

# Médecine d'urgence et autonomie clinique pour Mars

Préparer les situations où l'évacuation est impossible: triage, diagnostic limité, pharmacie, procédures, décision médicale et interaction entre santé humaine et systèmes du habitat.

## Comprendre le problème avant les équations

Question de départ — Médecine d'urgence et autonomie clinique pour Mars: comment « Comprendre avant de calculer » agit-il sur « triage », et quel repère issu de « sensibilité diagnostique » permet de vérifier la décision?

**Intuition.** Un membre d'équipage développe une douleur thoracique alors que le médecin terrestre ne peut pas examiner directement le patient et que les médicaments disponibles sont limités.

1

### Comprendre avant de calculer

Un membre d'équipage développe une douleur thoracique alors que le médecin terrestre ne peut pas examiner directement le patient et que les médicaments disponibles sont limités.

2

#### triage

Définition sans prérequis.

3

#### sensibilité diagnostique

Définition sans prérequis.

**Repère concret.** Convertissez le stock en jours de traitement au rythme d'usage plausible, puis retirez la réserve d'urgence et les produits périmés ou indisponibles.

- Comprendre avant de calculer — Un membre d'équipage développe une douleur thoracique alors que le médecin terrestre ne peut pas examiner directement le patient et que les médicaments disponibles sont limités.
- triage — Définition sans prérequis.
- sensibilité diagnostique — Définition sans prérequis.

Repères avant de commencer: modules 00 à 28 recommandés selon le sujet. Si une notion antérieure devient bloquante pour « Médecine d'urgence et autonomie clinique pour Mars », son rôle est rappelé dans le raisonnement plutôt que supposé connu.

RAMPE ZÉRO PRÉREQUIS · MODULE 34

## Comprendre avant de calculer

Un membre d'équipage développe une douleur thoracique alors que le médecin terrestre ne peut pas examiner directement le patient et que les médicaments disponibles sont limités.

Progression du module — triage; diagnostic différentiel; sensibilité diagnostique; stock médical.

#### triage

**Définition sans prérequis.** Le **triage** classe les patients ou problèmes selon urgence, gravité et ressources disponibles afin de traiter d'abord ce qui menace le plus rapidement la vie ou la fonction.

**Scène concrète.** Une douleur thoracique, une hémorragie active et une petite plaie ne reçoivent pas la même priorité dans une situation à ressources limitées.

**Contrôle mental.** À ressources limitées, la priorité dépend de gravité, urgence et bénéfice attendu; vérifiez que le classement peut changer si l'état clinique évolue.

**Piège à éviter.** Triage ne signifie pas diagnostic définitif: il guide l'ordre d'action sous incertitude.

**Pourquoi cela compte en mission.** Dans ce module, une erreur sur « triage » peut épuiser un médicament irremplaçable, retarder un traitement urgent ou privilégier un diagnostic séduisant mais faux.

## Exercice guidé — triage

**Situation à reconnaître.** Une douleur thoracique, une hémorragie active et une petite plaie ne reçoivent pas la même priorité dans une situation à ressources limitées.

**Vérification demandée.** À ressources limitées, la priorité dépend de gravité, urgence et bénéfice attendu; vérifiez que le classement peut changer si l'état clinique évolue.

**Erreur à écarter.** Triage ne signifie pas diagnostic définitif: il guide l'ordre d'action sous incertitude.

## Corrigé raisonné

Sens précis

Le triage classe les patients ou problèmes selon urgence, gravité et ressources disponibles afin de traiter d'abord ce qui menace le plus rapidement la vie ou la fonction.

Test du cas

À ressources limitées, la priorité dépend de gravité, urgence et bénéfice attendu; vérifiez que le classement peut changer si l'état clinique évolue.

Piège exclu

Triage ne signifie pas diagnostic définitif: il guide l'ordre d'action sous incertitude.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « triage » peut épuiser un médicament irremplaçable, retarder un traitement urgent ou privilégier un diagnostic séduisant mais faux.

**Termes du corrigé.** [vérification](#) · [observation](#)

Quantification

triage: relation qualitative ici; aucune unité intrinsèque.

Vérification

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

## diagnostic différentiel

**Définition sans prérequis.** Le [diagnostic différentiel](#) est la liste raisonnée des causes possibles d'un tableau clinique, progressivement réduite par l'histoire, l'examen et les tests disponibles.

**Scène concrète.** Une douleur thoracique peut avoir des causes cardiaques, respiratoires, musculaires ou digestives qu'il faut distinguer.

**Contrôle mental.** Gardez au moins deux hypothèses tant qu'une donnée discriminante manque; un diagnostic unique trop tôt augmente le risque de biais d'ancrage.

**Piège à éviter.** S'arrêter à la première explication plausible augmente le risque de biais d'ancrage.

**Pourquoi cela compte en mission.** Dans ce module, une erreur sur « [diagnostic différentiel](#) » peut épuiser un médicament irremplaçable, retarder un traitement urgent ou privilégier un diagnostic séduisant mais faux.

## Exercice guidé — diagnostic différentiel

**Situation à reconnaître.** Une douleur thoracique peut avoir des causes cardiaques, respiratoires, musculaires ou digestives qu'il faut distinguer.

**Vérification demandée.** Gardez au moins deux hypothèses tant qu'une donnée discriminante manque; un diagnostic unique trop tôt augmente le risque de biais d'ancrage.

**Erreur à écarter.** S'arrêter à la première explication plausible augmente le risque de biais d'ancrage.

## Corrigé raisonné

Sens précis

Le diagnostic différentiel est la liste raisonnée des causes possibles d'un tableau clinique, progressivement réduite par l'histoire, l'examen et les tests disponibles.

#### Test du cas

Gardez au moins deux hypothèses tant qu'une donnée discriminante manque; un diagnostic unique trop tôt augmente le risque de biais d'ancrage.

#### Piège exclu

S'arrêter à la première explication plausible augmente le risque de biais d'ancrage.

#### Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « diagnostic différentiel » peut épuiser un médicament irremplaçable, retarder un traitement urgent ou privilégier un diagnostic séduisant mais faux.

#### Quantification

diagnostic différentiel: relation qualitative ici; aucune unité intrinsèque.

#### Vérification

diagnostic différentiel: confronter conclusion, contrôle et piège de la carte.

## sensibilité diagnostique

**Définition sans prérequis.** La sensibilité d'un test est sa capacité à détecter les personnes réellement atteintes d'une condition, selon la population et le seuil utilisés.

**Scène concrète.** Un test très sensible réduit certains faux négatifs mais peut produire davantage de faux positifs selon le contexte.

**Contrôle mental.** Si la sensibilité augmente, les faux négatifs doivent généralement diminuer; ce contrôle permet de repérer une inversion entre sensibilité et spécificité.

**Piège à éviter.** Une sensibilité élevée ne donne pas directement la **probabilité** qu'un résultat positif signifie maladie: la prévalence et la spécificité comptent aussi.

**Pourquoi cela compte en mission.** Dans ce module, une erreur sur « **sensibilité diagnostique** » peut épuiser un médicament irremplaçable, retarder un traitement urgent ou privilégier un diagnostic séduisant mais faux.

### Exercice guidé — sensibilité diagnostique

**Situation à reconnaître.** Un test très sensible réduit certains faux négatifs mais peut produire davantage de faux positifs selon le contexte.

**Vérification demandée.** Si la sensibilité augmente, les faux négatifs doivent généralement diminuer; ce contrôle permet de repérer une inversion entre sensibilité et spécificité.

**Erreur à écarter.** Une sensibilité élevée ne donne pas directement la probabilité qu'un résultat positif signifie maladie: la prévalence et la spécificité comptent aussi.

### Corrigé raisonné

#### Sens précis

La sensibilité d'un test est sa capacité à détecter les personnes réellement atteintes d'une condition, selon la population et le seuil utilisés.

#### Test du cas

Si la sensibilité augmente, les faux négatifs doivent généralement diminuer; ce contrôle permet de repérer une inversion entre sensibilité et spécificité.

#### Piège exclu

Une sensibilité élevée ne donne pas directement la probabilité qu'un résultat positif signifie maladie: la prévalence et la spécificité comptent aussi.

#### Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « sensibilité diagnostique » peut épuiser un médicament irremplaçable, retarder un traitement urgent ou privilégier un diagnostic séduisant mais faux.

#### Quantification

sensibilité diagnostique: relation qualitative ici; aucune unité intrinsèque.

#### Vérification

sensibilité diagnostique: confronter conclusion, contrôle et piège de la carte.

## stock médical

**Définition sans prérequis.** Un **stock médical** est une ressource périssable et critique qui doit être gérée par indication, quantité, **durée de conservation**, conditions de stockage et alternatives.

**Scène concrète.** Un médicament rare doit être réservé aux indications où son bénéfice est important et où aucune alternative acceptable n'existe.

**Contrôle mental.** Convertissez le stock en jours de traitement au rythme d'usage plausible, puis retirez la réserve d'urgence et les produits périmés ou indisponibles.

**Piège à éviter.** Compter seulement les boîtes ne suffit pas: dosages, dates, stabilité et besoins probables déterminent la couverture réelle.

**Pourquoi cela compte en mission.** Dans ce module, une erreur sur « **stock médical** » peut épuiser un médicament irremplaçable, retarder un traitement urgent ou privilégier un diagnostic séduisant mais faux.

### Exercice guidé — stock médical

**Situation à reconnaître.** Un médicament rare doit être réservé aux indications où son bénéfice est important et où aucune alternative acceptable n'existe.

**Vérification demandée.** Convertissez le stock en jours de traitement au rythme d'usage plausible, puis retirez la réserve d'urgence et les produits périmés ou indisponibles.

**Erreur à écarter.** Compter seulement les boîtes ne suffit pas: dosages, dates, stabilité et besoins probables déterminent la couverture réelle.

### Corrigé raisonné

Sens précis

Un stock médical est une ressource périssable et critique qui doit être gérée par indication, quantité, durée de conservation, conditions de stockage et alternatives.

Test du cas

Convertissez le stock en jours de traitement au rythme d'usage plausible, puis retirez la réserve d'urgence et les produits périmés ou indisponibles.

Piège exclu

Compter seulement les boîtes ne suffit pas: dosages, dates, stabilité et besoins probables déterminent la couverture réelle.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « stock médical » peut épuiser un médicament irremplaçable, retarder un traitement urgent ou privilégier un diagnostic séduisant mais faux.

## Étude intégrée — Médecine d'urgence et autonomie clinique pour Mars

**Situation à analyser.** Un membre d'équipage développe une douleur thoracique alors que le médecin terrestre ne peut pas examiner directement le patient et que les médicaments disponibles sont limités.

- **triage:** Une douleur thoracique, une hémorragie active et une petite plaie ne reçoivent pas la même priorité dans une situation à ressources limitées. Contrôle attendu: À ressources limitées, la priorité dépend de gravité, urgence et bénéfice attendu; vérifiez que le classement peut changer si l'état clinique évolue.
- **diagnostic différentiel:** Une douleur thoracique peut avoir des causes cardiaques, respiratoires, musculaires ou digestives qu'il faut distinguer. Contrôle attendu: Gardez au moins deux hypothèses tant qu'une donnée discriminante manque; un diagnostic unique trop tôt augmente le risque de biais d'ancrage.
- **sensibilité diagnostique:** Un test très sensible réduit certains faux négatifs mais peut produire davantage de faux positifs selon le contexte. Contrôle attendu: Si la sensibilité augmente, les faux négatifs doivent généralement diminuer; ce contrôle permet de repérer une inversion entre sensibilité et spécificité.
- **stock médical:** Un médicament rare doit être réservé aux indications où son bénéfice est important et où aucune alternative acceptable n'existe. Contrôle attendu: Convertissez le stock en jours de traitement au rythme d'usage plausible, puis retirez la réserve d'urgence et les produits périmés ou indisponibles.

Le diagnostic ne doit pas confondre « triage » et « diagnostic différentiel ». Le premier se reconnaît ici par le cas suivant: Une douleur thoracique, une hémorragie active et une petite plaie ne reçoivent pas la même priorité dans une situation à ressources limitées. Le second doit être contrôlé autrement: Gardez au moins deux hypothèses tant qu'une donnée discriminante manque; un diagnostic unique trop tôt augmente le risque de biais d'ancrage.

Une seconde vérification croise « sensibilité diagnostique » et « stock médical ». Gardez comme alerte « Une sensibilité élevée ne donne pas directement la probabilité qu'un résultat positif signifie maladie: la prévalence et la spécificité comptent aussi. »;

pour « stock médical », utilisez plutôt ce test: Convertissez le stock en jours de traitement au rythme d'usage plausible, puis retirez la réserve d'urgence et les produits périmés ou indisponibles.

## Exercice de synthèse

Dans la situation de « Médecine d'urgence et autonomie clinique pour Mars », classez les indices selon « triage » (À ressources limitées, la priorité dépend de gravité, urgence et bénéfice attendu; vérifiez que le classement peut changer si l'état clinique évolue.), « diagnostic différentiel » (Gardez au moins deux hypothèses tant qu'une donnée discriminante manque; un diagnostic unique trop tôt augmente le risque de biais d'ancrage.), « sensibilité diagnostique » (Si la sensibilité augmente, les faux négatifs doivent généralement diminuer; ce contrôle permet de repérer une inversion entre sensibilité et spécificité.), « stock médical » (Convertissez le stock en jours de traitement au rythme d'usage plausible, puis retirez la réserve d'urgence et les produits périmés ou indisponibles.) Décision suspendue si un contrôle échoue.

## Corrigé de synthèse

Pour triage, Dans ce module, une erreur sur « triage » peut épuiser un médicament irremplaçable, retarder un traitement urgent ou privilégier un diagnostic séduisant mais faux. Le garde-fou principal est: Triage ne signifie pas diagnostic définitif: il guide l'ordre d'action sous incertitude. Pour diagnostic différentiel, Dans ce module, une erreur sur « diagnostic différentiel » peut épuiser un médicament irremplaçable, retarder un traitement urgent ou privilégier un diagnostic séduisant mais faux. Le garde-fou principal est: S'arrêter à la première explication plausible augmente le risque de biais d'ancrage. Pour sensibilité diagnostique, Dans ce module, une erreur sur « sensibilité diagnostique » peut épuiser un médicament irremplaçable, retarder un traitement urgent ou privilégier un diagnostic séduisant mais faux. Le garde-fou principal est: Une sensibilité élevée ne donne pas directement la probabilité qu'un résultat positif signifie maladie: la prévalence et la spécificité comptent aussi. Pour stock médical, Dans ce module, une erreur sur « stock médical » peut épuiser un médicament irremplaçable, retarder un traitement urgent ou privilégier un diagnostic séduisant mais faux. Le garde-fou principal est: Compter seulement les boîtes ne suffit pas: dosages, dates, stabilité et besoins probables déterminent la couverture réelle.

## 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.

### Autonomie d'une réserve d'oxygène

$$t_{\text{oxygen}} = V_{\text{stock}} / q_{\text{day}}$$

#### 1 — Question concrète

Que permet de calculer «  $t_{\text{oxygen}} = V_{\text{stock}} / q_{\text{day}}$  » dans « Autonomie d'une réserve d'oxygène » ?

#### 2 — Intuition sans symboles

Une réserve médicale doit être rapportée à la consommation quotidienne attendue pour devenir une durée exploitable.

#### 3 — Grandeurs

$t_{\text{oxygen}}$ : autonomie [d];  $V_{\text{stock}}$ : volume disponible [L];  $q_{\text{day}}$ : consommation quotidienne [L/d]

#### 4 — Formule

$$t_{\text{oxygen}} = V_{\text{stock}} / q_{\text{day}}$$

#### 5 — Lecture

Lire «  $t_{\text{oxygen}} = V_{\text{stock}} / q_{\text{day}}$  » en nommant chaque opération et chaque indice.

#### 6 — Symboles et sens

$t_{\text{oxygen}}$ : autonomie [d];  $V_{\text{stock}}$ : volume disponible [L];  $q_{\text{day}}$ : consommation quotidienne [L/d]

#### 7 — Prononciation

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

#### 8 — Unités

$t_{\text{oxygen}}$  [d];  $V_{\text{stock}}$  [L];  $q_{\text{day}}$  [L/d]

#### 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  $V_{\text{stock}} = 1200 \text{ L}$ ,  $q_{\text{day}} = 80 \text{ L/d}$ :  $t_{\text{oxygen}} = 1200 / 80 = 15 \text{ day}$ .
- 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  
Conserver une marge pour variabilité clinique, pertes et incidents au lieu de planifier jusqu'à zéro.
- 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  $V_{\text{stock}} = 600 \text{ L}$ ,  $q_{\text{day}} = 50 \text{ L/d}$ :  $t_{\text{oxygen}} = 600 / 50$  ?
- Correction guidée détaillée — ouvrir après essai**

Avec  $V_{\text{stock}} = 600 \text{ L}$ ,  $q_{\text{day}} = 50 \text{ L/d}$ :  $t_{\text{oxygen}} = 600 / 50 = 12 \text{ day}$ . La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.
- Exercice autonome.** Recalculez ce scénario: Avec  $V_{\text{stock}} = 2000 \text{ L}$ ,  $q_{\text{day}} = 100 \text{ L/d}$ :  $t_{\text{oxygen}} = 2000 / 100$  ?
- Correction autonome — ouvrir après essai**

Avec  $V_{\text{stock}} = 2000 \text{ L}$ ,  $q_{\text{day}} = 100 \text{ L/d}$ :  $t_{\text{oxygen}} = 2000 / 100 = 20 \text{ day}$ . La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.
- 21 — Décision mission  
Conserver une marge pour variabilité clinique, pertes et incidents au lieu de planifier jusqu'à zéro.

## Autonomie d'un stock de doses

$$t_{\text{med}} = N_{\text{doses}} / (d_{\text{daily}} \times N_{\text{patients}})$$

- 1 — Question concrète  
Que permet de calculer «  $t_{\text{med}} = N_{\text{doses}} / (d_{\text{daily}} \times N_{\text{patients}})$  » dans « Autonomie d'un stock de doses » ?
- 2 — Intuition sans symboles  
Le stock doit être divisé par la consommation combinée des patients réellement traités.
- 3 — Grandeurs  
 $t_{\text{med}}$ : autonomie du stock [d];  $N_{\text{doses}}$ : doses disponibles [dose];  $d_{\text{daily}}$ : doses par patient et par jour [dose/(patient·d)];  $N_{\text{patients}}$ : patients simultanés [patient]
- 4 — Formule  
 $t_{\text{med}} = N_{\text{doses}} / (d_{\text{daily}} \times N_{\text{patients}})$
- 5 — Lecture  
Lire «  $t_{\text{med}} = N_{\text{doses}} / (d_{\text{daily}} \times N_{\text{patients}})$  » en nommant chaque opération et chaque indice.
- 6 — Symboles et sens  
 $t_{\text{med}}$ : autonomie du stock [d];  $N_{\text{doses}}$ : doses disponibles [dose];  $d_{\text{daily}}$ : doses par patient et par jour [dose/(patient·d)];  $N_{\text{patients}}$ : patients simultanés [patient]
- 7 — Prononciation  
Dire explicitement les indices, puissances, parenthèses et lettres grecques afin de reconstruire la relation sans voir la page.
- 8 — Unités  
 $t_{\text{med}}$  [d];  $N_{\text{doses}}$  [dose];  $d_{\text{daily}}$  [dose/(patient·d)];  $N_{\text{patients}}$  [patient]
- 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  $N\_doses = 120$  dose,  $d\_daily = 2$  dose/(patient·d),  $N\_patients = 3$  patient:  $t\_med = 120 / (2 \times 3) = 20$  day.

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

Déclencher réapprovisionnement ou substitution avant que l'autonomie tombe sous le délai de secours réaliste.

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  $N\_doses = 90$  dose,  $d\_daily = 3$  dose/(patient·d),  $N\_patients = 2$  patient:  $t\_med = 90 / (3 \times 2)$  ?

**Correction guidée détaillée — ouvrir après essai**

Avec  $N\_doses = 90$  dose,  $d\_daily = 3$  dose/(patient·d),  $N\_patients = 2$  patient:  $t\_med = 90 / (3 \times 2) = 15$  day. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

**Exercice autonome.** Recalculez ce scénario: Avec  $N\_doses = 200$  dose,  $d\_daily = 1$  dose/(patient·d),  $N\_patients = 4$  patient:  $t\_med = 200 / (1 \times 4)$  ?

**Correction autonome — ouvrir après essai**

Avec  $N\_doses = 200$  dose,  $d\_daily = 1$  dose/(patient·d),  $N\_patients = 4$  patient:  $t\_med = 200 / (1 \times 4) = 50$  day. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Déclencher réapprovisionnement ou substitution avant que l'autonomie tombe sous le délai de secours réaliste.

## Besoin total de fluide

$$V\_fluid = q\_patient \times N\_patients \times t\_days$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer «  $V\_fluid = q\_patient \times N\_patients \times t\_days$  » dans « Besoin total de fluide » ?

2 — Intuition sans symboles

Un besoin individuel devient un besoin logistique lorsqu'il est multiplié par le nombre de patients et la durée.

3 — Grandeurs

$V\_fluid$ : volume total requis [L];  $q\_patient$ : besoin par patient et par jour [L/(patient·jour)];  $N\_patients$ : nombre de patients [patient];  $t\_days$ : durée de prise en charge [d]

4 — Formule

$$V\_fluid = q\_patient \times N\_patients \times t\_days$$

5 — Lecture

Lire «  $V\_fluid = q\_patient \times N\_patients \times t\_days$  » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

V\_fluid: volume total requis [L]; q\_patient: besoin par patient et par jour [L/(patient·jour)]; N\_patients: nombre de patients [patient]; t\_days: durée de prise en charge [d]

7 — Prononciation

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

8 — Unités

V\_fluid [L]; q\_patient [L/(patient·jour)]; N\_patients [patient]; t\_days [d]

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 q\_patient = 2.5 L/(patient·jour), N\_patients = 4 patient, t\_days = 3 d: V\_fluid =  $2.5 \times 4 \times 3 = 30$  L.

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

Vérifier que le stock disponible couvre le scénario de pointe et non seulement la moyenne historique.

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 q\_patient = 1.8 L/(patient·jour), N\_patients = 6 patient, t\_days = 2 d: V\_fluid =  $1.8 \times 6 \times 2$  ?

**Correction guidée détaillée — ouvrir après essai**

Avec q\_patient = 1.8 L/(patient·jour), N\_patients = 6 patient, t\_days = 2 d: V\_fluid =  $1.8 \times 6 \times 2 = 21.6$  L. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

**Exercice autonome.** Recalculez ce scénario: Avec q\_patient = 3 L/(patient·jour), N\_patients = 2 patient, t\_days = 5 d: V\_fluid =  $3 \times 2 \times 5$  ?

**Correction autonome — ouvrir après essai**

Avec q\_patient = 3 L/(patient·jour), N\_patients = 2 patient, t\_days = 5 d: V\_fluid =  $3 \times 2 \times 5 = 30$  L. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Vérifier que le stock disponible couvre le scénario de pointe et non seulement la moyenne historique.

## Autonomie d'un consommable

$$t_{\text{shelf}} = N_{\text{units}} / q_{\text{use\_day}}$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer «  $t_{\text{shelf}} = N_{\text{units}} / q_{\text{use\_day}}$  » dans « Autonomie d'un consommable » ?

2 — Intuition sans symboles

Le nombre d'unités n'indique une autonomie qu'après comparaison avec le rythme d'utilisation.

3 — Grandeurs

t\_shelf: autonomie consommable [d]; N\_units: unités disponibles [unit]; q\_use\_day: utilisation quotidienne [unité/jour]

4 — Formule

$$t\_shelf = N\_units / q\_use\_day$$

5 — Lecture

Lire «  $t\_shelf = N\_units / q\_use\_day$  » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

t\_shelf: autonomie consommable [d]; N\_units: unités disponibles [unit]; q\_use\_day: utilisation quotidienne [unité/jour]

7 — Prononciation

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

8 — Unités

t\_shelf [d]; N\_units [unit]; q\_use\_day [unité/jour]

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  $N\_units = 300$  unit,  $q\_use\_day = 12$  unité/jour:  $t\_shelf = 300 / 12 = 25$  day.

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

Réviser la cadence d'utilisation si l'autonomie devient inférieure à la prochaine possibilité réaliste de production ou ravitaillement.

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  $N\_units = 150$  unit,  $q\_use\_day = 10$  unité/jour:  $t\_shelf = 150 / 10$  ?

**Correction guidée détaillée — ouvrir après essai**

Avec  $N\_units = 150$  unit,  $q\_use\_day = 10$  unité/jour:  $t\_shelf = 150 / 10 = 15$  day. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

**Exercice autonome.** Recalculez ce scénario: Avec  $N\_units = 480$  unit,  $q\_use\_day = 16$  unité/jour:  $t\_shelf = 480 / 16$  ?

**Correction autonome — ouvrir après essai**

Avec  $N\_units = 480$  unit,  $q\_use\_day = 16$  unité/jour:  $t\_shelf = 480 / 16 = 30$  day. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Réviser la cadence d'utilisation si l'autonomie devient inférieure à la prochaine possibilité réaliste de production ou ravitaillement.

## Capacité de stérilisation

$$C_{\text{sterile}} = n_{\text{cycles}} \times n_{\text{items\_cycle}}$$

### 1 — Question concrète

Que permet de calculer «  $C_{\text{sterile}} = n_{\text{cycles}} \times n_{\text{items\_cycle}}$  » dans « Capacité de stérilisation » ?

### 2 — Intuition sans symboles

La capacité quotidienne dépend du nombre de cycles réalisables et de la charge sûre par cycle.

### 3 — Grandeurs

$C_{\text{sterile}}$ : capacité totale [instrument];  $n_{\text{cycles}}$ : cycles disponibles [cycle];  $n_{\text{items\_cycle}}$ : instruments par cycle [instrument/cycle]

### 4 — Formule

$$C_{\text{sterile}} = n_{\text{cycles}} \times n_{\text{items\_cycle}}$$

### 5 — Lecture

Lire «  $C_{\text{sterile}} = n_{\text{cycles}} \times n_{\text{items\_cycle}}$  » en nommant chaque opération et chaque indice.

### 6 — Symboles et sens

$C_{\text{sterile}}$ : capacité totale [instrument];  $n_{\text{cycles}}$ : cycles disponibles [cycle];  $n_{\text{items\_cycle}}$ : instruments par cycle [instrument/cycle]

### 7 — Prononciation

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

### 8 — Unités

$C_{\text{sterile}}$  [instrument];  $n_{\text{cycles}}$  [cycle];  $n_{\text{items\_cycle}}$  [instrument/cycle]

### 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  $n_{\text{cycles}} = 6$  cycle,  $n_{\text{items\_cycle}} = 12$  instrument/cycle:  $C_{\text{sterile}} = 6 \times 12 = 72$  instrument.

### 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

Si la demande dépasse cette capacité, prioriser ou ajouter un moyen de stérilisation avant l'intervention.

### 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  $n_{\text{cycles}} = 4$  cycle,  $n_{\text{items\_cycle}} = 20$  instrument/cycle:  $C_{\text{sterile}} = 4 \times 20$  ?

#### Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec  $n_{\text{cycles}} = 4$  cycle,  $n_{\text{items\_cycle}} = 20$  instrument/cycle:  $C_{\text{sterile}} = 4 \times 20 = 80$  instrument. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

**Exercice autonome.** Recalculez ce scénario: Avec  $n_{\text{cycles}} = 10$  cycle,  $n_{\text{items\_cycle}} = 8$  instrument/cycle:  $C_{\text{sterile}} = 10 \times 8$  ?

#### Correction autonome — ouvrir après essai

Avec  $n_{\text{cycles}} = 10$  cycle,  $n_{\text{items\_cycle}} = 8$  instrument/cycle:  $C_{\text{sterile}} = 10 \times 8 = 80$  instrument. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

## 21 — Décision mission

Si la demande dépasse cette capacité, prioriser ou ajouter un moyen de stérilisation avant l'intervention.

## Marge de réserve médicale

$M_{\text{med}} = \text{stock} - \text{demand}$

### 1 — Question concrète

Que permet de calculer «  $M_{\text{med}} = \text{stock} - \text{demand}$  » dans « Marge de réserve médicale » ?

### 2 — Intuition sans symboles

La marge mesure ce qui reste après couverture d'un scénario clinique défini.

### 3 — Grandeurs

$M_{\text{med}}$ : marge de réserve [unit]; stock: stock disponible [unit]; demand: besoin scénario [unit]

### 4 — Formule

$M_{\text{med}} = \text{stock} - \text{demand}$

### 5 — Lecture

Lire «  $M_{\text{med}} = \text{stock} - \text{demand}$  » en nommant chaque opération et chaque indice.

### 6 — Symboles et sens

$M_{\text{med}}$ : marge de réserve [unit]; stock: stock disponible [unit]; demand: besoin scénario [unit]

### 7 — Prononciation

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

### 8 — Unités

$M_{\text{med}}$  [unit]; stock [unit]; demand [unit]

### 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 stock = 120 unit, demand = 90 unit:  $M_{\text{med}} = 120 - 90 = 30$  unit.

### 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 interdit de considérer le scénario comme médicalement soutenable sans mitigation.

### 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 stock = 50 unit, demand = 55 unit:  $M_{\text{med}} = 50 - 55$  ?

#### Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec stock = 50 unit, demand = 55 unit:  $M_{\text{med}} = 50 - 55 = -5$  unit. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

**Exercice autonome.** Recalculez ce scénario: Avec stock = 300 unit, demand = 240 unit:  $M_{med} = 300 - 240$  ?

**Correction autonome — ouvrir après essai**

Avec stock = 300 unit, demand = 240 unit:  $M_{med} = 300 - 240 = 60$  unit. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Une marge négative interdit de considérer le scénario comme médicalement soutenable sans mitigation.

## Progression de maîtrise

1. triage: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
2. diagnostic différentiel: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
3. sensibilité diagnostique: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
4. stock médical: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
5. Synthèse de « Médecine d'urgence et autonomie clinique pour Mars »: confrontez « triage » à « diagnostic différentiel »; choisissez le contrôle prioritaire.

## Vérification de maîtrise

Validation 34 — triage, diagnostic différentiel, sensibilité diagnostique, stock médical. 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 « triage ».
- Décrire la panne, l'incertitude ou la limite qui menace « diagnostic différentiel ».
- Expliquer comment « sensibilité diagnostique » modifie l'architecture ou les opérations.

## 1. L'évacuation n'est plus une option immédiate

En **orbite basse**, un retour vers la Terre peut parfois faire partie du plan de secours. Sur Mars, il ne constitue pas une réponse immédiate. La mission doit donc disposer d'une capacité médicale autonome cohérente avec sa durée, son équipage et ses risques.

Cela ne signifie pas transformer chaque astronaute en chirurgien. Il faut définir quelles pathologies peuvent être stabilisées, quels gestes doivent être entraînés, quelles décisions nécessitent un médecin distant et quels cas dépassent réellement les capacités disponibles.

## 2. Triage: traiter d'abord ce qui menace la vie ou la fonction

Le triage classe les priorités selon menace vitale, temps disponible et ressources. Une hémorragie majeure, une obstruction des voies aériennes ou une décompression demandent une action immédiate. Une douleur stable peut attendre une évaluation plus complète.

Sur Mars, le triage inclut aussi la mission: utiliser la totalité d'une réserve d'**oxygène** médical pour un cas incertain peut fragiliser l'équipage entier. Ces dilemmes doivent être étudiés avant le vol, pas improvisés sous **pression**.

## 3. Diagnostic avec des moyens limités

Le diagnostic combine histoire, examen, signes vitaux et outils disponibles: échographie, analyses simples, ECG, capteurs et imagerie limitée. La télémédecine peut aider, mais le délai oblige l'équipage à recueillir les bonnes données avant de demander conseil.

Un **système** d'aide à la décision doit exposer ses incertitudes et ne jamais masquer la nécessité d'un examen clinique. L'automatisation peut guider une séquence, pas garantir le diagnostic.

## 4. Pharmacie et durée de conservation

---

Une pharmacie martienne doit gérer indication, **dose**, contre-indications, interactions et stabilité dans le temps. Les médicaments ont des dates et des conditions de stockage; certains peuvent se dégrader pendant une mission longue.

La logistique médicale doit donc suivre les lots et prévoir des substitutions. Une base mature pourrait aussi produire certains consommables simples, mais les médicaments complexes resteront longtemps une dépendance logistique.

## 5. Procédures invasives, infection et stérilité

---

Plus un geste est invasif, plus il dépend de l'asepsie, de la formation et du suivi. Une plaie ou une intervention crée un risque infectieux dans un habitat fermé. Eau, déchets, microbiome et ventilation deviennent alors des interfaces médicales.

La conception de l'infirmerie doit intégrer nettoyage, isolement, stockage stérile, éclairage, surfaces, alimentation électrique et gestion des déchets biologiques.

## 6. Santé mentale, fatigue et décision

---

La santé comportementale influence directement la sécurité. Fatigue, conflit, isolement et privation de sommeil modifient attention, mémoire et jugement. Une erreur cognitive peut provoquer une panne technique aussi sûrement qu'une pièce cassée.

Les opérations doivent protéger le sommeil, surveiller la **charge de travail** et créer des voies de soutien confidentielles. Le commandement doit aussi savoir reconnaître quand un membre d'équipage ne doit plus accomplir une tâche critique temporairement.

## 7. Médecine et ingénierie doivent partager les mêmes données

---

Une intoxication au **CO<sub>2</sub>** peut d'abord ressembler à un problème humain alors que la cause est **ECLSS**. Une brûlure peut révéler une **anomalie** électrique. Une déshydratation peut être liée au planning **EVA** ou à la combinaison. L'analyse médicale doit donc accéder aux données système pertinentes.

Inversement, la protection des données personnelles reste essentielle. L'architecture doit distinguer ce qui est nécessaire à la sécurité opérationnelle de ce qui relève du dossier médical privé.

## 8. Exemple calculé: autonomie d'une réserve médicale

---

Une base possède 24 L d'oxygène médical équivalent à 200 bar dans une bouteille. Le volume ramené à 1 bar vaut approximativement  $24 \times 200 = 4\,800$  L, en négligeant ici les écarts au gaz parfait. À un **débit** thérapeutique de 6 L/min, la durée théorique vaut  $4\,800 / 6 = 800$  min, soit 13 h 20 min.

Cette valeur est un maximum théorique. Pression résiduelle, régulation, fuites et besoins simultanés réduisent l'autonomie. L'exercice montre pourquoi le débit prescrit devient aussi une décision logistique.

## 9. Autonomie clinique: raisonner sur les stocks sans confondre inventaire et traitement

---

Une mission isolée doit savoir combien de temps un stock diagnostique peut soutenir l'activité prévue, mais ce calcul ne prescrit aucun acte médical. Il s'agit d'un problème logistique: nombre d'unités disponibles, rythme moyen d'utilisation, marge pour une **période** dégradée et délai avant réapprovisionnement.

**Hypothèse pédagogique.** Un stock contient  $N = 72$  cartouches diagnostiques. L'équipage compte  $n = 4$  personnes et l'hypothèse de planification est  $r = 0,12$  cartouche par personne et par jour en moyenne. La consommation de groupe vaut  $C = n \times r = 4 \times 0,12 = 0,48$  **cartouches/jour**. L'autonomie nominale vaut  $A = N / C = 72 / 0,48 = 150$  **jours**.

Si une **phase** d'incident double temporairement le rythme moyen,  $C_{\text{dégradé}} = 0,96$  cartouche/jour et  $A_{\text{dégradée}} = 72 / 0,96 = \mathbf{75}$  **jours**. Le même stock perd donc la moitié de son autonomie lorsque la demande double. Cette relation simple explique pourquoi une base martienne doit suivre la consommation réelle plutôt qu'une date de péremption isolée.

**Limite du modèle.** La médecine réelle ne consomme pas les articles à un rythme constant et les besoins dépendent des événements. Une analyse d'ingénierie complète doit distinguer usage courant, réserve d'urgence, éléments non substituables, durée de conservation, conditions de stockage et capacité de fabriquer ou remplacer localement certains consommables. Le calcul sert à poser les bonnes questions, pas à décider d'un soin.

## Exercice progressif

Une mission dispose de trois kits médicaux identiques. Une urgence consomme 40 % d'un kit et une seconde 70 % d'un autre. Calculez la fraction totale de capacité restante en supposant les kits équivalents, puis expliquez pourquoi cette arithmétique ne suffit pas si les consommables utilisés sont différents.

### Correction raisonnée

Trois kits représentent initialement 3 unités de capacité. Les deux urgences consomment  $0,4 + 0,7 = 1,1$  unité-kit; il reste donc 1,9 unité, soit  $1,9 / 3 \approx 63,3$  % de la capacité nominale si tous les contenus sont parfaitement substituables. Cette hypothèse est justement la faiblesse du calcul. Deux urgences peuvent consommer le même médicament, la même poche de perfusion, un dispositif stérile unique ou une taille particulière, laissant beaucoup de masse disponible mais plus aucun exemplaire d'un consommable critique. Le suivi opérationnel doit donc se faire par article, indication clinique, péremption et possibilité de substitution, pas uniquement par pourcentage global de kit.

## Mini-projet

Concevoir l'autonomie médicale d'une base de six personnes pour 500 jours: compétences croisées, équipement, pharmacie, télémédecine, isolement, stérilité, inventaire, procédures d'urgence, confidentialité et critères de réévaluation de la mission.

## Sources primaires et passerelles

- NASA — Medical Operations, NASA-STD-3001
- NASA — Spaceflight Human-System Standard Volume 1
- NASA — Human Spaceflight Standards

## Matrice de parité FR ↔ EN

|                                   |                            |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Autonomie d'une réserve d'oxygène | Oxygen-reserve endurance   |
| Autonomie d'un stock de doses     | Dose-stock endurance       |
| Besoin total de fluide            | Total fluid requirement    |
| Autonomie d'un consommable        | Consumable-stock endurance |
| Capacité de stérilisation         | Sterilization capacity     |
| Marge de réserve médicale         | Medical reserve margin     |

**Termes de la progression.** [autonomie](#)

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