

Leadership, CRM spatial et performance d'équipage

Former une petite équipe isolée à communiquer, décider, se contredire utilement, gérer fatigue et conflit, redistribuer la charge et conserver une conscience de situation commune.

Comprendre le problème avant les équations

Question de départ — Leadership, CRM spatial et performance d'équipage: comment « Comprendre avant de calculer » agit-il sur « CRM », et quel repère issu de « conscience de situation » permet de vérifier la décision?

Intuition. Après dix heures d'opérations, l'équipage doit décider s'il poursuit une activité extérieure alors que fatigue, météo et plusieurs signaux faibles se combinent.

1

Comprendre avant de calculer

Après dix heures d'opérations, l'équipage doit décider s'il poursuit une activité extérieure alors que fatigue, météo et plusieurs signaux faibles se combinent.

2

CRM

Définition sans prérequis.

3

conscience de situation

Définition sans prérequis.

Repère concret. Après dix heures d'opérations, l'équipage doit décider s'il poursuit une activité extérieure alors que fatigue, météo et plusieurs signaux faibles se combinent.

- Comprendre avant de calculer — Après dix heures d'opérations, l'équipage doit décider s'il poursuit une activité extérieure alors que fatigue, météo et plusieurs signaux faibles se combinent.
- CRM — Définition sans prérequis.
- conscience de situation — Définition sans prérequis.

Repères avant de commencer: modules 00 à 34 recommandés selon le sujet. Si une notion antérieure devient bloquante pour « Leadership, CRM spatial et performance d'équipage », son rôle est rappelé dans le raisonnement plutôt que supposé connu.

RAMPE ZÉRO PRÉREQUIS · MODULE 40

Comprendre avant de calculer

Après dix heures d'opérations, l'équipage doit décider s'il poursuit une activité extérieure alors que **fatigue**, météo et plusieurs signaux faibles se combinent.

Progression du module — CRM; conscience de situation; fatigue; leadership.

CRM

Définition sans prérequis. Le Crew Resource Management regroupe des pratiques de communication, décision, leadership, conscience de situation et gestion des ressources humaines visant à réduire les erreurs d'équipe.

Scène concrète. Un membre junior doit pouvoir signaler une incohérence à un commandant sans que la hiérarchie bloque l'information.

Contrôle mental. Dans un scénario ambigu, plusieurs équipiers doivent pouvoir exprimer un doute et construire une image commune; si l'autorité empêche la remontée d'information, le [CRM](#) est défaillant.

Piège à éviter. CRM ne signifie pas rechercher le consensus permanent: certaines situations exigent une décision rapide avec rôles explicites.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « [crm](#) » peut réduire la qualité des décisions collectives précisément au moment où fatigue, ambiguïté et [pression](#) temporelle sont maximales.

Exercice guidé — CRM

Situation à reconnaître. Un membre junior doit pouvoir signaler une incohérence à un commandant sans que la hiérarchie bloque l'information.

Vérification demandée. Dans un scénario ambigu, plusieurs équipiers doivent pouvoir exprimer un doute et construire une image commune; si l'autorité empêche la remontée d'information, le CRM est défaillant.

Erreur à écarter. CRM ne signifie pas rechercher le consensus permanent: certaines situations exigent une décision rapide avec rôles explicites.

Corrigé raisonné

Sens précis

Le Crew Resource Management regroupe des pratiques de communication, décision, leadership, conscience de situation et gestion des ressources humaines visant à réduire les erreurs d'équipe.

Test du cas

Dans un scénario ambigu, plusieurs équipiers doivent pouvoir exprimer un doute et construire une image commune; si l'autorité empêche la remontée d'information, le CRM est défaillant.

Piège exclu

CRM ne signifie pas rechercher le consensus permanent: certaines situations exigent une décision rapide avec rôles explicites.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « [crm](#) » peut réduire la qualité des décisions collectives précisément au moment où fatigue, ambiguïté et [pression](#) temporelle sont maximales.

Termes du corrigé. [observation](#)

Quantification

CRM: relation qualitative ici; aucune unité intrinsèque.

Vérification

CRM: confronter conclusion, contrôle et piège de la carte.

conscience de situation

Définition sans prérequis. La [conscience de situation](#) combine [perception](#) de ce qui se passe, compréhension de sa signification et anticipation de l'évolution probable.

Scène concrète. Savoir qu'une pression baisse est un niveau; comprendre qu'une fuite progresse et prévoir le temps avant seuil critique est un niveau supérieur.

Contrôle mental. Demandez à chaque opérateur ce qui se passe, ce qui va probablement se passer ensuite et ce qui pourrait mal tourner; des réponses incompatibles signalent une image opérationnelle fragmentée.

Piège à éviter. Accumuler davantage d'écrans ne garantit pas une meilleure conscience de situation si l'information n'est pas priorisée.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « [conscience de situation](#) » peut réduire la qualité des décisions collectives précisément au moment où fatigue, ambiguïté et [pression](#) temporelle sont maximales.

Exercice guidé — conscience de situation

Situation à reconnaître. Savoir qu'une pression baisse est un niveau; comprendre qu'une fuite progresse et prévoir le temps avant seuil critique est un niveau supérieur.

Vérification demandée. Demandez à chaque opérateur ce qui se passe, ce qui va probablement se passer ensuite et ce qui pourrait mal tourner; des réponses incompatibles signalent une image opérationnelle fragmentée.

Erreur à écarter. Accumuler davantage d'écrans ne garantit pas une meilleure conscience de situation si l'information n'est pas priorisée.

Corrigé raisonné

Sens précis

La conscience de situation combine perception de ce qui se passe, compréhension de sa signification et anticipation de l'évolution probable.

Test du cas

Demandez à chaque opérateur ce qui se passe, ce qui va probablement se passer ensuite et ce qui pourrait mal tourner; des réponses incompatibles signalent une image opérationnelle fragmentée.

Piège exclu

Accumuler davantage d'écrans ne garantit pas une meilleure conscience de situation si l'information n'est pas priorisée.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « conscience de situation » peut réduire la qualité des décisions collectives précisément au moment où fatigue, ambiguïté et pression temporelle sont maximales.

Quantification

conscience de situation: relation qualitative ici; aucune unité intrinsèque.

Vérification

conscience de situation: confronter conclusion, contrôle et piège de la carte.

fatigue

Définition sans prérequis. La **fatigue** réduit vigilance, vitesse de réaction, mémoire de travail et qualité de décision. Elle peut être aiguë après une longue **période** d'éveil ou cumulative après plusieurs nuits insuffisantes.

Scène concrète. Une tâche simple devient plus risquée lorsqu'elle est effectuée à la fin d'une longue **EVA**.

Contrôle mental. Une dette de sommeil croissante doit être traitée comme un risque de performance même si la personne se déclare « habituée »; cherchez erreurs, temps de réaction et récupération objective.

Piège à éviter. La motivation ne supprime pas les effets physiologiques de la fatigue; elle peut même pousser à sous-estimer la dégradation.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « **fatigue** » peut réduire la qualité des décisions collectives précisément au moment où fatigue, ambiguïté et pression temporelle sont maximales.

Exercice guidé — fatigue

Situation à reconnaître. Une tâche simple devient plus risquée lorsqu'elle est effectuée à la fin d'une longue EVA.

Vérification demandée. Une dette de sommeil croissante doit être traitée comme un risque de performance même si la personne se déclare « habituée »; cherchez erreurs, temps de réaction et récupération objective.

Erreur à écarter. La motivation ne supprime pas les effets physiologiques de la fatigue; elle peut même pousser à sous-estimer la dégradation.

Corrigé raisonné

Sens précis

La fatigue réduit vigilance, vitesse de réaction, mémoire de travail et qualité de décision. Elle peut être aiguë après une longue période d'éveil ou cumulative après plusieurs nuits insuffisantes.

Test du cas

Une dette de sommeil croissante doit être traitée comme un risque de performance même si la personne se déclare « habituée »; cherchez erreurs, temps de réaction et récupération objective.

Piège exclu

La motivation ne supprime pas les effets physiologiques de la fatigue; elle peut même pousser à sous-estimer la dégradation.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « fatigue » peut réduire la qualité des décisions collectives précisément au moment où fatigue, ambiguïté et pression temporelle sont maximales.

Termes du corrigé. **vérification**

Quantification

fatigue: relation qualitative ici; aucune unité intrinsèque.

Vérification

fatigue: confronter conclusion, contrôle et piège de la carte.

leadership

Définition sans prérequis. Le **leadership** opérationnel organise priorités, rôles, communication et décisions afin que l'équipe atteigne l'objectif sans perdre la sécurité.

Scène concrète. Un commandant peut déléguer l'analyse technique tout en conservant la décision finale et en explicitant les critères.

Contrôle mental. Le contrôle n'est pas la quantité d'autorité exercée mais la qualité de la décision: objectifs clairs, information contradictoire autorisée, délégation et réévaluation lorsque les faits changent.

Piège à éviter. Un leadership trop centralisé peut ralentir l'information; un leadership trop diffus peut laisser une décision critique sans responsable.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « **leadership** » peut réduire la qualité des décisions collectives précisément au moment où fatigue, ambiguïté et pression temporelle sont maximales.

Exercice guidé — leadership

Situation à reconnaître. Un commandant peut déléguer l'analyse technique tout en conservant la décision finale et en explicitant les critères.

Vérification demandée. Le contrôle n'est pas la quantité d'autorité exercée mais la qualité de la décision: objectifs clairs, information contradictoire autorisée, délégation et réévaluation lorsque les faits changent.

Erreur à écarter. Un leadership trop centralisé peut ralentir l'information; un leadership trop diffus peut laisser une décision critique sans responsable.

Corrigé raisonné

Sens précis

Le leadership opérationnel organise priorités, rôles, communication et décisions afin que l'équipe atteigne l'objectif sans perdre la sécurité.

Test du cas

Le contrôle n'est pas la quantité d'autorité exercée mais la qualité de la décision: objectifs clairs, information contradictoire autorisée, délégation et réévaluation lorsque les faits changent.

Piège exclu

Un leadership trop centralisé peut ralentir l'information; un leadership trop diffus peut laisser une décision critique sans responsable.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « leadership » peut réduire la qualité des décisions collectives précisément au moment où fatigue, ambiguïté et pression temporelle sont maximales.

Quantification

leadership: relation qualitative ici; aucune unité intrinsèque.

Vérification

leadership: confronter conclusion, contrôle et piège de la carte.

Étude intégrée — Leadership, CRM spatial et performance d'équipage

Situation à analyser. Après dix heures d'opérations, l'équipage doit décider s'il poursuit une activité extérieure alors que fatigue, météo et plusieurs signaux faibles se combinent.

- **CRM:** Un membre junior doit pouvoir signaler une incohérence à un commandant sans que la hiérarchie bloque l'information. Contrôle attendu: Dans un scénario ambigu, plusieurs équipiers doivent pouvoir exprimer un doute et construire une image commune; si l'autorité empêche la remontée d'information, le CRM est défaillant.
- **conscience de situation:** Savoir qu'une pression baisse est un niveau; comprendre qu'une fuite progresse et prévoir le temps avant seuil critique est un niveau supérieur. Contrôle attendu: Demandez à chaque opérateur ce qui se passe, ce qui va probablement se passer ensuite et ce qui pourrait mal tourner; des réponses incompatibles signalent une image opérationnelle fragmentée.
- **fatigue:** Une tâche simple devient plus risquée lorsqu'elle est effectuée à la fin d'une longue EVA. Contrôle attendu: Une dette de sommeil croissante doit être traitée comme un risque de performance même si la personne se déclare « habituée »; cherchez erreurs, temps de réaction et récupération objective.
- **leadership:** Un commandant peut déléguer l'analyse technique tout en conservant la décision finale et en explicitant les critères. Contrôle attendu: Le contrôle n'est pas la quantité d'autorité exercée mais la qualité de la décision: objectifs clairs, information contradictoire autorisée, délégation et réévaluation lorsque les faits changent.

Le diagnostic ne doit pas confondre « CRM » et « conscience de situation ». Le premier se reconnaît ici par le cas suivant: Un membre junior doit pouvoir signaler une incohérence à un commandant sans que la hiérarchie bloque l'information. Le second doit être contrôlé autrement: Demandez à chaque opérateur ce qui se passe, ce qui va probablement se passer ensuite et ce qui pourrait mal tourner; des réponses incompatibles signalent une image opérationnelle fragmentée.

Une seconde vérification croise « fatigue » et « leadership ». Gardez comme alerte « La motivation ne supprime pas les effets physiologiques de la fatigue; elle peut même pousser à sous-estimer la dégradation. »; pour « leadership », utilisez plutôt ce test: Le contrôle n'est pas la quantité d'autorité exercée mais la qualité de la décision: objectifs clairs, information contradictoire autorisée, délégation et réévaluation lorsque les faits changent.

Exercice de synthèse

Dans la situation de « Leadership, CRM spatial et performance d'équipage », classez les indices selon « CRM » (Dans un scénario ambigu, plusieurs équipiers doivent pouvoir exprimer un doute et construire une image commune; si l'autorité empêche la remontée d'information, le CRM est défaillant.), « conscience de situation » (Demandez à chaque opérateur ce qui se passe, ce qui va probablement se passer ensuite et ce qui pourrait mal tourner; des réponses incompatibles signalent une image opérationnelle fragmentée.), « fatigue » (Une dette de sommeil croissante doit être traitée comme un risque de performance même si la personne se déclare « habituée »; cherchez erreurs, temps de réaction et récupération objective.), « leadership » (Le contrôle n'est pas la quantité d'autorité exercée mais la qualité de la décision: objectifs clairs, information contradictoire autorisée, délégation et réévaluation lorsque les faits changent.) Décision suspendue si un contrôle échoue.

Corrigé de synthèse

Pour CRM, Dans ce module, une erreur sur « crm » peut réduire la qualité des décisions collectives précisément au moment où fatigue, ambiguïté et pression temporelle sont maximales. Le garde-fou principal est: CRM ne signifie pas rechercher le consensus permanent: certaines situations exigent une décision rapide avec rôles explicites. Pour conscience de situation, Dans ce module, une erreur sur « conscience de situation » peut réduire la qualité des décisions collectives précisément au moment où fatigue, ambiguïté et pression temporelle sont maximales. Le garde-fou principal est: Accumuler davantage d'écrans ne garantit pas une meilleure conscience de situation si l'information n'est pas priorisée. Pour fatigue, Dans ce module, une erreur sur « fatigue » peut réduire la qualité des décisions collectives précisément au moment où fatigue, ambiguïté et pression temporelle sont maximales. Le garde-fou principal est: La motivation ne supprime pas les effets physiologiques de la fatigue; elle peut même pousser à sous-estimer la dégradation. Pour leadership, Dans ce module, une erreur sur « leadership » peut réduire la qualité des décisions collectives précisément au moment où fatigue, ambiguïté et pression temporelle sont maximales. Le garde-fou principal est: Un leadership trop centralisé peut ralentir l'information; un leadership trop diffus peut laisser une décision critique sans responsable.

Mini-leçons quantitatives canoniques

Ce bloc constitue la référence quantitative du module; les valeurs d'exercice sont pédagogiques et doivent être remplacées par les données de mission avant toute décision réelle.

Marge de charge de travail équipe

$$M_{\text{team}} = C_{\text{available}} - W_{\text{required}}$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $M_{\text{team}} = C_{\text{available}} - W_{\text{required}}$ » dans « Marge de charge de travail équipe » ?

2 — Intuition sans symboles

La performance collective exige de comparer le travail demandé à la capacité réellement disponible.

3 — Grandeurs

M_{team} : marge de capacité de l'équipe [personne-h]; $C_{\text{available}}$: capacité réellement disponible [personne-h];

W_{required} : charge de travail requise [personne-h]

4 — Formule

$$M_{\text{team}} = C_{\text{available}} - W_{\text{required}}$$

5 — Lecture

Lire « $M_{\text{team}} = C_{\text{available}} - W_{\text{required}}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

M_{team} : marge de capacité de l'équipe [personne-h]; $C_{\text{available}}$: capacité réellement disponible [personne-h];

W_{required} : charge de travail requise [personne-h]

7 — Prononciation

Dire explicitement les indices, puissances, parenthèses et lettres grecques afin de reconstruire la relation sans voir la page.

8 — Unités

M_{team} [personne-h]; $C_{available}$ [personne-h]; $W_{required}$ [personne-h]

9 — Convention

Conserver le même repère, la même base de temps, la même frontière de système et la même convention de signe pendant toute la substitution.

10 — Pourquoi cette opération

La soustraction isole une marge ou un écart entre deux états comparables.

11 — Hypothèses

Les termes doivent partager le même repère et la même unité.

12 — Contrôle indépendant

Réadditionner la marge au terme retranché doit reconstruire l'état initial.

13 — Cas numérique

Avec $C_{available} = 24$ personne-h, $W_{required} = 20$ personne-h: $M_{team} = 24 - 20 = 4$ personne-h.

14 — Pourquoi le calcul fonctionne

La soustraction isole une marge ou un écart entre deux états comparables.

15 — Vérification

Réadditionner la marge au terme retranché doit reconstruire l'état initial.

16 — Estimation mentale

Comparer les deux termes permet de prévoir le signe avant calcul.

17 — Interprétation

Une marge négative impose de supprimer, différer, automatiser ou réaffecter du travail.

18 — Ce que le résultat ne prouve pas

Le calcul ne prouve ni que les entrées sont exactes ni que le modèle reste valide hors du scénario annoncé; ces deux points exigent des preuves séparées.

19 — Sensibilité

Le résultat se déplace directement quand l'un des deux termes varie.

20 — Exercices guidé et autonome

Exercice guidé. Recalculez ce scénario: Avec $C_{available} = 21$ personne-h, $W_{required} = 24$ personne-h: $M_{team} = 21 - 24$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $C_{available} = 21$ personne-h, $W_{required} = 24$ personne-h: $M_{team} = 21 - 24 = -3$ personne-h. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $C_{available} = 32$ personne-h, $W_{required} = 27$ personne-h: $M_{team} = 32 - 27$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $C_{available} = 32$ personne-h, $W_{required} = 27$ personne-h: $M_{team} = 32 - 27 = 5$ personne-h. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Une marge négative impose de supprimer, différer, automatiser ou réaffecter du travail.

Temps de boucle de communication

$$T_{comm} = N_{calls} \times t_{loop}$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $T_{comm} = N_{calls} \times t_{loop}$ » dans « Temps de boucle de communication » ?

2 — Intuition sans symboles

De petites boucles répétées peuvent consommer une part significative d'une fenêtre d'opération.

3 — Grandeurs

T_{comm} : temps total consacré aux appels critiques [s]; N_{calls} : nombre d'appels [appels]; t_{loop} : durée moyenne d'un appel [s/appe]

4 — Formule

$$T_{\text{comm}} = N_{\text{calls}} \times t_{\text{loop}}$$

5 — Lecture

Lire « $T_{\text{comm}} = N_{\text{calls}} \times t_{\text{loop}}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

T_{comm} : temps total consacré aux appels critiques [s]; N_{calls} : nombre d'appels [appels]; t_{loop} : durée moyenne d'un appel [s/appel]

7 — Prononciation

Dire explicitement les indices, puissances, parenthèses et lettres grecques afin de reconstruire la relation sans voir la page.

8 — Unités

T_{comm} [s]; N_{calls} [appels]; t_{loop} [s/appel]

9 — Convention

Conserver le même repère, la même base de temps, la même frontière de système et la même convention de signe pendant toute la substitution.

10 — Pourquoi cette opération

La multiplication transforme un taux, une fraction ou une grandeur spécifique en quantité totale.

11 — Hypothèses

Les facteurs doivent appartenir au même scénario et leurs unités doivent se combiner correctement.

12 — Contrôle indépendant

Diviser le résultat par un facteur non nul doit retrouver le produit des autres.

13 — Cas numérique

Avec $N_{\text{calls}} = 18$ appels, $t_{\text{loop}} = 12$ s/appel: $T_{\text{comm}} = 18 \times 12 = 216$ s.

14 — Pourquoi le calcul fonctionne

La multiplication transforme un taux, une fraction ou une grandeur spécifique en quantité totale.

15 — Vérification

Diviser le résultat par un facteur non nul doit retrouver le produit des autres.

16 — Estimation mentale

Estimer séparément chaque facteur donne rapidement l'ordre de grandeur du produit.

17 — Interprétation

Limiter les appels non essentiels quand le temps de coordination menace la tâche primaire.

18 — Ce que le résultat ne prouve pas

Le calcul ne prouve ni que les entrées sont exactes ni que le modèle reste valide hors du scénario annoncé; ces deux points exigent des preuves séparées.

19 — Sensibilité

Une variation relative d'un facteur se transmet directement au produit si les autres restent constants.

20 — Exercices guidé et autonome

Exercice guidé. Recalculez ce scénario: Avec $N_{\text{calls}} = 24$ appels, $t_{\text{loop}} = 9$ s/appel: $T_{\text{comm}} = 24 \times 9$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $N_{\text{calls}} = 24$ appels, $t_{\text{loop}} = 9$ s/appel: $T_{\text{comm}} = 24 \times 9 = 216$ s. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $N_{\text{calls}} = 10$ appels, $t_{\text{loop}} = 20$ s/appel: $T_{\text{comm}} = 10 \times 20$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $N_{\text{calls}} = 10$ appels, $t_{\text{loop}} = 20$ s/appel: $T_{\text{comm}} = 10 \times 20 = 200$ s. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Limiter les appels non essentiels quand le temps de coordination menace la tâche primaire.

Temps planifié avec marge

$$T_{\text{plan}} = N_{\text{tasks}} \times t_{\text{task}} \times (1 + m_{\text{margin}})$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $T_{\text{plan}} = N_{\text{tasks}} \times t_{\text{task}} \times (1 + m_{\text{margin}})$ » dans « Temps planifié avec marge » ?

2 — Intuition sans symboles

Une séquence réaliste doit inclure une marge au-delà du temps nominal des tâches.

3 — Grandeurs

T_plan: temps planifié total [min]; N_tasks: nombre de tâches [tâches]; t_task: durée moyenne par tâche [min/tâche]; m_margin: marge fractionnaire [sans dimension]

4 — Formule

$T_{\text{plan}} = N_{\text{tasks}} \times t_{\text{task}} \times (1 + m_{\text{margin}})$

5 — Lecture

Lire « $T_{\text{plan}} = N_{\text{tasks}} \times t_{\text{task}} \times (1 + m_{\text{margin}})$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

T_plan: temps planifié total [min]; N_tasks: nombre de tâches [tâches]; t_task: durée moyenne par tâche [min/tâche]; m_margin: marge fractionnaire [sans dimension]

7 — Prononciation

Dire explicitement les indices, puissances, parenthèses et lettres grecques afin de reconstruire la relation sans voir la page.

8 — Unités

T_plan [min]; N_tasks [tâches]; t_task [min/tâche]; m_margin [sans dimension]

9 — Convention

Conserver le même repère, la même base de temps, la même frontière de système et la même convention de signe pendant toute la substitution.

10 — Pourquoi cette opération

La relation traduit le mécanisme du système en une quantité vérifiable par substitution numérique.

11 — Hypothèses

Toutes les entrées doivent être cohérentes en unité, repère, durée et scénario.

12 — Contrôle indépendant

Une seconde méthode ou la relation inverse doit retrouver le même ordre de grandeur.

13 — Cas numérique

Avec $N_{\text{tasks}} = 12$ tâches, $t_{\text{task}} = 2.25$ min/tâche, $m_{\text{margin}} = 0.25$ sans dimension: $T_{\text{plan}} = 12 \times 2.25 \times (1 + 0.25) = 33.75$ min.

14 — Pourquoi le calcul fonctionne

La relation traduit le mécanisme du système en une quantité vérifiable par substitution numérique.

15 — Vérification

Une seconde méthode ou la relation inverse doit retrouver le même ordre de grandeur.

16 — Estimation mentale

Une estimation avant calcul permet de détecter les erreurs de signe, d'unité ou de facteur.

17 — Interprétation

Refuser un plan dont le temps avec marge dépasse la fenêtre réellement disponible.

18 — Ce que le résultat ne prouve pas

Le calcul ne prouve ni que les entrées sont exactes ni que le modèle reste valide hors du scénario annoncé; ces deux points exigent des preuves séparées.

19 — Sensibilité

Faire varier une entrée à la fois révèle la variable qui pilote le plus la décision.

20 — Exercices guidé et autonome

Exercice guidé. Recalculez ce scénario: Avec $N_{\text{tasks}} = 8$ tâches, $t_{\text{task}} = 4$ min/tâche, $m_{\text{margin}} = 0.2$ sans dimension: $T_{\text{plan}} = 8 \times 4 \times (1 + 0.2)$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $N_{\text{tasks}} = 8$ tâches, $t_{\text{task}} = 4$ min/tâche, $m_{\text{margin}} = 0.2$ sans dimension: $T_{\text{plan}} = 8 \times 4 \times (1 + 0.2) = 38.4$ min. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $N_{\text{tasks}} = 15$ tâches, $t_{\text{task}} = 1.5$ min/tâche, $m_{\text{margin}} = 0.3$ sans dimension: $T_{\text{plan}} = 15 \times 1.5 \times (1 + 0.3)$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $N_{\text{tasks}} = 15$ tâches, $t_{\text{task}} = 1.5$ min/tâche, $m_{\text{margin}} = 0.3$ sans dimension: $T_{\text{plan}} = 15 \times 1.5 \times (1 + 0.3) = 29.25$ min. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Refuser un plan dont le temps avec marge dépasse la fenêtre réellement disponible.

Utilisation de capacité équipage

$$U_{\text{crew}} = W_{\text{required}} / C_{\text{available}}$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $U_{\text{crew}} = W_{\text{required}} / C_{\text{available}}$ » dans « Utilisation de capacité équipage » ?

2 — Intuition sans symboles

L'utilisation indique quelle fraction de la capacité humaine disponible est déjà engagée.

3 — Grandeurs

U_{crew} : fraction de capacité utilisée [sans dimension]; W_{required} : charge de travail requise [personne-h];

$C_{\text{available}}$: capacité disponible [personne-h]

4 — Formule

$$U_{\text{crew}} = W_{\text{required}} / C_{\text{available}}$$

5 — Lecture

Lire « $U_{\text{crew}} = W_{\text{required}} / C_{\text{available}}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

U_{crew} : fraction de capacité utilisée [sans dimension]; W_{required} : charge de travail requise [personne-h];

$C_{\text{available}}$: capacité disponible [personne-h]

7 — Prononciation

Dire explicitement les indices, puissances, parenthèses et lettres grecques afin de reconstruire la relation sans voir la page.

8 — Unités

U_{crew} [sans dimension]; W_{required} [personne-h]; $C_{\text{available}}$ [personne-h]

9 — Convention

Conserver le même repère, la même base de temps, la même frontière de système et la même convention de signe pendant toute la substitution.

10 — Pourquoi cette opération

La division rapporte une quantité à une capacité, une durée ou une référence cohérente.

11 — Hypothèses

Numérateur et dénominateur doivent décrire le même scénario et le dénominateur doit rester positif.

12 — Contrôle indépendant

Multiplier le résultat par le dénominateur doit reconstruire le numérateur.

13 — Cas numérique

Avec $W_{\text{required}} = 20$ personne-h, $C_{\text{available}} = 24$ personne-h: $U_{\text{crew}} = 20 / 24 = 0.8333$.

14 — Pourquoi le calcul fonctionne

La division rapporte une quantité à une capacité, une durée ou une référence cohérente.

15 — Vérification

Multiplier le résultat par le dénominateur doit reconstruire le numérateur.

16 — Estimation mentale

Comparer les ordres de grandeur du numérateur et du dénominateur permet d'anticiper le résultat.

17 — Interprétation

Une utilisation proche de un laisse peu de place aux interruptions et anomalies.

18 — Ce que le résultat ne prouve pas

Le calcul ne prouve ni que les entrées sont exactes ni que le modèle reste valide hors du scénario annoncé; ces deux points exigent des preuves séparées.

19 — Sensibilité

Le résultat augmente avec le numérateur et diminue quand le dénominateur augmente.

20 — Exercices guidé et autonome

Exercice guidé. Recalculez ce scénario: Avec $W_{\text{required}} = 22$ personne-h, $C_{\text{available}} = 24$ personne-h: $U_{\text{crew}} = 22 / 24$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $W_{\text{required}} = 22$ personne-h, $C_{\text{available}} = 24$ personne-h: $U_{\text{crew}} = 22 / 24 = 0.9167$. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $W_{\text{required}} = 16$ personne-h, $C_{\text{available}} = 20$ personne-h: $U_{\text{crew}} = 16 / 20$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $W_{\text{required}} = 16$ personne-h, $C_{\text{available}} = 20$ personne-h: $U_{\text{crew}} = 16 / 20 = 0.8$. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Une utilisation proche de un laisse peu de place aux interruptions et anomalies.

Complétude de passation

$$C_{\text{handover}} = N_{\text{transferred}} / N_{\text{required}}$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $C_{\text{handover}} = N_{\text{transferred}} / N_{\text{required}}$ » dans « Complétude de passation » ?

2 — Intuition sans symboles

Une relève sûre dépend moins de la quantité de paroles que de la transmission des éléments requis.

3 — Grandeurs

C_{handover} : fraction d'éléments de passation transmis [sans dimension]; $N_{\text{transferred}}$: éléments réellement transmis [éléments]; N_{required} : éléments requis [éléments]

4 — Formule

$$C_{\text{handover}} = N_{\text{transferred}} / N_{\text{required}}$$

5 — Lecture

Lire « $C_{\text{handover}} = N_{\text{transferred}} / N_{\text{required}}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

C_{handover} : fraction d'éléments de passation transmis [sans dimension]; $N_{\text{transferred}}$: éléments réellement transmis [éléments]; N_{required} : éléments requis [éléments]

7 — Prononciation

Dire explicitement les indices, puissances, parenthèses et lettres grecques afin de reconstruire la relation sans voir la page.

8 — Unités

C_{handover} [sans dimension]; $N_{\text{transferred}}$ [éléments]; N_{required} [éléments]

9 — Convention

Conserver le même repère, la même base de temps, la même frontière de système et la même convention de signe pendant toute la substitution.

10 — Pourquoi cette opération

La division rapporte une quantité à une capacité, une durée ou une référence cohérente.

11 — Hypothèses

Numérateur et dénominateur doivent décrire le même scénario et le dénominateur doit rester positif.

12 — Contrôle indépendant

Multiplier le résultat par le dénominateur doit reconstruire le numérateur.

13 — Cas numérique

Avec $N_{\text{transferred}} = 19$ éléments, $N_{\text{required}} = 20$ éléments: $C_{\text{handover}} = 19 / 20 = 0.95$.

14 — Pourquoi le calcul fonctionne

La division rapporte une quantité à une capacité, une durée ou une référence cohérente.

15 — Vérification

Multiplier le résultat par le dénominateur doit reconstruire le numérateur.

16 — Estimation mentale

Comparer les ordres de grandeur du numérateur et du dénominateur permet d'anticiper le résultat.

17 — Interprétation

Toute omission critique doit être fermée avant de considérer la passation complète.

18 — Ce que le résultat ne prouve pas

Le calcul ne prouve ni que les entrées sont exactes ni que le modèle reste valide hors du scénario annoncé; ces deux points exigent des preuves séparées.

19 — Sensibilité

Le résultat augmente avec le numérateur et diminue quand le dénominateur augmente.

20 — Exercices guidé et autonome

Exercice guidé. Recalculez ce scénario: Avec $N_{\text{transferred}} = 24$ éléments, $N_{\text{required}} = 24$ éléments: $C_{\text{handover}} = 24 / 24$?

[Correction guidée détaillée — ouvrir après essai](#)

Avec $N_{\text{transferred}} = 24$ éléments, $N_{\text{required}} = 24$ éléments: $C_{\text{handover}} = 24 / 24 = 1$. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $N_{\text{transferred}} = 17$ éléments, $N_{\text{required}} = 20$ éléments: $C_{\text{handover}} = 17 / 20$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $N_{\text{transferred}} = 17$ éléments, $N_{\text{required}} = 20$ éléments: $C_{\text{handover}} = 17 / 20 = 0.85$. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Toute omission critique doit être fermée avant de considérer la passation complète.

Marge de fenêtre opérationnelle

$B_{\text{task}} = T_{\text{window}} - T_{\text{required}}$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $B_{\text{task}} = T_{\text{window}} - T_{\text{required}}$ » dans « Marge de fenêtre opérationnelle » ?

2 — Intuition sans symboles

Le planning est robuste seulement s'il conserve du temps réellement libre après les tâches prévues.

3 — Grandeurs

B_{task} : marge restante dans la fenêtre [min]; T_{window} : fenêtre disponible [min]; T_{required} : temps requis par le plan [min]

4 — Formule

$B_{\text{task}} = T_{\text{window}} - T_{\text{required}}$

5 — Lecture

Lire « $B_{\text{task}} = T_{\text{window}} - T_{\text{required}}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

B_{task} : marge restante dans la fenêtre [min]; T_{window} : fenêtre disponible [min]; T_{required} : temps requis par le plan [min]

7 — Prononciation

Dire explicitement les indices, puissances, parenthèses et lettres grecques afin de reconstruire la relation sans voir la page.

8 — Unités

B_{task} [min]; T_{window} [min]; T_{required} [min]

9 — Convention

Conserver le même repère, la même base de temps, la même frontière de système et la même convention de signe pendant toute la substitution.

10 — Pourquoi cette opération

La soustraction isole une marge ou un écart entre deux états comparables.

11 — Hypothèses

Les termes doivent partager le même repère et la même unité.

12 — Contrôle indépendant

Réadditionner la marge au terme retranché doit reconstruire l'état initial.

13 — Cas numérique

Avec $T_{\text{window}} = 90$ min, $T_{\text{required}} = 72$ min: $B_{\text{task}} = 90 - 72 = 18$ min.

14 — Pourquoi le calcul fonctionne

La soustraction isole une marge ou un écart entre deux états comparables.

15 — Vérification

Réadditionner la marge au terme retranché doit reconstruire l'état initial.

16 — Estimation mentale

Comparer les deux termes permet de prévoir le signe avant calcul.

17 — Interprétation

Une marge trop faible impose de simplifier le plan avant d'entrer dans la phase critique.

18 — Ce que le résultat ne prouve pas

Le calcul ne prouve ni que les entrées sont exactes ni que le modèle reste valide hors du scénario annoncé; ces deux points exigent des preuves séparées.

19 — Sensibilité

Le résultat se déplace directement quand l'un des deux termes varie.

20 — Exercices guidé et autonome

Exercice guidé. Recalculez ce scénario: Avec $T_{\text{window}} = 60$ min, $T_{\text{required}} = 58$ min: $B_{\text{task}} = 60 - 58$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $T_{\text{window}} = 60$ min, $T_{\text{required}} = 58$ min: $B_{\text{task}} = 60 - 58 = 2$ min. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $T_{\text{window}} = 120$ min, $T_{\text{required}} = 95$ min: $B_{\text{task}} = 120 - 95$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $T_{\text{window}} = 120$ min, $T_{\text{required}} = 95$ min: $B_{\text{task}} = 120 - 95 = 25$ min. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Une marge trop faible impose de simplifier le plan avant d'entrer dans la phase critique.

Progression de maîtrise

1. CRM: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
2. conscience de situation: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
3. fatigue: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
4. leadership: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
5. Synthèse de « Leadership, CRM spatial et performance d'équipage »: confrontez « CRM » à « conscience de situation »; choisissez le contrôle prioritaire.

Vérification de maîtrise

Validation 40 — CRM, conscience de situation, fatigue, leadership. Pour chaque notion: un indice et un contrôle.

Objectifs de maîtrise

- Construire une chaîne cause → observation → mesure pour « Comprendre avant de calculer ».
- Refaire manuellement la vérification la plus utile à « CRM ».
- Décrire la panne, l'incertitude ou la limite qui menace « conscience de situation ».
- Expliquer comment « fatigue » modifie l'architecture ou les opérations.

1. Une équipe compétente peut échouer par mauvaise coordination

Six excellents spécialistes ne forment pas automatiquement une excellente équipe. Une information mal transmise, une hiérarchie trop rigide ou une fatigue non signalée peut annuler la compétence technique. Le CRM spatial traite communication, décision et coopération comme des compétences entraînables.

2. Conscience de situation partagée

Chaque membre possède une partie de l'image: état du véhicule, météo, santé, énergie, activité scientifique. Une équipe robuste verbalise les changements importants et maintient une représentation commune de ce qui se passe, de ce qui va se passer et de ce qui pourrait mal tourner.

3. Leadership et followership

Le commandant ne doit ni tout décider seul ni abandonner la décision. Il fixe priorités, répartit les rôles et crée un climat où un spécialiste peut signaler un danger. Le followership est la capacité à soutenir la décision collective tout en contestant clairement une erreur potentielle.

4. Communication fermée et vérification

Pour les actions critiques, un ordre doit être entendu, reformulé puis confirmé. Cette [boucle fermée](#) réduit les erreurs de compréhension. Elle peut sembler lente, mais elle devient rapide avec l'entraînement et coûte moins de temps qu'une [procédure](#) exécutée sur la mauvaise vanne.

5. Fatigue, charge de travail et redistribution

Une équipe performante surveille qui approche de la saturation. Lorsque la charge augmente, elle simplifie les objectifs, redistribue les tâches et protège les fonctions vitales. La fatigue modifie attention et mémoire; elle doit donc être traitée comme une condition opérationnelle, pas comme une faiblesse morale.

6. Conflit utile et conflit destructeur

Le désaccord technique est précieux lorsqu'il porte sur les faits et reste orienté vers le problème. Le conflit devient dangereux lorsqu'il attaque les personnes, bloque l'échange ou crée des camps persistants. Les procédures de médiation et de retour d'expérience doivent être connues avant la crise.

7. Leadership distribué: l'expertise peut déplacer temporairement l'autorité pratique

Une équipe martienne possède une hiérarchie formelle, mais toutes les situations ne sont pas commandées efficacement par la même personne. Lors d'une panne électrique, l'expert [puissance](#) peut disposer de l'image technique la plus pertinente; lors d'une urgence médicale, le responsable clinique prend l'initiative sur son domaine. Le leadership distribué ne supprime pas la chaîne de commandement: il organise la manière dont celle-ci utilise l'expertise. Le commandant doit pouvoir déléguer clairement, fixer les limites de décision et reprendre la coordination globale lorsque plusieurs fonctions entrent en conflit. L'équipage doit aussi pratiquer le followership: signaler un risque, contester une hypothèse de façon professionnelle et exécuter une décision une fois l'arbitrage rendu.

8. Charge de travail, sommeil et erreurs: traiter la performance humaine comme une ressource

Une équipe peut disposer du meilleur matériel et dégrader pourtant sa sécurité par surcharge chronique. Sommeil insuffisant, succession d'alarmes, tâches interrompues et conflits de priorité réduisent attention et mémoire de travail. Le planning doit donc intégrer marges, rotations, périodes protégées et capacité de reporter une activité non critique. Les indicateurs ne doivent pas seulement mesurer les heures travaillées: il faut regarder accumulation de tâches, durée des périodes à forte intensité, erreurs répétées et besoin de [récupération](#). La fatigue n'est ni une faute morale ni une variable invisible; c'est une contrainte opérationnelle qui doit être gérée comme l'énergie, l'eau ou les consommables.

9. Débriefing après action: transformer une erreur d'équipe en connaissance commune

Après une simulation difficile, une EVA ou un incident, un débriefing efficace reconstruit les faits avant de distribuer les responsabilités. Qu'attendait l'équipe? Qu'a-t-elle observé? À quel moment les représentations mentales ont-elles divergé? Quelle communication a manqué? Quelles barrières ont fonctionné malgré tout? Le but est de modifier procédures, entraînement et interfaces, pas de produire un récit où une personne porte seule la faute. Cette pratique développe une mémoire collective et améliore la confiance: les membres savent qu'un signalement honnête servira à corriger le [système](#). Sur Mars, où une même

petite équipe accumule les expériences pendant des années, cette capacité d'apprentissage collectif devient une fonction de sûreté.

10. Exemple calculé: marge de charge d'équipe

Une EVA exige simultanément 14 tâches élémentaires par heure. Quatre personnes disponibles peuvent chacune gérer durablement 4 tâches/h, soit 16 tâches/h. La **marge** n'est que de $2/16 = 12,5 \%$. Si une personne devient indisponible, la capacité tombe à 12 tâches/h et le plan est surchargé. L'équipe doit alors supprimer ou différer au moins 2 tâches/h.

Étude de cas calculée: combien de temps réserver aux transmissions critiques?

HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Une équipe de six personnes planifie 12 transmissions critiques de responsabilité par sol. Chaque transmission fermée, avec message, répétition par le destinataire et confirmation, prend en **moyenne** 2,25 minutes.

On note N le nombre de transmissions, sans unité; t leur durée moyenne, en minutes; m la marge de planification, sans unité; T le temps total, en minutes.

$T = N \times t = 12 \times 2,25 = 27 \text{ min.}$ Avec une marge $m = 0,25$, $T_{\text{plan}} = T \times (1 + m) = 27 \times 1,25 = 33,75 \text{ min.}$

L'équipe réserve donc environ 34 minutes par sol. Ce calcul ne prouve pas qu'un **briefing** plus long réduit les erreurs: il montre seulement comment rendre visible le coût temporel d'une procédure CRM et comment lui conserver une marge quand le sol réel dérive du planning.

11. Exercice progressif

Simulez une panne électrique pendant laquelle le commandant propose une action et l'ingénieur énergie détecte un risque. Écrivez un échange court qui permet de contester la décision sans perdre le contrôle de l'équipe.

Correction raisonnée

Un échange CRM efficace pourrait être: « Commandant, objection sécurité: si nous réenclenchons maintenant, le bus B peut dépasser sa limite thermique. » — « Reçu. Donne le risque et l'alternative. » — « Je propose de maintenir le **délestage** trois minutes, confirmer la température des convertisseurs puis réenclencher par groupe. Si la température ne baisse pas, on reste en **configuration** refuge. » — « Approuvé. Tu conduis la vérification; opérations annonce la nouvelle séquence. » La contestation est courte, factuelle et associée à une option. Le commandant conserve l'autorité, mais l'expertise technique peut arrêter une décision avant qu'elle ne transforme une panne maîtrisable en perte de système.

Mini-projet

Concevoir un programme de formation d'équipage de six mois: communications, décisions, conflit, fatigue, handovers, simulations intégrées, débriefing et critères observables de performance collective.

Sources primaires et passerelles

- NASA NTRS — Space Flight Resource Management for ISS Operations
- NASA — Human Factors and Behavioral Performance
- NASA JSC — Crew & Operations Training

Matrice de parité FR ↔ EN

Marge de charge de travail équipe	Team workload margin
Temps de boucle de communication	Communication-loop time
Temps planifié avec marge	Planned task time with margin
Utilisation de capacité équipage	Crew capacity utilization
Complétude de passation	Handover completeness
Marge de fenêtre opérationnelle	Operational-window margin

Repères lexicaux du module. **état dégradé**