

CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES

SPACESHIP FR

DIRECTION DES SYSTEMES ORBITAUX ET DES APPLICATIONS
SOUS-DIRECTION EXPLORATION ET VOLS HABITES
MOON AND MARS STATIONS

SPCP-SOW-FOOD-0111-CNES

Edition : 01 Date : 27/02/2024

Révision : 00 Date : 27/02/2024

Code diffusion : E

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES

ETUDE D'UNE SERRE DEPLOYABLE POUR L'EXPLORATION LOINTAINE

Rédigé par : NAVARRO Gregory	DOA/EVH/MMS	le :	
Validé par : PAILLET Alexis	DOA/EVH/MMS (PROJECT MANAGER)	le :	
Pour application : BARDE Sebastien	DOA/EVH	le :	

BORDEREAU D'INDEXATION

CONFIDENTIALITE :

DLP 27/02/2034

MOTS CLES : Exploration, micro-organismes, propreté, support vie, Spaceship FR

TITRE DU DOCUMENT :

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIERES
ETUDE D'UNE SERRE DEPLOYABLE POUR L'EXPLORATION LOINTAINE

AUTEUR(S) :

NAVARRO Gregory

DOA/EVH/MMS

RESUME : Ce document est le Cahier des Clauses Techniques et Particulières pour le développement et le prototypage d'un moyen de production déployable en complément du prototypage du moyen de production végétale (R&T : R-S22/SU-0005-026 - Module de production végétale pour base lunaire) et des études complémentaires (culture de champignons). Cela pour obtenir un moyen de production de nourriture pour les missions spatiales d'exploration lointaine permettant de couvrir les besoins nutritionnels des équipages.

DOCUMENTS RATTACHES : Ce document vit seul.

LOCALISATION :

VOLUME : 1

NBRE TOTAL DE PAGES : 16

DONT PAGES LIMINAIRES : 5

NBRE DE PAGES SUPPL. : 0

DOCUMENT COMPOSITE : N

LANGUE : FR

GESTION DE CONF. : Non

RESP. GEST. CONF. :

CAUSE D'EVOLUTION : Création du document

CONTRAT : Néant

SYSTEME HOTE :

Microsoft Word 16.0 (16.0.5426)

\\tw-gdoc-p01\GDOC\ModeleGDOC.dot

Version GDOC : v4.6.0

Base projet : \\tw-gdoc-p01\GdocBasesPartagees\Projets\CST\SPACESHIP_FR\SPACESHIP_FR.accdb

DIFFUSION INTERNE

<i>Nom</i>	<i>Sigle</i>	<i>Bpi</i>	<i>Observations</i>
PAILLET Alexis	DOA/EVH/MMS (PROJECT MANAGER)	2221	
BARDE Sebastien	DOA/EVH	2221	
NAVARRO Gregory	DOA/EVH/MMS	2221	
BLOUVAC Jean	DS /DAP/SUE	2903	
GAUQUELINKOCH Guillemette	DS /DAP/SUE	2903	
FAUP Michel	DS	2901	

DIFFUSION EXTERNE

<i>Nom</i>	<i>Sigle</i>	<i>Observations</i>
------------	--------------	---------------------

MODIFICATION

Ed.	Rév.	Date	Référence, Auteur(s), Causes d'évolution
01	00	27/02/2024	NAVARRO Gregory DOA/EVH/MMS Création du document

SOMMAIRE

1.	GLOSSAIRE ET LISTE DES PARAMETRES AC & AD	1
2.	DOCUMENTATION	2
2.1.	DOCUMENTS DE REFERENCE	2
2.2.	DOCUMENTS APPLICABLES	2
3.	CONTEXTE	3
4.	OBJECTIFS	4
5.	IMPACT RSE – RESPONSABILITE SOCIETALE DES ENTREPRISES	5
6.	DEFINITION DES ACTIVITES A REALISER	6
6.1.	TACHE 1 : SPECIFICATIONS ET DEFINITION	6
6.2.	TACHE 2 : MAQUETTAGE ET VALIDATION DE FAISABILITE	7
6.3.	TACHE 3 (OPTIONNELLE) : PROTOTYPAGE ET QUALIFICATION	8
7.	DOCUMENTATION	9
8.	CONDITIONS DE REALISATION	10
8.1.	ASSURANCE PRODUIT	10
8.2.	FOURNITURE ET DOCUMENTATION	10
8.3.	SECURITE	10
8.4.	PLANNING	11
8.5.	SUIVI DE PROJET	11

1. GLOSSAIRE ET LISTE DES PARAMETRES AC & AD

CNES	Centre National d'Etudes Spatiales
ECLSS	Environmental Control and Life Support System
ISECG	International Space Exploration Coordination Group
O2	Oxygène
PAIR	Plan Animation de l'Innovation de Rupture

Liste des paramètres AC :

page 1 § 1.

Liste des paramètres AD :

page 1 § 1.

2. DOCUMENTATION

2.1. DOCUMENTS DE REFERENCE

- DR1 GLOBAL EXPLORATION ROADMAP CRITICAL TECHNOLOGY NEEDS
ISECG
/
- DR2 Human Exploration of Mars Design Reference Architecture 5.0, Addendum#2
BG Drake
NASA/SP-2009-566-ADD2

2.2. DOCUMENTS APPLICABLES

3. CONTEXTE

En vue des vols habités longue durée, la production de nourriture in-situ est un enjeu majeur. Dans le cadre de la R&T : R-S22/SU-0005-026 - "Module de production végétale pour base lunaire", nous avons étudié les différents types de plantes à produire afin d'apporter au minimum 1/3 des besoins journaliers d'un équipage de 4 personnes sur une base lunaire. Cette étude est complétée par l'étude d'un moyen de production de champignons en 2023 et l'étude d'un moyen de production de céréales et légumineuses en 2024. La culture de plantes permettra de compléter un régime alimentaire végétal pour assurer une production autonome de l'ensemble des nutriments nécessaires à la physiologie humaine.

Actuellement le moyen de production se compose essentiellement d'une armoire (Biomebox) en parois fixes d'environ 3 m de haut, 2 m de large et 1 m de profondeur. Le design de cet objet couvre bien n'est pas compatible des contraintes de transport spatial. Une Biomebox déployable pourrait présenter une solution intéressante pour la mise en place d'une serre dans une future base lunaire.

Dans ce contexte, le Spaceship Fr a initié des investigations sur l'évaluation de la faisabilité d'une serre déployable pour les futures bases lunaires et martiennes. La solution technique pourrait être réutiliser sur Terre.

4. OBJECTIFS

Le projet vise à étudier un concept technique d'enveloppe de Biomebox "déployable" permettant de d'intégrer l'ensemble des briques technologiques existantes, issue des études précédentes, en réduisant au minimum le volume et le poids de l'ensemble tout en respectant au maximum le cahier des charges d'une payload spatiale classique.

Cette étude sera concrétisée par une première maquette.

L'objectif, ensuite, pourra être de produire un prototype fonctionnel visant à égaler les performances techniques et agronomiques du système terrestre actuel pour la production de différentes espèces végétales d'intérêt pour l'alimentation humaine.

5. IMPACT RSE – RESPONSABILITE SOCIETALE DES ENTREPRISES

Soucieux du développement durable, le CNES sera attentif aux points suivants :

Politique numérique : Le soumissionnaire présentera ses compétences et références en matière de sobriété numérique. Il démontrera sa capacité à mettre en place une politique de numérique responsable dans ses prestations. Le soumissionnaire aura recours à l'éco-conception des algorithmes et des outils (ex. optimisation du code, paramétrage sobre, architecture modulaire et frugale, simplification des IHM-interfaces homme-machine). Des règles d'éco-conception seront intégrées dans le maintien des outils génériques.

Politique de déplacement : Le soumissionnaire proposera des optimisations de ses déplacements et privilégiera les visioconférences.

Approvisionnement de consommables : Lors de la réalisation d'achat de petit matériel consommable, le soumissionnaire privilégiera des produits éco-labellisés, reconditionnés ou ayant fait l'objet d'une évaluation environnementale (PEP, EPD) à chaque fois que cela est possible, et dans le respect des normes de sécurité.

Eco conception : Le soumissionnaire aura recours à l'éco-conception des matériels à développer et intégrera les bonnes pratiques de la norme ISO 14062 dans la conception. Le soumissionnaire présentera ses compétences et références en matière d'éco-conception.

Limitation des déchets : Le soumissionnaire présentera les actions mises en œuvre pour limiter la production de déchets et favoriser le tri (emballage, protection...).

6. DEFINITION DES ACTIVITES A REALISER

Les activités s'étaleront sur les années 2024 et 2025.

Les différentes tâches afférentes au projet sont définies comme suit :

- **Tâche 1** : Spécifications et Définition
- **Tâche 2** : Maquettage et validation de faisabilité
- **Tâche 3 (optionnelle)** : Prototypage et qualification

6.1. TACHE 1 : SPECIFICATIONS ET DEFINITION

L'objectif de cette tâche est de repartir des résultats des études précédentes et des prototypes réalisés pour étudier les contraintes techniques associées aux objectifs du projet et établir un concept et une spécification pour guider le développement du futur module spatialisé.

La tâche 1 dure 2 mois et comprend :

- La définition du cahier des charges et les spécifications à retenir ;
- La description de l'architecture ;
- L'identification des verrous techniques à la réalisation et des solutions techniques envisageables pour y répondre (enveloppe, interfaçage) ;
- La définition des critères de performance ;
- L'écriture du rapport d'étude.
- Une revue de fin de tâche avec le CNES

Livrables :

- Spécifications techniques ;
- Dossier d'architecture ;
- Dossier d'analyse de risques ;
- Planning de production des maquettes ;
- Plan de validation ;
- Un rapport d'étude ;
- Un rapport de revue de fin de tâche.

Tâche 1			
Début	T0	Fin	T0+2 mois
Objectif	Dossier de spécifications, de design et de validation		

6.2. TACHE 2 : MAQUETTAGE ET VALIDATION DE FAISABILITE

L'objectif de cette tâche est de réaliser la maquette de serre déployable et de valider sa faisabilité (Tâche 2.1) et valider la faisabilité de la solution envisagée pour l'interfaçage aux systèmes énergie et fluide du module d'habitation ciblé (irrigation et fertilisation, air conditionné, électricité, etc.) associées au concept d'enveloppe retenu (Tâche 2.2).

Les Tâches 2.1 et 2.2 peuvent être réalisées en parallèle.

La tâche 2.1 dure 4 mois et comprend :

- La proposition d'une solution de serre déployable et étanche permettant d'égaliser les performances techniques et agronomiques du système terrestre ;
- L'étude de l'intégration dans cette enveloppe des différentes briques techniques propres au module de production actuel et leur adaptation dans un contexte de spatialisation ;
- La construction d'une maquette d'enveloppe d'après les spécifications attendues ;
- La qualification du système d'enveloppe : déployabilité, étanchéité, respect des spécifications techniques définies (volume, poids...)
- La mise à jour du rapport d'étude ;
- Une revue de fin de tâche avec le CNES.

La tâche 2.2 dure 6 mois et comprend :

- La proposition d'une solution d'interfaçage simple, rapide et fiable aux systèmes énergie et fluide du module d'habitation ciblé ;
- L'étude de l'intégration à l'enveloppe et l'adaptation des équipements nécessaires ;
- L'intégration des différents réseaux à l'enveloppe déployable en respectant les matériaux listés dans le cahier des charges
- La construction d'une maquette du système d'interfaçage ;
- La qualification du système d'interfaçage : facilité de connexion et déconnexion, résistance à la pression/l'intensité/etc., respect des spécifications techniques définies (volume, poids...)
- La mise à jour du rapport d'étude ;
- Une revue de fin de tâche avec le CNES.

Livrables :

- Rapport d'étude remis à jour contenant les enjeux et les verrous technologique ;
- Le dossier de fabrication ;
- Les plans d'essais ;
- Les rapports d'essais ;
- Les maquettes ;
- Un rapport de revue de fin de tâche.

Tâche 2			
Début	T0 + 2 mois	Fin	T0+12 mois
Objectif	Maquette et validation.		

6.3. TACHE 3 (OPTIONNELLE) : PROTOTYPAGE ET QUALIFICATION

L'objectif de cette tâche est prototyper et mettre en service une unité pilote destinée à la génération d'un environnement de culture avec un fonctionnement autonome et répondant aux enjeux de spatialisation identifiés en tâche 1 (poids, volume et types de matériaux).

La tâche 3 dure 6 mois et comprend :

- L'écriture du dossier de conception de l'unité pilote (spécifications, design, nomenclature...);
- La définition des critères de performance attendus à l'issue des essais ;
- La réalisation du sourcing et l'approvisionnement des composants de l'unité pilote ;
- L'assemblage de l'unité pilote ;
- La mise au point des solutions d'automatisation, modularité, interfaces utilisateur, acquisition et traitement de données sur le prototype assemblé ;
- La réalisation du cycle d'essai et la préparation du module au lancement d'un cycle de qualification en conditions réelles de culture ;
- La réalisation du cycle de qualification en conditions réelles de culture.
- La mise à jour du rapport d'étude ;
- Une revue de fin de tâche avec le CNES.

Livrables :

- Rapport d'étude remis à jour contenant les enjeux et les verrous technologique ;
- Le dossier de fabrication ;
- Le plan de qualification ;
- Les rapports de qualification ;
- Le prototype ;
- Un rapport de revue de fin de tâche.

Tâche 3			
Début	T0+12 mois	Fin	T0+18 mois
Objectif	Prototype et qualification.		

7. DOCUMENTATION

Document à fournir	Commentaires	Version finale

8. CONDITIONS DE REALISATION

8.1. ASSURANCE PRODUIT

Les règles d'assurance produit appliquées sont celles du CNES. La documentation devra respecter ces exigences. Elles seront transmises par l'équipe Spaceship Fr au Titulaire en tant que de besoin.

8.2. FOURNITURE ET DOCUMENTATION

Le titulaire s'engage à livrer les documents finalisés suivant le plan de livraison ci-dessous :

Document à fournir	Commentaires	Version Finale
Cahier des charges et Spécifications techniques.	Tâche 1	T0+2 mois
Dossier de conception : architecture, dossier d'analyse de risques, solutions techniques (enveloppe et interfaces), critères de performance, planning de production des maquettes.	Tâche 1	T0+2 mois
Plan de validation	Tâche 1 : version 1	T0+2 mois
	Tâche 2 : version 2	T0+12 mois
Rapport d'étude	Tâche 1 : version 1	T0+2 mois
	Tâche 2 : version 2	T0+12 mois
	Tâche 3 (optionnelle) : version 3	T0+18 mois
Dossier de fabrication des maquettes	Tâche 2	T0+12 mois
Plans et rapport d'essais des maquettes	Tâche 2	T0+12 mois
Dossier de fabrication du prototype	Tâche 3 (optionnelle)	T0+16 mois
Plans et rapport de qualification du prototype	Tâche 3 (optionnelle)	T0+16 mois

8.3. SECURITE

En s'appuyant sur la documentation en référence, avec le CNES, le Titulaire identifiera les éléments relatifs à la Sécurité des vols habités.

8.4. PLANNING

La durée des travaux est de 4 mois. Le planning théorique proposé est le suivant :

1. T_0 : Kick of meeting.
2. $T_0 + 2$ mois : revue de spécification et de définition (fin de tâche 1)
3. $T_0 + 12$ mois : revue du maquetage et de la validation de faisabilité (fin de tâche 2)
La tâche 2 pourra être découpé en tâche 2.1 et 2.2 (cf. §4.2)
4. $T_0 + 18$ mois : revue du prototype et de sa qualification (fin de tâche 3)

8.5. SUIVI DE PROJET

Les réunions prévues sont à minima les suivantes :

- Réunion de démarrage
- Réunions d'avancement par téléconférence
- Réunions de travail en commun avec l'équipe Spaceship FR
- Réunions de fin de tâche
- Réunion de présentation finale au CNES Toulouse

Pour la réunion de démarrage et les réunions d'avancement, l'ordre du jour sera envoyé par le titulaire 2 jours avant le rendez-vous. Les comptes rendus de démarrage et d'avancement et la gestion des actions attribuées lors de l'avancement sont à la charge du titulaire.

S'il y a lieu, pour les points clés et la recette, l'ordre du jour sera envoyé par le titulaire 1 semaine avant le rendez-vous.