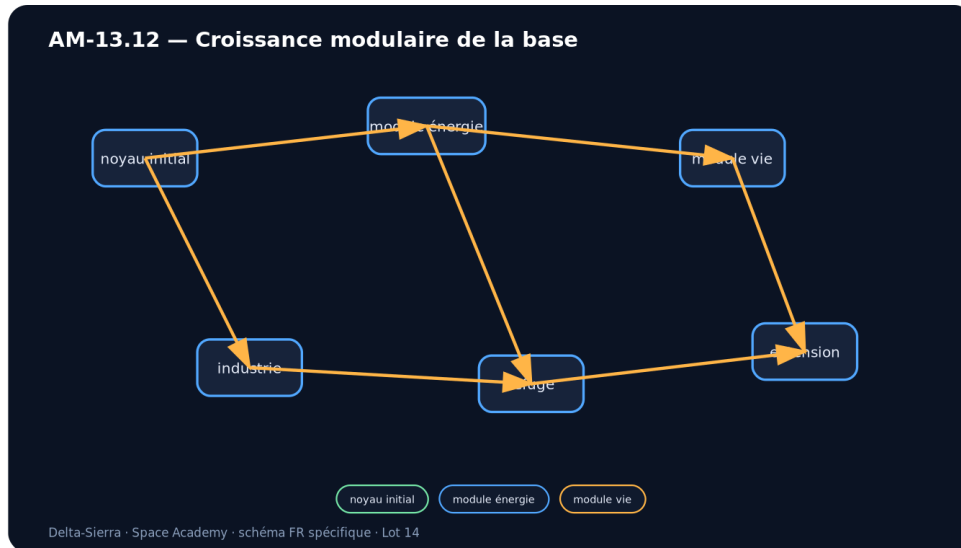


Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service

Question directrice

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



1 — Le phénomène réel

L'expansion ajoute volumes, équipage, puissance, chaleur, eau, données, mobilité et maintenance. Chaque nouvelle capacité doit être intégrée par étapes : interfaces préparées, essais hors charge, mise sous énergie, vérification, charge progressive et critères d'acceptation. La modularité réduit le coût du changement si les standards d'interface sont réellement tenus.

La question directrice de ce cours est : Comment ajouter un nouveau quartier sans fragiliser ce qui fonctionne déjà ?

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 « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », 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 « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », 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 « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », la frontière retenue précise aussi ce qui serait compté deux fois ou, au contraire, oublié dans un bilan de mission.

distance, débit des réseaux, puissance, volume pressurisé, temps de trajet, état des interfaces et capacité de secours une rupture de conduite, un trajet logistique bloqué, une zone isolée, une interface incompatible ou une capacité de secours concentrée au même endroit

maquettes d'implantation, essais de réseau segmenté, campagnes rover et exercices de reconfiguration

Équation - preuve - décision

Marge = capacité – besoin

Panne à tester : La panne de référence n'est pas un vague « composant cassé ». Pour « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », on teste notamment une rupture de conduite, un trajet logistique bloqué, une zone isolée, une interface incompatible ou une capacité de secours concentrée au même endroit. Le diagnostic demande quels symptômes apparaissent d'abord, lesquels sont seulement des conséquences, et quelle action garde le plus d'options ouvertes.

Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service**3 — Schéma propre au cours**

Le schéma ne résume pas tout le module : il isole ce qui est spécifique à « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service ». 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 « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », 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 marge est la capacité disponible moins le besoin prévu.

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 « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service » combine des grandeurs qui n'ont pas toutes le même statut documentaire. Pour « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », 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

180 kW – 145 kW = 35 kW de marge

900 L/j – 760 L/j = 140 L/j de marge

8 personnes → 12 personnes = +50 % d'effectif

1. 1. Puissance 180 kW – 145 kW = 35 kW de marge Interprétation : ce résultat n'est utilisé qu'après comparaison avec les unités, la marge et la frontière du scénario de « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service ».

2. 2. Eau 900 L/j – 760 L/j = 140 L/j de marge Interprétation : ce résultat n'est utilisé qu'après comparaison avec les unités, la marge et la frontière du scénario de « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service ».

3. 3. Croissance 8 personnes → 12 personnes = +50 % d'effectif Interprétation : ce résultat n'est utilisé qu'après comparaison avec les unités, la marge et la frontière du scénario de « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service ».

6 — Ce que la formule ne contient pas**Tableau opérationnel**

Phénomènes / sections:	3 — Schéma propre au cours ; 4 — Relation mathématique et lecture des symboles ; 5 — Calculs détaillés et interprétation
Relation à relire:	Marge = capacité – besoin
Décision attendue:	mesurer → comparer à la marge → choisir nominal, dégradé ou arrêt

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.

Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service

La relation « Marge = capacité – besoin » ne contient pas à elle seule l'ensemble de « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service ». 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 $180 \text{ kW} - 145 \text{ kW} = 35 \text{ kW}$ de marge 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 : distance, débit des réseaux, puissance, volume pressurisé, temps de trajet, état des interfaces et capacité de secours. On peut alors demander quelle variation modifie réellement le résultat, laquelle reste négligeable et laquelle oblige à changer d'architecture. Pour « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », 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 « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », l'observabilité repose sur distance, débit des réseaux, puissance, volume pressurisé, temps de trajet, état des interfaces et capacité de secours. 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 « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », 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 « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », on teste notamment une rupture de conduite, un trajet logistique bloqué, une zone isolée, une interface incompatible ou une capacité de secours concentrée au même endroit. 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 consommé, action équipage, condition d'abandon et critère de retour au nominal. Cette séquence est différente pour chaque cours et ne peut pas être remplacée par un paragraphe universel sur la redondance. Pour « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », le mode dégradé est défini

9 — Cas NASA / cas de référence

Tableau opérationnel

Phénomènes / sections:	7 — Instrumentation, observabilité et qualité des données ; 8 — Pannes propres au phénomène et récupération ; 9 — Cas NASA / cas de référence
Relation à relire:	Marge = capacité – besoin
Décision attendue:	mesurer → comparer à la marge → choisir nominal, dégradé ou arrêté

Contrôle avant de continuer

Expliquez sans relire : 7 — Instrumentation, observabilité et qualité des données ; 8 — Pannes propres au phénomène et récupération ; 9 — Cas NASA / cas de référence. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.

Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service

Le cas opérationnel est traité comme une chaîne de production ou de service : ressource d'entrée, machine, stockage intermédiaire, contrôle qualité, maintenance et utilisateur final. Les travaux NASA sur ISRU, autonomie et fabrication servent à séparer une démonstration technologique d'une usine martienne réellement disponible.

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 « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », 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 « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service » 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 900 L/j – 760 L/j = 140 L/j de marge 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 « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », 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 « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service » combine maquettes d'implantation, essais de réseau segmenté, campagnes rover et exercices de reconfiguration. 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 étages : 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 « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », 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:	10 — Compromis d'architecture ; 11 — Démonstration, essais et critères de réussite ; 12 — Exercice de décision
Relation à relire:	Marge = capacité – besoin
Décision attendue:	mesurer → comparer à la marge → choisir nominal, dégradé ou arrêté

Contrôle avant de continuer

Expliquez sans relire : 10 — Compromis d'architecture ; 11 — Démonstration, essais et critères de réussite ; 12 — Exercice de décision. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.

Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service

Situation : reprenez « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service » 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 « Faire grandir la base : modularité, interfaces et mise en service », 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 — Systems Engineering Handbook - <https://www.nasa.gov/reference/systems-engineering-handbook/>

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

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

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

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

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

Tableau opérationnel

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

Relation à relire: Marge = capacité – besoin

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.