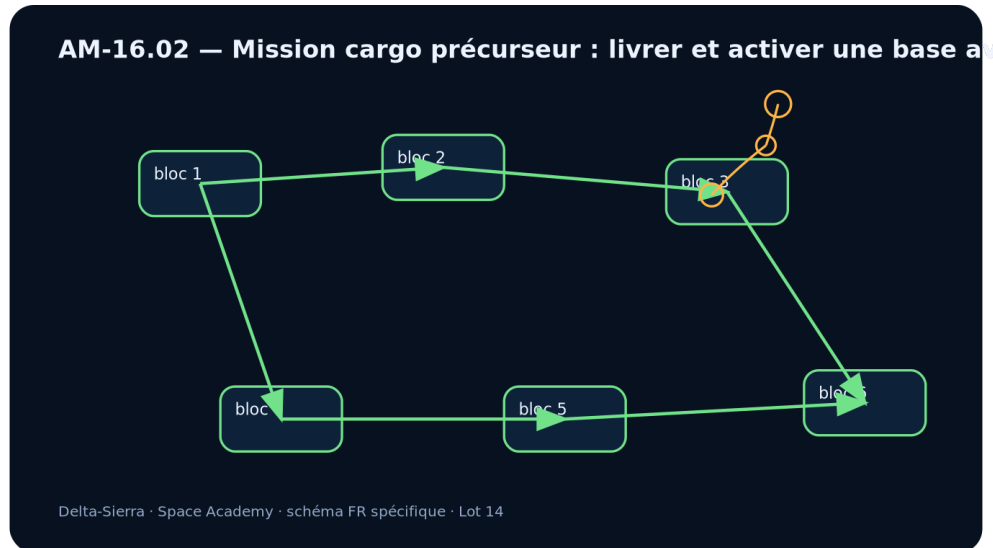


Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage

Question directrice

Concret → interfaces → mesure → calcul → panne → récupération.



1 — Brief de mission

Décider ce qui doit fonctionner sans humain avant le départ de la première équipe.

Cette mission finale oblige à utiliser plusieurs modules à la fois. Une réponse n'est considérée complète que si elle ferme les budgets physiques, décrit les capteurs et les actions, conserve une marge, prévoit une panne crédible et explique ce qui est demandé à l'équipage. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage ».

2 — Carte du système

On commence par dessiner les flux de masse, énergie, information et autorité. Une flèche sans unité ou sans responsable est considérée incomplète. Cette carte sert ensuite à repérer les dépendances communes et les interfaces qui peuvent propager une panne. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage ».

La mission cargo est jugée sur sa capacité à transformer un atterrissage réussi en infrastructure réellement utilisable avant le départ de l'équipage. La carte système distingue donc les actifs qui doivent se déployer seuls, ceux qui peuvent attendre une téléopération différée et ceux qui exigent une redondance matérielle. Énergie, communications, chauffage, robotique, stockage et balises de navigation ne sont pas des tâches parallèles indépendantes : certaines doivent être disponibles pour rendre les suivantes possibles.

Équation - preuve - décision

$$A = \text{temps_disponible} / \text{temps_total}$$

Panne à tester : Vérifiez air, eau, thermique, radiation, nourriture, médecine et charge de travail uniquement lorsqu'ils sont pertinents pour cette mission. L'objectif est d'éviter le faux « tout va bien » d'un calcul technique qui oublierait le temps de sommeil, la capacité à enfiler un scaphandre ou la nécessité d'un second équipier pour une opération critique. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage ».

Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage

3 — Données et hypothèses

Les nombres fournis sont des données de scénario pédagogique. L'élève doit les recopier avec leurs unités, ajouter les hypothèses manquantes et marquer séparément ce qui vient d'une source NASA. Toute valeur qui change le verdict doit faire l'objet d'une analyse de sensibilité. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage ».

Le scénario doit préciser un ordre de mise en service. Une stratégie robuste commence par établir la télémétrie et une alimentation sûre, puis vérifie l'état thermique et mécanique avant de lancer les déploiements irréversibles. L'élève classe chaque opération selon trois catégories : réversible, récupérable avec robot de secours, ou critique sans retour simple. Cette classification détermine où placer les pauses de vérification et quelles données doivent être reçues sur Terre avant de poursuivre.

4 — Relation directrice

La formule n'est qu'un point d'entrée. Elle doit être reliée à un budget, à une mesure disponible et à un seuil de décision. Si une unité ne se simplifie pas correctement, le calcul s'arrête avant d'utiliser une calculatrice. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage ».

5 — Calculs de départ

Disponibilité $840 \text{ h disponibles} \div 1\,000 \text{ h de campagne} = 0,84$ Interpréter le résultat dans le budget global avant de prendre une décision.

Stock eau $1\,800 \text{ L} \div 60 \text{ L/j} = 30 \text{ jours}$ Interpréter le résultat dans le budget global avant de prendre une décision.

Énergie chantier $22 \text{ kW} \times 9 \text{ h} = 198 \text{ kWh}$ Interpréter le résultat dans le budget global avant de prendre une décision.

6 — Budget masse, énergie et temps

Tableau opérationnel

Phénomènes / sections: 3 — Données et hypothèses ; 4 — Relation directrice ; 5 — Calculs de départ

Relation à relire: $A = \text{temps_disponible} / \text{temps_total}$

Décision attendue: mesurer → comparer à la marge → choisir nominal, dégradé ou arrêté

Contrôle avant de continuer

Expliquez sans relire : 3 — Données et hypothèses ; 4 — Relation directrice ; 5 — Calculs de départ. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.

Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage

Construisez trois tableaux séparés. Le budget de masse distingue structure, consommables, recharges et marge. Le budget énergétique distingue puissance instantanée et énergie accumulée. Le budget temps inclut opérations, maintenance, repos et délais de communication. Une marge positive dans un tableau ne compense pas automatiquement un déficit dans un autre. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage ».

Le budget de campagne autonome ne se résume pas à 840 heures disponibles sur 1 000 heures. Il faut identifier quelles heures de travail sont réellement substituables entre robots, quelles opérations utilisent le même bras ou le même outil et quel goulet d'étranglement limite la cadence. Une disponibilité de 84 % peut être acceptable pour une tâche tolérante au calendrier et catastrophique si elle bloque l'unique connexion électrique ou fluide nécessaire à toute la base.

7 — Navigation, communications et connaissance d'état

Indiquez quelles variables doivent être connues localement, lesquelles peuvent être reconstruites plus tard par la Terre et quelle précision est nécessaire pour chaque décision. Le délai radio impose que la mise en sécurité et le diagnostic initial puissent être réalisés sans attendre une réponse terrestre. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage ».

Les communications différées imposent une autonomie graduée. Le système doit pouvoir arrêter un mouvement dangereux, protéger une batterie ou mettre un équipement en mode sûr sans attendre une instruction terrestre. En revanche, une reconfiguration complexe peut rester sous autorité humaine après analyse des données. L'élève construit une matrice décisionnelle indiquant ce que le robot décide seul, ce qu'il propose et ce qu'il ne réalise jamais sans autorisation.

8 — Survie et facteurs humains

Vérifiez air, eau, thermique, radiation, nourriture, médecine et charge de travail uniquement lorsqu'ils sont pertinents pour cette mission. L'objectif est d'éviter le faux « tout va bien » d'un calcul technique qui oublierait le temps de sommeil, la capacité à enfiler un scaphandre ou la nécessité d'un second équipier pour une opération critique. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage ».

Tableau opérationnel

Phénomènes / sections:	7 — Navigation, communications et connaissance d'état ; 8 — Survie et facteurs humains
Relation à relire:	$A = \text{temps_disponible} / \text{temps_total}$
Décision attendue:	mesurer → comparer à la marge → choisir nominal, dégradé ou arrêté

Contrôle avant de continuer

Expliquez sans relire : 7 — Navigation, communications et connaissance d'état ; 8 — Survie et facteurs humains. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.

Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage

Avant d'autoriser le lancement de l'équipage, la base précurseur doit fournir des preuves de disponibilité : production énergétique sur plusieurs cycles, stabilité thermique, communications redondantes, stocks réellement mesurés et démonstration des opérations de secours. Une photographie d'un équipement déployé ne suffit pas. Le dossier doit montrer une durée de fonctionnement, des tendances, des alarmes testées et la capacité à revenir en mode sûr après une panne simulée.

9 — Incident injecté propre à la mission

Après 400 h de campagne autonome, un bras robotique perd un degré de liberté et réduit de moitié la cadence d'installation : il faut replanifier les tâches indispensables avant l'arrivée de l'équipage. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage ».

Pour AM-16.02, la réponse doit montrer quelles grandeurs de « Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage » sont recalculées, quelles hypothèses cessent d'être valides et quelle action est réversible avant de consommer une réserve irréversible.

La perte d'un degré de liberté du bras robotique oblige à replanifier plutôt qu'à continuer au même rythme sur le papier. L'élève sépare les tâches encore possibles, celles qui nécessitent un second robot et celles qui deviennent impossibles. Il calcule ensuite l'effet sur la date de préparation de la base et décide si le lancement habité reste acceptable, doit être retardé ou exige l'envoi d'un correctif matériel lors d'une fenêtre précédente.

10 — Décision et justification

Terminez par une décision explicite : poursuivre, retarder, reconfigurer, abandonner une activité ou passer en mode refuge. Citez les trois grandeurs qui commandent cette décision et la marge restante. Une conclusion sans critère numérique ou opérationnel est considérée comme une opinion, pas comme une décision d'ingénierie. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage ».

Tableau opérationnel

Phénomènes / sections:	9 — Incident injecté propre à la mission ; ; 10 — Décision et justification
Relation à relire:	$A = \text{temps_disponible} / \text{temps_total}$
Décision attendue:	mesurer → comparer à la marge → choisir nominal, dégradé ou arrêt

Contrôle avant de continuer

Expliquez sans relire : 9 — Incident injecté propre à la mission ; ; 10 — Décision et justification. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.

Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage

Le livrable final inclut un critère explicite de 'base prête'. Il ne doit pas être formulé comme une impression générale. Il peut combiner un nombre minimal de fonctions opérationnelles, une durée de démonstration, des réserves énergétiques, un volume d'eau disponible et la réussite d'un exercice de récupération après panne. L'objectif est de transformer une liste de matériels en capacité opérationnelle mesurable.

11 — Livrables attendus

12 — Barème de validation

40 % : cohérence des calculs et unités ; 20 % : traitement des interfaces ; 15 % : marges et mode dégradé ; 15 % : facteurs humains et procédure ; 10 % : qualité des sources et séparation entre données, hypothèses et scénarios. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission cargo précurseur : livrer et activer une base avant l'équipage ».

13 — Sources de référence

Sources primaires spécifiques

NASA TechPort — NASA Platform for Autonomous Systems - <https://techport.nasa.gov/projects/94884>

NASA NTRS — Current NASA Plans for Mars In-Situ Resource Utilization - <https://ntrs.nasa.gov/citations/20180002086>

NASA — Systems Engineering Handbook - <https://www.nasa.gov/reference/systems-engineering-handbook/>

NASA-STD-8729.1A — Reliability and Maintainability Standard - <https://standards.nasa.gov/standard/NASA/NASA-STD-87291>

Tableau opérationnel

Phénomènes / sections: 11 — Livrables attendus ; 12 — Barème de validation ; 13 — Sources de référence

Relation à relire: $A = \text{temps_disponible} / \text{temps_total}$

Décision attendue: mesurer → comparer à la marge → choisir nominal, dégradé ou arrêt

Contrôle avant de continuer

Expliquez sans relire : 11 — Livrables attendus ; 12 — Barème de validation ; 13 — Sources de référence. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.