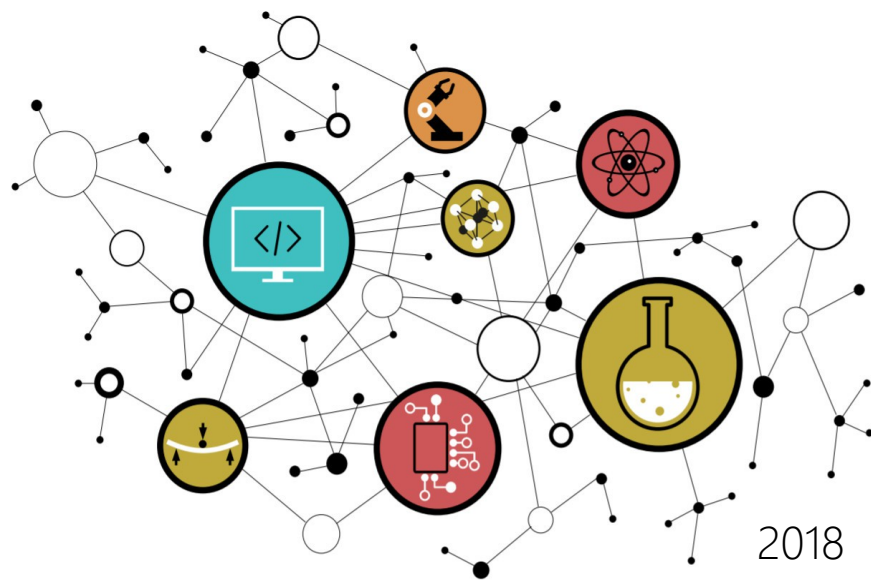
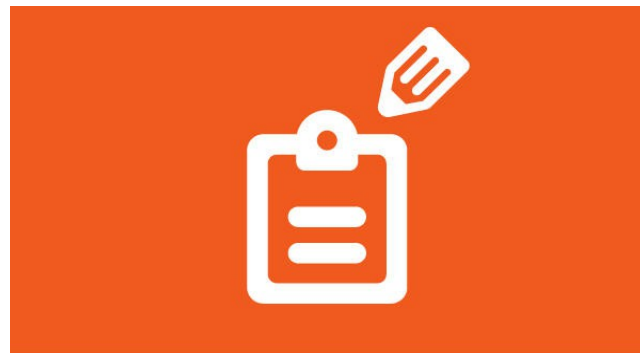


# CAHIER DES CHARGES

## FONCTIONNEL – v1.0

### ROV – Remotely Operated Vehicle

---



## CONTACTS



### Établissement

ENSICAEN  
6 boulevard Maréchal Juin  
CS 45053  
14050 CAEN cedex 04

### Référents

- hugo descoubes - MOA et directeur technique de la division Embarqué - [hugo.descoubes@ensicaen.fr](mailto:hugo.descoubes@ensicaen.fr) - +33 (0) 2 31 45 27 61 - +33 (0) 6 22 07 21 51
- matthieu denoual - AMOA et directeur technique de la division Mesure - [matthieu.denoual@ecole.ensicaen.fr](mailto:matthieu.denoual@ecole.ensicaen.fr)
- Philippe Lefebvre – Directeur technique de la division Réseau - [philippe.lefebvre@ensicaen.fr](mailto:philippe.lefebvre@ensicaen.fr)
- Emmanuel Cagniot – Directeur technique de la division Logiciel - [emmanuel.cagniot@ensicaen.fr](mailto:emmanuel.cagniot@ensicaen.fr)
- Olivier Clouard - Directeur du Service Technique Électronique - [olivier.clouard@ensicaen.fr](mailto:olivier.clouard@ensicaen.fr)

# SOMMAIRE

## 1. PRESENTATION DU PROJET

- 1.1. Présentation ENSICAEN
- 1.2. Contexte du projet
- 1.3. Projet SERI – Besoins et objectifs
- 1.4. Projet ROV – Besoins et objectifs
- 1.5. Environnement et organisation

## 2. EXPRESSION FONCTIONNELLE DU BESOIN

- 2.1. Bête à cornes du projet SERI
- 2.2. Bête à cornes du projet ROV
- 2.3. Diagramme pieuvre du projet ROV
- 2.4. Cahier des charges fonctionnel du projet ROV

## 3. CADRAGE ET LIVRABLES

# 1. PRESENTATION DU PROJET

---

# 1. PRESENTATION DU PROJET

## 1.1. Présentation ENSICAEN



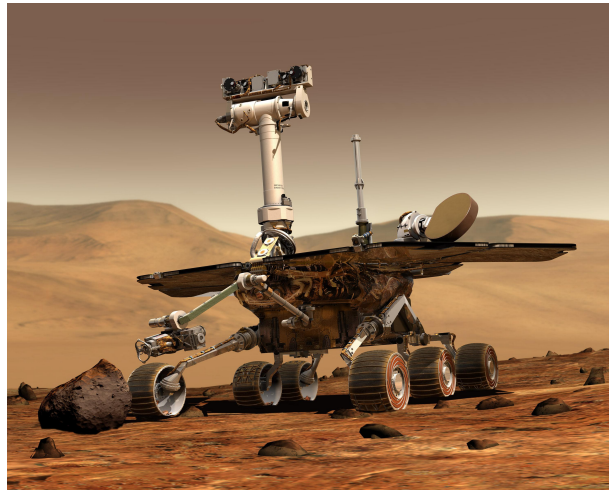
L'ENSICAEN est un établissement d'enseignement supérieur, de recherche et d'ingénierie situé en Basse Normandie sur Caen en France. En 2018, la branche formation comptait près de 700 élèves ingénieurs, 5 diplômés d'ingénieurs, 6 masters en partenariats et 2 mastères spécialisés. En plus de 40 ans, l'ENSICAEN a formé et diplômé près de 5650 ingénieurs et chercheurs maintenant en service. La branche recherche compte quant à elle 6 UMR (Unités Mixtes de Recherche) ENSICAEN, UNICAEN, CNRS et CEA, ainsi qu'une UMS pour près de 650 personnels rattachés aux activités de recherche. Le potentiel recherche de l'ENSICAEN attaque les principales branches des sciences fondamentales et appliquées comme la mathématique, la physique, la chimie, les matériaux, l'électronique, l'automatique, l'informatique, etc

Le projet SERI (Space Ensicaen Rover Instruments) s'inscrit dans la dernière composante de l'ENSICAEN, à savoir l'ingénierie. La division ingénierie est à visée directe des activités de recherche et a pour objectif d'offrir des solutions technologiques permettant d'évaluer et de déployer en situations réelles des solutions techniques innovantes développées par nos équipes de recherche. Ces liens forts entre recherche, ingénierie et formation font de l'ENSICAEN sa force et sa renommée, en France comme à l'international.

## 1.2. Contexte du projet

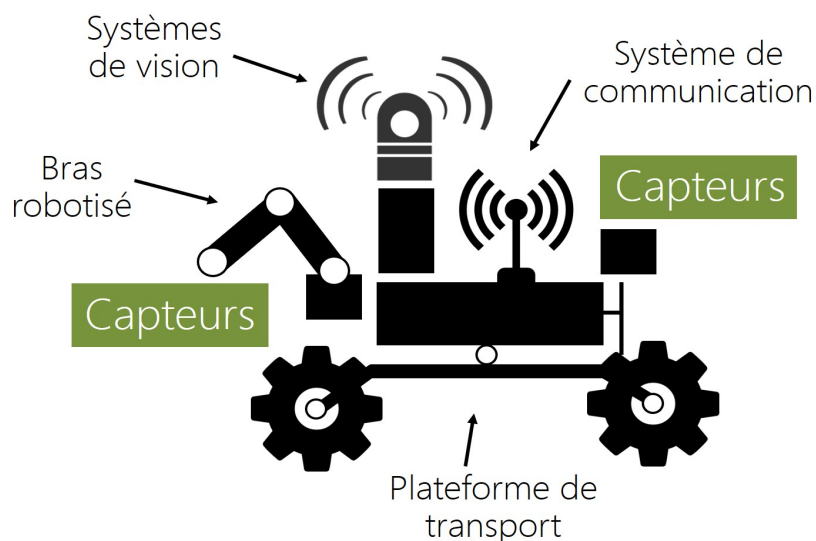
L'ENSICAEN compte plusieurs projets d'ingénierie en cours de développement, tous confidentiels comme peut l'être le projet SERI. Au regard de la criticité des développements et des solutions de recherche déployées au cours de nos projets, nous avons pour habitude, comme de nombreux grands groupes, d'héberger les sociétés prestataires partenaires afin de cloisonner au mieux les développements et fuites éventuelles durant les phases de développement et de validation. De plus, cette proximité assure une réelle agilité et dynamique durant les échanges et la conduite des projets. Notre expérience nous a montré que ce processus de fonctionnement améliore grandement l'efficacité des interactions entre équipes clients ENSICAEN et les équipes invités prestataires.

### 1.3. Projet SERI – Besoins et objectifs

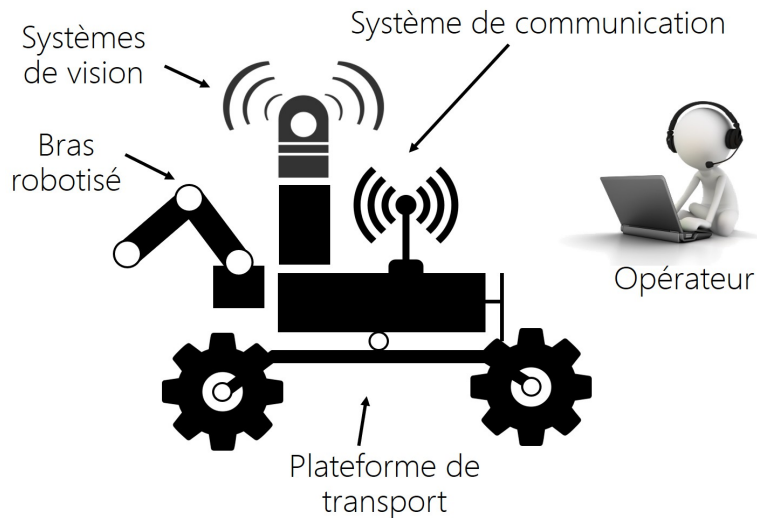


A l'instar du projet MER (Mars Exploration Rovers) développé par la NASA, l'ENSICAEN souhaite se doter sur une fenêtre de 3 ans, d'une plateforme pouvant assurer l'emport de solutions technologiques innovantes de mesure développées au sein de nos laboratoires de recherche. A travers ce projet, nous souhaitons mettre notre savoir faire au service de l'exploration spatiale.

Le projet SERI (Space Ensicaen Rover Instruments) est découpé en deux sous projets indépendants et autonomes en énergie comme en solutions de communication. Le sous projet ROV (Remotely Operated Vehicle) est chargé de l'emport des solutions de mesure, du déplacement de la plateforme mobile nommée ROVER, de la gestion des systèmes de vision et du déplacement d'un bras robotisé instrumenté. Le sous projet ISIS (Instrumentation System for the Inspection of Space) est dédié à l'instrumentation et la mesure de grandeurs physiques environnementales en milieu spatial. La volonté de garantir cette segmentation est portée par la criticité et les coûts engendrés par le déploiement en conditions réelles sur des territoires extraterrestres du projet SERI. En effet, le système de mesure doit pouvoir rester opérationnel en cas de dysfonctionnement ou de détérioration de la solution d'emport ROV. Nous pouvons observer ci-dessous un schéma simplifié présentant le projet SERI ainsi que les deux sous projets ROV (en noir) et ISIS (en vert).



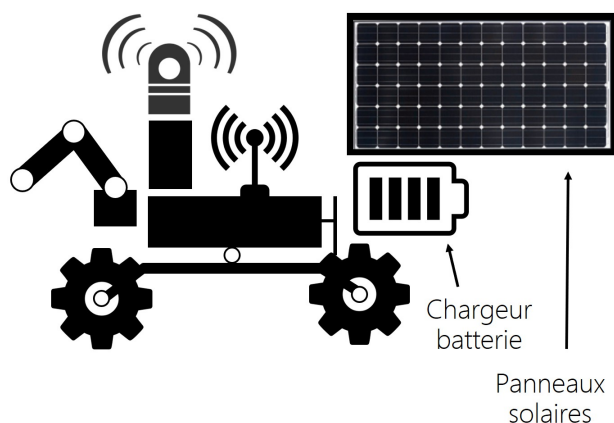
### 1.4. Projet ROV – Besoins et objectifs



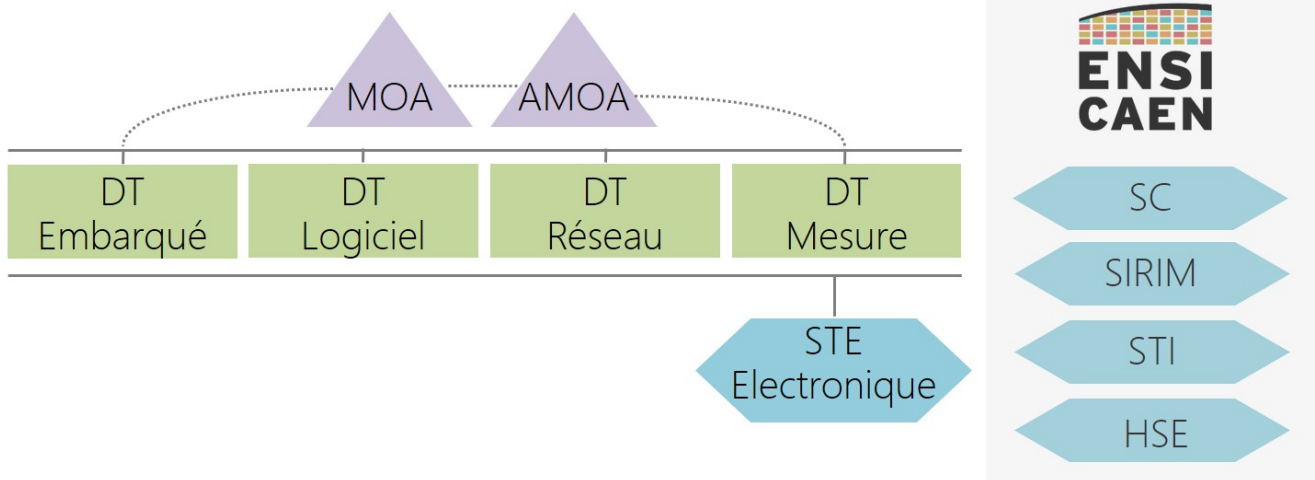
Dans une optique d'indépendance technologique, l'ENSICAEN souhaite se doter d'une solution de transport robuste, pouvant s'adapter à un grand nombre de configuration de terrain et de conditions climatiques. A travers le lancement du projet ROV (Remotely Operated Vehicle), l'objectif premier visé est l'obtention d'un démonstrateur fonctionnel validant ainsi la faisabilité du projet et de nos ambitions. Le ROVER développé proposera 5 fonctionnalités principales :

- Plateforme roulante de déplacement tout-terrain (emport de solutions de mesure)
- Contrôle d'un bras robotisé instrumenté (emport de solutions de mesure)
- Systèmes de vision (caméras fisheyes 360° et lidar)
- Systèmes de communication (wifi pour test et solutions longues distances à prévoir)
- Application de contrôle et de supervision du ROVER par ordinateur. Gestion par un opérateur (ingénieur spécialisé et analyse des mesures par les équipes de recherche)

Le projet devra être pensé dès le départ pour ses évolutions futures. Celles-ci seront explicitées plus en détail dans la suite du document et dans le document de spécifications techniques. Les évolutions futures porteront essentiellement sur des migrations technologiques des solutions de communication longue distance ainsi que sur le développement d'une solution assurant une autonomie en énergie du ROVER par panneaux solaires et un chargeur de batterie embarqué.



### 1.5. Environnement et organisation



Ce projet se déroulera sous forme de sprint sur deux semaines avant de continuer l'aventure sur des périodes plus étendues et donc moins contraintes en deadlines. Nous avons également pour habitude d'amorcer nos nouveaux partenariats par ce type de collaboration. Cela garantit une bonne émulation dans nos développements et collaborations courantes comme futures. Nos expériences passées nous ont également montrées que des efforts intenses communs partagés et consentis, même sur une courte période, le tout ponctué par des réalisations de qualité et un produit fonctionnel, rapproche les équipes et peut créer une relation profonde de confiance. Vous trouverez ci-dessus l'organigramme client ENSICAEN (maîtrise d'ouvrage) du projet SERI dans son ensemble. De même, vous trouverez les coordonnées des différents collaborateurs et directeurs techniques en première page de ce même document. En tant que collaborateurs ENSICAEN, vous aurez accès à tous les services proposés par l'ENSICAEN au même titre que ses employés :

- Service technique en électronique ou STE (2 techniciens en support durant la totalité du projet)
- Service communication ou SC (sous validation de la maîtrise d'ouvrage)
- Service reprographie
- Service de réservation de salles
- Service courrier
- Service financier
- Services techniques (informatique ou SIRIM, immobilier ou STI, sécurité ou HSE)

Des salles dédiés et le matériel nécessaire vous seront prêtées le temps du projet, ainsi qu'un accès au fablab ENSICAEN. Vous aurez également un accès privilégié aux locaux sur des plages horaires étendues (8h-23h en semaine et 10h-17h le samedi). Bien pensé à toujours avoir votre carte d'identité sur vous ainsi que la carte multi-services léocarte, sans quoi le service de sécurité devra vous refuser l'accès aux locaux.



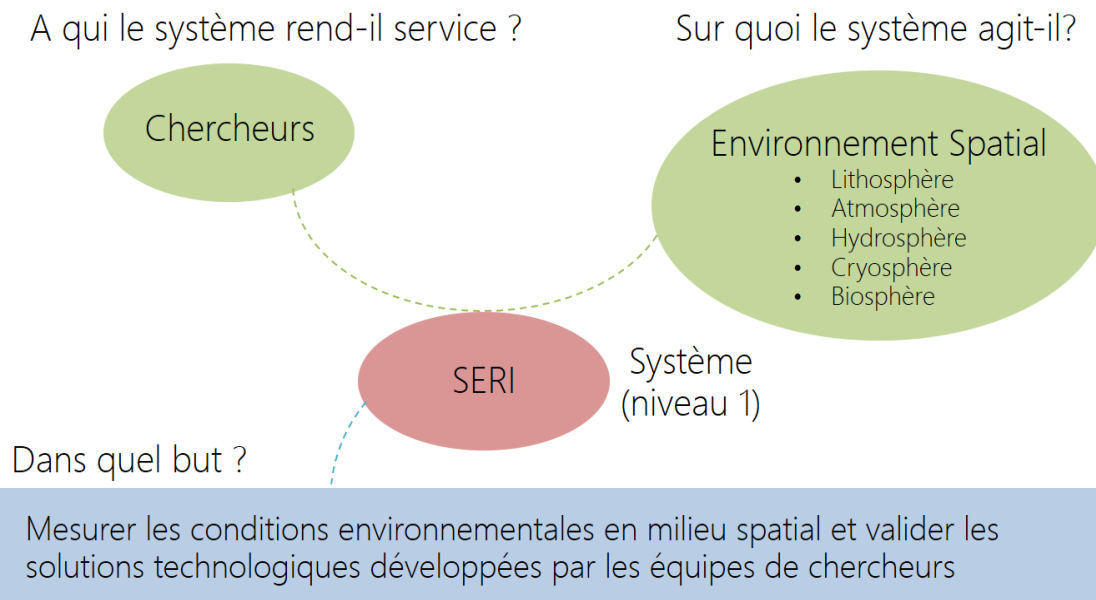
## 2. EXPRESSION FONCTIONNELLE DU BESOIN

---

## 2. EXPRESSION FONCTIONNELLE DU BESOIN

L'expression du besoin suivante s'efforcera de respecter dans une certaine marge la norme NF X50-150. Cette même norme définissant un besoin comme la nécessité ou un désir éprouvé par un utilisateur. Pour répondre à ce besoin, nous proposons la réalisation d'un produit, pouvant être vu comme un système constitué de fonctions. Une fonction est l'action d'un produit ou de l'un de ses constituant (norme NF X50-150).

### 2.1. Bête à cornes du projet SERI



- A cause de quoi le besoin existe-t-il ?

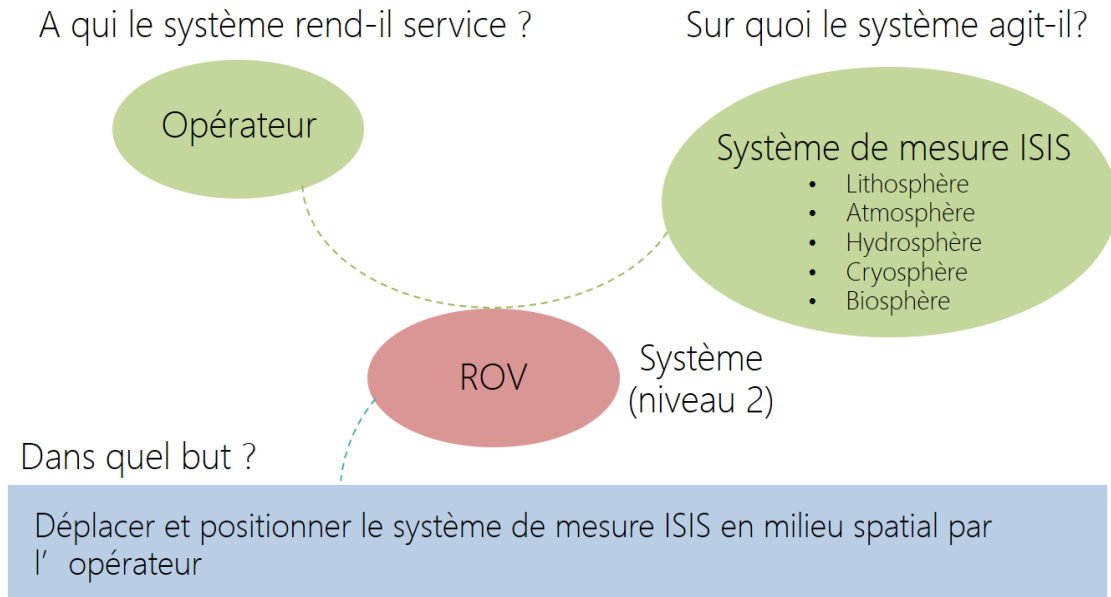
Actuellement, l'homme ne peut se rendre, se déplacer et revenir d'une planète ou d'un astre (exemple mars et lune) sans déployer des moyens colossaux. Les outils et solutions développés par les équipes de recherche sont dédiées à l'exploration spatiale.

- Dans quel but le besoin existe-t-il ?

Améliorer notre connaissance de l'univers et de notre environnement spatial proche. Valider les solutions technologiques de mesure innovantes développées par nos équipes de recherche.

La suite de l'analyse fonctionnelle ne s'intéressera qu'au système d'emport ROV. Une étude complémentaire a été réalisée pour le projet ISIS et donc le système de mesure.

### 2.2. Bête à cornes du projet ROV



- A cause de quoi le besoin existe-t-il ?

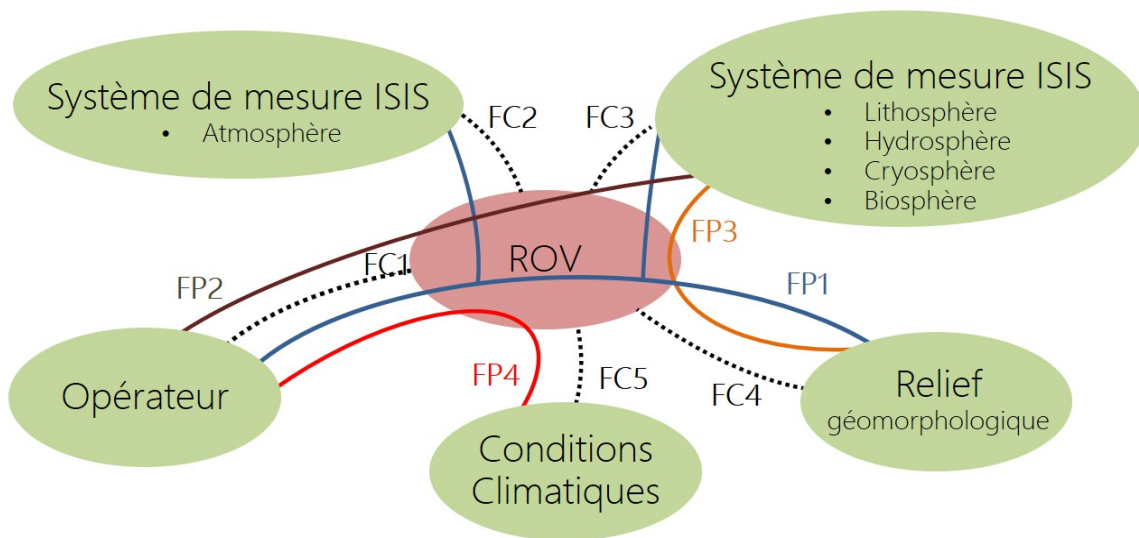
Actuellement, l'homme ne peut se rendre, se déplacer et revenir d'une planète ou d'un astre (exemple mars et lune) sans déployer des moyens colossaux. Les solutions technologiques actuellement proposées sur le marché engendrent d'énormes coûts financier et une dépendance forte au fournisseur de la solution. Aucune solution n'est actuellement proposée en Europe.

- Dans quel but le besoin existe-t-il ?

Proposer une solution télécommandée voire autonome d'exploration et d'emport de solutions de mesure développées par les équipes de recherche ENSICAEN. Assurer l'autonomie dans la réalisation et la validation des projets futurs ENSICAEN.

### 2.3. Diagramme pieuvre du projet ROV

Une fonction est l'action d'un produit ou de l'un de ses constituant (norme NF X50-150). Nous séparons les fonctions métier (souvent nommées fonctions principales ou FP ou fonctions de transfert) proposant un service par le produit, des fonctions de contraintes ou FC devant répondre à des exigences à respecter. Nous distinguerons le produit de son environnement. L'environnement est représenté quant à lui par un ensemble d'interacteurs (en vert), interagissant avec le système à concevoir (ROV).



- FP1 : Permettre à l'opérateur de déplacer les systèmes de mesure ISIS sur le relief malgré la topologie du terrain
- FP2 : Permettre à l'opérateur de déplacer le bras robotisé instrumenté au dessus du relief
- FP3 : Permettre au système ISIS (hors système de mesures atmosphériques) de rester à distance constante du sol
- FP4 : Permettre à l'opérateur de stopper voire protéger le ROV en cas de mauvaises conditions climatiques
- FC1 : Doit récupérer les informations topologiques et images de l'environnement à 360° des systèmes de vision suffisamment rapidement
- FC2 : Doit s'adapter au châssis et capacités d'emport du ROV
- FC3 : Doit s'adapter au châssis et capacités d'emport du ROV
- FC4 : Doit offrir des capacités de franchissement suffisantes
- FC5 : Doit offrir une résistance suffisante aux conditions climatique

### 2.4. Cahier des charges fonctionnel du projet ROV

Un critère fixe le caractère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte respectée. Un niveau quantifie un critère et représente la performance attendue par le service à rendre. La flexibilité précise les niveaux de négociabilité ou d'impérativité d'un critère (de F0 à F3).

Fonctions Principales (FP) Fonctions de Contraintes (FC)	Critères	Niveaux	Flexibilité
FP1 : Permettre à l'opérateur de déplacer les systèmes de mesure ISIS sur le relief malgré la topologie du terrain	Vitesse maximale Vitesse nominale Charge maximale du châssis	3Km/h 1Km/h 8,16Kg	F0 F0 F0
FP2 : Permettre à l'opérateur de déplacer le bras robotisé instrumenté au dessus du relief	Vitesse maximale Vitesse nominale Charge maximale (bras tendu)	10cm/s 3cm/s 300g	F0 F0 F0
FP3 : Permettre au système ISIS (hors système de mesures atmosphériques) de rester à distance constante du sol	Distance constante au sol	10cm	F0
FP4 : Permettre à l'opérateur de stopper voire protéger le ROV en cas de mauvaises conditions climatiques	Temps de réception de l'ordre	1s	F1
FC1 : Doit récupérer les informations topologiques et images de l'environnement à 360° des systèmes de vision suffisamment rapidement	Qualité des images de l'environnement à 360° Temps d'acquisition des images de l'environnement à 360° Résolution angulaire minimale LIDAR Temps d'acquisition des cartographies LIDAR	8Mp 1s 0,54° 1s	F1 F0 F0 F0
FC2 : Doit s'adapter au châssis et capacités d'emport du ROV	Encombrement maximal Masse	12x12x12cm <700g	F1 F1
FC3 : Doit s'adapter au châssis et capacités d'emport du ROV	Encombrement maximal Masse	12x12x3cm <200g	F2 F0
FC4 : Doit offrir des capacités de franchissement suffisantes	Franchissement relief	15cm	F1
FC5 : Doit offrir une résistance suffisante aux conditions climatiques	Protection contre les solides et les liquides	IP65	F3
F0 : niveau impératif, F1 : niveau peu négociable, F2 : niveau négociable, F3 : niveau très négociable			

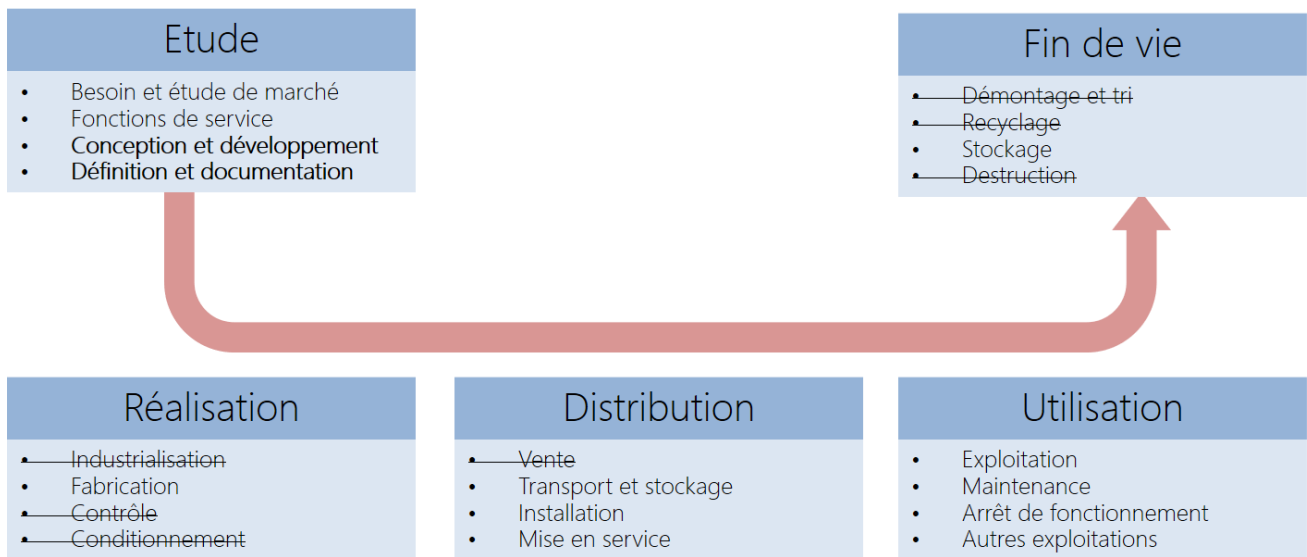
## 3. CADRAGE ET LIVRABLES

---

### 3. CADRAGE ET LIVRABLES

#### Cadrage

La partie cadrage et livrables fixe les tâches dévolues à la société prestataire répondant à l'appel d'offre et certaines de nos attentes client. Nous rappelons ci-dessous le cycle de vie typique d'un produit. Toutes les étapes ne s'appliquent pas au projet SERI (tâches barrées). En effet, rappelons qu'il s'agit de l'étude et du développement d'un système unique, produit en un seul et unique exemplaire (hors démonstrateur et versions intermédiaires). Les tâches en gras sont celles à visée directe du prestataire, les tâches restantes sont et seront à la charge de l'ENSICAEN.



#### Livrables

Nous attendons également de notre prestataire une analyse, une réflexion, un esprit critique et un travail de fond sur nos spécifications techniques. Par manque d'expertise interne, certaines parties et propositions dans le document de STB peuvent être perfectibles (précisées dans ce même document). Nous souhaitons donc converger en fin de projet vers des spécifications techniques durcies avant de continuer nos développements sur le projet SERI pour l'année à venir.

De même, en support au document de spécifications techniques de besoin et au cahier des charges fonctionnel, vous trouverez en fin des STB l'échéancier spéculatif des livrables (démonstrateurs unitaires, démonstrateurs avec intégrations partielles et démonstrateur terminal). Cette partie pourra également être rediscutée et adaptée à la marge en cours de projet.