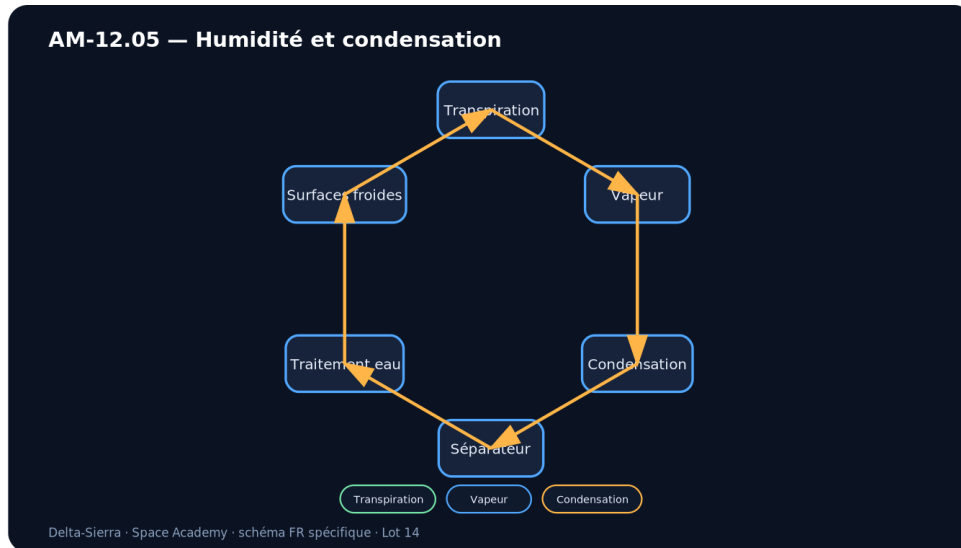


Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher

Question directrice

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



1 — Le phénomène réel

La respiration, la transpiration, les douches, les cultures et les procédés ajoutent de la vapeur d'eau. Si une surface tombe sous le point de rosée, l'eau condense ; dans un recoin froid, elle peut favoriser corrosion ou croissance microbienne. Le contrôle d'humidité doit donc être lié à la circulation d'air, aux échangeurs, à la récupération d'eau et à la surveillance des surfaces et filtres.

La question directrice de ce cours est : Pourquoi l'eau présente dans l'air devient-elle un problème thermique, sanitaire et matériel ? 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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher », 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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher », 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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher », la frontière retenue précise aussi ce qui serait compté deux fois ou, au contraire, oublié dans un bilan de mission.

pressions partielles, débit de ventilation, CO₂, O₂, humidité, température et contaminants traces
un capteur dérivé, un adsorbeur saturé, une zone mal ventilée ou une boucle qui masque une dérive lente
boucles fermées au banc, injections contrôlées de charge métabolique et tests de récupération après perte d'un composant

Équation - preuve - décision

$$HR = p_v / p_{sat}(T) \times 100$$

Panne à tester : La panne de référence n'est pas un vague « composant cassé ». Pour « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher », on teste notamment un capteur dérivé, un adsorbeur saturé, une zone mal ventilée ou une boucle qui masque une dérive lente. Le diagnostic demande quels symptômes apparaissent d'abord, lesquels sont seulement des conséquences, et quelle action garde le plus d'options ouvertes.

Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher**3 — Schéma propre au cours**

Le schéma ne résume pas tout le module : il isole ce qui est spécifique à « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher ». 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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher », 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 : l'humidité relative HR égale la pression partielle de vapeur p indice v divisée par la pression de vapeur saturante à la température T, multipliée par cent.

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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher » combine des grandeurs qui n'ont pas toutes le même statut documentaire. Pour « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher », 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

$1,2 \text{ kPa} / 2,4 \text{ kPa} \times 100 = 50 \%$

si p_{sat} tombe à 1,0 kPa alors que p_v reste 1,2 kPa, le modèle indique saturation puis condensation

1,5 kg/j de condensat × 6 personnes = 9 kg/j récupérables dans ce scénario

1. 1. Humidité relative $1,2 \text{ kPa} / 2,4 \text{ kPa} \times 100 = 50 \%$ Interprétation : ce résultat n'est utilisé qu'après comparaison avec les unités, la marge et la frontière du scénario de « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher ».

2. 2. Surface plus froide si p_{sat} tombe à 1,0 kPa alors que p_v reste 1,2 kPa, le modèle indique saturation puis condensation Interprétation : ce résultat n'est utilisé qu'après comparaison avec les unités, la marge et la frontière du scénario de « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher ».

3. 3. Eau captée $1,5 \text{ kg/j de condensat} \times 6 \text{ personnes} = 9 \text{ kg/j récupérables dans ce scénario}$ Interprétation : ce résultat n'est utilisé qu'après comparaison avec les unités, la marge et la frontière du scénario de

Tableau opérationnel

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

Relation à relire: $HR = p_v / p_{sat}(T) \times 100$

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.

Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher**6 — Ce que la formule ne contient pas**

La relation « $HR = p_v / p_{sat}(T) \times 100$ » ne contient pas à elle seule l'ensemble de « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher ». 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 $1,2 \text{ kPa} / 2,4 \text{ kPa} \times 100 = 50 \%$ 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 : pressions partielles, débit de ventilation, CO_2 , O_2 , humidité, température et contaminants traces. On peut alors demander quelle variation modifie réellement le résultat, laquelle reste négligeable et laquelle oblige à changer d'architecture. Pour « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher », 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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher », l'observabilité repose sur pressions partielles, débit de ventilation, CO_2 , O_2 , humidité, température et contaminants traces. 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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher », 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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher », on teste notamment un capteur dérivé, un adsorbant saturé, une zone mal ventilée ou une boucle qui masque une dérive lente. 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:	$HR = p_v / p_{sat}(T) \times 100$
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.

Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher

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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher », 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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher » 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 si p_{sat} tombe à 1,0 kPa alors que p_v reste 1,2 kPa, le modèle indique saturation puis condensation 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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher », 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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher » combine boucles fermées au banc, injections contrôlées de charge métabolique et tests de récupération après perte d'un composant. 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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher », la démonstration doit reproduire les contraintes qui rendent ce phénomène difficile ; un essai

Tableau opérationnel

Phénomènes / sections:	9 — Cas NASA / cas de référence ; 10 — Compromis d'architecture ; 11 — Démonstration, essais et critères de réussite
Relation à relire:	$HR = p_v / p_{sat}(T) \times 100$
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.

Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher**12 — Exercice de décision**

Situation : reprenez « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher » 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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher » 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 « Humidité, condensation et contrôle microbien : garder un habitat sec sans le dessécher », 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 — Advanced Exploration Systems Life Support Systems Project Overview - <https://ntrs.nasa.gov/citations/20210015025>

NASA NTRS — Life Support Baseline Values and Assumptions Document - <https://ntrs.nasa.gov/citations/20210024855>

NASA — Spaceflight Human-System Standard, Volume 2 - <https://www.nasa.gov/reference/nasa-std-3001v2/>

Tableau opérationnel

Phénomènes / sections:	12 — Exercice de décision ; 13 — À retenir sans généraliser abusivement ; 14 — Sources primaires spécifiques au sujet
Relation à relire:	$HR = p_v / p_{sat}(T) \times 100$
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.