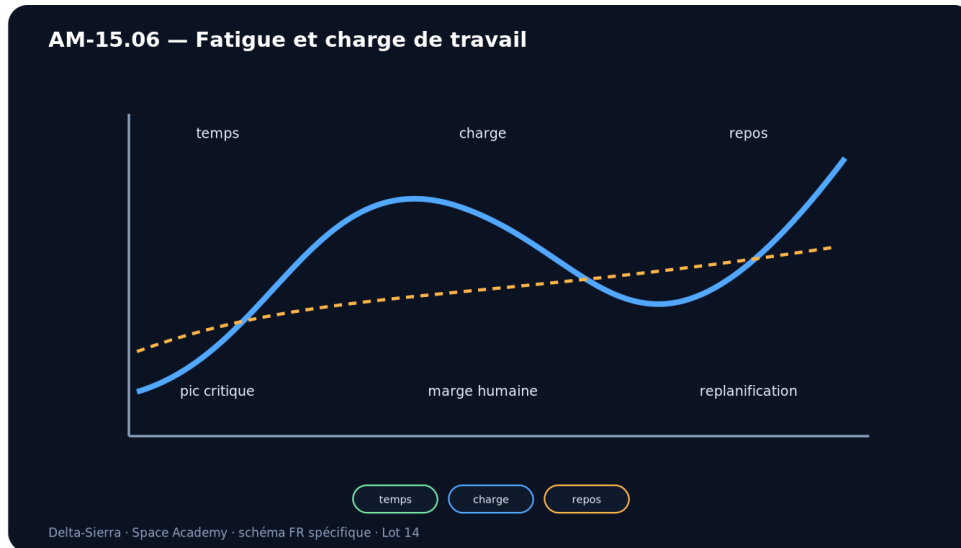


Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir

Question directrice

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



1 — Le phénomène réel

Maintenance, science, EVA, entraînement, hygiène, exercice, repas, sommeil et imprévus se disputent les mêmes heures. Une planification robuste conserve du temps non alloué, suit la dette de tâches et évite d'empiler des activités critiques sur des équipiers fatigués. Les limites humaines font partie de l'architecture.

La question directrice de ce cours est : Comment éviter qu'une base techniquement nominale devienne dangereuse par surcharge humaine ? 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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », 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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », 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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », la frontière retenue précise aussi ce qui serait compté deux fois ou, au contraire, oublié dans un bilan de mission.

sommeil, charge de travail, erreurs récupérées, temps de décision, qualité des relèves et conflits non résolus
une fatigue accumulée, un biais de confirmation, une relève incomplète ou une autorité mal comprise
simulations analogues, scénarios de communication retardée, mesures de performance et débriefs structurés

Équation - preuve - décision

Utilisation = heures_planifiées / heures_disponibles

Panne à tester : La panne de référence n'est pas un vague « composant cassé ». Pour « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », on teste notamment une fatigue accumulée, un biais de confirmation, une relève incomplète ou une autorité mal comprise. Le diagnostic demande quels symptômes apparaissent d'abord, lesquels sont seulement des conséquences, et quelle action garde le plus d'options ouvertes.

Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir

3 — Schéma propre au cours

Le schéma ne résume pas tout le module : il isole ce qui est spécifique à « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir ». 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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », 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'utilisation du temps est le nombre d'heures planifiées divisé par les heures disponibles.

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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir » combine des grandeurs qui n'ont pas toutes le même statut documentaire. Pour « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », 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

$$6,5 \text{ h} \div 8 \text{ h} = 81,25 \%$$

$$8 \text{ h} - 6,5 \text{ h} = 1,5 \text{ h non allouée}$$

$$3 \text{ tâches reportées} \times 2 \text{ h} = 6 \text{ h de dette}$$

1. 1. Utilisation $6,5 \text{ h} \div 8 \text{ h} = 81,25 \%$ Interprétation : ce résultat n'est utilisé qu'après comparaison avec les unités, la marge et la frontière du scénario de « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir ».

2. 2. Réserve $8 \text{ h} - 6,5 \text{ h} = 1,5 \text{ h non allouée}$ Interprétation : ce résultat n'est utilisé qu'après comparaison avec les unités, la marge et la frontière du scénario de « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir ».

3. 3. Dette $3 \text{ tâches reportées} \times 2 \text{ h} = 6 \text{ h de dette}$ Interprétation : ce résultat n'est utilisé qu'après comparaison avec les unités, la marge et la frontière du scénario de « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir ».

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: Utilisation = heures_planifiées / heures_disponibles

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.

Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir

La relation « Utilisation = heures_planifiées / heures_disponibles » ne contient pas à elle seule l'ensemble de « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir ». 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 $6,5 \text{ h} \div 8 \text{ h} = 81,25 \%$ 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 : sommeil, charge de travail, erreurs récupérées, temps de décision, qualité des relèves et conflits non résolus. On peut alors demander quelle variation modifie réellement le résultat, laquelle reste négligeable et laquelle oblige à changer d'architecture. Pour « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », 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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », l'observabilité repose sur sommeil, charge de travail, erreurs récupérées, temps de décision, qualité des relèves et conflits non résolus. 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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », 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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », on teste notamment une fatigue accumulée, un biais de confirmation, une relève incomplète ou une autorité mal comprise. 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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », le mode

Tableau opérationnel

Phénomènes / sections:	7 — Instrumentation, observabilité et qualité des données ; 8 — Pannes propres au phénomène et récupération
Relation à relire:	Utilisation = heures_planifiées / heures_disponibles
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. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.

Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir**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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », 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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir » 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 $8\text{ h} - 6,5\text{ h} = 1,5\text{ h}$ non allouée 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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », 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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir » combine simulations analogues, scénarios de communication retardée, mesures de performance et débriefs structurés. 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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », 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:	Utilisation = heures_planifiées / heures_disponibles
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.

Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir**12 — Exercice de décision**

Situation : reprenez « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir » 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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir » 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 « Fatigue et charge de travail : planifier une mission que l'humain peut réellement tenir », 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 — Human Performance and Error, NASA-STD-3001 Volume 2 - <https://www.nasa.gov/reference/5-0-human-performance-and-error-vol-2/>

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

NASA — CHAPEA Mission 2 - <https://www.nasa.gov/humans-in-space/chapea/chapea-mission-2/>

NASA NTRS — Sleep Loss, Circadian Desynchronization and Work Overload - <https://ntrs.nasa.gov/citations/20160003864>

NASA — Human Performance and Error, NASA-STD-3001 Volume 2 - <https://www.nasa.gov/reference/5-0-human-performance-and-error-vol-2/>

NASA — 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:	Utilisation = heures_planifiées / heures_disponibles
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.