porte-engin		
Remorque porte-engin		-
PSEO 2 : Acquisition d'un bras manipulateur sans intégration au robot		
Poids maximal	30 kg	+50 %
Charge utile bras tendu	10 kg	min
Interface de communication ROS	Souhaitée	-
Nombre de degré de liberté	6	min
Espace de travail	1 m³	min
PSEO 3 : Acquisition d'un système de relevage		
Relevage	3 points pour des outils standard grandes cultures (la catégorie devra être précisé dans le dossier)	
PSEO 4 : Acquisition de Masses d'équilibrage		
Masses d'équilibrage		

Le chiffrage des prestations supplémentaires éventuelles obligatoires (PSEO) est impératif. À défaut de chiffrage de l'une ou l'autre des PSEO demandées, l'offre sera déclarée irrégulière et rejetée conformément à l'article R.2152-2 du Code de la commande publique.

### 3.3 Prestations supplémentaires éventuelles facultatives (PSEF)

PSE Facultative n° 1 : Bras manipulateur avec intégration au robot
Bras manipulateur avec Intégration au robot
PSE Facultative n° 2 : Prise de force
Prise de force

## ARTICLE 5 - CALENDRIER DE LIVRAISON

Le délai de livraison et de 6 mois, il est fixé à ***l'article 6 de l'acte d'engagement***. L'admission

du matériel sera réalisée maximum 1 mois à compter de la date de livraison.

## **ARTICLE 6 - ASSISTANCE TECHNIQUE ET SAV**

### **6.1 Installation - Vérification**

Le matériel livré sera installé et mis en service par le titulaire en présence d'agents INRAE. Cette mise en service aura pour but de vérifier le respect des spécifications fournisseurs. Une procédure détaillée sera donc fournie par le fournisseur. Une formation des utilisateurs sera assurée par le fournisseur.

### **6.2 Maintenance - Garantie**

Le matériel livré devra bénéficier d'une garantie commerciale (pièces et main d'œuvre) de 12 mois minimum, incluant l'intégralité des frais de transport, qui prendra effet à compter de la l'admission du matériel.

La durée et conditions de garantie sont indiquées à l'article 7 de l'acte d'engagement.

A Theix, Le 21/08/2025