

Architecture d'habitat intégré, zonage et interfaces

Concevoir un habitat martien comme un [système](#) de volumes, d'interfaces, de barrières et de chemins de secours plutôt que comme une simple enveloppe pressurisée.

Comprendre le problème avant les équations

Question de départ — Architecture d'habitat intégré, zonage et interfaces: comment « Comprendre avant de calculer » agit-il sur « zonage », et quel repère issu de « interface d'habitat » permet de vérifier la décision?

Intuition. Un nouvel habitat doit séparer zones propres, zones poussiéreuses, sommeil, médecine et machines tout en limitant masse, volume et longueurs de réseaux.

1

Comprendre avant de calculer

Un nouvel habitat doit séparer zones propres, zones poussiéreuses, sommeil, médecine et machines tout en limitant masse, volume et longueurs de réseaux.

2

zonage

Définition sans prérequis.

3

interface d'habitat

Définition sans prérequis.

Repère concret. Un chemin dessiné sur un plan n'est pas valide s'il traverse une zone susceptible d'être condamnée par le même événement.

- Comprendre avant de calculer — Un nouvel habitat doit séparer zones propres, zones poussiéreuses, sommeil, médecine et machines tout en limitant masse, volume et longueurs de réseaux.
- zonage — Définition sans prérequis.
- interface d'habitat — Définition sans prérequis.

Parcours conseillé pour « Architecture d'habitat intégré, zonage et interfaces »: modules 00 à 40 recommandés selon le sujet. Dans « Architecture d'habitat intégré, zonage et interfaces », l'objectif est de comprendre pourquoi une notion antérieure intervient dans la décision étudiée, pas d'en réciter la notation.

RAMPE ZÉRO PRÉREQUIS · MODULE 41

Comprendre avant de calculer

Un nouvel habitat doit séparer zones propres, zones poussiéreuses, sommeil, médecine et machines tout en limitant [masse](#), volume et longueurs de réseaux.

Progression du module — zonage; interface d'habitat; compartimentation; chemin d'évacuation.

zonage

Définition sans prérequis. Le [zonage](#) organise l'espace en fonctions et niveaux de risque afin de contrôler flux de personnes, matière, contamination, bruit et accès.

Scène concrète. Placer une zone de maintenance poussiéreuse loin du médical réduit certaines contaminations mais peut allonger les trajets d'urgence.

Contrôle mental. Deux activités incompatibles doivent être séparées par espace, flux ou temps; si poussière, bruit, microbes ou danger traversent librement les zones, le [zonage](#) ne remplit pas sa fonction.

Piège à éviter. Un plan joli n'est pas un bon zonage si les flux opérationnels réels se croisent constamment.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « [zonage](#) » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat.

Exercice guidé — zonage

Situation à reconnaître. Placer une zone de maintenance poussiéreuse loin du médical réduit certaines contaminations mais peut allonger les trajets d'urgence.

Vérification demandée. Deux activités incompatibles doivent être séparées par espace, flux ou temps; si poussière, bruit, microbes ou danger traversent librement les zones, le zonage ne remplit pas sa fonction.

Erreur à écarter. Un plan joli n'est pas un bon zonage si les flux opérationnels réels se croisent constamment.

Corrigé raisonné

Sens précis

Le zonage organise l'espace en fonctions et niveaux de risque afin de contrôler flux de personnes, matière, contamination, bruit et accès.

Test du cas

Deux activités incompatibles doivent être séparées par espace, flux ou temps; si poussière, bruit, microbes ou danger traversent librement les zones, le zonage ne remplit pas sa fonction.

Piège exclu

Un plan joli n'est pas un bon zonage si les flux opérationnels réels se croisent constamment.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « zonage » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat.

Quantification

zonage: relation qualitative ici; aucune unité intrinsèque.

Vérification

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

interface d'habitat

Définition sans prérequis. Une [interface](#) d'habitat est une frontière physique ou fonctionnelle entre modules, réseaux ou usages: structure, sas, puissance, air, eau, données, personnes.

Scène concrète. Une extension future doit disposer de points de raccordement mécaniques et de capacités de réseau réellement dimensionnés.

Contrôle mental. Pour chaque passage entre volumes ou systèmes, vérifiez mécanique, étanchéité, énergie, données, circulation et maintenance; une interface oubliée devient un point de panne.

Piège à éviter. Prévoir seulement une porte ne prépare pas l'interface des fluides, de la sécurité [incendie](#) et des communications.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « [interface d'habitat](#) » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat.

Exercice guidé — interface d'habitat

Situation à reconnaître. Une extension future doit disposer de points de raccordement mécaniques et de capacités de réseau réellement dimensionnés.

Vérification demandée. Pour chaque passage entre volumes ou systèmes, vérifiez mécanique, étanchéité, énergie, données, circulation et maintenance; une interface oubliée devient un point de panne.

Erreur à écarter. Prévoir seulement une porte ne prépare pas l'interface des fluides, de la sécurité incendie et des communications.

Corrigé raisonné

Sens précis

Une interface d'habitat est une frontière physique ou fonctionnelle entre modules, réseaux ou usages: structure, sas, puissance, air, eau, données, personnes.

Test du cas

Pour chaque passage entre volumes ou systèmes, vérifiez mécanique, étanchéité, énergie, données, circulation et maintenance; une interface oubliée devient un point de panne.

Piège exclu

Prévoir seulement une porte ne prépare pas l'interface des fluides, de la sécurité incendie et des communications.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « interface d'habitat » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat.

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

Quantification

interface d'habitat: relation qualitative ici; aucune unité intrinsèque.

Vérification

interface d'habitat: confronter conclusion, contrôle et piège de la carte.

compartimentation

Définition sans prérequis. La [compartimentation](#) divise l'habitat en volumes ou fonctions isolables pour limiter la propagation d'une fuite, d'un feu ou d'une contamination.

Scène concrète. Une porte étanche permet d'isoler un module endommagé tout en préservant un volume [refuge](#).

Contrôle mental. Fermez un compartiment dans le scénario: les autres zones doivent conserver évacuation, [pression](#) et fonctions vitales suffisantes sans dépendre de la zone isolée.

Piège à éviter. Trop compartimenter ajoute masse, complexité et obstacles; il faut choisir les frontières à partir des scénarios de panne.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « [compartimentation](#) » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat.

Exercice guidé — compartimentation

Situation à reconnaître. Une porte étanche permet d'isoler un module endommagé tout en préservant un volume refuge.

Vérification demandée. Fermez un compartiment dans le scénario: les autres zones doivent conserver évacuation, pression et fonctions vitales suffisantes sans dépendre de la zone isolée.

Erreur à écarter. Trop compartimenter ajoute masse, complexité et obstacles; il faut choisir les frontières à partir des scénarios de panne.

Corrigé raisonné

Sens précis

La compartimentation divise l'habitat en volumes ou fonctions isolables pour limiter la propagation d'une fuite, d'un feu ou d'une contamination.

Test du cas

Fermez un compartiment dans le scénario: les autres zones doivent conserver évacuation, pression et fonctions vitales suffisantes sans dépendre de la zone isolée.

Piège exclu

Trop compartimenter ajoute masse, complexité et obstacles; il faut choisir les frontières à partir des scénarios de panne.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « compartimentation » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat.

Quantification

compartimentation: relation qualitative ici; aucune unité intrinsèque.

Vérification

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

chemin d'évacuation

Définition sans prérequis. Un chemin d'évacuation est un itinéraire praticable permettant de rejoindre une zone sûre malgré une dégradation prévue.

Scène concrète. Un incendie peut rendre un corridor principal inutilisable; une architecture résiliente prévoit un autre accès ou un refuge.

Contrôle mental. Depuis chaque poste occupé, il doit exister un trajet praticable vers un refuge malgré l'incident considéré; un chemin traversant la zone sinistrée n'est pas une évacuation redondante.

Piège à éviter. Un chemin dessiné sur un plan n'est pas valide s'il traverse une zone susceptible d'être condamnée par le même événement.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « [chemin d'évacuation](#) » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat.

Exercice guidé — chemin d'évacuation

Situation à reconnaître. Un incendie peut rendre un corridor principal inutilisable; une architecture résiliente prévoit un autre accès ou un refuge.

Vérification demandée. Depuis chaque poste occupé, il doit exister un trajet praticable vers un refuge malgré l'incident considéré; un chemin traversant la zone sinistrée n'est pas une évacuation redondante.

Erreur à écarter. Un chemin dessiné sur un plan n'est pas valide s'il traverse une zone susceptible d'être condamnée par le même événement.

Corrigé raisonné

Sens précis

Un chemin d'évacuation est un itinéraire praticable permettant de rejoindre une zone sûre malgré une dégradation prévue.

Test du cas

Depuis chaque poste occupé, il doit exister un trajet praticable vers un refuge malgré l'incident considéré; un chemin traversant la zone sinistrée n'est pas une évacuation redondante.

Piège exclu

Un chemin dessiné sur un plan n'est pas valide s'il traverse une zone susceptible d'être condamnée par le même événement.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « chemin d'évacuation » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat.

Étude intégrée — Architecture d'habitat intégré, zonage et interfaces

Situation à analyser. Un nouvel habitat doit séparer zones propres, zones poussiéreuses, sommeil, médecine et machines tout en limitant masse, volume et longueurs de réseaux.

- **zonage:** Placer une zone de maintenance poussiéreuse loin du médical réduit certaines contaminations mais peut allonger les trajets d'urgence. Contrôle attendu: Deux activités incompatibles doivent être séparées par espace, flux ou temps; si poussière, bruit, microbes ou danger traversent librement les zones, le zonage ne remplit pas sa fonction.
- **interface d'habitat:** Une extension future doit disposer de points de raccordement mécaniques et de capacités de réseau réellement dimensionnés. Contrôle attendu: Pour chaque passage entre volumes ou systèmes, vérifiez mécanique, étanchéité, énergie, données, circulation et maintenance; une interface oubliée devient un point de panne.
- **compartimentation:** Une porte étanche permet d'isoler un module endommagé tout en préservant un volume refuge. Contrôle attendu: Fermez un compartiment dans le scénario: les autres zones doivent conserver évacuation, pression et fonctions vitales suffisantes sans dépendre de la zone isolée.
- **chemin d'évacuation:** Un incendie peut rendre un corridor principal inutilisable; une architecture résiliente prévoit un autre accès ou un refuge. Contrôle attendu: Depuis chaque poste occupé, il doit exister un trajet praticable vers un refuge malgré l'incident considéré; un chemin traversant la zone sinistrée n'est pas une évacuation redondante.

Le diagnostic ne doit pas confondre « zonage » et « interface d'habitat ». Le premier se reconnaît ici par le cas suivant: Placer une zone de maintenance poussiéreuse loin du médical réduit certaines contaminations mais peut allonger les trajets d'urgence. Le second doit être contrôlé autrement: Pour chaque passage entre volumes ou systèmes, vérifiez mécanique, étanchéité, énergie, données, circulation et maintenance; une interface oubliée devient un point de panne.

Une seconde vérification croise « compartimentation » et « chemin d'évacuation ». Gardez comme alerte « Trop compartimenter ajoute masse, complexité et obstacles; il faut choisir les frontières à partir des scénarios de panne. »; pour « chemin d'évacuation », utilisez plutôt ce test: Depuis chaque poste occupé, il doit exister un trajet praticable vers un refuge malgré l'incident considéré; un chemin traversant la zone sinistrée n'est pas une évacuation redondante.

Exercice de synthèse

Dans la situation de « Architecture d'habitat intégré, zonage et interfaces », classez les indices selon « zonage » (Deux activités incompatibles doivent être séparées par espace, flux ou temps; si poussière, bruit, microbes ou danger traversent librement les zones, le zonage ne remplit pas sa fonction.), « interface d'habitat » (Pour chaque passage entre volumes ou systèmes, vérifiez mécanique, étanchéité, énergie, données, circulation et maintenance; une interface oubliée devient un point de panne.), « compartimentation » (Fermez un compartiment dans le scénario: les autres zones doivent conserver évacuation, pression et fonctions vitales suffisantes sans dépendre de la zone isolée.), « chemin d'évacuation » (Depuis chaque poste occupé, il doit exister un trajet praticable vers un refuge malgré l'incident considéré; un chemin traversant la zone sinistrée n'est pas une évacuation redondante.) Décision suspendue si un contrôle échoue.

Corrigé de synthèse

Pour zonage, Dans ce module, une erreur sur « zonage » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat. Le garde-fou principal est: Un plan joli n'est pas un bon zonage si les flux opérationnels réels se croisent constamment. Pour interface d'habitat, Dans ce module, une erreur sur « interface d'habitat » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat. Le garde-fou principal est: Prévoir seulement une porte ne prépare pas l'interface des fluides, de la sécurité incendie et des communications. Pour compartimentation, Dans ce module, une erreur sur « compartimentation » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat. Le garde-fou principal est: Trop compartimenter ajoute masse, complexité et obstacles; il faut choisir les frontières à partir des scénarios de panne. Pour chemin d'évacuation, Dans ce module, une erreur sur « chemin d'évacuation » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat. Le garde-fou principal est: Un chemin dessiné sur un plan n'est pas valide s'il traverse une zone susceptible d'être condamnée par le même événement.

Données du cas

Exercice de synthèse — Dans la situation de « Architecture d'habitat intégré, zonage et interfaces », classez les indices selon « zonage » (Deux activités incompatibles doivent être séparées par espace, flux ou temps; si poussière, bruit, microbes ou danger traversent librement les zones, le zonage ne remplit pas sa fonction.),

« interface d'habitat » (Pour chaque passage entre volumes ou systèmes, vérifiez mécanique, étanchéité, énergie, données, circulation et maintenance; une interface oubliée devient un point de panne.), « compartime

Raisonnement

Corrigé de synthèse Pour zonage, Dans ce module, une erreur sur « zonage » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat. Le garde-fou principal est: Un plan joli n'est pas un bon zonage si les flux opérationnels réels se croisent constamment. Pour interface d'habitat, Dans ce module, une erreur sur « interface d'habitat » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat. Le garde-fou principal est: Prévoir seulement une porte ne prépare pas l'interface des fluides, de la sécurité incendie et des communications. Pour compartimentation, Dans ce module, une erreur sur « compartimentation » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat. Le garde-fou pr

Résultat

Corrigé de synthèse Pour zonage, Dans ce module, une erreur sur « zonage » peut propager poussière, bruit, contamination ou danger entre zones et supprimer simultanément plusieurs fonctions de l'habitat.

Interprétation

Le garde-fou principal est: Un plan joli n'est pas un bon zonage si les flux opérationnels réels se croisent constamment.

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.

Réserve de surface utile

$$A_{\text{reserve}} = A_{\text{usable}} - A_{\text{committed}}$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $A_{\text{reserve}} = A_{\text{usable}} - A_{\text{committed}}$ » dans « Réserve de surface utile » ?

2 — Intuition sans symboles

Une surface totale n'est pas une réserve si elle est déjà engagée par des fonctions ou accès obligatoires.

3 — Grandeurs

A_{reserve} : surface encore libre [m²]; A_{usable} : surface réellement utilisable [m²]; $A_{\text{committed}}$: surface déjà affectée [m²]

4 — Formule

$$A_{\text{reserve}} = A_{\text{usable}} - A_{\text{committed}}$$

5 — Lecture

Lire « $A_{\text{reserve}} = A_{\text{usable}} - A_{\text{committed}}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

A_{reserve} : surface encore libre [m²]; A_{usable} : surface réellement utilisable [m²]; $A_{\text{committed}}$: surface déjà affectée [m²]

7 — Prononciation

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

8 — Unités

A_{reserve} [m²]; A_{usable} [m²]; $A_{\text{committed}}$ [m²]

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 $A_{usable} = 180 \text{ m}^2$, $A_{committed} = 154 \text{ m}^2$: $A_{reserve} = 180 - 154 = 26 \text{ m}^2$.

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

Conserver une réserve explicite pour réparation, croissance et reconfiguration.

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 $A_{usable} = 96 \text{ m}^2$, $A_{committed} = 84 \text{ m}^2$: $A_{reserve} = 96 - 84$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $A_{usable} = 96 \text{ m}^2$, $A_{committed} = 84 \text{ m}^2$: $A_{reserve} = 96 - 84 = 12 \text{ m}^2$. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $A_{usable} = 240 \text{ m}^2$, $A_{committed} = 204 \text{ m}^2$: $A_{reserve} = 240 - 204$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $A_{usable} = 240 \text{ m}^2$, $A_{committed} = 204 \text{ m}^2$: $A_{reserve} = 240 - 204 = 36 \text{ m}^2$. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Conserver une réserve explicite pour réparation, croissance et reconfiguration.

Marge de capacité refuge

$$M_{refuge} = C_{refuge} - N_{required}$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $M_{refuge} = C_{refuge} - N_{required}$ » dans « Marge de capacité refuge » ?

2 — Intuition sans symboles

Un refuge n'est disponible que si sa capacité dépasse ou égale l'effectif qui peut devoir y converger.

3 — Grandeurs

M_{refuge} : places de refuge restantes [places]; C_{refuge} : capacité certifiée du refuge [places]; $N_{required}$: occupants à accueillir [personnes]

4 — Formule

$$M_{refuge} = C_{refuge} - N_{required}$$

5 — Lecture

Lire « $M_{refuge} = C_{refuge} - N_{required}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

M_{refuge} : places de refuge restantes [places]; C_{refuge} : capacité certifiée du refuge [places]; $N_{required}$: occupants à accueillir [personnes]

7 — Prononciation

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

8 — Unités

M_{refuge} [places]; C_{refuge} [places]; N_{required} [personnes]

9 — Convention

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

10 — Pourquoi cette opération

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

11 — Hypothèses

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

12 — Contrôle indépendant

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

13 — Cas numérique

Avec $C_{\text{refuge}} = 10$ places, $N_{\text{required}} = 8$ personnes: $M_{\text{refuge}} = 10 - 8 = 2$ places.

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 nulle peut être acceptable seulement si aucune indisponibilité ou visiteur supplémentaire n'est plausible.

18 — Ce que le résultat ne prouve pas

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

19 — Sensibilité

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

20 — Exercices guidé et autonome

Exercice guidé. Recalculez ce scénario: Avec $C_{\text{refuge}} = 6$ places, $N_{\text{required}} = 6$ personnes: $M_{\text{refuge}} = 6 - 6$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $C_{\text{refuge}} = 6$ places, $N_{\text{required}} = 6$ personnes: $M_{\text{refuge}} = 6 - 6 = 0$ places. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $C_{\text{refuge}} = 14$ places, $N_{\text{required}} = 11$ personnes: $M_{\text{refuge}} = 14 - 11$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $C_{\text{refuge}} = 14$ places, $N_{\text{required}} = 11$ personnes: $M_{\text{refuge}} = 14 - 11 = 3$ places. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Une marge nulle peut être acceptable seulement si aucune indisponibilité ou visiteur supplémentaire n'est plausible.

Fraction de surface d'une zone

$p_{\text{zone}} = A_{\text{zone}} / A_{\text{total}}$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $p_{\text{zone}} = A_{\text{zone}} / A_{\text{total}}$ » dans « Fraction de surface d'une zone » ?

2 — Intuition sans symboles

Le zonage se vérifie par la fraction du volume ou de la surface réellement consacrée à chaque fonction.

3 — Grandeurs

p_{zone} : fraction de la surface totale occupée par la zone [sans dimension]; A_{zone} : surface de la zone [m^2];

A_{total} : surface totale [m^2]

4 — Formule

$$p_{\text{zone}} = A_{\text{zone}} / A_{\text{total}}$$

5 — Lecture

Lire « $p_{\text{zone}} = A_{\text{zone}} / A_{\text{total}}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

p_{zone} : fraction de la surface totale occupée par la zone [sans dimension]; A_{zone} : surface de la zone [m^2];

A_{total} : surface totale [m^2]

7 — Prononciation

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

8 — Unités

p_{zone} [sans dimension]; A_{zone} [m^2]; A_{total} [m^2]

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 $A_{\text{zone}} = 60 \text{ m}^2$, $A_{\text{total}} = 240 \text{ m}^2$: $p_{\text{zone}} = 60 / 240 = 0.25$.

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 fraction calculée aux besoins d'exploitation, d'accès et de sécurité, pas seulement au plan architectural.

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 $A_{\text{zone}} = 36 \text{ m}^2$, $A_{\text{total}} = 240 \text{ m}^2$: $p_{\text{zone}} = 36 / 240$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $A_{\text{zone}} = 36 \text{ m}^2$, $A_{\text{total}} = 240 \text{ m}^2$: $p_{\text{zone}} = 36 / 240 = 0.15$. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $A_{\text{zone}} = 48 \text{ m}^2$, $A_{\text{total}} = 240 \text{ m}^2$: $p_{\text{zone}} = 48 / 240$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $A_{\text{zone}} = 48 \text{ m}^2$, $A_{\text{total}} = 240 \text{ m}^2$: $p_{\text{zone}} = 48 / 240 = 0.2$. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Comparer la fraction calculée aux besoins d'exploitation, d'accès et de sécurité, pas seulement au plan architectural.

Densité d'interfaces

$$D_{if} = N_{interfaces} / A_{total}$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $D_{if} = N_{interfaces} / A_{total}$ » dans « Densité d'interfaces » ?

2 — Intuition sans symboles

Les interfaces sont des points de dépendance; leur densité aide à repérer les zones difficiles à isoler ou modifier.

3 — Grandeurs

D_{if} : nombre d'interfaces par surface [interfaces/m²]; $N_{interfaces}$: interfaces fonctionnelles comptées [interfaces]; A_{total} : surface totale considérée [m²]

4 — Formule

$$D_{if} = N_{interfaces} / A_{total}$$

5 — Lecture

Lire « $D_{if} = N_{interfaces} / A_{total}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

D_{if} : nombre d'interfaces par surface [interfaces/m²]; $N_{interfaces}$: interfaces fonctionnelles comptées [interfaces]; A_{total} : surface totale considérée [m²]

7 — Prononciation

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

8 — Unités

$$D_{if} \text{ [interfaces/m}^2\text{]; } N_{interfaces} \text{ [interfaces]; } A_{total} \text{ [m}^2\text{]}$$

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 $N_{interfaces} = 24$ interfaces, $A_{total} = 240$ m²: $D_{if} = 24 / 240 = 0.1$ interfaces/m².

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 densité élevée doit déclencher une revue d'accès, isolation, maintenance et causes communes.

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 $N_{interfaces} = 18$ interfaces, $A_{total} = 180$ m²: $D_{if} = 18 / 180$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $N_{\text{interfaces}} = 18$ interfaces, $A_{\text{total}} = 180 \text{ m}^2$: $D_{\text{if}} = 18 / 180 = 0.1$ interfaces/m². La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $N_{\text{interfaces}} = 35$ interfaces, $A_{\text{total}} = 300 \text{ m}^2$: $D_{\text{if}} = 35 / 300$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $N_{\text{interfaces}} = 35$ interfaces, $A_{\text{total}} = 300 \text{ m}^2$: $D_{\text{if}} = 35 / 300 = 0.1167$ interfaces/m². La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Une densité élevée doit déclencher une revue d'accès, isolation, maintenance et causes communes.

Marge d'évacuation

$$M_{\text{egress}} = t_{\text{limit}} - t_{\text{egress}}$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $M_{\text{egress}} = t_{\text{limit}} - t_{\text{egress}}$ » dans « Marge d'évacuation » ?

2 — Intuition sans symboles

Un chemin d'évacuation se juge par le temps disponible moins le temps réellement nécessaire pour sortir.

3 — Grandeurs

M_{egress} : marge temporelle avant la limite [min]; t_{limit} : temps maximal admissible [min]; t_{egress} : temps d'évacuation estimé [min]

4 — Formule

$$M_{\text{egress}} = t_{\text{limit}} - t_{\text{egress}}$$

5 — Lecture

Lire « $M_{\text{egress}} = t_{\text{limit}} - t_{\text{egress}}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

M_{egress} : marge temporelle avant la limite [min]; t_{limit} : temps maximal admissible [min]; t_{egress} : temps d'évacuation estimé [min]

7 — Prononciation

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

8 — Unités

$$M_{\text{egress}} [\text{min}]; t_{\text{limit}} [\text{min}]; t_{\text{egress}} [\text{min}]$$

9 — Convention

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

10 — Pourquoi cette opération

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

11 — Hypothèses

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

12 — Contrôle indépendant

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

13 — Cas numérique

$$\text{Avec } t_{\text{limit}} = 8 \text{ min}, t_{\text{egress}} = 5 \text{ min}: M_{\text{egress}} = 8 - 5 = 3 \text{ min.}$$

14 — Pourquoi le calcul fonctionne

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

15 — Vérification

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

16 — Estimation mentale

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

17 — Interprétation

Une marge trop faible impose d'améliorer accès, détection, entraînement ou distance.

18 — Ce que le résultat ne prouve pas

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

19 — Sensibilité

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

20 — Exercices guidé et autonome

Exercice guidé. Recalculez ce scénario: Avec $t_{\text{limit}} = 6$ min, $t_{\text{egress}} = 5.5$ min: $M_{\text{egress}} = 6 - 5.5$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $t_{\text{limit}} = 6$ min, $t_{\text{egress}} = 5.5$ min: $M_{\text{egress}} = 6 - 5.5 = 0.5$ min. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $t_{\text{limit}} = 12$ min, $t_{\text{egress}} = 7$ min: $M_{\text{egress}} = 12 - 7$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $t_{\text{limit}} = 12$ min, $t_{\text{egress}} = 7$ min: $M_{\text{egress}} = 12 - 7 = 5$ min. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Une marge trop faible impose d'améliorer accès, détection, entraînement ou distance.

Marge d'une ressource commune

$$M_{\text{common}} = C_{\text{supply}} - D_{\text{peak}}$$

1 — Question concrète

Que permet de calculer « $M_{\text{common}} = C_{\text{supply}} - D_{\text{peak}}$ » dans « Marge d'une ressource commune » ?

2 — Intuition sans symboles

Deux zones physiquement séparées peuvent rester couplées par une même alimentation ou un même réseau.

3 — Grandeurs

M_{common} : marge de capacité de la ressource commune [unité de capacité]; C_{supply} : capacité disponible [unité de capacité]; D_{peak} : demande de pointe [unité de capacité]

4 — Formule

$$M_{\text{common}} = C_{\text{supply}} - D_{\text{peak}}$$

5 — Lecture

Lire « $M_{\text{common}} = C_{\text{supply}} - D_{\text{peak}}$ » en nommant chaque opération et chaque indice.

6 — Symboles et sens

M_{common} : marge de capacité de la ressource commune [unité de capacité]; C_{supply} : capacité disponible [unité de capacité]; D_{peak} : demande de pointe [unité de capacité]

7 — Prononciation

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

8 — Unités

M_{common} [unité de capacité]; C_{supply} [unité de capacité]; D_{peak} [unité de capacité]

9 — Convention

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

10 — Pourquoi cette opération

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

11 — Hypothèses

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

12 — Contrôle indépendant

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

13 — Cas numérique

Avec $C_{\text{supply}} = 120$ unité de capacité, $D_{\text{peak}} = 95$ unité de capacité: $M_{\text{common}} = 120 - 95 = 25$ 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

Une faible marge commune signale une cause commune potentielle malgré le zonage physique.

18 — Ce que le résultat ne prouve pas

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

19 — Sensibilité

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

20 — Exercices guidé et autonome

Exercice guidé. Recalculez ce scénario: Avec $C_{\text{supply}} = 80$ unité de capacité, $D_{\text{peak}} = 78$ unité de capacité: $M_{\text{common}} = 80 - 78$?

Correction guidée détaillée — ouvrir après essai

Avec $C_{\text{supply}} = 80$ unité de capacité, $D_{\text{peak}} = 78$ unité de capacité: $M_{\text{common}} = 80 - 78 = 2$ unités. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

Exercice autonome. Recalculez ce scénario: Avec $C_{\text{supply}} = 200$ unité de capacité, $D_{\text{peak}} = 155$ unité de capacité: $M_{\text{common}} = 200 - 155$?

Correction autonome — ouvrir après essai

Avec $C_{\text{supply}} = 200$ unité de capacité, $D_{\text{peak}} = 155$ unité de capacité: $M_{\text{common}} = 200 - 155 = 45$ unités. La décision doit ensuite être confrontée aux marges et hypothèses du module.

21 — Décision mission

Une faible marge commune signale une cause commune potentielle malgré le zonage physique.

Progression de maîtrise

1. zonage: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
2. interface d'habitat: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
3. compartimentation: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
4. chemin d'évacuation: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
5. Synthèse de « Architecture d'habitat intégré, zonage et interfaces »: confrontez « zonage » à « interface d'habitat »; choisissez le contrôle prioritaire.

Vérification de maîtrise

Validation 41 — zonage, interface d'habitat, compartimentation, chemin d'évacuation. Pour chaque notion: un indice et un contrôle.

Objectifs de maîtrise

- Lire « zonage » comme un problème concret de « Architecture d'habitat intégré, zonage et interfaces » et non comme une définition à réciter.
- Contrôler un résultat chiffré lié à « zonage » par une seconde méthode simple.
- Dire quelle donnée supplémentaire manque avant de trancher sur « interface d'habitat ».
- Choisir une réponse opérationnelle cohérente avec « compartimentation » et ses marges.

1. L'habitat est un réseau de fonctions couplées

Un habitat martien combine pression, atmosphère, thermique, énergie, eau, déchets, circulation, sommeil, soins, laboratoire, atelier et stockage. L'erreur classique consiste à optimiser chaque volume séparément. Or une porte déplace du bruit, de la poussière et des flux humains; un réservoir peut devenir blindage; un sas impose une contrainte à la circulation; un atelier modifie ventilation et incendie. L'architecture doit donc commencer par les interfaces entre fonctions, pas par un plan esthétique.

2. Zonage propre, sale, calme, bruyant et critique

Le zonage réduit les conflits. Les activités poussiéreuses, chimiques ou mécaniques doivent être séparées des zones de repos, de soins et de préparation alimentaire. La séparation n'est pas seulement spatiale: pression différentielle, ventilation, procédures de transfert et stockage créent des barrières fonctionnelles. Une colonie durable doit pouvoir isoler un atelier ou un laboratoire sans mettre tout le bâtiment en arrêt.

3. Circulation et évacuation: chaque trajet doit avoir une fonction de secours

Un couloir est aussi un chemin d'évacuation, un axe de maintenance et un corridor logistique. Les équipements ne doivent pas réduire progressivement une largeur utile jusqu'à rendre une civière ou un transport de composant impossible. Deux chemins indépendants vers une zone sûre sont préférables lorsqu'une panne locale peut condamner un passage. Les plans doivent être évalués en situation nominale et avec une porte, un module ou un corridor déclaré indisponible.

4. Interfaces mécaniques, électriques, fluides et numériques

Chaque module échange puissance, données, fluides, charges mécaniques et parfois chaleur avec ses voisins. Une interface mal définie transfère les problèmes: tension incompatible, connecteur non remplaçable, débit insuffisant, protocole logiciel différent ou accès de maintenance bloqué. Le dossier d'interface doit décrire états nominaux, limites, tolérances, isolement et comportement après panne.

5. Habitabilité: le corps humain est une exigence d'architecture

Volume disponible, lumière, bruit, intimité, accès aux toilettes, sommeil, exercice et repères visuels influencent directement performance et santé. Sur Mars, l'habitat est à la fois maison, lieu de travail et refuge. Une conception techniquement compacte peut devenir opérationnellement médiocre si elle oblige l'équipage à vivre au milieu des alarmes, du bruit de pompes ou du trafic logistique.

6. Modularité et croissance sans perdre la sûreté

Ajouter un module ne doit pas dégrader les évacuations, les capacités électriques ou le contrôle atmosphérique des modules existants. Une architecture extensible définit donc des points d'interface réservés, des marges de puissance et des règles de segmentation. La croissance doit être vérifiée comme une nouvelle configuration du système, pas considérée comme une simple répétition géométrique.

7. Défaillances croisées: raisonner par fonctions perdues, pas seulement par modules

Un habitat martien ne doit pas être évalué uniquement en demandant quel module physique peut tomber en panne. Une rupture de conduite peut supprimer à la fois l'eau potable d'une zone et la capacité de lutte contre l'incendie; une panne de bus électrique peut rendre indisponibles plusieurs ventilateurs pourtant installés dans des compartiments distincts. L'analyse doit partir des fonctions vitales — pression, oxygène, extraction du dioxyde de carbone, eau, puissance, communications et refuge — puis remonter vers les composants qui les supportent. Deux composants visuellement séparés ne constituent pas une vraie redondance s'ils dépendent du même câble, de la même vanne amont ou du même logiciel de commande. Une matrice fonctions × zones permet de vérifier qu'après isolement d'un secteur, les fonctions de survie restent disponibles ailleurs.

8. Interfaces contrôlées: chaque connexion doit avoir un propriétaire et un état connu

Beaucoup de défaillances naissent moins à l'intérieur d'un équipement qu'à sa frontière avec un autre. Une interface fluide impose pression, débit, propreté et type de raccord; une interface électrique impose tension, puissance de pointe, protection et qualité de masse; une interface numérique impose protocole, rythme, format des données et comportement en cas de message absent. Deux sous-systèmes peuvent être conformes séparément et incompatibles lorsqu'on les raccorde. Le contrôle d'interface doit donc survivre aux versions et à la fabrication locale: lorsqu'une pompe ou un contrôleur est remplacé dix ans plus tard, l'équipe doit savoir quelles propriétés restent contractuelles et quel état sûr l'interface adopte après perte d'alimentation.

9. Croissance de la base: préserver évacuation, maintenance et volume de réserve

Une première base peut être compacte; une ville martienne ne le restera pas. L'architecture doit réserver dès l'origine des chemins de croissance: passages techniques accessibles, capacité électrique et fluide extensible, points de sectionnement, sas supplémentaires et volumes de stockage. Sinon chaque extension transforme les couloirs en locaux techniques et dégrade la possibilité d'isoler un secteur. Le bon indicateur n'est donc pas seulement la surface habitable par personne, mais aussi la capacité à déplacer un blessé, extraire un équipement lourd, fermer une cloison, installer une conduite temporaire et héberger un groupe déplacé. L'habitat devient une infrastructure adaptable plutôt qu'un assemblage de volumes occupés au maximum.

10. Exemple calculé: surface utile et redondance de refuge

Un habitat offre 180 m² utiles pour 6 personnes, soit 30 m²/personne. Une zone de refuge de 36 m² peut accueillir les six membres, donc 6 m²/personne en urgence. Si un incendie rend 40 % de la surface principale indisponible, il reste 108 m² plus le refuge. La question n'est pas de maintenir le confort nominal mais de vérifier que couchage temporaire, air, eau, communication et accès médical restent possibles dans la configuration dégradée.

Étude de cas calculée: vérifier un zonage avant de discuter les interfaces

HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Un habitat offre 240 m² de surface utile: 96 m² pour la vie commune et privée, 48 m² pour le laboratoire, 60 m² pour les systèmes techniques et 36 m² pour les circulations et interfaces.

On note A la surface totale en m² et A_i la surface d'une zone. La part p_i d'une zone est un rapport sans unité, souvent exprimé en pourcentage.

Vérification: 96 + 48 + 60 + 36 = 240 m². Pour les systèmes techniques: p_{tech} = 60 ÷ 240 = 0,25 = 25 %. Pour les circulations: p_{circ} = 36 ÷ 240 = 0,15 = 15 %.

Le calcul ferme seulement le bilan de surface. Il ne dit pas si le zonage est bon: les interfaces de pression, d'incendie, de bruit, de maintenance et de circulation doivent ensuite être testées comme des exigences séparées.

11. Exercice de conception

Dessiner un habitat de six personnes avec sommeil, cuisine, soins, atelier, laboratoire, sas, stockage, hygiène et refuge. Imposer la perte d'un corridor puis vérifier que les fonctions vitales restent accessibles sans traverser la zone déclarée dangereuse.

12. Solution raisonnée

Une solution solide identifie au moins deux zones capables de servir de refuge pressurisé, vérifie que les chemins d'évacuation ne partagent pas tous le même corridor et décrit trois interfaces critiques — puissance, air et données — avec leur état après isolement. Si les deux refuges dépendent du même tableau électrique que la zone sinistrée, la redondance est seulement apparente.

13. Mini-projet de validation

Produire une revue d'architecture: plan fonctionnel, matrice des interfaces, deux scénarios d'isolement, chemins d'évacuation, zones de maintenance, marges de croissance et justification de l'*habitabilité*.

Sources primaires et passerelles

- NASA-STD-3001 Volume 2
- NASA Human Integration Design Handbook

Matrice de parité FR ↔ EN

Réserve de surface utile	Usable-area reserve
Marge de capacité refuge	Refuge capacity margin
Fraction de surface d'une zone	Zone area fraction
Densité d'interfaces	Interface density
Marge d'évacuation	Egress time margin
Marge d'une ressource commune	Shared-resource capacity margin

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