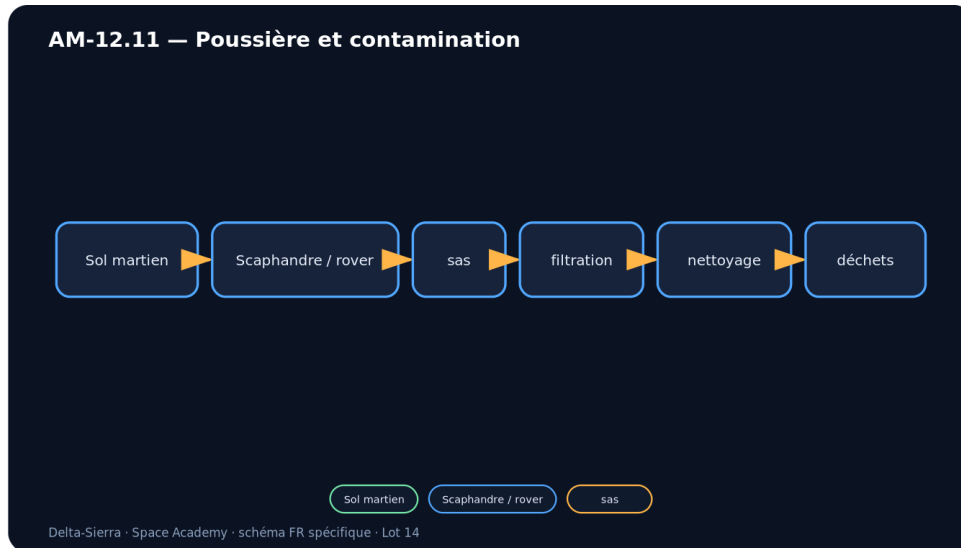


Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance

Question directrice

Concret → flux → capteurs → calcul → panne → refuge.



1 — Le phénomène réel

La poussière martienne peut entrer par les sas, adhérer aux combinaisons, encrasser filtres et mécanismes, réduire les performances optiques ou thermiques et augmenter l'usure. L'architecture doit limiter l'entrée, mesurer la charge, protéger les zones sensibles et organiser un nettoyage qui ne redispersera pas le contaminant dans l'habitat. La maintenance devient une boucle : capturer, contenir, inspecter, remplacer, comptabiliser et apprendre.

La question directrice de ce cours est : Pourquoi la poussière doit-elle être traitée comme un flux de contamination et non comme un simple problème de nettoyage ? 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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance », 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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance », 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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance », la frontière retenue précise aussi ce qui serait compté deux fois ou, au contraire, oublié dans un bilan de mission.

charge particulaire, perte de charge des filtres, contamination des joints, abrasion et dépôts sur surfaces optiques/thermiques

un joint contaminé, un filtre saturé, une surface optique aveuglée ou une abrasion progressive non détectée
bancs poussière, cycles ouverture-fermeture, inspection métrologique et campagnes de nettoyage comparées

Équation - preuve - décision

$$L = m_{\text{poussière}}/A ; m = C \times V$$

Panne à tester : La panne de référence n'est pas un vague « composant cassé ». Pour « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance », on teste notamment un joint contaminé, un filtre saturé, une surface optique aveuglée ou une abrasion progressive non détectée. Le diagnostic demande quels symptômes apparaissent d'abord, lesquels sont seulement des conséquences, et quelle action garde le plus d'options ouvertes.

Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance**3 — Schéma propre au cours**

Le schéma ne résume pas tout le module : il isole ce qui est spécifique à « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance ». 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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance », 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 charge surfacique L égale la masse de poussière divisée par la surface ; une masse dans un volume peut être estimée par concentration C multipliée par volume V .

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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance » combine des grandeurs qui n'ont pas toutes le même statut documentaire. Pour « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance », 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

$$120 \text{ g} / 2 \text{ m}^2 = 60 \text{ g/m}^2$$

$$5 \text{ mg/m}^3 \times 80 \text{ m}^3 = 400 \text{ mg dans ce modèle homogène}$$

$$\text{capacité } 900 \text{ g} / 30 \text{ g/j} = 30 \text{ jours théoriques avant seuil}$$

1. 1. Charge de filtre $120 \text{ g} / 2 \text{ m}^2 = 60 \text{ g/m}^2$ Interprétation : ce résultat n'est utilisé qu'après comparaison avec les unités, la marge et la frontière du scénario de « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance ».
2. 2. Masse en suspension $5 \text{ mg/m}^3 \times 80 \text{ m}^3 = 400 \text{ mg dans ce modèle homogène}$ Interprétation : ce résultat n'est utilisé qu'après comparaison avec les unités, la marge et la frontière du scénario de « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance ».
3. 3. Intervalle maintenance capacité $900 \text{ g} / 30 \text{ g/j} = 30 \text{ jours théoriques avant seuil}$ Interprétation : ce résultat n'est utilisé qu'après comparaison avec les unités, la marge et la frontière du scénario de « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance ».

Tableau opérationnel

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

Relation à relire: $L = m_{\text{poussière}}/A$; $m = C \times V$

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.

Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance**6 — Ce que la formule ne contient pas**

La relation « $L = m_{\text{poussière}}/A$; $m = C \times V$ » ne contient pas à elle seule l'ensemble de « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance ». 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 $120 \text{ g} / 2 \text{ m}^2 = 60 \text{ g/m}^2$ 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 : charge particulaire, perte de charge des filtres, contamination des joints, abrasion et dépôts sur surfaces optiques/thermiques. On peut alors demander quelle variation modifie réellement le résultat, laquelle reste négligeable et laquelle oblige à changer d'architecture. Pour « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance », 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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance », l'observabilité repose sur charge particulaire, perte de charge des filtres, contamination des joints, abrasion et dépôts sur surfaces optiques/thermiques. 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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance », 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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance », on teste notamment un joint contaminé, un filtre saturé, une surface optique aveuglée ou une abrasion progressive non détectée. 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

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:	$L = m_{\text{poussière}}/A$; $m = C \times V$
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.

Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance

9 — Cas NASA / cas de référence

Le cas de référence est choisi dans le corpus ECLSS, NASA-STD-3001 ou les analogues humains selon le thème. L'objectif n'est pas de copier l'ISS sur Mars, mais d'identifier ce qui a été démontré, ce qui dépend de l'environnement et ce qui doit encore être qualifié pour une mission sans ravitaillement rapide.

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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance », 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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance » 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 $5 \text{ mg/m}^3 \times 80 \text{ m}^3 = 400 \text{ mg}$ dans ce modèle homogène 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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance », 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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance » combine bancs poussière, cycles ouverture-fermeture, inspection métrologique et campagnes de nettoyage comparées. 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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance », la démonstration doit reproduire les contraintes qui rendent ce phénomène difficile ; un essai spectaculaire mais hors domaine n'est pas suffisant.

Tableau opérationnel

Phénomènes / sections:	9 — Cas NASA / cas de référence ; 10 — Compromis d'architecture ; 11 — Démonstration, essais et critères de réussite
Relation à relire:	$L = m_{\text{poussière}}/A$; $m = C \times V$
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.

Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance**12 — Exercice de décision**

Situation : reprenez « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance » 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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance » 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 « Poussière martienne : contamination, filtration, abrasion et maintenance », 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 — Spaceflight Human-System Standard, Volume 2 - <https://www.nasa.gov/reference/nasa-std-3001v2/>

NASA NTRS — Crew Health and Performance EVA Evidence Report - <https://ntrs.nasa.gov/citations/20220004017>

NASA Safety and Mission Assurance — Reliability and Maintainability - <https://sma.nasa.gov/sma-disciplines/reliability-and-maintainability>

Tableau opérationnel

Phénomènes / sections:	12 — Exercice de décision ; 13 — À retenir sans généraliser abusivement ; 14 — Sources primaires spécifiques au sujet
Relation à relire:	$L = m_{\text{poussière}}/A$; $m = C \times V$
Décision attendue:	mesurer → comparer à la marge → choisir nominal, dégradé ou arrêt

Contrôle avant de continuer

Expliquez sans relire : 12 — Exercice de décision ; 13 — À retenir sans généraliser abusivement ; 14 — Sources primaires spécifiques au sujet. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.