

## CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

### MARCHE DE FOURNITURES COURANTES ET DE SERVICES

---

**Acquisition de caméras à haute vitesse et de leurs systèmes de contrôle  
et alimentation complémentaires pour le projet gravité de l'ISAE-  
SUPAERO**

---

## Table des matières

Table des matières .....	2
1. Objectif du projet .....	3
2. Spécifications techniques .....	3
2.1 Description de l'installation .....	3
2.2 Restrictions physiques.....	3
Choc d'accélération .....	3
Fixation .....	4
Vide.....	4
2.3 Capacité de mesures.....	4
Type de capteur .....	4
Résolution .....	4
Acquisition à haute vitesse .....	4
2.4 Pilotage des essais.....	4
Alimentation .....	4
Contrôle .....	5
Sauvegarde et export des données.....	5
3. Livrables.....	6
4. PSE.....	7

## 1. Objectif du projet

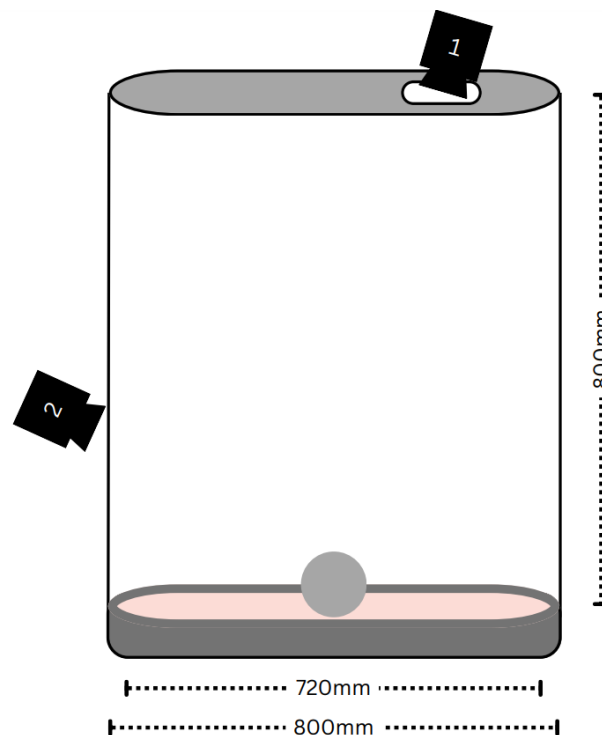
Dans le cadre de ses activités de recherche, l'équipe SSPA (Space Systems for Planetary Applications) du DEOS (Department of Electronics Optronics and Signal processing) étudie le comportement des matériaux granulaires notamment en microgravité. Pour cela, le DEOS conçoit et construit une tour de gravité variable pour réaliser des expériences d'impact d'un projectile dans un matériau granulaire sous l'influence d'une gravité variable. Pour acquérir des données visuelles pertinentes à l'analyse scientifique au cours de l'expérience, le DEOS souhaite intégrer un système de caméras résistantes aux chocs et capables d'une imagerie à haute vitesse.

## 2. Spécifications techniques

### 2.1 Description de l'installation

Le DEOS souhaite installer deux caméras et leur matériel complémentaire (ex. optiques, éclairage non compris ici) sur la capsule dans laquelle l'expérience se déroulera pendant la chute dans la tour. La capsule sera composée de la plastique PMMA de 10 mm d'épaisseur.

Le déroulement d'un essai est le suivant. L'expérience scientifique est préparée dans la capsule. La capsule est fermée et l'air est évacué pour établir le vide dans la capsule. Cette évacuation d'air est prévue de prendre jusqu'à 30 minutes. Ensuite la capsule est soulevée mécaniquement jusqu'au sommet de la tour à 5-6 m. Sur commande, l'expérience scientifique démarre et la capsule est lâchée de manière contrôlée pour tomber au pied de la tour.



Une caméra sera installée au haut de la capsule et une autre sur son côté. La possibilité d'installer les caméras à l'intérieur de la capsule peut être intéressante mais cela implique d'autres contraintes liées au vide indiquées ci-dessous.

### 2.2 Restrictions physiques

#### Choc d'accélération

A la fin de la chute la capsule subira une décélération pour s'arrêter de manière contrôlée. Les composants du système de caméras devront donc résister à des décélération de 20G.

## **Fixation**

Les composants du système de caméras seront embarqués sur la capsule. Ils seront fixés soit à l'extérieur, soit à l'intérieur de la capsule. Dans ce contexte, et en tenant compte du choc anticipé, il est important que la masse de l'ensemble du système soit réduite au minimum.

Il est également préférable que le système soit compact et simple, sans avoir beaucoup de composants et de connexions. La capsule se déplaçant rapidement de plusieurs mètres, le système de caméra doit être entièrement autonome, sans câbles externes. L'alimentation et le stockage de données doivent être intégrées aux caméras, ou embarqués sur la capsule.

Tous les éléments composant le système (caméra, système d'acquisition, batterie externes éventuelles, etc.) doivent disposer d'un système de fixation (pas de vis, crochet, ou autre) capable de résister aux efforts de freinage (20G).

## **Vide**

L'intérieur de la capsule contenant l'expérience scientifique sera sous vide pendant la mise en place et le déroulement de l'essai. Il peut être intéressant de placer les caméras à l'intérieur de la capsule ce qui signifie que le système doit être résistant au vide (confinement hermétique, etc.). Cette possibilité sera considérée comme un avantage.

## **2.3 Capacité de mesures**

### **Type de capteur**

L'ISAE souhaite pouvoir réaliser des images en couleurs RGB, et en monochromes à résolution maximale. Afin de garantir le besoin l'ISAE prévoit d'acheter deux caméras couleurs et deux caméras monochrome

### **Résolution**

Les caméras seront composées d'un capteur d'au moins 2000 x 1000 pixels. De faibles variations par rapport à ces valeurs seront acceptées conformément aux normes de l'industrie (e.g. 1920 x 1080).

Ces valeurs viennent d'un intérêt de prendre des images d'une scène d'au moins 500 mm par 250 mm dans laquelle il est important de suivre le mouvement des grains individuels de taille millimétrique. Pour cela il est intéressant de résoudre les détails de 250  $\mu$ m (0.25 mm) de taille dans l'image de la région d'intérêt.

### **Acquisition à haute vitesse**

Les caméras prendront des images à une vitesse au moins 1000 FPS (frames per second) pour capturer les dynamiques scientifiques d'intérêt. Cette exigence de vitesse s'applique à la résolution complète correspondante aux exigences de la région d'intérêt.

## **2.4 Pilotage des essais**

### **Alimentation**

Le système doit comprendre sa propre alimentation électrique pour fonctionner en autonomie. Cela peut consister par exemple en des batteries intégrées dans les caméras ou en une alimentation électrique autonome. Ceci doit respecter l'exigence d'absence de connexions externes du système embarqués sur la capsule.

Pendant la préparation de l'expérience (jusqu'à 30 mins), les caméras seront allumées en mode « standby » en attendant une commande d'acquisition.

Pour la phase de test, les caméras doivent être alimentées et allumées en mode d'acquisition (min. 1000 FPS) pendant l'expérience durant environ 1 s. La possibilité de rester allumées en mode d'acquisition plus longtemps sera considérée comme un avantage.

La source d'alimentation des caméras aura une capacité suffisante pour alimenter les caméras pendant la phase de préparation suivi par la phase de test. Des batteries éventuelles seront rechargeables à une vitesse suffisamment rapide pour permettre d'effectuer des expériences à 30 minutes d'intervalle.

### Contrôle

Les caméras doivent pouvoir être configurées (démarrage, modification de paramètres d'acquisition, etc.) de manière simple demandant un minimum de logiciel et de manipulations.

Les caméras réagiront à un « trigger » externe (signal numérique) pour démarrer l'acquisition.

Les deux caméras devront pouvoir être synchronisées pour acquérir les images simultanément.

### Sauvegarde et export des données

Le système doit fournir des images dans un format standard à utiliser sur un PC dans le cadre d'une analyse scientifique. Les images seront faciles à obtenir sur un PC et ne demanderont qu'un minimum de connexions standards, de logiciels et de manipulations supplémentaires.

Chaque caméra doit être capable de stocker au moins 1 s d'images à pleine résolution et vitesse maximale correspondant à un essai expérimental. La possibilité de stocker les images de plusieurs essais sera considérée comme un avantage.

La récupération de 1 s d'images à pleine résolution et vitesse maximale d'une caméra vers un PC se fera en moins de 10 minutes.

Le système enregistre préférentiellement l'ensemble des paramètres des caméras de chaque essai.

## 2.5 Exigences

Le tableau ci-dessous fixe le degré d'exigence accordé à certains points.

Les exigences minimales sont obligatoires pour la recevabilité de l'offre. En cas de non-compliance avec ne serait-ce qu'un item, l'offre sera rendue irrégulière.

Les exigences souhaitables constituent des "bonus" permettant d'obtenir des points supplémentaires lors de l'analyse des offres. Il est à noter que des caractéristiques supérieures aux exigences souhaitables ne donnent pas lieu à plus de points.

RESTRICTIONS PHYSIQUES	
Exigence minimale	Exigence souhaitable
	Résistance au vide
Les composants sont embarqués sur la capsule avec une fixation soit à l'intérieur soit à l'extérieur de la capsule	<i>Support compact et intégré pour tous les éléments éventuels</i>
Poids maximal d'1kg par caméra (alimentation comprise)	<i>Masse comprise entre 250 et 100g</i>
Format compact	
L'alimentation, le système de pilotage des caméras et le stockage de données doivent être embarqués et sans câblage externe.	
Le système entier doit résister aux efforts de freinage (20G) incluant caméra, système d'acquisition, batteries externes ainsi que le système de fixation (si fourni par l'entreprise).	Une résistance au choc plus élevée sera valorisée (50 G)
Connectiques nécessaires : trigger, alimentation (si externe), transfert de données, synchronisation	Transfert de données sans fils

CAPACITÉS DE MESURE	
Exigence minimale	Exigence souhaitable
2 paires de caméras : 1 paire RGB et 1 paire monochrome	
Capteurs 20000 x 1000 pixels (tolérance conformément aux normes de l'industrie 1920 x 1080)	
Images de scène de 500 mm / 250 mm avec résolution des détails de 250 µm dans l'image de la région d'intérêt	
Capture d'images à 1000 FPS	Capture d'images à 10 000 FPS sans dégradation de résolution/taille d'image
PILOTAGE DES ESSAIS	
Exigence minimale	Exigence souhaitable
Autonomie en alimentation électrique	
Pas de connexions externes avec la capsule	
Autonomie d'un cycle composé de : -30' en mode « stand-by » en attendant la commande de l'acquisition + -1 prise en 1000 FPS durant l'expérience (+/- 10sec)	Autonomie de 5 cycles -30' en mode « stand-by » en attendant la commande de l'acquisition + -1 prise en 1000 FPS durant l'expérience (+/- 10sec)
Alimentation via batteries rechargeables (1 batterie par caméra)	Possibilité d'interchanger les batteries. <i>Fourniture d'1 batterie supplémentaire par caméra</i>
Paramétrage/configuration des caméras est facilement réalisé à travers un logiciel et une connexion à un PC.	
Démarrage de l'acquisition suite à un trigger (signal numérique)	Démarrage après une durée programmable (<1 min) suite à la réception de l'acquisition du trigger
Synchronisation des caméras	
Images exploitables sur un PC avec un recours à peu de connexions et logiciels (une connexion avec ou sans fils, un logiciel) en moins de 20 minutes	Un transfert d'images compris entre 1' et 2'
Stockage d'une prise à pleine résolution et vitesse maximale	Stockage de 5 prises
	Le système enregistre les paramètres des caméras de chaque essai

### 3. Livrables

À recevoir le plus tôt possible, au plus tard au début septembre 2025 :

#### Fournitures :

- Ensembles de caméras
- Système d'alimentation (matériel de recharge compris) et de contrôle
- Matériaux et logiciels nécessaires au contrôle et la récupération des données
- Manuel d'installation
- Manuel utilisateur

Prestations :

- Livraison, installation et mise en route du système
- 1 séance de formation pour 4 utilisateurs permettant aux participants d'utiliser le matériel en autonomie
- Garantie 1 an à compter de la date d'admission

## **4. PSE**

Le marché prévoit le chiffrage obligatoire de prestations supplémentaires éventuelles dans le cadre du marché.

Pour le chiffrage d'extension de garantie est en sus de la garantie minimale d'un an.

PSE 1 : extension de garantie 1 an

PSE 2 : extension de garantie 3 ans

PSE 3 : extension de garantie 5 ans

PSE 4 : fourniture d'une paire : 1 caméra RGB + 1 caméra monochrome

PSE 5 : fourniture 2 paires : 2 caméras RGB + 2 caméras monochromes

PSE 6 : batteries de rechange (une pour chaque caméra)

PSE 7 : caisson spécifique pour application sous vide

PSE 8 : conteneurs de stockage

PSE 9 : Hardware package : pièces de fixation + pièces d'interface