Phase A : Définition des Exigences &

Revue SRR (System Requirements Review)

# Objectif de la Phase A

La **Phase A** vise à transformer l’étude de faisabilité (**Phase 0**) en un **ensemble d’exigences techniques et fonctionnelles détaillées** pour le CubeSat 1U. Ces exigences guideront le développement de la mission et seront validées lors de la **revue SRR** (*System Requirements Review*).

# Analyse des Besoins et Définition de la Mission

**Rappel de l’objectif principal** :  
Développer et lancer un **CubeSat 1U** permettant aux étudiants d’acquérir des compétences en télécommunications spatiales et en conception de nanosatellites via une mission éducative de **communication radio**.

**Objectifs spécifiques :**

* Assurer une **communication radio UHF/VHF** bidirectionnelle avec la Terre.
* Permettre la transmission de **télémesures** (température, tension des batteries, état du satellite).
* Développer une **station sol éducative** pour les interactions avec le CubeSat.
* Concevoir un satellite **simple, robuste et peu coûteux**, adapté aux ressources d’un projet universitaire.

# Spécifications des Exigences de Mission

**📡 Exigences de Communication**

| **Référence** | **Exigence** | **Justification** |
| --- | --- | --- |
| COM-01 | Le CubeSat doit émettre en UHF (435-438 MHz) et recevoir en VHF (144-146 MHz). | Respect des bandes radioamateurs et standard CubeSat. |
| COM-02 | Débit minimum de transmission de **1 200 bps (AX.25)**. | Permet l’envoi et la réception de messages en temps réel. |
| COM-03 | La puissance d’émission ne doit pas dépasser **1 W**. | Conformité aux réglementations ITU et minimisation de la consommation énergétique. |

**Exigences Énergétiques**

| **Référence** | **Exigence** | **Justification** |
| --- | --- | --- |
| ENR-01 | Le CubeSat doit générer au moins **4 W** avec ses panneaux solaires. | Assurer l’alimentation continue des sous-systèmes. |
| ENR-02 | Il doit stocker au moins **5 Wh** d’énergie via des batteries Li-ion. | Permettre le fonctionnement en l’absence de soleil (éclipse). |
| ENR-03 | Un système de gestion d’énergie doit prioriser l’alimentation des systèmes critiques. | Assurer la continuité de la mission en cas de déficit énergétique. |

**Exigences Structurelles & Environnementales**

| **Référence** | **Exigence** | **Justification** |
| --- | --- | --- |
| STR-01 | Dimensions standardisées **1U** (10 × 10 × 10 cm, ≤ 1.33 kg). | Compatibilité avec les lanceurs et normes CubeSat. |
| STR-02 | Doit résister à des températures de **-50°C à +80°C**. | Conditions typiques d’un satellite en orbite basse. |
| STR-03 | Doit survivre aux vibrations et chocs du lancement (~10g). | Validation par des tests mécaniques obligatoires. |

**🚀 Exigences de Lancement & Orbite**

| **Référence** | **Exigence** | **Justification** |
| --- | --- | --- |
| ORB-01 | Doit être placé en orbite **LEO (~500 km, inclinaison ~98°)**. | Optimisé pour un CubeSat éducatif avec passage fréquent. |
| ORB-02 | Durée de vie en orbite de **< 5 ans** avec une rentrée atmosphérique naturelle. | Éviter la pollution spatiale et respecter les réglementations. |

# Conception Préliminaire des Sous-Systèmes

📌 **Identification des sous-systèmes et technologies compatibles :**

| **Sous-système** | **Technologie envisagée** |
| --- | --- |
| 🏗 **Structure** | Châssis aluminium anodisé standard 1U. |
| 🔋 **Énergie** | 4 panneaux solaires (~1 W chacun) + batteries Li-ion 5 Wh. |
| 🎛 **OBC (Ordinateur de Bord)** | Microcontrôleur STM32 ou FPGA. |
| 📡 **Communication** | Radio UHF/VHF avec protocole AX.25, antennes repliables. |
| 🔍 **Capteurs** | Thermomètre, capteur de tension batterie, capteur de lumière. |

# Analyse des Risques et Plan d’Atténuation

📌 **Identification des principaux risques et solutions préventives :**

| **Risque** | **Gravité** | **Probabilité** | **Plan d’atténuation** |
| --- | --- | --- | --- |
| Défaillance de communication | ⚠️ Élevée | ⚠️ Moyenne | Redondance des émetteurs et tests rigoureux. |
| Manque d’énergie | ⚠️ Élevée | ⚠️ Moyenne | Optimisation de la gestion d’énergie et mode veille. |
| Surcoût du projet | ⚠️ Moyenne | ⚠️ Élevée | Recherche de financements et choix de composants COTS. |
| Échec du lancement | ⚠️ Élevée | ⚠️ Faible | Assurance mission et sélection d’un lanceur fiable. |

**5️⃣ Mise à Jour de l’Estimation du Coût**

| **Catégorie** | **Estimation (€)** |
| --- | --- |
| **Plateforme CubeSat** | 20 000 - 50 000 € |
| **Tests & Intégration** | 10 000 - 30 000 € |
| **Station Sol** | 5 000 - 15 000 € |
| **Lancement** | 50 000 - 200 000 € |
| **Réglementation & gestion** | 2 000 - 10 000 € |
| **Formation & documentation** | 2 000 - 5 000 € |
| **Contingences (~10-15%)** | 10 000 - 20 000 € |
| **💰 Total estimé** | **100 000 - 300 000 €** |

# Préparation de la Revue SRR (System Requirements Review)

📌 **Objectif de la SRR :**

* Valider les **exigences techniques et fonctionnelles**.
* Vérifier la **faisabilité technique et budgétaire**.
* Obtenir un **Go / No-Go** pour passer en Phase B (**conception préliminaire détaillée**).

📌 **Critères de validation :**  
✅ **Exigences missionnaires bien définies**.  
✅ **Risques identifiés et atténuation prévue**.  
✅ **Faisabilité financière validée**.  
✅ **Plan de développement et calendrier établis**.

📌 **Décision finale du comité de revue :**  
🔲 **Go** 🔲 **Go avec réserves** 🔲 **No-Go**

📌 **Commentaires et recommandations :**  
*[Espace réservé à l’avis du comité de validation]*

**Conclusion : Validation des Exigences et Feu Vert pour Phase B 🚀**

La **Phase A** permet de structurer la mission et de poser des bases solides pour la **conception préliminaire**. Une fois validée en **SRR**, l’équipe peut passer à la **Phase B** où les sous-systèmes seront détaillés et les premiers prototypes développés. ✅

Oui, dans la **Phase A**, les composants de chaque sous-système sont **pré-sélectionnés**, mais ils ne sont pas encore finalisés.

🔎 **Pourquoi ?**

* L'objectif est de définir **les exigences du système** et d'identifier **les composants candidats** répondant aux besoins de la mission.
* Cependant, le choix définitif des composants se fait en **Phase B** (conception préliminaire détaillée), après une analyse plus approfondie des performances, de l'intégration et du coût.

**📌 Ce qui est défini en Phase A :**

✅ **Exigences détaillées** de chaque sous-système.  
✅ **Liste préliminaire** des composants envisageables.  
✅ **Comparaison des options** en termes de performances, coût, compatibilité.  
✅ **Stratégie d’intégration et de tests**.

**📌 Ce qui n'est PAS encore fait :**

🚫 Choix final des composants.  
🚫 Schémas électroniques et mécaniques détaillés.  
🚫 Simulation et tests de compatibilité.

**📡 Exemple : Sous-Système de Communication**

| **Critère** | **Exigence** | **Options envisagées** |
| --- | --- | --- |
| **Bande de fréquence** | UHF/VHF (radioamateur) | Radio UHF/VHF (DigiSat, GomSpace NanoCom AX100) |
| **Protocole** | AX.25, 1200 bps | TNC intégré ou externe (Kantronics KPC-9612) |
| **Antenne** | Repliable, dipôle ou patch | Antenne Dipôle deployable ISISpace |
| **Puissance d’émission** | ≤1 W | PA (amplificateur de puissance) intégré |

👉 **En Phase B**, l’équipe testera et choisira définitivement **un seul modèle** pour chaque composant.

**🛰 Exemple : Sous-Système Énergie**

| **Critère** | **Exigence** | **Options envisagées** |
| --- | --- | --- |
| **Source d’énergie** | Panneaux solaires | GOMspace NanoPower P110 ou Clyde Space 3G30A |
| **Stockage d’énergie** | Batterie Li-ion, 5Wh min | Clyde Space 1S1P Li-ion ou GomSpace BPX |
| **Gestion d’énergie** | Régulateur MPPT | GomSpace NanoPower P31u |

**🚀 Conclusion :**

📌 **Oui, les composants sont définis de manière préliminaire en Phase A**, mais ils seront **sélectionnés définitivement en Phase B** après évaluation détaillée. 🚀