

Logistique martienne, inventaires, rechanges et stocks critiques

Gérer ce qui manque avant que cela ne manque: consommation, [pièces de rechange](#), [traçabilité](#), emballages, niveaux de stock, obsolescence et décisions de ravitaillement à délai interplanétaire.

Comprendre le problème avant les équations

Question de départ — Logistique martienne, inventaires, rechanges et stocks critiques: comment « Comprendre avant de calculer » agit-il sur « inventaire », et quel repère issu de « pièce critique » permet de vérifier la décision?

Intuition. La colonie possède des milliers de références. Une petite pièce bon marché peut arrêter un système vital si elle manque au mauvais moment.

1

Comprendre avant de calculer

La colonie possède des milliers de références.

2

inventaire

Définition sans prérequis.

3

pièce critique

Définition sans prérequis.

Repère concret. Un inventaire non mis à jour après prélèvement crée des décisions basées sur un stock fictif.

- Comprendre avant de calculer — La colonie possède des milliers de références.
- inventaire — Définition sans prérequis.
- pièce critique — Définition sans prérequis.

Ce module s'appuie sur modules 00 à 34 recommandés selon le sujet, mais il reste lisible isolément: les symboles déterminants pour logistique martienne, inventaires, rechanges et stocks critiques sont explicités au premier calcul.

RAMPE ZÉRO PRÉREQUIS · MODULE 39

Comprendre avant de calculer

La colonie possède des milliers de références. Une petite pièce bon marché peut arrêter un [système](#) vital si elle manque au mauvais moment.

Progression du module — inventaire; pièce critique; niveau de stock; substitution.

inventaire

Définition sans prérequis. Un [inventaire](#) est la représentation contrôlée des quantités, emplacements, états et réservations de ressources disponibles.

Scène concrète. Deux filtres physiquement présents mais déjà réservés à une maintenance planifiée ne constituent pas deux filtres libres.

Contrôle mental. Le stock théorique et le stock physique doivent pouvoir être réconciliés; un écart non expliqué signifie que la planification future repose sur une quantité fictive.

Piège à éviter. Un inventaire non mis à jour après prélèvement crée des décisions basées sur un stock fictif.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « [inventaire](#) » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante.

Exercice guidé — inventaire

Situation à reconnaître. Deux filtres physiquement présents mais déjà réservés à une maintenance planifiée ne constituent pas deux filtres libres.

Vérification demandée. Le stock théorique et le stock physique doivent pouvoir être réconciliés; un écart non expliqué signifie que la planification future repose sur une quantité fictive.

Erreur à écarter. Un inventaire non mis à jour après prélèvement crée des décisions basées sur un stock fictif.

Corrigé raisonné

Sens précis

Un inventaire est la représentation contrôlée des quantités, emplacements, états et réservations de ressources disponibles.

Test du cas

Le stock théorique et le stock physique doivent pouvoir être réconciliés; un écart non expliqué signifie que la planification future repose sur une quantité fictive.

Piège exclu

Un inventaire non mis à jour après prélèvement crée des décisions basées sur un stock fictif.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « inventaire » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante.

pièce critique

Définition sans prérequis. Une [pièce critique](#) est un article dont l'absence peut provoquer une perte importante de fonction, de sécurité ou de capacité de récupération, selon les alternatives disponibles.

Scène concrète. Un joint banal peut devenir critique s'il n'existe aucune substitution et s'il immobilise une boucle d'eau.

Contrôle mental. Une pièce est critique si sa perte menace une fonction et si le délai de remplacement dépasse la tolérance; vérifiez donc criticité, quantité disponible et substituts, pas seulement son prix.

Piège à éviter. Le prix ou la masse d'une pièce ne détermine pas sa criticité.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « [pièce critique](#) » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante.

Exercice guidé — pièce critique

Situation à reconnaître. Un joint banal peut devenir critique s'il n'existe aucune substitution et s'il immobilise une boucle d'eau.

Vérification demandée. Une pièce est critique si sa perte menace une fonction et si le délai de remplacement dépasse la tolérance; vérifiez donc criticité, quantité disponible et substituts, pas seulement son prix.

Erreur à écarter. Le prix ou la masse d'une pièce ne détermine pas sa criticité.

Corrigé raisonné

Sens précis

Une pièce critique est un article dont l'absence peut provoquer une perte importante de fonction, de sécurité ou de capacité de récupération, selon les alternatives disponibles.

Test du cas

Une pièce est critique si sa perte menace une fonction et si le délai de remplacement dépasse la tolérance; vérifiez donc criticité, quantité disponible et substituts, pas seulement son prix.

Piège exclu

Le prix ou la masse d'une pièce ne détermine pas sa criticité.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « pièce critique » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante.

Termes du corrigé. [observation](#)

niveau de stock

Définition sans prérequis. Le [niveau de stock](#) se compare à la consommation, au délai de réapprovisionnement, à la variabilité et à la criticité afin de définir seuils d'alerte et réserves.

Scène concrète. Un article consommé chaque mois avec deux ans de délai Terre-Mars exige une stratégie différente d'une fourniture locale.

Contrôle mental. Au rythme de consommation courant, calculez le nombre de jours avant seuil de réapprovisionnement ou rupture; le niveau absolu seul n'indique pas l'[autonomie](#).

Piège à éviter. Un stock élevé peut masquer obsolescence, péremption ou mauvaise compatibilité de version.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « [niveau de stock](#) » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante.

Exercice guidé — niveau de stock

Situation à reconnaître. Un article consommé chaque mois avec deux ans de délai Terre-Mars exige une stratégie différente d'une fourniture locale.

Vérification demandée. Au rythme de consommation courant, calculez le nombre de jours avant seuil de réapprovisionnement ou rupture; le niveau absolu seul n'indique pas l'autonomie.

Erreur à écarter. Un stock élevé peut masquer obsolescence, péremption ou mauvaise compatibilité de version.

Corrigé raisonné

Sens précis

Le niveau de stock se compare à la consommation, au délai de réapprovisionnement, à la variabilité et à la criticité afin de définir seuils d'alerte et réserves.

Test du cas

Au rythme de consommation courant, calculez le nombre de jours avant seuil de réapprovisionnement ou rupture; le niveau absolu seul n'indique pas l'autonomie.

Piège exclu

Un stock élevé peut masquer obsolescence, péremption ou mauvaise compatibilité de version.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « [niveau de stock](#) » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante.

substitution

Définition sans prérequis. La [substitution](#) consiste à utiliser une pièce, matière ou [procédure](#) différente tout en démontrant qu'elle satisfait suffisamment la fonction et les interfaces requises.

Scène concrète. Une vis d'un autre alliage peut sembler interchangeable mais avoir un comportement thermique ou une résistance différents.

Contrôle mental. Un substitut doit satisfaire les interfaces et performances réellement nécessaires; proximité de forme ou de nom ne suffit pas pour une fonction critique.

Piège à éviter. Une substitution improvisée sans analyse d'[interface](#) peut déplacer le risque vers une panne moins visible.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « [substitution](#) » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante.

Exercice guidé — substitution

Situation à reconnaître. Une vis d'un autre alliage peut sembler interchangeable mais avoir un comportement thermique ou une résistance différents.

Vérification demandée. Un substitut doit satisfaire les interfaces et performances réellement nécessaires; proximité de forme ou de nom ne suffit pas pour une fonction critique.

Erreur à écarter. Une substitution improvisée sans analyse d'interface peut déplacer le risque vers une panne moins visible.

Corrigé raisonné

Sens précis

La substitution consiste à utiliser une pièce, matière ou procédure différente tout en démontrant qu'elle satisfait suffisamment la fonction et les interfaces requises.

Test du cas

Un substitut doit satisfaire les interfaces et performances réellement nécessaires; proximité de forme ou de nom ne suffit pas pour une fonction critique.

Piège exclu

Une substitution improvisée sans analyse d'interface peut déplacer le risque vers une panne moins visible.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « substitution » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante.

Termes du corrigé. vérification

Quantification

substitution: relation qualitative ici; aucune unité intrinsèque.

Vérification

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

Étude intégrée — Logistique martienne, inventaires, rechanges et stocks critiques

Situation à analyser. La colonie possède des milliers de références. Une petite pièce bon marché peut arrêter un système vital si elle manque au mauvais moment.

- **inventaire:** Deux filtres physiquement présents mais déjà réservés à une maintenance planifiée ne constituent pas deux filtres libres. Contrôle attendu: Le stock théorique et le stock physique doivent pouvoir être réconciliés; un écart non expliqué signifie que la planification future repose sur une quantité fictive.
- **pièce critique:** Un joint banal peut devenir critique s'il n'existe aucune substitution et s'il immobilise une boucle d'eau. Contrôle attendu: Une pièce est critique si sa perte menace une fonction et si le délai de remplacement dépasse la tolérance; vérifiez donc criticité, quantité disponible et substituts, pas seulement son prix.
- **niveau de stock:** Un article consommé chaque mois avec deux ans de délai Terre-Mars exige une stratégie différente d'une fourniture locale. Contrôle attendu: Au rythme de consommation courant, calculez le nombre de jours avant seuil de réapprovisionnement ou rupture; le niveau absolu seul n'indique pas l'autonomie.
- **substitution:** Une vis d'un autre alliage peut sembler interchangeable mais avoir un comportement thermique ou une résistance différents. Contrôle attendu: Un substitut doit satisfaire les interfaces et performances réellement nécessaires; proximité de forme ou de nom ne suffit pas pour une fonction critique.

Le diagnostic ne doit pas confondre « inventaire » et « pièce critique ». Le premier se reconnaît ici par le cas suivant: Deux filtres physiquement présents mais déjà réservés à une maintenance planifiée ne constituent pas deux filtres libres. Le second doit être contrôlé autrement: Une pièce est critique si sa perte menace une fonction et si le délai de remplacement dépasse la tolérance; vérifiez donc criticité, quantité disponible et substituts, pas seulement son prix.

Une seconde vérification croise « niveau de stock » et « substitution ». Gardez comme alerte « Un stock élevé peut masquer obsolescence, péremption ou mauvaise compatibilité de version. »; pour « substitution », utilisez plutôt ce test: Un substitut doit satisfaire les interfaces et performances réellement nécessaires; proximité de forme ou de nom ne suffit pas pour une fonction critique.

Exercice de synthèse

Dans la situation de « Logistique martienne, inventaires, rechanges et stocks critiques », classez les indices selon « inventaire » (Le stock théorique et le stock physique doivent pouvoir être réconciliés; un écart non expliqué signifie que la planification future repose sur une quantité fictive.), « pièce critique » (Une pièce est critique si sa perte menace une fonction et si le délai de remplacement dépasse la tolérance; vérifiez donc criticité, quantité disponible et substituts, pas seulement son prix.), « niveau de stock » (Au rythme de consommation courant, calculez le nombre de jours avant seuil de réapprovisionnement ou rupture; le niveau absolu seul n'indique pas l'autonomie.), « substitution » (Un substitut doit satisfaire les interfaces et performances réellement nécessaires; proximité de forme ou de nom ne suffit pas pour une fonction critique.) Décision suspendue si un contrôle échoue.

Corrigé de synthèse

Pour inventaire, Dans ce module, une erreur sur « inventaire » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante. Le garde-fou principal est: Un inventaire non mis à jour après prélèvement crée des décisions basées sur un stock fictif. Pour pièce critique, Dans ce module, une erreur sur « pièce critique » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante. Le garde-fou principal est: Le prix ou la masse d'une pièce ne détermine pas sa criticité. Pour niveau de stock, Dans ce

module, une erreur sur « niveau de stock » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante. Le garde-fou principal est: Un stock élevé peut masquer obsolescence, péremption ou mauvaise compatibilité de version. Pour substitution, Dans ce module, une erreur sur « substitution » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante. Le garde-fou principal est: Une substitution improvisée sans analyse d'interface peut déplacer le risque vers une panne moins visible.

Données du cas

Exercice de synthèse — Dans la situation de « Logistique martienne, inventaires, rechanges et stocks critiques », classez les indices selon « inventaire » (Le stock théorique et le stock physique doivent pouvoir être réconciliés; un écart non expliqué signifie que la planification future repose sur une quantité fictive.), « pièce critique » (Une pièce est critique si sa perte menace une fonction et si le délai de remplacement dépasse la tolérance; vérifiez donc criticité, quantité disponible et substituts, pas seulement son prix.), « niv

Raisonnement

Corrigé de synthèse Pour inventaire, Dans ce module, une erreur sur « inventaire » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante. Le garde-fou principal est: Un inventaire non mis à jour après prélèvement crée des décisions basées sur un stock fictif. Pour pièce critique, Dans ce module, une erreur sur « pièce critique » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante. Le garde-fou principal est: Le prix ou la masse d'une pièce ne détermine pas sa criticité. Pour niveau de stock, Dans ce module, une erreur sur « niveau de stock » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante. Le garde-fou principal est: Un stock élevé peut masquer obsol

Résultat

Corrigé de synthèse Pour inventaire, Dans ce module, une erreur sur « inventaire » peut faire découvrir trop tard qu'une pièce critique, un consommable ou un substitut n'existe pas réellement en quantité suffisante.

Interprétation

Le garde-fou principal est: Une substitution improvisée sans analyse d'interface peut déplacer le risque vers une panne moins visible.

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.

Point de commande

$$R_order = d_use \times L_lead + S_safety$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $R_order = d_use \times L_lead + S_safety$ » dans « Point de commande » ?

2 — Intuition sans symboles

Le point de commande doit couvrir ce qui sera consommé pendant le délai plus une réserve explicite.

3 — Grandeurs

R_order : niveau déclenchant le réapprovisionnement [unité de stock]; d_use : consommation moyenne [unité/j];

L_lead : délai de réapprovisionnement [j]; S_safety : stock de sécurité [unité]

4 — Formule

$$R_order = d_use \times L_lead + S_safety$$

5 — Lecture

Lire « $R_order = d_use \times L_lead + S_safety$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

R_order : niveau déclenchant le réapprovisionnement [unité de stock]; d_use : consommation moyenne [unité/j];

L_lead : délai de réapprovisionnement [j]; S_safety : stock de sécurité [unité]

7 — Prononciation

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

8 — Unités

R_order [unité de stock]; d_use [unité/j]; L_lead [j]; S_safety [unité]

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 $d_{\text{use}} = 2 \text{ unité/j}$, $L_{\text{lead}} = 10 \text{ j}$, $S_{\text{safety}} = 6 \text{ unité}$: $R_{\text{order}} = 2 \times 10 + 6 = 26 \text{ unités}$.
- 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
Déclencher avant de franchir ce niveau, pas lorsque le stock paraît presque vide.
- 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 $d_{\text{use}} = 2.5 \text{ unité/j}$, $L_{\text{lead}} = 180 \text{ j}$, $S_{\text{safety}} = 90 \text{ unité}$: $R_{\text{order}} = 2.5 \times 180 + 90$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $d_{\text{use}} = 2.5 \text{ unité/j}$, $L_{\text{lead}} = 180 \text{ j}$, $S_{\text{safety}} = 90 \text{ unité}$: $R_{\text{order}} = 2.5 \times 180 + 90 = 540 \text{ unités}$. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $d_{\text{use}} = 1.8 \text{ unité/j}$, $L_{\text{lead}} = 210 \text{ j}$, $S_{\text{safety}} = 100 \text{ unité}$: $R_{\text{order}} = 1.8 \times 210 + 100$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $d_{\text{use}} = 1.8 \text{ unité/j}$, $L_{\text{lead}} = 210 \text{ j}$, $S_{\text{safety}} = 100 \text{ unité}$: $R_{\text{order}} = 1.8 \times 210 + 100 = 478 \text{ unités}$. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

- 21 — Décision mission
Déclencher avant de franchir ce niveau, pas lorsque le stock paraît presque vide.

Jours de couverture

$$D_{\text{cover}} = Q_{\text{stock}} / d_{\text{use}}$$

- 1 — Question concrète
Que permet de calculer « $D_{\text{cover}} = Q_{\text{stock}} / d_{\text{use}}$ » dans « Jours de couverture » ?
- 2 — Intuition sans symboles
La couverture traduit un stock en temps opérationnel au rythme de consommation retenu.
- 3 — Grandeurs
 D_{cover} : durée couverte par le stock [j]; Q_{stock} : stock disponible [unité]; d_{use} : consommation moyenne [unité/j]
- 4 — Formule
 $D_{\text{cover}} = Q_{\text{stock}} / d_{\text{use}}$
- 5 — Lecture
Lire « $D_{\text{cover}} = Q_{\text{stock}} / d_{\text{use}}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.
- 6 — Symboles et sens
 D_{cover} : durée couverte par le stock [j]; Q_{stock} : stock disponible [unité]; d_{use} : consommation moyenne [unité/j]
- 7 — Prononciation
Dire explicitement les indices, puissances, parenthèses et lettres grecques afin de reconstruire la relation sans voir la page.
- 8 — Unités

D_cover [j]; Q_stock [unité]; d_use [unité/j]

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 $Q_stock = 360$ unité, $d_use = 2.5$ unité/j: $D_cover = 360 / 2.5 = 144$ j.

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

Comparer la couverture au prochain réapprovisionnement crédible et conserver une marge.

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 $Q_stock = 525$ unité, $d_use = 3$ unité/j: $D_cover = 525 / 3$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $Q_stock = 525$ unité, $d_use = 3$ unité/j: $D_cover = 525 / 3 = 175$ j. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $Q_stock = 96$ unité, $d_use = 1.2$ unité/j: $D_cover = 96 / 1.2$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $Q_stock = 96$ unité, $d_use = 1.2$ unité/j: $D_cover = 96 / 1.2 = 80$ j. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Comparer la couverture au prochain réapprovisionnement crédible et conserver une marge.

Marge au-dessus du stock réservé

$M_stock = Q_stock - Q_reserve$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $M_stock = Q_stock - Q_reserve$ » dans « Marge au-dessus du stock réservé » ?

2 — Intuition sans symboles

Un stock total peut sembler confortable alors qu'une partie est déjà engagée pour un scénario critique.

3 — Grandeurs

M_stock : stock réellement libre [unité]; Q_stock : stock total disponible [unité]; $Q_reserve$: stock réservé aux scénarios critiques [unité]

4 — Formule

$M_stock = Q_stock - Q_reserve$

5 — Lecture

Lire « $M_stock = Q_stock - Q_reserve$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

M_stock: stock réellement libre [unité]; Q_stock: stock total disponible [unité]; Q_reserve: stock réservé aux scénarios critiques [unité]

7 — Prononciation

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

8 — Unités

M_stock [unité]; Q_stock [unité]; Q_reserve [unité]

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 Q_stock = 120 unité, Q_reserve = 45 unité: M_stock = 120 - 45 = 75 unités.

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

Ne planifier les opérations courantes que sur la marge réellement libre.

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 Q_stock = 80 unité, Q_reserve = 60 unité: M_stock = 80 - 60 ?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec Q_stock = 80 unité, Q_reserve = 60 unité: M_stock = 80 - 60 = 20 unités. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec Q_stock = 310 unité, Q_reserve = 250 unité: M_stock = 310 - 250 ?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec Q_stock = 310 unité, Q_reserve = 250 unité: M_stock = 310 - 250 = 60 unités. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Ne planifier les opérations courantes que sur la marge réellement libre.

Autonomie en pièces de rechange

$t_{\text{sares}} = N_{\text{sares}} / \lambda_{\text{use}}$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $t_{\text{sares}} = N_{\text{sares}} / \lambda_{\text{use}}$ » dans « Autonomie en pièces de rechange » ?

2 — Intuition sans symboles

Le nombre de rechanges n'a de sens opérationnel qu'en regard du rythme auquel ils sont réellement consommés.

3 — Grandeurs

t_spare: durée moyenne couverte [j]; N_spare: nombre de pièces disponibles [pièces]; lambda_use: taux moyen de consommation ou panne [pièces/j]

4 — Formule

$$t_{\text{spare}} = N_{\text{spare}} / \lambda_{\text{use}}$$

5 — Lecture

Lire « $t_{\text{spare}} = N_{\text{spare}} / \lambda_{\text{use}}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

t_spare: durée moyenne couverte [j]; N_spare: nombre de pièces disponibles [pièces]; lambda_use: taux moyen de consommation ou panne [pièces/j]

7 — Prononciation

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

8 — Unités

t_spare [j]; N_spare [pièces]; lambda_use [pièces/j]

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 $N_{\text{spare}} = 12$ pièces, $\lambda_{\text{use}} = 0.04$ pièces/j: $t_{\text{spare}} = 12 / 0.04 = 300$ j.

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

Si l'autonomie calculée est inférieure au délai de récupération, augmenter le stock ou réduire le taux de consommation.

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 $N_{\text{spare}} = 8$ pièces, $\lambda_{\text{use}} = 0.025$ pièces/j: $t_{\text{spare}} = 8 / 0.025$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $N_{\text{spare}} = 8$ pièces, $\lambda_{\text{use}} = 0.025$ pièces/j: $t_{\text{spare}} = 8 / 0.025 = 320$ j. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $N_{\text{spare}} = 20$ pièces, $\lambda_{\text{use}} = 0.05$ pièces/j: $t_{\text{spare}} = 20 / 0.05$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $N_{\text{spare}} = 20$ pièces, $\lambda_{\text{use}} = 0.05$ pièces/j: $t_{\text{spare}} = 20 / 0.05 = 400$ j. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Si l'autonomie calculée est inférieure au délai de récupération, augmenter le stock ou réduire le taux de consommation.

Exactitude d'inventaire

$$A_{inv} = N_{correct} / N_{checked}$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $A_{inv} = N_{correct} / N_{checked}$ » dans « Exactitude d'inventaire » ?

2 — Intuition sans symboles

Une logistique fiable dépend d'un inventaire qui corresponde physiquement à ce qui est déclaré disponible.

3 — Grandeurs

A_{inv} : fraction d'articles correctement enregistrés [sans dimension]; $N_{correct}$: articles correctement enregistrés [articles]; $N_{checked}$: articles contrôlés [articles]

4 — Formule

$$A_{inv} = N_{correct} / N_{checked}$$

5 — Lecture

Lire « $A_{inv} = N_{correct} / N_{checked}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

A_{inv} : fraction d'articles correctement enregistrés [sans dimension]; $N_{correct}$: articles correctement enregistrés [articles]; $N_{checked}$: articles contrôlés [articles]

7 — Prononciation

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

8 — Unités

A_{inv} [sans dimension]; $N_{correct}$ [articles]; $N_{checked}$ [articles]

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 $N_{correct} = 198$ articles, $N_{checked} = 200$ articles: $A_{inv} = 198 / 200 = 0.99$.

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

Sous un seuil décidé par la mission, lancer un inventaire correctif avant de faire confiance aux quantités système.

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 $N_{correct} = 470$ articles, $N_{checked} = 500$ articles: $A_{inv} = 470 / 500$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $N_{correct} = 470$ articles, $N_{checked} = 500$ articles: $A_{inv} = 470 / 500 = 0.94$. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $N_{correct} = 95$ articles, $N_{checked} = 100$ articles: $A_{inv} = 95 / 100$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $N_{\text{correct}} = 95$ articles, $N_{\text{checked}} = 100$ articles: $A_{\text{inv}} = 95 / 100 = 0.95$. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Sous un seuil décidé par la mission, lancer un inventaire correctif avant de faire confiance aux quantités système.

Taux de satisfaction des demandes critiques

$$F_{\text{critical}} = N_{\text{filled}} / N_{\text{requests}}$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $F_{\text{critical}} = N_{\text{filled}} / N_{\text{requests}}$ » dans « Taux de satisfaction des demandes critiques » ?

2 — Intuition sans symboles

Le taux de satisfaction mesure si le système logistique fournit réellement les articles critiques lorsqu'ils sont demandés.

3 — Grandeurs

F_{critical} : fraction de demandes critiques satisfaites [sans dimension]; N_{filled} : demandes critiques satisfaites [demandes]; N_{requests} : demandes critiques totales [demandes]

4 — Formule

$$F_{\text{critical}} = N_{\text{filled}} / N_{\text{requests}}$$

5 — Lecture

Lire « $F_{\text{critical}} = N_{\text{filled}} / N_{\text{requests}}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

F_{critical} : fraction de demandes critiques satisfaites [sans dimension]; N_{filled} : demandes critiques satisfaites [demandes]; N_{requests} : demandes critiques totales [demandes]

7 — Prononciation

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

8 — Unités

F_{critical} [sans dimension]; N_{filled} [demandes]; N_{requests} [demandes]

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 $N_{\text{filled}} = 48$ demandes, $N_{\text{requests}} = 50$ demandes: $F_{\text{critical}} = 48 / 50 = 0.96$.

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 valeur élevée ne dispense pas d'analyser séparément les demandes non satisfaites et leur gravité.

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 $N_{\text{filled}} = 72$ demandes, $N_{\text{requests}} = 80$ demandes: $F_{\text{critical}} = 72 / 80$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $N_{\text{filled}} = 72$ demandes, $N_{\text{requests}} = 80$ demandes: $F_{\text{critical}} = 72 / 80 = 0.9$. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $N_{\text{filled}} = 99$ demandes, $N_{\text{requests}} = 100$ demandes: $F_{\text{critical}} = 99 / 100$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $N_{\text{filled}} = 99$ demandes, $N_{\text{requests}} = 100$ demandes: $F_{\text{critical}} = 99 / 100 = 0.99$. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Une valeur élevée ne dispense pas d'analyser séparément les demandes non satisfaites et leur gravité.

Progression de maîtrise

1. inventaire: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
2. pièce critique: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
3. niveau de stock: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
4. substitution: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
5. Synthèse de « Logistique martienne, inventaires, rechanges et stocks critiques »: confrontez « inventaire » à « pièce critique »; choisissez le contrôle prioritaire.

Vérification de maîtrise

Validation 39 — inventaire, pièce critique, niveau de stock, substitution. Pour chaque notion: un indice et un contrôle.

Objectifs de maîtrise

- Savoir reconnaître un cas réel de « Comprendre avant de calculer » à partir d'indices observables.
- Présenter les données et unités nécessaires à l'analyse de « inventaire ».
- Tester la sensibilité du résultat à une hypothèse de « pièce critique ».
- Formuler le critère qui autorise, retarde ou interdit la décision liée à « niveau de stock ».

1. Sur Mars, l'inventaire est un système de survie

Un objet présent mais introuvable est presque équivalent à un objet absent. Chaque consommable et pièce critique doit posséder identité, quantité, emplacement, [état](#), date de péremption éventuelle et compatibilité. La base doit savoir non seulement ce qu'elle possède, mais ce qui est réellement utilisable.

2. Consommables prévisibles et pannes imprévisibles

L'eau potable ou les filtres ont des consommations relativement planifiables. Les pannes de cartes, moteurs ou vannes sont probabilistes. La logistique doit donc combiner prévision déterministe des usages et réserve probabiliste de rechanges.

3. Seuil de commande avec délai interplanétaire

Sur Terre, une commande peut arriver en jours. Sur Mars, l'occasion de ravitaillement peut dépendre d'une [fenêtre de lancement](#) et d'un voyage de plusieurs mois. Le seuil de réapprovisionnement doit inclure consommation pendant le délai, variabilité, [marge](#) et risque de perte du prochain cargo.

4. Communalité et standardisation

Deux systèmes utilisant le même ventilateur, roulement ou connecteur réduisent le nombre de références à stocker. La standardisation peut cependant créer un mode commun de panne. Il faut donc rechercher la communauté utile tout en évitant qu'un défaut unique menace toute la flotte.

5. Emballages, volume et seconde vie

Les emballages consomment volume au départ puis deviennent des déchets ou des ressources. Concevoir des conteneurs réutilisables comme mobilier, blindage, rangement ou matière première réduit la masse fonctionnellement perdue.

6. Obsolescence et configuration

Une pièce physiquement compatible peut ne plus être compatible avec le logiciel ou la révision d'un système. L'inventaire doit donc conserver versions, lots, numéros de série et historique de configuration. La logistique devient une branche de la gestion de configuration.

7. Classer les articles par criticité et délai de récupération

Deux pièces de même masse peuvent exiger des politiques logistiques complètement différentes. Une pompe critique sans équivalent local et une tablette informatique standard n'ont ni la même conséquence de rupture ni le même délai de récupération. Le classement doit donc combiner criticité fonctionnelle, [probabilité](#) d'usage, temps nécessaire pour réparer ou fabriquer, délai de réapprovisionnement depuis la Terre et existence d'un substitut. Les articles capables d'arrêter une fonction vitale forment une catégorie particulière: leur niveau de stock doit être surveillé avec des seuils visibles par les opérations. Cette hiérarchisation évite de gaspiller de la masse sur des objets faciles à remplacer tout en sous-protégeant une pièce légère mais irremplaçable.

8. Emballage, stockage et vieillissement: un rechange peut mourir sans avoir servi

Un stock de pièces n'est pas immobile du point de vue physique. [Polymères](#), batteries, lubrifiants, joints, médicaments et certains composants électroniques vieillissent. La poussière, les cycles thermiques, l'humidité contrôlée de l'habitat et le rayonnement peuvent affecter la durée de conservation. Il faut donc enregistrer lot, date, conditions de stockage, durée de vie, contrôles périodiques et emplacement exact. Les articles sensibles peuvent nécessiter une rotation: utiliser d'abord les plus anciens et remplacer progressivement le stock par la logistique entrante. Une base autonome doit connaître non seulement ce qu'elle possède, mais dans quel état réellement utilisable se trouve chaque ressource.

9. Obsolescence et configuration: savoir quelle pièce fonctionne avec quelle version

Une flotte qui évolue pendant dix ans n'est jamais parfaitement homogène. Un convertisseur, une carte électronique ou un joint peuvent exister en plusieurs versions qui ne sont pas interchangeables. L'inventaire doit donc être lié à la configuration réelle des équipements: numéro de série, version matérielle, firmware, compatibilités et modifications locales. La communauté de pièces est puissante uniquement si elle est vraie. Lorsqu'une nouvelle version remplace une ancienne, l'équipe doit décider si le stock existant reste utilisable, doit être requalifié ou devient obsolète. La logistique rejoint ici directement la gestion de configuration.

10. Exemple calculé: point de commande

Un filtre est consommé à raison de 2 unités/mois. Le prochain ravitaillement fiable est estimé à 10 mois après décision et la base veut une marge de 6 unités. Le point de commande simple vaut $2 \times 10 + 6 = 26$ filtres. Si le stock tombe à 25, la décision de ravitaillement est déjà tardive selon ce modèle.

Approfondissement: calculer un stock de rechange avec délai de récupération martien

Le point de commande terrestre suppose généralement qu'un fournisseur peut réapprovisionner le stock dans un délai connu. Mars ajoute une discontinuité: une pièce commandée aujourd'hui peut devoir attendre une fenêtre de lancement, le transit interplanétaire, le déchargement et la qualification locale. Pour certaines pièces, le vrai délai de récupération peut donc se compter en centaines de jours. Les études [NASA](#) de supportabilité et de logistique de longue durée traitent précisément ce problème de masse, de rechanges et de maintenance loin de la Terre. [NASA NTRS — Spares Logistics](#)

Exemple calculé. Un filtre critique est consommé en moyenne tous les 18 jours. L'équipe retient un délai de récupération prudent de 420 jours entre décision de réapprovisionnement et [disponibilité](#) réelle. La demande moyenne pendant ce délai vaut $420 \div 18 \approx 23,3$ filtres. Si l'on ajoute un stock de sécurité de 8 filtres pour absorber variabilité, pertes et dégradation, le point de commande devient environ $23,3 + 8 = 31,3$, donc 32 filtres. Cela signifie qu'attendre d'en avoir cinq en réserve serait déjà beaucoup trop tard.

Ce calcul simple suppose une consommation régulière. Une vraie politique doit distinguer consommables, pièces à panne aléatoire, articles réparables et composants que l'atelier peut refabriquer. Une pièce lourde mais facile à imprimer localement n'a pas la même valeur logistique qu'un capteur minuscule impossible à produire sur Mars. L'inventaire doit donc enregistrer criticité, délai de récupération, possibilités de substitution, compatibilité de configuration et capacité de fabrication locale. [NASA NTRS — Logistics Reduction Technologies](#)

11. Exercice progressif

Pour cinq pièces ayant des taux de panne différents, classez celles qui méritent un rechange complet, un kit de réparation ou seulement des plans de fabrication locale. Justifiez par masse, criticité et délai.

Correction raisonnée

L'énoncé ne fournit pas les cinq taux de panne ni les [masses](#), donc il n'existe pas de classement numérique unique. Une correction correcte commence par un tableau comportant probabilité de panne sur la mission, conséquence de la perte, masse d'un rechange, temps de réparation, délai d'approvisionnement et fabricabilité locale. À titre d'exemple, un contrôleur léger qui arrête l'ECLSS mérite un rechange complet; une pompe lourde mais démontable peut justifier joints, roulements et moteur en kit; un support métallique non critique, mesurable et usinable localement peut n'exiger qu'un plan qualifié et la matière. Une pièce peu probable mais mission-killer peut ainsi passer devant une pièce souvent défaillante mais facilement contournable.

Mini-projet

Construire un inventaire de 200 références pour une base: criticité, consommation, seuil de commande, pièces communes, péremption, fabrication locale, stockage et audit physique périodique.

Sources primaires et passerelles

- [NASA NTRS — Supportability Issues for Exploration Missions](#)
- [NASA NTRS — Spares Logistics for Long-Duration Human Spaceflight](#)
- [NASA NTRS — Logistics Reduction Technologies](#)

Matrice de parité FR ↔ EN

Point de commande	Reorder point
Jours de couverture	Days of cover
Marge au-dessus du stock réservé	Margin above reserved stock
Autonomie en pièces de rechange	Spare endurance
Exactitude d'inventaire	Inventory accuracy
Taux de satisfaction des demandes critiques	Critical request fill rate

Repères lexicaux du module. [état dégradé](#)