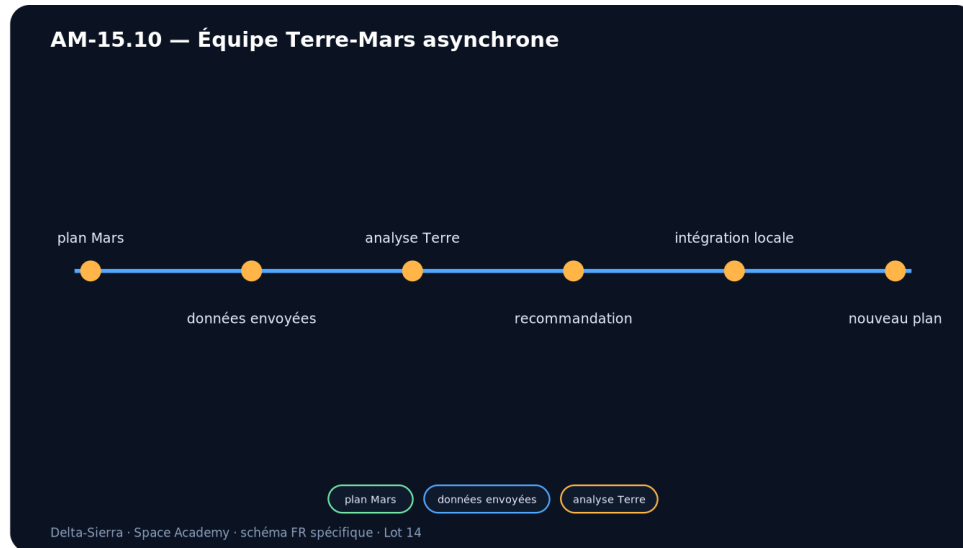


Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours

Question directrice

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



1 — Le phénomène réel

La Terre dispose de spécialistes nombreux et de moyens d'analyse ; Mars possède la situation en temps réel et la capacité d'action. Une organisation asynchrone prépare des plans par objectifs, paquets de données, fenêtres de synchronisation et décisions déléguées. Les priorités science, maintenance et sécurité sont arbitrées dans un horizon de plusieurs jours.

La question directrice de ce cours est : Comment répartir le travail entre spécialistes terrestres et équipage local sans créer une file d'attente permanente ? Le raisonnement commence par la fonction physique ou opérationnelle avant d'introduire la relation mathématique. Le but n'est pas d'accumuler des mots, mais de savoir quelle grandeur change, pourquoi elle change et ce qui devient dangereux si elle sort de son domaine. Pour « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours », ici, la première question est donc de reconnaître le mécanisme propre à ce sujet avant de chercher une formule ou une valeur de référence.

2 — Vocabulaire et frontière du problème

Dans « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours », il faut distinguer le phénomène étudié, la mesure disponible, la commande éventuelle, la marge et le critère de réussite. La frontière du calcul précise ce qui est inclus et ce qui ne l'est pas ; sans cette frontière, un pourcentage, une masse ou un temps peut être exact mathématiquement mais faux comme conclusion d'ingénierie. Pour « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours », la frontière retenue précise aussi ce qui serait compté deux fois ou, au contraire, oublié dans un bilan de mission.

qui décide, information disponible, délai de communication, charge de travail, alarmes, configuration et état des actions en cours

une consigne ambiguë, une information périmée, une cascade d'alarmes, une relève incomplète ou un conflit d'autorité simulations équipage, procédures jouées en temps réel, perte de communication, exercices de handover et débriefs

Équation - preuve - décision

Capacité = heures_équipage + heures_robot

Panne à tester : La panne de référence n'est pas un vague « composant cassé ». Pour « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours », on teste notamment une consigne ambiguë, une information périmée, une cascade d'alarmes, une relève incomplète ou un conflit d'autorité. Le diagnostic demande quels symptômes apparaissent d'abord, lesquels sont seulement des conséquences, et quelle action garde le plus d'options ouvertes.

Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours**3 — Schéma propre au cours**

Le schéma ne résume pas tout le module : il isole ce qui est spécifique à « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours ». On y suit la chaîne cause → grandeur mesurée → décision ou réponse physique → limite. Cette représentation évite précisément de réutiliser le même dessin pour un bouclier thermique, un radar, un filtre à CO₂ ou une procédure d'équipage. Pour « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours », la lecture graphique doit permettre de retrouver les entrées, les sorties, la grandeur mesurée et la conséquence d'une dérive sans lire le reste du module.

4 — Relation mathématique et lecture des symboles

Lecture orale : la capacité opérationnelle planifiée peut additionner les heures humaines et robotiques seulement si les tâches sont réellement substituables.

Avant toute substitution numérique, on écrit les unités de chaque terme, on indique si la relation est une loi physique, une approximation ou un indicateur de projet, puis on vérifie l'homogénéité dimensionnelle. Cette discipline est particulièrement importante ici car « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours » combine des grandeurs qui n'ont pas toutes le même statut documentaire. Pour « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours », le choix de cette relation est justifié par le phénomène étudié ; une autre grandeur dominante conduirait à une autre équation ou à un autre modèle.

5 — Calculs détaillés et interprétation

24 h équipage + 18 h robots = 42 h de capacité brute, à qualifier

12 h obligatoires sur 42 h = 28,6 % de la capacité brute

reste théorique 30 h avant imprévus et activités non substituables

Garde-fou : additionner « heures équipage » et « heures robot » n'est valide que si les tâches sont réellement substituables ou converties dans une même unité de production. Sinon, les deux capacités doivent rester dans des budgets séparés.

1. 1. Plan 24 h équipage + 18 h robots = 42 h de capacité brute, à qualifier Interprétation : ce résultat n'est utilisé qu'après comparaison avec les unités, la marge et la frontière du scénario de « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours ».

2. 2. Maintenance 12 h obligatoires sur 42 h = 28,6 % de la capacité brute Interprétation : ce résultat n'est utilisé qu'après comparaison avec les unités, la marge et la frontière du scénario de « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours ».

Tableau opérationnel

Phénomènes / sections: 3 — Schéma propre au cours ; 4 — Relation mathématique et lecture des symboles ; 5 — Calculs détaillés et interprétation

Relation à relire: Capacité = heures_équipage + heures_robot

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

Contrôle avant de continuer

Expliquez sans relire : 3 — Schéma propre au cours ; 4 — Relation mathématique et lecture des symboles ; 5 — Calculs détaillés et interprétation. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.

Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours

6 — Ce que la formule ne contient pas

La relation « Capacité = heures_équipage + heures_robot » ne contient pas à elle seule l'ensemble de « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours ». Elle ne dit pas automatiquement si le capteur est valide, si la structure vieillit, si une ressource est accessible, si une commande arrive à temps ou si une panne secondaire retire la marge. L'exemple 24 h équipage + 18 h robots = 42 h de capacité brute, à qualifier doit donc rester un calcul local et non une architecture complète.

Pour rendre le modèle exploitable, on ajoute explicitement les paramètres qui dominent ce thème : qui décide, information disponible, délai de communication, charge de travail, alarmes, configuration et état des actions en cours. On peut alors demander quelle variation modifie réellement le résultat, laquelle reste négligeable et laquelle oblige à changer d'architecture. Pour « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours », cette limite de modèle indique précisément ce qu'un calcul correct ne permet pas encore d'affirmer sur le système réel.

7 — Instrumentation, observabilité et qualité des données

Pour « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours », l'observabilité repose sur qui décide, information disponible, délai de communication, charge de travail, alarmes, configuration et état des actions en cours. Chaque donnée reçoit une unité, une fréquence d'acquisition, une incertitude, un horodatage et un domaine de validité. Une valeur qui arrive sans contexte peut être plus dangereuse qu'une absence de mesure parce qu'elle donne une confiance injustifiée.

La cohérence est vérifiée avec au moins une information indépendante lorsque la fonction est critique. Une tendance, un bilan physique ou un second principe de mesure permet de distinguer une vraie évolution du système d'un capteur qui dérive. Pour « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours », l'instrumentation retenue doit permettre de distinguer une vraie évolution physique d'une dérive de capteur ou d'une mauvaise estimation d'état.

8 — Pannes propres au phénomène et récupération

La panne de référence n'est pas un vague « composant cassé ». Pour « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours », on teste notamment une consigne ambiguë, une information périmée, une cascade d'alarmes, une relève incomplète ou un conflit d'autorité. Le diagnostic demande quels symptômes apparaissent d'abord, lesquels sont seulement des conséquences, et quelle action garde le plus d'options ouvertes.

Le mode dégradé doit être défini avant la panne : fonction minimale à conserver, durée admissible, stock

Tableau opérationnel

Phénomènes / sections:	6 — Ce que la formule ne contient pas ; 7 — Instrumentation, observabilité et qualité des données ; 8 — Pannes propres au phénomène et récupération
Relation à relire:	Capacité = heures_équipage + heures_robot
Décision attendue:	mesurer → comparer à la marge → choisir nominal, dégradé ou arrêté

Contrôle avant de continuer

Expliquez sans relire : 6 — Ce que la formule ne contient pas ; 7 — Instrumentation, observabilité et qualité des données ; 8 — Pannes propres au phénomène et récupération. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.

Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours**9 — Cas NASA / cas de référence**

Les standards humains, CHAPEA et les travaux sur le délai de communication servent de cas de réalité. Ils montrent qu'une équipe distante doit pouvoir décider localement, conserver un état partagé, gérer fatigue et erreurs, puis utiliser la Terre comme profondeur d'expertise plutôt que comme télécommande instantanée.

Ce cas n'est utilisé que dans la limite de ce qu'il démontre. Une mesure de vol, un standard humain, un essai de composant et une étude d'architecture n'ont pas le même niveau de preuve ; le texte indique donc toujours ce qui est observé, calculé, simulé ou encore prospectif. Pour « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours », le cas NASA cité sert de preuve ciblée pour ce phénomène ; il n'est jamais transformé en architecture martienne universelle.

10 — Compromis d'architecture

Une bonne solution pour « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours » ne maximise pas un seul indicateur. Elle compare performance nominale, masse, énergie, simplicité, maintenance, temps équipage, dépendances communes et capacité de récupération. L'option qui améliore 12 h obligatoires sur 42 h = 28,6 % de la capacité brute peut être refusée si elle rend la détection de panne ou la réparation beaucoup plus difficile.

Le compromis est consigné avec ses hypothèses. Si une donnée d'environnement, une masse ou une cadence de mission change, on sait ainsi quelles conclusions doivent être recalculées au lieu de conserver silencieusement un choix devenu obsolète. Pour « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours », le compromis est donc évalué avec les interfaces réellement touchées par ce thème, plutôt qu'avec une liste générique de qualités souhaitables.

11 — Démonstration, essais et critères de réussite

La stratégie de preuve adaptée à « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours » combine simulations équipage, procédures jouées en temps réel, perte de communication, exercices de handover et débriefs. Chaque essai indique le matériel exact, le logiciel, la configuration, l'environnement, les tolérances et le critère de réussite. Une démonstration réussie hors domaine ne remplace pas une qualification dans le domaine de mission.

La preuve grandit par étapes : relation analytique, simulation, composant, sous-système, système intégré, durée et panne. Cette hiérarchie évite de présenter un seul essai spectaculaire comme validation de toute la mission. Pour « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours », la démonstration doit reproduire les contraintes qui rendent ce phénomène difficile ; un essai spectaculaire mais hors domaine n'est pas suffisant.

12 — Exercice de décision**Tableau opérationnel**

Phénomènes / sections:	9 — Cas NASA / cas de référence ; 10 — Compromis d'architecture ; 11 — Démonstration, essais et critères de réussite
Relation à relire:	Capacité = heures_équipage + heures_robot
Décision attendue:	mesurer → comparer à la marge → choisir nominal, dégradé ou arrêté

Contrôle avant de continuer

Expliquez sans relire : 9 — Cas NASA / cas de référence ; 10 — Compromis d'architecture ; 11 — Démonstration, essais et critères de réussite. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.

Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours

Situation : reprenez « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours » en augmentant de 20 % la grandeur la plus pénalisante du premier exemple, tout en déclarant indisponible un moyen de mesure ou de secours.

Situation : reprenez « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours » en augmentant de 20 % la grandeur la plus pénalisante du premier exemple, tout en déclarant indisponible un moyen de mesure ou de secours. Réponse attendue : recalculer la relation, identifier la marge restante, vérifier si l'observabilité suffit encore, puis décider si le mode dégradé reste acceptable. Une simple multiplication par 1,2 ne suffit pas si la variation change aussi les interfaces ou les limites.

13 — À retenir sans généraliser abusivement

14 — Sources primaires spécifiques au sujet

Ces références documentent directement le phénomène, la technologie ou la contrainte humaine traitée dans ce cours. Elles ne définissent pas à elles seules une architecture martienne officielle. Pour « Équipe Terre-Mars : planifier science, maintenance et autonomie sur plusieurs jours », la bibliographie est volontairement ciblée sur le sujet de cette page afin que le lecteur puisse remonter jusqu'au document primaire pertinent.

Sources primaires spécifiques

NASA NTRS — Overview of Crew Operations for Transit to Mars - <https://ntrs.nasa.gov/citations/20230012629>

NASA NTRS — Assessment of the State of Communication Delay Research - <https://ntrs.nasa.gov/citations/20250003885>

NASA NTRS — Space Flight Resource Management for ISS Operations - <https://ntrs.nasa.gov/citations/20110010923>

NASA NTRS — Overview of Crew Operations for Transit to Mars - <https://ntrs.nasa.gov/citations/20230012629>

NASA NTRS — Assessment of the State of Communication Delay Research - <https://ntrs.nasa.gov/citations/20250003885>

NASA NTRS — Space Flight Resource Management for ISS Operations - <https://ntrs.nasa.gov/citations/20110010923>

Tableau opérationnel

Phénomènes / sections: 13 — À retenir sans généraliser abusivement ; 14 — Sources primaires spécifiques au sujet ; Sources primaires spécifiques

Relation à relire: Capacité = heures_équipage + heures_robot

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

Contrôle avant de continuer

Expliquez sans relire : 13 — À retenir sans généraliser abusivement ; 14 — Sources primaires spécifiques au sujet ; Sources primaires spécifiques. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.