

ANNEXE GENERALE CLIMATIQUE

TOME 2A

CARACTERISATION DE L'ENVIRONNEMENT REEL

SOMMAIRE

<u>1</u>	<u>INTRODUCTION</u>	<u>5</u>
<u>1.1</u>	<u>Caractérisation des agents d'environnement</u>	<u>5</u>
<u>1.2</u>	<u>Conditions pour une évaluation correcte du comportement pendant la durée du cycle de vie</u>	<u>5</u>
1.2.1	Données à rassembler.....	5
1.2.2	Conseils pour les gestionnaires des matériels	6
<u>1.3</u>	<u>Validation des données</u>	<u>6</u>
<u>2</u>	<u>DESCRIPTION DES AGENTS D'ENVIRONNEMENT CLIMATIQUES RENCONTRES SUR LE GLOBE</u>	<u>7</u>
<u>2.1</u>	<u>But</u>	<u>7</u>
<u>2.2</u>	<u>Application</u>	<u>7</u>
2.2.1	AECTP 2311	7
2.2.2	Données complémentaires	7
<u>2.3</u>	<u>Guide pour l'emploi des chapitres du fascicule 2311</u>	<u>8</u>
<u>2.4</u>	<u>Conseils sur la rédaction des clauses environnementales climatiques des spécifications</u>	<u>9</u>
<u>2.5</u>	<u>Limites et définitions</u>	<u>11</u>
<u>2.6</u>	<u>Méthodes pour déterminer les niveaux induits</u>	<u>12</u>
<u>3</u>	<u>CARACTERISATION DE L'ENVIRONNEMENT REEL PAR AGENT D'ENVIRONNEMENT</u>	<u>14</u>
<u>3.1</u>	<u>Température</u>	<u>14</u>
3.1.1	Effets du rayonnement solaire et de la chaleur dissipée sur la température	14
3.1.2	En compartiments entièrement climatisés	14
3.1.3	Compartiments partiellement non-conditionnés.....	15
3.1.4	Choc thermique	15
<u>3.2</u>	<u>Humidité</u>	<u>15</u>
3.2.1	De la chaleur sur l'humidité	15
3.2.2	En compartiments entièrement climatisés	15
3.2.3	Humidité dans des compartiments partiellement non-conditionnés	15
3.2.4	Accumulation d'humidité	15
<u>3.3</u>	<u>Pression atmosphérique</u>	<u>16</u>
3.3.1	Zones géographiques d'altitude élevée	16
3.3.2	Au-dessus de niveau de la mer	16
3.3.3	Compartiments pressurisés	16
3.3.4	Vitesse de changement de pression d'air.....	17
<u>3.4</u>	<u>Pression hydrostatique</u>	<u>17</u>

<u>3.5</u>	<u>Glace</u>	<u>17</u>
3.5.1	Basse température et point de condensation.....	18
3.5.2	Manœuvre des bâtiments navals.....	18
3.5.3	Impact d'un avion avec les gouttelettes d'eau surfondues.....	18
3.5.4	Humidité Accumulée.....	18
3.5.5	Proximité avec les unités frigorifiques	18
<u>3.6</u>	<u>Sable et poussières</u>	<u>19</u>
<u>3.7</u>	<u>Mouillage</u>	<u>19</u>
<u>3.8</u>	<u>Erosion par impact</u>	<u>20</u>
<u>4</u>	<u>CARACTERISATION DE L'ENVIRONNEMENT REEL PAR SEGMENT DU PROFIL DE VIE</u>	<u>21</u>
<u>4.1</u>	<u>Operations logistiques</u>	<u>21</u>
4.1.1	Transport	21
4.1.2	Manutention et Stockage	41
<u>4.2</u>	<u>Mise en œuvre</u>	<u>48</u>
4.2.1	Déploiement sur installations fixes	48
4.2.2	Déploiement et mise à poste sur véhicules terrestres	55
4.2.3	Déploiement sur bâtiment naval de surface.....	64
4.2.4	Déploiement dans les sous-marins	72
4.2.5	Déploiement sur des aéronefs.....	78
<u>4.3</u>	<u>Systèmes spécifiques</u>	<u>96</u>
4.3.1	Caractérisation des environnements du matériel portatif et portable.....	96
4.3.2	Caractérisation des environnements du déploiement d'armes de surface et aéroportées	102
<u>5</u>	<u>CARACTERISATION PARTICULIERE DE L'ENVIRONNEMENT REEL.....</u>	<u>111</u>
<u>5.1</u>	<u>Environnement atmosphérique</u>	<u>111</u>
<u>5.2</u>	<u>Environnement rayonnement solaire</u>	<u>115</u>
<u>5.2</u>	<u>Exemple de calcul de la puissance énergétique</u>	<u>119</u>
5.2.1	Eclairement énergétique à utiliser avec une source ayant une répartition spectrale d'énergie différente de celle du soleil normalisé	119
5.2.2	Puissance absorbée par le matériel en essai.....	119
5.2.3	Coefficient d'absorption moyen simulé.....	119
5.2.4	Choix du coefficient d'absorption.....	120
<u>5.3</u>	<u>Abaque donnant la correction de température ambiante</u>	<u>124</u>
<u>5.4</u>	<u>Calcul de l'humidité relative</u>	<u>124</u>
5.4.1	Paramètres à calculer.....	125
5.4.2	Formule de base.....	125
5.4.3	Remarques	126

<u>5.5</u>	<u>Erreur relative de mesure de l'humidité relative due aux incertitudes de mesure des températures sèches et humides et aux fluctuations de pression atmosphérique.....</u>	<u>132</u>
<u>5.6</u>	<u>Effets combinés de la pression atmosphérique et de la vitesse de l'air sur la température de surface du matériel essayé</u>	<u>133</u>

1 INTRODUCTION

1.1 Caractérisation des agents d'environnement

On caractérise les agents d'environnement de plusieurs points de vue :

a) Caractérisation par leur nature

Le premier caractère est relatif à la nature des agents d'environnement .On distingue divers environnements : climatique, mécanique, électromagnétique, NRBC (nucléaire, radiologique, biologique, chimique), combinés avec des agents de plusieurs natures intervenant simultanément.

b) Caractérisation par rapport à l'origine des données

Les valeurs des agents d'environnement peuvent provenir de différentes sources :

- Valeurs forfaitaires des documents normatifs,
- Bases de données « maison »,
- Valeurs « refuge »,
- Valeurs issues de modèles de calcul,
- Valeurs issues d'un essai spécifique (ou non),
- Valeurs mesurées in situ.

En fonction de l'origine des sources de données, il faut prendre des précautions quant à leur utilisation. Par exemple, les **AECTP 230 et 300** de la norme **OTAN STANAG 4370**, présentent les caractéristiques au sens exprimé ci-dessus des agents d'environnement climatiques pour différentes situations rencontrées dans le profil de vie du matériel. Mais, les valeurs d'environnement évoquées dans ces documents ne sont pas à utiliser en tant que spécification d'un environnement réel. Elles permettent simplement de se faire une idée des caractéristiques des agents d'environnement qu'un matériel est susceptible de rencontrer dans une situation donnée.

c) Caractérisation en fonction du niveau d'assemblage et de la fonction

Il est possible d'associer à chaque élément de l'arbre produit et de l'arbre fonctionnel le ou les agents d'environnement rencontrés dans une situation donnée.

Le maître d'ouvrage fournit ces éléments au niveau système, le maître d'œuvre les décline aux autres niveaux d'assemblage organique et fonctionnel. Pour cela il peut mettre en œuvre des fonctions de transfert obtenues par mesure ou par calcul.

1.2 Conditions pour une évaluation correcte du comportement pendant la durée du cycle de vie

1.2.1 Données à rassembler

Des conditions induites peuvent être déterminées par une expérimentation en laboratoire ou in situ.

L'expérimentation en laboratoire permet de mettre en évidence, par comparaison, l'importance de facteurs agissant sur la sévérité de niveaux d'agression comme une couleur de peinture par exemple. Cependant elle ne peut pas représenter totalement les conditions réelles.

Seule l'expérimentation sur le terrain met le matériel en condition réelle d'exploitation. Toutefois la variabilité de l'environnement réel ne permet que l'exploration d'un nombre

limité de situations. Si bien que des évènements exceptionnels tels que tempêtes, orages, vents très violents etc. auront peut de chance d'être explorés.

Aussi un collationnement des événements climatiques est nécessaire pour tenir compte d'un maximum de situations.

1.2.2 Conseils pour les gestionnaires des matériels

Un gestionnaire des matériels peut être considéré comme l'autorité finalement responsable de la vie entière du matériel en question. Cette responsabilité sera très probablement assurée par différents responsables durant la vie du matériel.

Donc ce gestionnaire doit prendre la responsabilité de la collecte des données issues du matériel en cours d'exploitation pour évaluer périodiquement son état et vérifier s'il est toujours apte à sa mission.

Cette collecte peut être greffée, par exemple, sur les dispositifs informatiques reliés aux différentes fonctions des matériels ou aux enregistreurs mémorisant les différents paramètres climatiques utiles.

Il est ainsi possible d'obtenir l'historique du collectif des contraintes subies par le matériel et d'en déduire le potentiel de vie restant.

Cette collecte permet aussi de bâtir un programme réaliste de maintenance préventive et curative assurant le maintien en conditions opérationnelles

La connaissance des données météorologiques des régions dans lesquelles le matériel sera déployé est essentielle. Notamment pour définir les conditions de conditionnement, de stockage, de transport et d'entretien.

La connaissance des mécanismes de détérioration dus aux contraintes et au vieillissement est indispensable.

Ces mécanismes peuvent être mis en évidence par des simulations en laboratoire et des expérimentations sur le terrain afin de déterminer le comportement du matériel durant sa vie.

Cette connaissance liée aux informations collectées sur le matériel et la connaissance approfondie des données météorologiques régionales permettra d'élaborer une prédiction du comportement du matériel de sa fabrication à son retrait.

Des expérimentations et des tests de vérification dans le cadre d'un programme de surveillance peuvent être envisagés pour valider ces prédictions.

1.3 Validation des données

La qualité des mesures caractérisant un environnement réel conditionne la qualité des sévérités d'essais qui en découlera. Les critères de validation et en particulier les limites d'acceptation de ces critères dépendent du contexte d'emploi des données.

L'objet du présent guide n'est pas d'entrer dans les détails de la démarche de validation de la mesure.

2 DESCRIPTION DES AGENTS D'ENVIRONNEMENT CLIMATIQUES RENCONTRES SUR LE GLOBE

2.1 But

Le but est de décrire les principaux facteurs des environnements climatiques dans le monde entier, à l'exclusion de l'Antarctique pour :

- Identifier les valeurs de température et d'humidité classées par catégories et indiquer leur situation dans le monde.
- établir des descriptions standardisées de la température de l'air et de l'humidité ambiante pour chacune de ces catégories en termes de variations journalières et annuelles.
- recommander comme critères de conception, les cycles journaliers de température, d'humidité et de rayonnement solaire,
- identifier les autres facteurs climatiques significatifs dans chaque catégorie.
- recommander les intensités de ces autres facteurs climatiques qui devraient être pris en compte en évaluant leurs effets sur le matériel,
- préciser comment les facteurs climatiques varient avec l'altitude,
- donner les valeurs maximales enregistrées pour chaque facteur climatique.
- identifier les phénomènes rarissimes.

2.2 Application

On pourra se référer :

2.2.1 **AECTP 2311**

Le *fascicule 2311* de la norme *AECTP 230 édition 1* est prévu principalement comme documentation de référence/conseils sur les conditions climatiques du monde :

- Pour la compilation des valeurs des agents d'environnement climatiques (liées au cycle de vie) dans les spécifications et autres documents lors du développement des matériels à l'usage des forces de l'*OTAN*,
- pour évaluer la réaction à l'environnement climatique, par des analyses, d'un nouveau matériel destiné à l'usage des forces de l'*OTAN*, en particulier quand ce matériel doit être utilisé dans des conditions climatiques différentes de celles pour lesquelles il a été conçu.

2.2.2 **Données complémentaires**

MIL HDBK 310 : Environnement climatique du globe pour des altitudes allant jusqu'à 80 km : cf paragraphe 5.3

Annexe Générale climatique-PR ASTE 01-02 Tome 6 : Modèles et données de l'environnement climatique du globe : Classification par code unique Z1, .., Z11 et caractérisation de la variabilité des températures extrêmes.

2.3 Guide pour l'emploi des chapitres du fascicule 2311

Les **chapitres 2311/1 à 3** présentent les principaux facteurs climatiques qui caractérisent le climat du monde avec les probabilités d'occurrence associées adaptées aux besoins des forces de l'OTAN :

- Le chapitre 2311/1 couvre les catégories climatiques et leurs zones géographiques,
- le chapitre 2311/2 présente les valeurs de température de l'air et de l'humidité ambiante et les niveaux de rayonnement solaire direct à travers le monde,
- le chapitre 2311/3 présente les facteurs environnementaux climatiques additionnels dont il faut tenir compte pour les matériels destinés à l'usage des forces de l'OTAN,
- les cartes climatiques des catégories climatiques du fascicule 2311 ont été mises à jour avec de nouvelles données ; cependant les mêmes méthodes ont été appliquées pour définir les catégories climatiques et donc les frontières géographiques sont demeurées relativement constantes,
- l'analyse pour les catégories « B » a été changée légèrement afin de fournir des frontières relativement homogènes,
- les principales catégories de surfaces terrestres sont montrées sur les cartes du monde (cartes 1A, 1B et 1C) dans le chapitre 2311/1, et les cycles journaliers associés sont dans le chapitre 2311/2,
- les catégories des surfaces maritimes sont approximativement découpées en zones tropicales, tempérées et arctiques, mais aucune zone délimitée n'est précisée si l'on considère que les bâtiments navals sont susceptibles de couvrir l'ensemble des eaux durant leur service,
- la température, les valeurs d'humidité et de rayonnement solaire tout au long de l'année dans chacune des catégories climatiques sont présentées dans le chapitre 2311/2 sous la forme du nombre de jours de l'année où, en moyenne, une température spécifique est juste atteinte ou dépassée. En outre, il est indiqué la période de l'année où une température spécifique est dépassée,
- les catégories « B » ont été spécifiquement associées aux régions humides pour une partie notable d'une année moyenne. Toutefois les conditions qu'elles définissent peuvent se produire de temps en temps, pendant une période relativement courte, dans des régions normalement caractérisées par leur sécheresse telles que les déserts. Aussi une catégorie climatique d'humidité élevée devrait être choisie ou spécifiée, même lorsqu'on sait que le matériel ne sera pas déployé dans les régions définies par les catégories « B »,
- pour les matériels exposés sur les étendues maritimes, les spécifications devraient normalement indiquer la catégorie haute température M1, la catégorie intermédiaire M2, et la catégorie basse température M3, sachant que, généralement, les bâtiments navals couvrent les eaux tropicales, tempérées et arctiques pendant leur service,
- pour certains matériels, un cycle de température passant par une transition de phase, telle que la congélation de l'eau, peut être plus grave pour le matériel que des valeurs de température extrêmes. Ceci devrait être pris en considération pour spécifier, si nécessaire, des cycles de température, en se basant, si possible, sur les conditions climatiques indiquées dans les chapitres du fascicule 2311.
- des facteurs de modération de la température sont donnés pour des altitudes au sol sensiblement au-dessus du niveau de la mer (chapitre 2311/2 tableau 2),
- pour les charges explosives, les propulseurs et la pyrotechnie, on recommande que les niveaux de température et d'humidité soient basés sur une probabilité de

dépassement de 1% du mois de la plus mauvaise période de l'année (normalement 3 à 4 fois par an). Les cycles journaliers définis par cette recommandation sont inclus pour chaque catégorie dans le chapitre 2311/2.

Le critère ci-dessus s'applique dans beaucoup de cas, mais dans d'autres circonstances, par exemple, lorsqu'un défaut du matériel, lié à la température, ne conduit pas à un défaut majeur de fonctionnement du système, les situations de risque devraient être évaluées pour un compromis optimal des températures dérivées du pourcentage relatif.

Des valeurs supérieures ou inférieures de la température et de l'humidité pour de tels critères peuvent être obtenues dans le **chapitre 2311/2**. Une attention doit être portée lorsque la valeur de risque prise est de 10% (c.-à-d. basé sur une probabilité de dépassement de 10% d'un mois de la plus mauvaise période de l'année). Ces données sont alors employées comme valeurs limites pour les cycles journaliers ayant la même amplitude que celles correspondants aux **tableaux 6 - 19 du chapitre 2311/2**,

- la température et l'humidité en altitude sont données pour la valeur la plus haute et la plus basse ainsi que le 1% des valeurs hautes et basses dans les tableaux 2 et 3 du chapitre 2311/2.

La valeur de 1% est recommandée pour déterminer les critères de conception du matériel, en particulier pour les charges explosives, les propulseurs et la pyrotechnie; mais, comme ci-dessus, des critères moins sévères peuvent s'appliquer dans certains cas.

Uniquement les environnements naturels sont à prendre en compte ; les effets induits, tels que l'échauffement aérodynamique, ne sont pas considérés,

- en plus de la température et de l'humidité, les divers autres facteurs climatiques liés à chaque catégorie sont identifiés au chapitre 2311/3. Ces facteurs devraient être énoncés dans les spécifications en environnement climatique,
- il est peu probable que les conditions de température et d'humidité présentes lors d'une période quelconque de l'année, pendant des campagnes d'essais in-situ, approchent les valeurs extrêmes définies pour la catégorie climatique de la zone géographique considérée,
- les conseils sur le calcul des valeurs à 1% de probabilité d'occurrence peuvent être trouvés dans le chapitre 2310/1.

2.4 Conseils sur la rédaction des clauses environnementales climatiques des spécifications

- Les spécifications des environnements climatiques pour un matériel donné devraient fournir les informations les plus complètes sur tous les aspects des climats dans lesquels le matériel doit demeurer sûr et avoir les performances attendues,
- le maître d'ouvrage devrait décider dans quelles régions du monde et pour quelles durées, dans chacune de ces régions, il est prévu que le matériel soit stocké et intervienne en opérations. Il devrait convertir cette information en une ou plusieurs des quatorze catégories climatiques distinctes dont onze se rapportent aux surfaces terrestres du monde et trois en zones maritimes, comme défini au chapitre 2311/1,
- pour le matériel situé sur les surfaces terrestres, les documents des conditions climatiques devraient spécifier un ensemble de conditions pour les catégories à haute température (A1, A2 ou A3), les catégories de basse température (C0, C1, C2, C3 ou C4) et si une humidité importante est la principale considération une des catégories (B1, B2, ou B3) devraient être aussi spécifiée,

- lors de la préparation des exigences des documents, il convient de noter que, lorsque les températures dans les régions couvertes par les catégories A1, A2, A3, M1 et M2 sont au voisinage de leur maximum, les autres facteurs climatiques (ceux qu'on trouve dans le chapitre 2311 /3), indépendamment du rayonnement solaire direct et de la pression atmosphérique, sont peu susceptibles d'approcher leurs niveaux d'intensité maximale,
- pour le domaine maritime, en général, il est prévu que les trois catégories « M » soient spécifiées pour les bâtiments navals comme pouvant entrer habituellement dans les eaux tropicales, tempérées et arctiques pendant leur service. Pour les eaux côtières il est plus approprié de spécifier la catégorie terrestre correspondante.
- la prise en compte des effets combinés des environnements auxquels le matériel sera exposé est d'importance primordiale lors de la préparation des documents de spécifications,
- les spécifications devraient énoncer, pour la prise en compte en conception, les probabilités d'occurrence de la température et de l'humidité. Ces probabilités d'occurrence peuvent être dérivées des tables appropriées dans le chapitre 2311/2, pour la température, l'humidité et pour les catégories climatiques considérées,
- les probabilités de températures particulières atteintes ou dépassées dans les régions des catégories climatiques respectives sont données dans le chapitre 2311/2 à la fois :
 - En termes de nombre de jours par an où elles sont susceptibles de se produire
 - Et de temps total, par an, où elles persistent.
- pour les charges explosives, les propulseurs et la pyrotechnie, une probabilité d'occurrence de 1% du mois le plus chaud, ou le plus froid, est recommandée. Les cycles journaliers correspondant à cette probabilité d'occurrence sont indiqués sous une forme graphique et tabulée pour chaque catégorie climatique,
- pour tous les autres matériels, le maître d'ouvrage devrait décider de la valeur optimale pour la probabilité d'occurrence en tenant compte de tous les facteurs appropriés dont le coût, les difficultés de conception, de production et les modes de déploiement. Les valeurs choisies devraient être indiquées dans les spécifications,
- La spécification devrait énoncer si l'exposition à l'altitude doit être prise en compte,
- pour l'exposition à l'altitude, les valeurs de 1% indiquées dans les tableaux 3 et 5 du chapitre 2311/2 sont recommandées à moins de cas particuliers à identifier,
- les autres facteurs climatiques qui devraient être pris en compte dans les spécifications sont énumérés dans le chapitre 2311/3 et les valeurs les plus élevées et/ou les plus basses rencontrées sont toujours citées dans les sections respectives du chapitre,
- généralement les valeurs extrêmes de pression sont souvent employées comme critères de conception. Cependant, pour beaucoup d'autres facteurs climatiques les valeurs extrêmes ne sont pas toujours utilisées,
- si les spécifications indiquent qu'un matériel fonctionne correctement dans des conditions climatiques de valeurs différentes de celles recommandées dans le chapitre 2311/1, le chapitre 2311/2 et/ou le chapitre 2311/3, alors tout écart devra être justifié,
- un matériel conçu pour être sûr et performant dans les conditions spécifiées pour une catégorie climatique donnée ne le sera pas nécessairement dans les conditions spécifiées pour une autre catégorie,

- on exige rarement que le matériel soit nécessairement sûr et/ou capable de performances acceptables s'il est exposé aux températures les plus élevées ou les plus basses enregistrées pour les catégories particulières concernées.

2.5 Limites et définitions

Les termes et les définitions suivants sont employés dans les **chapitres du fascicule 2311** :

- Catégorie climatique : Classification du climat dans chaque secteur du monde en termes d'ensemble d'états de température et d'humidité,
- matériel : Terme générique pour tous les équipements, armes/charges, emballage et approvisionnements employés par les forces de l'OTAN,
- température météorologique : température de l'air ambiant mesurée dans des conditions standard de protection anti rayonnement solaire et de ventilation et à une hauteur de 1.2 à 2m au-dessus du sol,
- point de rosée : Température à laquelle l'air est saturé en vapeur d'eau. Le point de rosée est la température à laquelle la vapeur commence à se condenser en gouttelettes d'eau quand la température baisse,
- rayonnement solaire : Combinaison du rayonnement infrarouge, visible et ultraviolet du soleil. La répartition spectrale de l'énergie du rayonnement solaire à midi au niveau de la mer quand le soleil est au zénith est donnée dans le tableau 1 ci-dessous.

Région spectrale (a)	Ultra-violet (b)		visible (c)		Infrarouge (d)	
Longueur d'onde (μm)	0.28 - 0.32	0.32 - 0.40	0.40 - 0.52	0.52 - 0.64	0.64 - 0.78	0.78 - 3.00
Irradiance (W/m ²)	5	63	200	186	174	492

Tableau 1: Répartition spectrale de l'énergie de rayonnement solaire au niveau de la mer

Nota : Les valeurs de la délimitation entre l'ultraviolet, le visible et l'infrarouge citées dans quelques documents de référence diffèrent légèrement de celles de la table ci-dessus.

- Effets de rayonnement solaire :
Les deux effets principaux du rayonnement solaire sont la chaleur et les effets actiniques sur les matériaux. La réponse thermique du matériel dépendra de son état de surface et de son facteur d'émissivité. Typiquement on peut atteindre sur sa surface une élévation de 20°C les jours clairs où le rayonnement solaire direct atteint ou dépasse 1000 W/m². Pour des valeurs plus précises, des essais réels ou une modélisation précise deviennent indispensables. Pour le matériel directement exposé au rayonnement solaire ou à des niveaux élevés de rayonnement reflété, les composantes ultra violettes et bleues/vertes entraîneront une dégradation des plastiques, des caoutchoucs, des peintures etc. Plus d'information sur le rayonnement solaire peut être trouvée dans la méthode 305 de l'AECTP 300, annexe A.

2.6 Méthodes pour déterminer les niveaux induits

On peut noter qu'il est peu probable qu'un environnement induit fasse l'objet de mesures aussi étendues nombreuses que celles qui ont permis d'établir les caractéristiques d'un environnement de zone climatique. Il en résulte que les tailles des échantillons statistiques correspondants sont d'un ordre de grandeur nettement différent. Ainsi, par exemple, seules des données climatiques collectées pendant plusieurs dizaines d'années permettent de définir des températures extrêmes dépassées avec une probabilité de 1%, ce qui n'est vraisemblablement pas le cas de données relatives à un environnement induit qui serait observé pendant une durée beaucoup plus courte.

L'utilisation des zones et des températures extrêmes associées suppose aussi que le modèle climatique observé sur cette longue période n'évolue pas dans le temps, ce qui peut être mis en doute avec les dérèglements actuellement observés attribués au réchauffement (apparition plus fréquente de températures extrêmes).

Cependant, le fascicule 2311/1 de l'AECTP 200 indique à son § 4.1, une méthode statistique permettant en principe de traiter des données mesurées, en vue d'aboutir à une définition cohérente avec celle utilisée pour la définition des zones climatiques considérées.

Comme un environnement induit résulte nécessairement d'un environnement relatif à une zone climatique, affecté d'une transformation spécifique qui en modifie les caractéristiques, on propose d'aborder la question sous un angle un peu différent. En effet, la valeur d'une température induite est conditionnée à la fois par celle de l'environnement propre à une zone climatique, affectée d'une transformation spécifique (souvent une atténuation) et d'un incrément (souvent positif) spécifique du fonctionnement interne de l'équipement considéré. Il est essentiel d'accéder à cette transformation si l'on veut pouvoir caractériser statistiquement une température induite. Dans le cas d'une température, cette transformation conduit à une plage de valeurs physiquement bornées:

- Par valeur supérieure: ce cas limite correspondrait à un composant non protégé, donc soumis directement à l'environnement de la zone climatique considérée; alors, les caractéristiques statistiques de la zone lui seraient applicables, en particulier les températures extrêmes dépassées avec une probabilité de 1%, durant une période compatible avec la durée de mission de l'équipement,
- Par valeur inférieure: ce cas limite correspondrait à un composant ayant une grande inertie thermique, donc une constante de temps nettement supérieure à la période des fluctuations de températures journalières; alors, ces fluctuations seraient filtrées et le composant serait soumis aux seules valeurs moyennes des températures caractérisant l'environnement de la zone climatique;

La réalité se situe entre ces deux limites, ce qui implique d'une part de bien définir la transformation intéressée, d'autre part de l'appliquer aux caractéristiques statistiques d'une zone climatique, en vue d'obtenir les caractéristiques statistiques de l'environnement induit. Par nature, un tel problème n'a pas de solution générale qui serait applicable à toutes les situations possibles, compte tenu de la diversité des facteurs technologiques et des conditions fonctionnelles des équipements.

A titre indicatif, pour la température, on pourrait utiliser une approche basée sur une inertie thermique de l'équipement et sur la fonction de corrélation de la température imposée par l'environnement climatique. En combinant la période (T_j) des fluctuations de température journalières à la constante de temps thermique équivalente (τ) de l'équipement, on peut définir

un temps de corrélation (τ_c) qui introduit un couplage entre les paramètres structurels (cf. l'équipement) et fonctionnels (cf. l'environnement), soit: $\tau_c = \tau + T_j$

Ce qui conduirait à affecter aux écarts entre valeurs extrêmes et moyenne journalières de la température de la zone climatique, un facteur d'atténuation tel que:

$$A = \sqrt{(T_j)/(\tau_c)}$$

Cette atténuation n'intervient significativement que si la constante de temps thermique de l'équipement est nettement supérieure à la période des fluctuations journalières et dans ce cas:

$$A \approx \sqrt{T_j/\tau}$$

Si la constante de temps thermique est plus faible que la période des fluctuations journalières on pourra considérer que la température induite s'identifie approximativement (à l'incrément interne près, positif ou négatif) à la température de l'environnement climatique considéré.

Cette situation est fréquente et faute d'information suffisante, on pourra s'y référer, sachant qu'elle procure une marge de sécurité positive.

Dans tous les autres cas, une étude spécifique pourrait être engagée sous réserve que sa complexité soit compatible avec un gain potentiel significatif en termes de dimensionnement probabiliste de l'équipement.

3 CARACTERISATION DE L'ENVIRONNEMENT REEL PAR AGENT D'ENVIRONNEMENT

Le matériel, les composants, et les zones de stockage peuvent supporter des environnements climatiques induits plus sévères que l'ambiance extérieure selon leur nature ou leur positionnement sur le porteur.

Les performances et la fiabilité du matériel en interaction avec des environnements thermiques, humides et atmosphériques peuvent se trouver dégradées. En conséquence la prise en compte, lors de la conception, des contraintes imposées par ces éléments doit permettre la maîtrise et la constance de la probabilité de défaillance contractuelle.

3.1 Température

Les facteurs influents sur l'équilibre thermique des matériels sont essentiellement :

- Le rayonnement solaire,
- l'influence du voisinage,
- le conditionnement d'air,
- l'échauffement du matériel lui-même,
- les apports brutaux de chaleur par choc thermiques,
- Etc.

3.1.1 Effets du rayonnement solaire et de la chaleur dissipée sur la température

Le rayonnement solaire peut agir, directement ou indirectement, sur les matériels en fonction de leur position par rapport au soleil.

En exposition directe, l'accroissement de température sera fonction de l'albédo de la surface exposée d'où l'importance du choix des couleurs.

En exposition indirecte, sous abri, l'accroissement de température sera fonction, pour le rayonnement solaire, de la position du matériel. Généralement cet accroissement sera moins sévère si l'on s'éloigne de la proximité des toitures ou des bâches de protection.

L'accroissement de température pourra aussi résulter de sources de chaleur propres au matériel ou internes à l'abri.

Des dispositifs de ventilation naturels ou forcés, ou un conditionnement d'air, peuvent réduire l'accroissement de température.

Pour les matériels installés sur des porteurs de différente nature, les températures induites peuvent dépasser notablement l'ambiance extérieure pour différentes raisons :

- échauffement solaire de la structure du porteur,
- échauffement aérodynamique du porteur,
- sources thermiques voisines d'origine électrique et électroniques.

Inversement dans des régions froides les matériels peuvent subir des températures inférieures aux conditions ambiantes par échange radiatif du matériel ou du porteur avec le ciel nocturne.

3.1.2 En compartiments entièrement climatisés

Les compartiments entièrement climatisés doivent mettre les matériels dans les conditions de température définies par leur cahier des charges quelles que soient les conditions climatiques susceptibles d'être rencontrées.

Le dimensionnement de la climatisation devra tenir compte :

- des caractéristiques du compartiment pour une circulation optimale de l'air,

- du lieu d'installation du matériel,
- des possibilités d'approvisionnements en air,
- des sources thermiques éventuelles internes au compartiment.

3.1.3 Compartiments partiellement non-conditionnés

Pour ce type de compartiments, on limitera au mieux les excès thermiques par des circulations d'air frais ou chaud, selon le cas, obtenues par des effets de tirage ou activées par des ventilations forcées.

On utilisera à cet effet toutes les sources disponibles et utilisables d'air froid ou chaud de l'abri ou du porteur.

3.1.4 Choc thermique

Le choc thermique sur un matériel est la conséquence d'un transitoire de température à fort gradient. Les circonstances peuvent être diverses :

- passage rapide d'un abri vers l'extérieur ou l'inverse,
- pluie brutale sur un matériel échauffé par le soleil,
- immersion brutale,
- passage de l'air ambiant à une enceinte réfrigérée etc.

L'importance du choc thermique est fonction du différentiel de température et de la constante de chaleur spécifique du matériel concerné.

3.2 Humidité

L'humidité est apportée par la circulation d'air naturelle ou forcée autour des matériels. Elle peut venir de l'extérieur ou être induite par des émissions internes de vapeur d'eau.

Cette humidité peut s'accumuler et créer des accumulations d'eau préjudiciables au bon fonctionnement des matériels.

3.2.1 De la chaleur sur l'humidité

La hausse de température, en activant l'évaporation, augmente la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère. Ce phénomène se produit notamment sous abri exposé au soleil où pour des matériels protégés par des bâches.

3.2.2 En compartiments entièrement climatisés

Pour des compartiments entièrement climatisés l'introduction d'air extérieur par ouverture des portes, par exemple, peut provoquer des phénomènes de condensation surtout si cet air est chaud et chargé d'humidité. A plus forte raison si la climatisation tombe en panne.

3.2.3 Humidité dans des compartiments partiellement non-conditionnés

Les compartiments partiellement non-conditionnés sont sensibles aux modifications d'hygrométrie afférentes aux variations locales du climat ou dues aux déplacements d'une région à l'autre.

De plus les activités et les engins internes de ces compartiments peuvent engendrer de l'humidité ou au contraire assécher l'air ambiant.

3.2.4 Accumulation d'humidité

Un grand nombre de phénomènes peuvent provoquer une accumulation d'humidité sur ou à l'intérieur des matériels on citera :

- les variations de températures des matériels dues à leur fonctionnement en présence d'air chargé d'humidité,
- la condensation, en présence de variations thermique et hygrométrique, par point de rosée,
- les changements rapides d'altitude sur les aéronefs,
- la condensation de l'humidité évacuée par des matériaux hygroscopiques,
- les infiltrations d'eau dans des compartiments mal étanchés,
- etc.

3.3 Pression atmosphérique

Les variations de pression atmosphérique dans un compartiment peuvent être provoquées par les variations naturelles du climat. Toutefois ces dernières sont de faible amplitude et d'évolution lente.

Il en va autrement pour des changements rapides d'altitude, de souffle d'explosion, de décompression et de surpression ou dépression diverses.

3.3.1 Zones géographiques d'altitude élevée

En haute altitude les matériels sensibles aux variations de pression atmosphériques devront être pourvus de dispositifs maintenant leurs performances dans ces conditions. Notamment les équipements de haute montagne.

3.3.2 Au-dessus de niveau de la mer

Les matériels déployés sur des aéronefs à voilure fixe doivent pouvoir fonctionner correctement dans tout le domaine de vol. Ce qui implique qu'ils soient conçus pour supporter les variations de pressions dues aux conditions de vol ou être disposés dans des compartiments spécialement pressurisés.

De tels compartiments peuvent exister naturellement dans les parties prévues pour l'équipage, les passagers ou des parties spécifiques destinées aux équipements sensibles.

Par contre les équipements situés dans les zones non pressurisées verront les variations de pression dues aux changements d'altitude et à la dynamique de vol.

Notamment les équipements situés extérieurement à l'avant et sur les bords d'attaques des ailes subiront les phénomènes de surpression dynamique dus aux écoulements aérodynamiques.

Pour les avions de combats, les surpressions locales par largage de missiles ou causées par des explosions proches devront être prises en compte.

3.3.3 Compartiments pressurisés

Les compartiments pressurisés sont maintenus à pression constante au-dessus de la pression ambiante. Au sol, le choix de la valeur de surpression est dicté d'une part par la pression barométrique maximale envisageable et d'autre part par les impératifs du cahier des charges.

En vol, la pressurisation est, en principe, inférieure à la pression barométrique au sol et réglée pour une altitude équivalente donnée. Ce qui implique que les matériels embarqués seront soumis à des variations de pression positive et négative à chaque vol.

Le différentiel de pression entre l'extérieur et l'intérieur peut conduire à des dépressurisations nécessitées par les opérations de maintenance ou par la présence ponctuelle d'opérateurs pour des réglages ou de la manutention.

On peut aussi assister à une dépressurisation accidentelle lente ou rapide avec un gradient de variation de pression qui peut être très important. Le cas classique est la dépressurisation d'une cabine d'avion.

Cet ensemble de situations se traduit pour les matériels par des variations de pression qui peuvent largement excéder les changements barométriques usuels.

3.3.4 Vitesse de changement de pression d'air

3.3.4.1 Transitoires normaux en cours de mission

Selon la nature du porteur les vitesses de changement de pression d'air peuvent être de natures différentes on citera le cas :

- des navires de surface où des transitoires de pression notables affecteront, essentiellement, les matériels installés dans les zones pressurisées ou climatisées,
- des sous-marins où la pression peut être supérieure à la pression barométrique standard dans la coque en plongée voire inférieure lors de certaines manœuvres,
- des aéronefs à voilure fixe où suivant l'emplacement où le matériel est installé les transitoires de pression seront fonction des conditions de pressurisation ou de la vitesse de variation d'altitude,
- des aéronefs à voilure tournante où l'on retrouvera les mêmes causes de variation avec toutefois des valeurs moins importantes. Ces appareils n'étant pas, en principe, pressurisés et présentant des vitesses de variation d'altitude plus faibles,
- des transports terrestres par rail ou route où des transitoires de pression notables affecteront, essentiellement, les matériels installés dans les zones pressurisées ou climatisées.

3.3.4.2 Souffle

Ce phénomène affectera les matériels installés à proximité des armes de tir au canon, des dispositifs de largage de missiles ou subissant les explosions du champ de bataille. L'intensité du souffle sera particulièrement importante dans les lieux clos comme les tourelles de navires ou de char.

3.3.4.3 Décompression rapide

La mise accidentelle et brutale à l'air libre de compartiments pressurisés peut induire des vitesses anormales de variation de la pression pour les matériels installés à ces emplacements. Selon le volume du compartiment et le différentiel de pression, la vitesse de variation de pression peut prendre une allure explosive qui ne doit pas altérer les fonctionnalités du matériel.

On citera le cas bien connu des défaillances de structure des aéronefs à voilure fixe.

3.4 Pression hydrostatique

L'immersion des matériels induit une pression hydrostatique dont l'importance est fonction de la profondeur d'immersion.

Ces matériels peuvent être immergés à poste et profondeur fixe auquel cas la pression hydrostatique est constante.

Pour les matériels fixés sur la coque des navires de surface et surtout des submersibles, la pression hydrostatique devient une grandeur variable liée au profil de la mission du porteur.

3.5 Glace

La formation de glace peut avoir un certain nombre de causes liées à de basses températures et au point de rosée qui est dépendant de la pression, de l'hygrométrie et de la température. On citera:

- les missions dans les régions polaires pour les navires, les transports terrestres et aériens,
- l'hiver dans les régions plus tempérées,
- la haute altitude pour les avions à voilure fixe. Dans certaines circonstances ces derniers peuvent être confrontés à des orages de grêle très dommageables pour les matériels situés à l'avant ou sur les bords d'attaque des voilures,
- la proximité ou à l'intérieur des unités frigorifiques.

La glace peut se former sur les matériels situés sur les superstructures extérieures ou dans les compartiments contenant des matériels humides pour différentes raisons.

3.5.1 Basse température et point de condensation

De la glace peut se produire à n'importe quelle étape de la durée de vie du matériel où interviennent des combinaisons de niveaux critiques de température et du point de rosée. Les surfaces humides exposées aux températures atmosphériques suffisamment froides gèleront, en particulier les surfaces non réchauffées par le sol.

3.5.2 Manœuvre des bâtiments navals

Les manœuvres de bâtiment naval en basses températures (par exemple vitesse et orientation en fonction du vent dominant) peuvent contribuer à l'épaisseur de la glace déposée sur la superstructure et sur le matériel. Quand les sous-marins opèrent en surface dans des régions de basse température, les embruns créés par les manœuvres du sous-marin et le vent peuvent contribuer à former de la glace sur le matériel, la coque et la superstructure.

3.5.3 Impact d'un avion avec les gouttelettes d'eau surfondues

De la glace, provoquée par l'impact avec un nuage contenant des gouttelettes d'eau en surfusion, peut se déposer sur les éléments de voilure extérieurs pendant les diverses phases du vol. Les conséquences en cas de givrage lors du décollage sont une modification très significative des écoulements de l'air sur les ailes entraînant une perte de portance. En vol, le risque est dans le surpoids lié à la couche de givre et/ou de glace, pouvant conduire à un décrochage de l'avion. On a déjà expérimenté des épaisseurs locales pouvant atteindre de 1 à 2 cm de glace sur des bords d'attaque de voilures.

3.5.4 Humidité Accumulée

Les matériels couverts d'humidité par condensation au point de rosée peuvent se givrer lors d'un passage dans une zone froide. Inversement un matériel refroidi en dessous de zéro peut aussi se givrer lorsqu'il est plongé dans un courant d'air plus chaud et humide.

Ces phénomènes sont courants sur les avions à voilure fixe du fait des importants et rapides changements d'altitude.

On luttera contre ces givrages par un assèchement résultant d'une ventilation et d'un drainage de l'eau de condensation. Pour les cas critiques, des dispositifs de dégivrage actif seront installés.

3.5.5 Proximité avec les unités frigorifiques

Certains types de porteurs de matériels peuvent être équipés de systèmes de réfrigération en fonctionnement pendant les missions. Les surfaces des matériels stockés à proximité de tels

systèmes peuvent présenter de la condensation qui gèlera à moins d'être réchauffés par les sorties d'air des échangeurs.

3.6 Sable et poussières

Les matériels pourront être exposés au sable et aux poussières dans diverses circonstances en particulier :

- lors des missions sur véhicules terrestres en tout terrain et pistes par temps sec et dans les zones désertiques,
- sur les terrains d'aviation sommaires notamment ceux situés en zone désertique,
- sur les aéronefs à voilure tournante au décollage et à l'atterrissage,
- sur les aéronefs à voilure fixe en vol à très basse altitude ou par vent de sable,
- au sol par temps sec et par vent important et surtout par vent de sable en zone désertique,
- etc.

Le sable et la poussière pourront s'introduire dans les parties sensibles des matériels par des joints d'étanchéité défailants ou mal conçus. Une période critique se produit lors du démontage pour inspection ou révision dans des conditions défavorables. Il sera nécessaire, pour les matériels sensibles, que ces opérations soient exécutées dans des locaux adaptés ou dans les meilleures conditions extérieures possibles en prenant toutes précautions utiles.

3.7 Mouillage

Il y a mouillage à la suite d'exposition à la pluie, au brouillard humide ou par condensation.

Un cas spécifique est le mouillage par lutte contre un incendie soit par intervention humaine ou automatique.

Une autre cause peut être due à des opérations de nettoyage ou des activités diverses utilisant des jets d'eau susceptibles de mouiller les matériels par maladresse ou éclaboussures.

Des fuites d'eau naturelles, des canalisations fissurées ou aux joints défailants peuvent aussi mouiller les matériels.

Les matériels devront être conçus pour favoriser l'évacuation des coulures d'eau et éviter l'accumulation de poches d'eau

3.7.1.1 Condensation et égouttement

- Quand il y a condensation, de fines gouttelettes d'eau se forment sur les surfaces froides. Par gravité, ces gouttelettes se réunissent pour former un ruissellement pouvant entraîner, si les conditions sont favorables, une accumulation d'eau non négligeable dans certains matériels. Cette accumulation d'eau favorise les phénomènes de corrosion, de court circuit, de perte de résistance et la présence de moisissures,
- les situations, où ce phénomène se produit, sont variées ; l'accumulation d'eau sera favorisée si le matériel n'a pas le temps de sécher entre deux condensations.

3.7.1.2 Eclaboussure

Si, habituellement, les matériels sont éclaboussés par de l'eau douce ou salée ils peuvent l'être, aussi, par des liquides variés. On citera les éclaboussures:

- par la houle et les embruns,
- lors des opérations de nettoyage au jet d'eau,
- lors de pleins de carburants,
- lors d'opérations de dégivrage,
- lors de nettoyage par des solvants,

- etc.

En conséquence, il est important de bien recenser tous les environnements rencontrés par les matériels y compris les plus insolites. C'est souvent lors d'une interaction imprévue avec un fluide corrosif qu'un matériel dégradé ne remplit plus sa fonction.

3.7.1.3 Immersion

Les matériels immergés en permanence en statique sont placés sur les fonds marins ou entre deux eaux : par exemple les mines ou d'autres matériels, comme les dispositifs de transmission avec leurs relais amplificateurs.

Certains matériels sont tributaires de porteurs tels que les navires de surface ou plus spécialement les sous-marins. Sur le sol ferme, des porteurs terrestres peuvent occasionner l'immersion transitoire des matériels lors de passage de gués ou, pour les véhicules amphibies, lors de franchissement de cours d'eau.

La profondeur d'immersion maximale est une donnée importante car elle détermine la pression hydrostatique supportée par le matériel et conditionne l'importance des dispositifs d'étanchéité.

3.8 Erosion par impact

Particulièrement, durant le vol, les bords d'attaque et les revêtements des surfaces frontales des charges extérieures peuvent être susceptibles de s'éroder (notamment aux grandes vitesses) par impact avec la pluie, la grêle, la poussière et le sable ou d'autres formes de substances particulières.

Les aéronefs à voilure tournante sont concernés par ce phénomène sur les pales des rotors.

4 CARACTERISATION DE L'ENVIRONNEMENT REEL PAR SEGMENT DU PROFIL DE VIE

4.1 Operations logistiques

4.1.1 Transport

4.1.1.1 Généralités

L'environnement réel par segment du profil de vie pour les matériels transportés par route, par rail, par voie aérienne ou maritime sera caractérisé depuis les sites industriels de fabrication, vers les lieux de stockage, les zones opérationnelles, en utilisation tactique, en stockage d'attente jusqu'à la mise hors service.

Les caractéristiques des environnements climatiques induits dans ces transports sont présentées, discutées, et complétées par des fiches techniques.

Seront envisagés toutes les formes de matériels : non protégé, sommairement emballé ou spécialement conditionné.

De même le porteur pourra transporter les matériels dans différentes configurations découvert, bâché, en conteneur etc.

Pour les matériels directement en contact avec l'extérieur, tous les environnements terrestres aériens ou maritimes pourront être modifiés par la vitesse de déplacement du porteur, ses variations d'altitude ou d'immersion. On trouvera dans la norme *AECTP 200, fascicule 2311* la description de ces environnements naturels.

Généralement le matériel sera transporté sur des plates-formes protégées des éléments extérieurs. Ce seront des protections contre la pluie, la poussière, la neige et la grêle pour les transports terrestres ; les projections de la houle, les embruns et la glace pour les transports maritimes. Ce seront aussi des protections pour assurer la confidentialité ou les risques du champ de bataille.

Si elles assurent un bon isolement, ces protections pourront, si elles ne sont pas climatisées, aggraver les conditions climatiques externes. Ce sera, par exemple, la chaleur amplifiée par le rayonnement solaire, l'humidité créée par l'évaporation et la condensation du fait des variations thermique entre le jour et la nuit.

Le degré de protection d'un matériel par emballage peut varier suivant sa localisation par rapport à son utilisation finale. Lors du transport, vers un lieu de stockage avant utilisation tactique, il peut bénéficier d'un conditionnement assurant une bonne protection. Par contre en utilisation opérationnelle il se trouvera non conditionné et manipulé dans les conditions du champ de bataille.

Par contre, pour les transports sur plateformes non protégées le matériel se trouvera confronté en direct à toute la gamme des environnements climatiques naturels terrestres, maritimes et aériens.

On citera :

- Transports terrestres :
Les matériels embarqués sur des engins à roues ou à chenilles pourront être soit directement exposés sans dispositifs de protection ou protégés par des carter ou bâchés. Une autre possibilité est l'installation des matériels à l'intérieur des compartiments contenant les servitudes mécaniques, le fret, les personnels transportés et de conduite.

Chacune des ces configurations devra être examinée et répertoriée pour préciser le profil de vie du matériel.

Pour les matériels extérieurs on pensera notamment aux effets de la poussière, du sable, de l'eau, du givrage et de l'accumulation de la glace.

Pour les matériels intérieurs on sera attentif aux effets thermiques, à l'humidité induite, aux projections de toutes natures, aux manipulations normales ou accidentelles.

- Transports maritimes :

- Navires de surface :

Comme pour les transports terrestres les matériels pourront être directement en interaction avec le milieu extérieur donc soumis à l'ensemble des conditions climatiques rencontrées durant la mission ou installés dans des compartiments divers réservés aux fonctions techniques ou aux personnels du bord.

De la même façon l'ensemble des conditions climatiques rencontrées sera répertorié. Pour les matériels extérieurs on pensera notamment aux effets de la houle, de l'eau salée, du givrage et de l'accumulation de la glace. Pour les matériels intérieurs on sera attentif aux effets thermiques, à l'humidité induite, aux projections de toutes natures, aux manipulations normales ou accidentelles.

- Sous-marins

De même les matériels transportés pourront être soit directement en interaction avec le milieu extérieur ou situés à l'intérieur avec les mêmes contraintes que pour les navires de surface. Avec, en supplément, les spécificités liées à la submersion.

Submersion qui induit une pression hydrostatique pour les matériels fixés à l'extérieur de la coque épaisse.

Ainsi que les surpressions ou dépression atmosphériques pour les matériels installés à l'intérieur du submersible.

- Aéronefs à voilures fixes

Les matériels embarqués à bord d'aéronefs voilures fixes pourront, aussi, être en interaction directe avec le milieu extérieur ou installés dans les compartiments techniques du fuselage ou de la voilure, la carlingue ou le poste de pilotage.

Pour les matériels transportés à l'extérieur on pensera notamment aux effets:

- Des surpressions liées à la vitesse et de l'échauffement pour un nombre de Mach élevé s'ils sont situés sur la partie avant et les bords d'attaque.
 - Des impacts dus à la rencontre avec des grêlons et même, à l'extrême, de véritables blocs de glace.
 - De la pluie, de la poussière, du sable, du givrage, des projections de toutes natures et des manipulations normales ou accidentelles.

Pour les matériels intérieurs on sera attentif :

- Aux phénomènes liés aux changements d'altitude qui induisent des variations rapides de pression atmosphérique et de température pour les compartiments non climatisés.

- Aux effets thermiques induits, à l'humidité induite, aux projections de toutes natures, aux manipulations normales ou accidentelles.

- Aéronefs à voilures tournantes

De même, les matériels pourront être soit directement en interaction avec le milieu extérieur ou situés à l'intérieur avec les mêmes contraintes que pour aéronefs à voilures fixes. Les sévérités seront toutefois tempérées par des excursions en altitude moins rapides et moins étendues ainsi que des vitesses plus faibles.

4.1.1.2 Caractéristiques des environnements induits pour tous types de transport

4.1.1.2.1 Hautes et basses températures

- Transports terrestres :

L'action du rayonnement solaire est susceptible d'affecter les matériels transportés par camions, semi-remorques ou wagon de chemin de fer. Pour ces matériels protégés par des bâches, des conditionnements divers ou de couleur foncée la température peut atteindre des valeurs nettement plus élevées que l'ambiance extérieure.

L'élévation de température dépend des facteurs suivants :

- le lieu géographique,
- la hauteur de soleil,
- la densité de la couverture nuageuse,
- la capacité calorifique des dispositifs de protection ou du matériel lui-même,
- l'albédo et la finition des surfaces,
- la durée de l'exposition,
- le niveau de ventilation induit par la vitesse,
- les interactions thermiques mutuelles.

Des exemples de hautes températures induites pour les matériels directement exposés à l'énergie solaire rayonnement sont données dans le **chapitre 3-02 de la partie 4 de la Norme DEF STAN 00 35 Paragraphe 8.3**.

Inversement, la nuit, la dissipation dans le ciel nocturne peut induire des températures inférieures à l'air ambiant local pour les dispositifs de protection ou le matériel lui-même.

Les matériels situés à l'intérieur de ces moyens de transport peuvent être chauffés par différentes sources de chaleur émanant des mécanismes à proximité et des moyens de locomotion.

Ils peuvent aussi être refroidis par les moyens de climatisation ou la proximité de systèmes frigorifiques.

Les figures 1 et 2 ci-dessous - extraites de la norme **AECTP-230 (Edition 1) LEAFLET 232/1 ANNEX A** elle-même extraite de la norme **DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 2-01**- montrent un exemple des températures induites sur du matériel transporté sous couvert sur un camion G260, en stationnement et en déplacement entre des lieux situés dans la catégorie A2. Le pic sur la courbe de température de l'air intérieur dans la figure 1 est imputable au rayonnement solaire entre 15 et 16 heure et explique ainsi différence entre la température ambiante et celle mesurée sous le couvert.

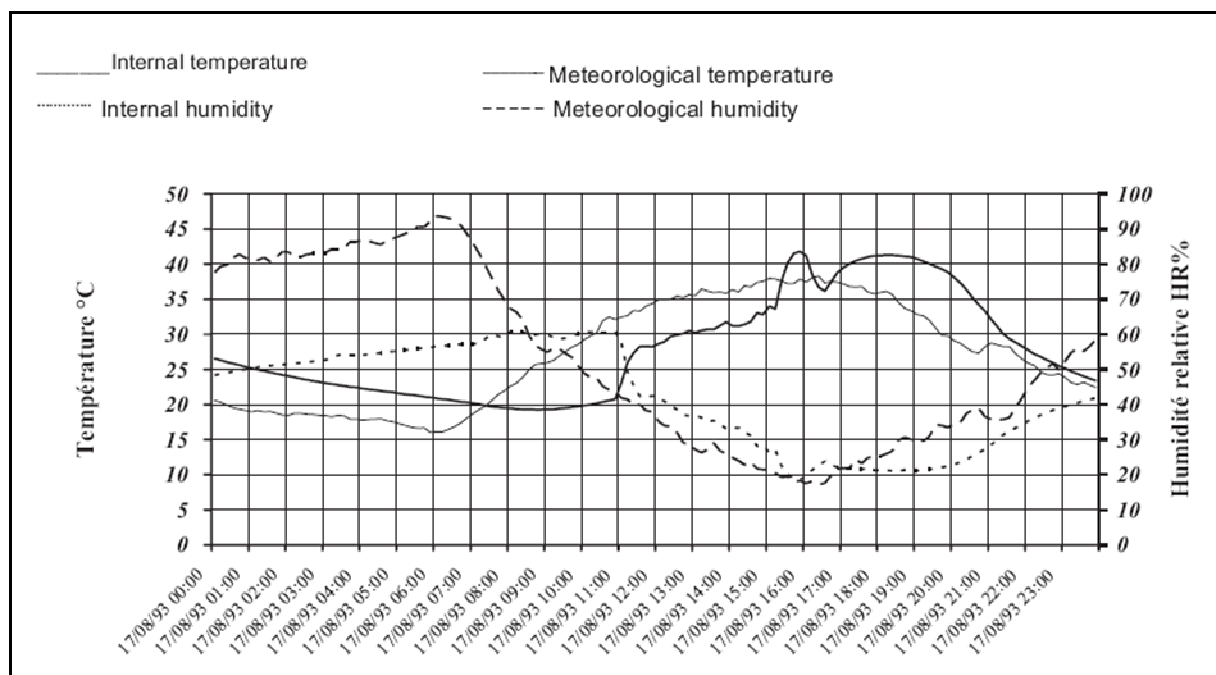


Figure 1 : Températures induites sur du matériel transporté sous couvert sur un camion G260

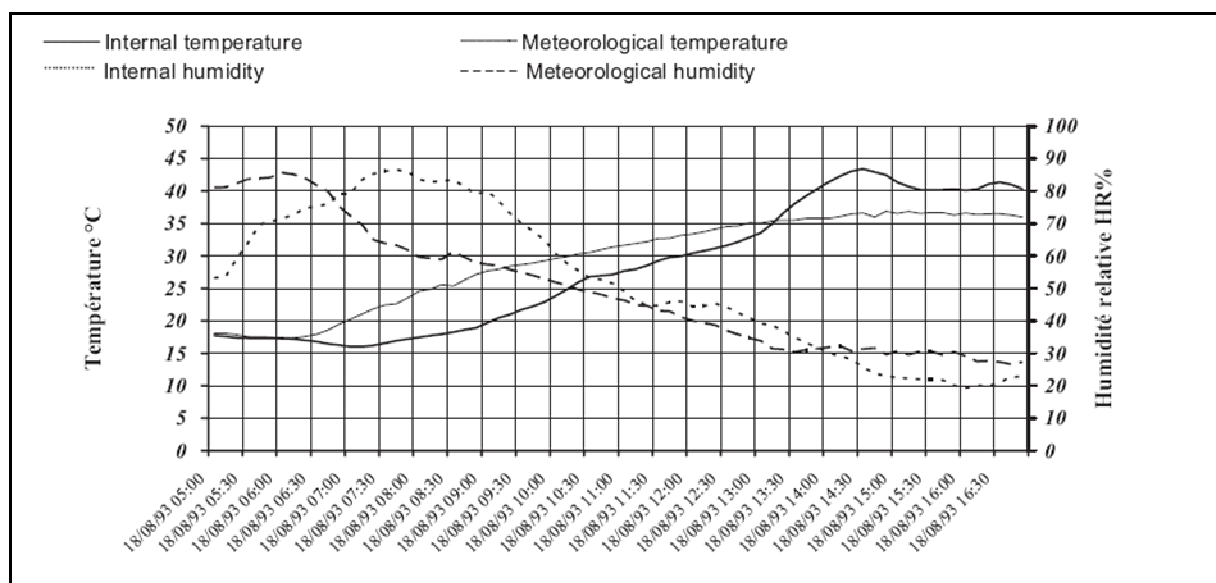


Figure 2 : Températures induites sur du matériel transporté sous couvert sur un camion G260

En l'absence d'informations spécifiques à une application particulière, les valeurs de température diurne donnée au chapitre 1-02 de la partie 4 (DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 2-01) pour le transit et de stockage en zones climatiques C peuvent être considérées comme représentant les conditions les plus défavorables pour le transport par voie terrestre entre l'usine et les bases avancées de stockage.

Référence doit également être faite aux *figures 1A et 1C*, respectivement, du *chapitre 1-01 de la partie 4*, pour déterminer la classe pertinente de la catégorie de climat.

Les valeurs citées de la température sont celles qui sont susceptibles d'être atteintes ou dépassées dans les endroits les plus chauds/plus froids de leur catégorie climatique. Et ce pour environ *7,4 heures (1% d'un mois)* pour les plus chaudes/plus froides périodes de l'année.

Des données complémentaires et des conseils sont donnés au *chapitre 1-02 de la partie 4* où des valeurs sont données pour permettre de calculer les autres probabilités d'occurrence.

Le *chapitre 3-17 de la partie 3* et le *chapitre 1-02 de la partie 4* donnent des conseils sur les facteurs de modération qui devraient être appliqués lorsque le matériel est transporté à haute altitude.

Les valeurs de température peuvent être supérieures à celles indiquées au paragraphe précédent pour un transport par un véhicule de combat dans un espace clos dans lequel sources d'énergie, équipements fixes d'exploitation et autres matériels dissipent de la chaleur, bien que le compartiment puisse être climatisé.

- transports maritimes:

- bâtiments de surface:

Comme pour les transports terrestres l'action du rayonnement solaire est susceptible d'affecter les matériels transportés sur le pont.

De même les matériels situés à l'intérieur de ces navires peuvent être chauffés par différentes sources de chaleur émanant d'équipements à proximité des salles des machines.

Ils peuvent aussi être refroidis par les moyens de climatisation ou la proximité de systèmes frigorifiques ou par le rayonnement du ciel nocturne.

Le matériel transporté sur le pont des navires ou sous protection légère subit les effets de la haute et basse température mais est plus particulièrement affecté par les effets indirects du rayonnement solaire comme décrit au *paragraphe 2.1.2 et 2.1.3*

En l'absence de données mesurées, le cas le plus défavorable rencontré pour la température induite en pleine mer sera couvert par les valeurs données dans la partie N°4 au chapitre 1-02 pour les catégories M1 à M3. Toutefois la simulation des périodes à quai et proche des côtes l'utilisation de valeurs les plus sévères des catégories A et C devront être choisies.

Comme la quantité d'humidité dans l'atmosphère est susceptible d'être plus importante pendant le transport par mer, spécialement pour des matériels entreposés sous le pont, les niveaux d'humidité doivent correspondre aux valeurs du chapitre 3.1.4

Les températures susceptibles d'être rencontrées en transport maritime sur la totalité des océans pour du matériel entreposé en zone ventilée des navires de surface sont considérées comme allant de 1 ° C à 55 ° C.

En l'absence de données précises ou mesurées la température maximum pour les zones ventilées doit être prise à 40°C. (Cf. référence N°1 de l'Annexe A)

- sous-marins :

Pour ce type de navire l'action du rayonnement solaire sera de courte durée toutefois il faudra tenir compte des périodes passées à quai.

Les matériels situés à l'intérieur de ces navires peuvent être chauffés par différentes sources de chaleur émanant des mécanismes à proximité et des salles des machines.

Les températures des compartiments des sous-marins peuvent être considérées comme équivalent de ceux des bâtiments de surface

- aéronefs à voilures fixes:

Les températures dans les soutes des avions de transport à voilure fixe sont comprises dans une fourchette de 0 ° C à 25 ° C.

Les valeurs des températures de l'air conditionné susceptibles d'être rencontrées au cours du transport aérien, doivent être fournies par le fournisseur de la climatisation ou par l'exploitant.

Les températures les plus sévères sont rencontrées par les matériels non conditionnés pour être transporté en soute. Ils sont soumis aux effets indirects du rayonnement solaire. Tout particulièrement lorsque l'avion est stationné au sol en particulier dans la zone climatique A1.

Les températures minimales dans les soutes non conditionnées, lorsque l'avion est stationné sur un aéroport, peuvent être inférieures aux valeurs de la température extérieure ambiante. Dans ces cas, en l'absence d'information, la sévérité maximum doit être basée sur les données du paragraphe 2.1.5 pour les basses températures au niveau du sol.

Le matériel transporté, au-delà des bases de stockage de l'avant, par des avions non destinés au transport peut se trouver dans des zones non conditionnées. Dans certains cas, le matériel peut également être dépourvu de conditionnement, de protection ou de couvertures. En conséquence, les températures en cours de vol ainsi que leurs taux de variation risquent de dépasser celles des soutes conditionnées des avions de transport.

La référence 2 de l'annexe A donne pour le monde la moyenne et les pourcentages des températures correspondantes aux altitudes au-dessus du niveau des mers.

Le détail du taux de montée et de descente de l'aéronef peut être explicité par les documents d'exigences opérationnelles ou recherché auprès de l'avionneur.

Les figures 3 et 4 de la norme AECTP-230 (Edition 1) LEAFLET 232/1 ANNEX A montrent l'effet du chargement de marchandises sur les températures mesurées pendant le vol au milieu et à l'arrière d'une soute de taille moyenne, pour un aéronef de transport à voilure fixe.

La figure 3 montre les températures sans charge dans la cale.

Les températures au milieu de la cale ont été mesurées près du sol, tandis que celles à l'arrière avec la cargaison, figure 4, ont été mesurées au sommet de la charge utile, à proximité de la sortie du système de climatisation.

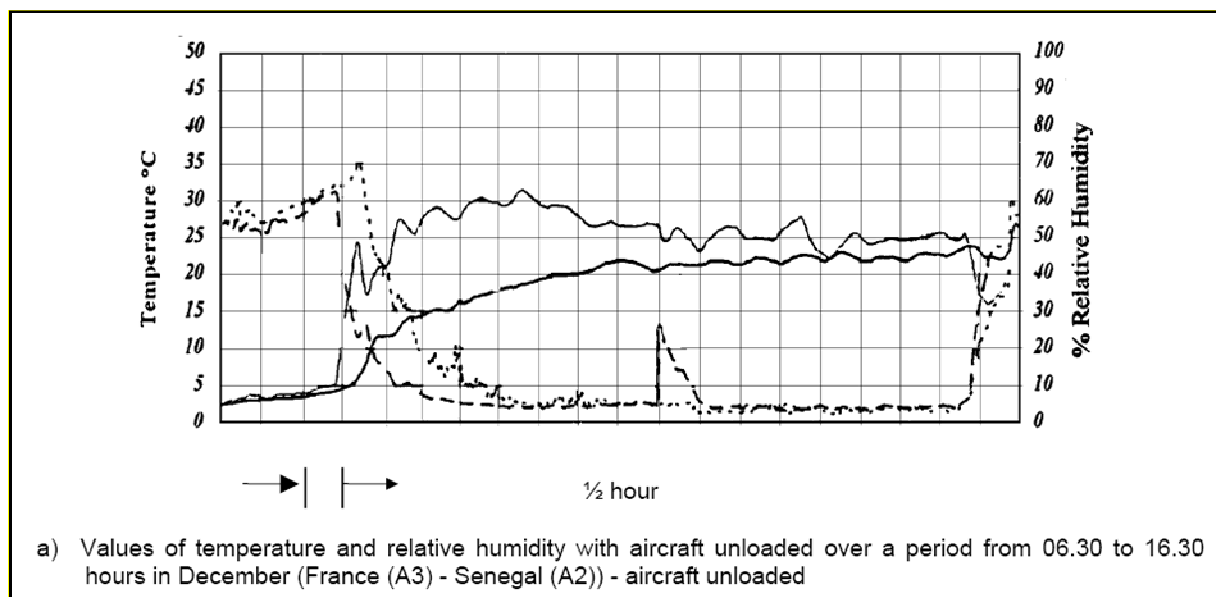


Figure 3 : Effet du chargement de marchandises sur les températures mesurées pendant le vol

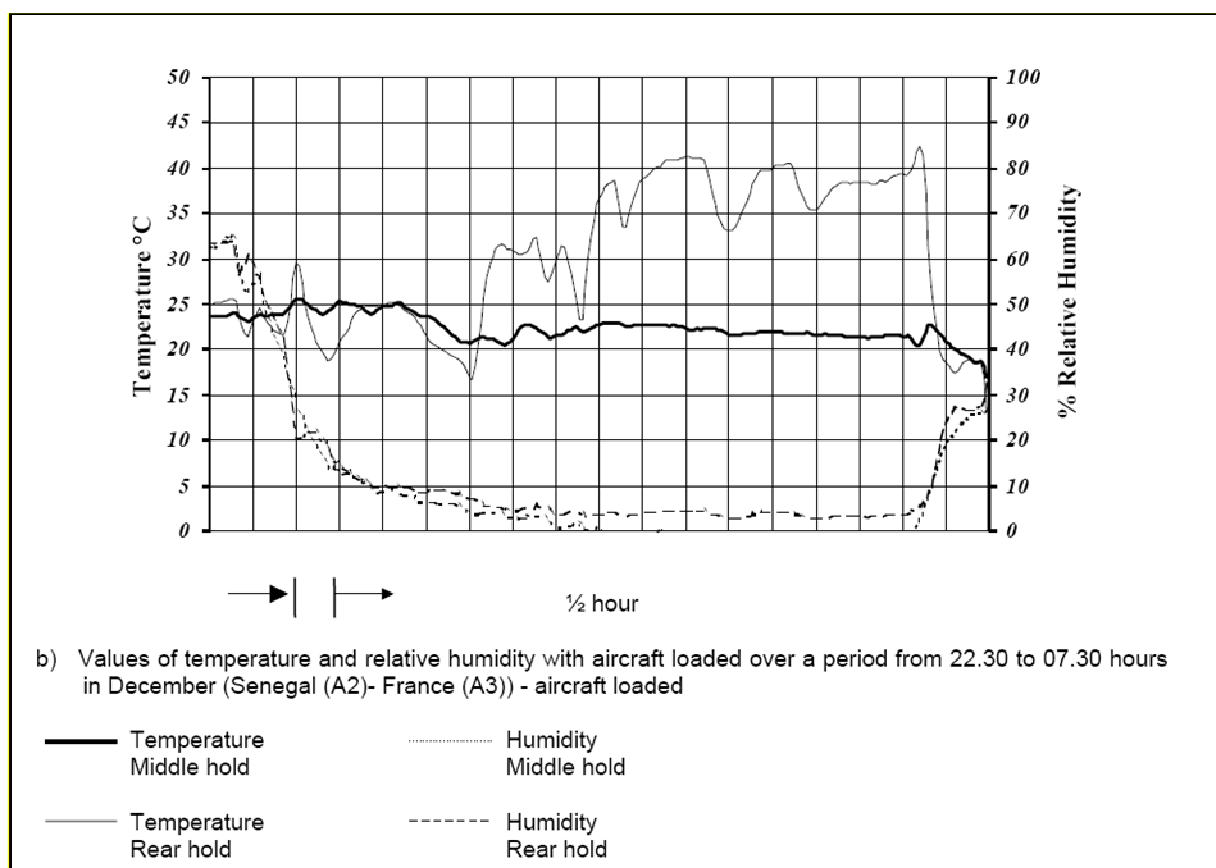


Figure 4 : Effet du chargement de marchandises sur les températures mesurées pendant le vol

- Aéronefs à voilures tournantes :

Pour le matériel transporté à bord des aéronefs à voilure tournante le cas le plus sévère, en basse température à faible altitude, est équivalent à la température de l'air ambiant à l'altitude du vol de croisière.

Toutefois pour du matériel situé dans des compartiments fermés, ces températures peuvent être partiellement atténuées par les émissions de chaleur des systèmes voisins.

Les cargaisons transportées comme charges élinguées sont susceptibles d'être soumises à des taux anormaux de changement de température pendant la montée et la descente.

La température ambiante à l'altitude de vol et les taux de variation de température peuvent être obtenues auprès des sources évoquées dans le *paragraphe 2.1.10* de la norme **DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 2-01**.

4.1.1.2.2 Humidité

La pénétration de l'humidité est facilitée par le différentiel de température entre l'extérieur et l'intérieur des :

- conditionnements divers,
- emplacements de stockage,
- soutes d'avion,
- conteneurs,
- plateaux bâchés de véhicules terrestres,
- ponts couverts de navires de surface.

Les conditions les plus défavorables se trouveront dans les pays tropicaux, en saison humide, le rayonnement solaire aggravant la situation.

Une autre configuration défavorable, à laquelle on ne pense pas toujours, est le stationnement de longue durée des porteurs notamment des avions sur aéroport.

Cet excès d'humidité modifie le niveau d'apparition du point de rosée pendant la nuit ou le déclenche, en cas de baisse soudaine de la température, ce qui provoque écoulements et rétentions d'eau.

Les figures 1(a) et la figure 1(b) de la norme **AECTP-230 (Edition 1) LEAFLET 232/1 ANNEX A** montrent un exemple de niveaux d'humidité relative mesurée sous le couvert de la plate-forme de charge d'un camion G260 alors qu'il était stationné et transféré par la suite dans une zone climatique *Catégorie A2*.

Dans la figure 1(b) la courbe des valeurs internes d'humidité suggère que couvrir la plate-forme de fret emprisonne l'humidité après le chargement.

La conduite à travers une zone ayant un niveau d'humidité atmosphérique élevé augmente le taux d'humidité relatif du matériel.

En l'absence d'informations spécifiques, les conditions indiquées au chapitre DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 1-02 pour le transit et le stockage dans les régions climatiques *Catégorie B* sont supposées représenter le cas le plus défavorable de chaleur et d'humidité induite susceptible d'être rencontrée par du matériel lorsqu'il est transporté par voie terrestre dans le monde entier.

On devrait également se référer à la figure 1b) du chapitre DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 1-01 pour déterminer la catégorie climatique pertinente.

De la même façon les conditions de transit et de stockage de la catégorie M2 devraient représenter le cas le plus sévère pour un matériel transporté, un certain temps, sous couverture temporaire, sur pont ouvert de navire de surface et sur mers ouvertes.

Bien que ces conditions soient susceptibles d'être dépassées, dans les ports, par les conditions de la catégorie B.

Pour les compartiments des bâtiments de surface qui sont ventilés le taux d'humidité relative est compris entre 30 et 85 % pour une température comprise entre 1 et 55°C et ce pour le monde entier.

Pour les compartiments alimentés en air conditionné, les valeurs d'humidité relative vont de 30% à 70% dans la gamme de température 15 ° C à 40 ° C.

Sauf indication contraire, les valeurs de température et d'humidité dans les compartiments conditionnés des sous-marins sont égales à celles des navires de surface.

Les figures 2 (a) et 2 (b) (**DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 2-01**) donnent un exemple des niveaux d'humidité relative mesurés durant le vol dans la soute d'une taille moyenne, pour un avion à voilure fixe.

Les valeurs mesurées d'humidité relative laissent supposer que le système de ventilation assèche l'air de la soute le rendant artificiellement sec.

La combinaison la plus défavorable de température et d'humidité pendant le transport aérien est normalement rencontrée lors de descente au niveau du sol en particulier dans les soutes à bagages non conditionnées, lorsque les surfaces froides rencontrent l'air chaud et humide à basse altitude. Les niveaux d'humidité relative sont susceptibles d'atteindre ou d'être proche de la saturation lorsque ces situations se passent dans les régions tropicales humides. La pénétration de l'humidité est encore aggravée par l'augmentation de la pression de l'air.

4.1.1.2.3 Pression atmosphérique au-dessus et au-dessous de l'ambiance de fonctionnement

Pour les transports terrestres ou maritimes la référence sera la pression barométrique existant dans la zone de transport.

Un certain nombre de configurations peuvent entraîner des surpressions. On citera :

- mise en surpression *NRBC*,
- dans les sous-marins,
- containers anti-poussière.

De faibles niveaux de surpression peuvent être rencontrés par du matériel transporté dans les compartiments des véhicules ou des navires de surface pour éviter la contamination durant les attaques nucléaires, chimiques et biologiques.

Les Informations concernant les pressions d'air inférieur ou supérieur à la normale à bord des navires de surface et des sous-marins sont données dans la référence 1. Sinon l'information doit être demandée à l'armateur ou le fabricant du véhicule.

Le minimum de pression d'air dans des conditions normales de vol pressurisé, pour un avion de transport à voilure fixe, est de 752 mbar, ce qui équivaut à la pression ambiante normale à 2438 m (8.000 pieds), cette pression est maintenue égale pour une altitude de vol de 14.325 m (47.000 pieds).

Une pression, de 618 mbar est maintenue pour les altitudes de vol plus élevé. Cette pression peut se maintenir pour des périodes allant jusqu'à 12 heures.

Lors de situations d'urgence résultant de la défaillance du système de pressurisation, la procédure demande à l'avion de descendre à une altitude de 4.572 m (15.000 pieds), soit une pression de 570 mbar.

La vitesse maximum de baisse de pression (pendant la montée) et augmentation de pression (pendant la descente suivant les conditions d'urgence) peut, respectivement, être évaluée à 150 mbar / minute et 360 mbar / minute.

Nota: Des propositions ont été faites pour modifier les exigences de pressurisation de l'avion de transport futur pour fournir une pression cabine équivalente de 810 mbar à une altitude de 1.829 m (6.000 pieds) à l'altitude de croisière et 752 mbar, qui équivaut à 2.438 m (8.000 pieds) à l'altitude de croisière.

La pression d'air pendant le transport à bord des aéronefs à voilure tournante équivaut à la pression de l'air ambiant de l'altitude de vol.

4.1.1.2.4 Glace

Le givrage du matériel pendant le transport sera normalement directement attribuable aux conditions météorologiques.

Un matériel bien conditionné et protégé n'est pas pénétré par l'humidité. Si bien qu'il sera exempt d'accumulation de glace et de givre.

Par contre il pourra y avoir givrage lorsque le matériel, non protégé, est transporté à découvert, dans des régions froides, sur le pont de navires de surface. De plus l'action des vagues peut asperger le matériel et entraîner la formation de glace.

En transport aérien il y a possibilité de givrage pour les matériels transportés dans des compartiments non conditionnés du fait de l'humidité ambiante et des changements d'altitude. Si le matériel est à l'extérieur il peut être givré après mouillage et changements d'altitude ou par un brouillard givrant. Il peut aussi être l'objet d'impact avec des grêlons de grosseur plus ou moins importante.

4.1.1.2.5 Sable et poussière

Dès que, pour des raisons diverses, le terrain devient sec le passage de convois de véhicules entraîne la formation de nuages de poussières. Après un certain nombre de traversées ces poussières deviennent très fines et s'insinuent dans les moindres interstices. Les régions désertiques seront principalement susceptibles d'émettre ces poussières mais même des régions réputées humides pourront en être le théâtre par temps sec.

On trouvera aussi beaucoup de poussière sur les terrains d'aviation sommairement équipés.

Les matériels non protégés seront particulièrement visés et devront être conçus pour rester opérationnels dans ces conditions car l'accumulation de poussière diminue les possibilités de refroidissement, contamine les systèmes de lubrification, provoque de la corrosion et diminue la fiabilité des systèmes électriques, électroniques et informatiques.

4.1.1.2.6 Mouillage

Le mouillage intervient par exposition à la pluie, aux embruns, par aspersion par les vagues qui déferlent, par éclaboussures lors de passage à gué ou sur véhicules amphibies. On peut aussi avoir du mouillage par aspersion et éclaboussure lors des opérations d'entretien. Dans ce cas le fluide n'est pas obligatoirement de l'eau. Des circonstances exceptionnelles ou accidentelles peuvent mouiller voir immerger les matériels comme, par exemple, un incendie ou une voie d'eau. Enfin les matériels peuvent être mouillés par accumulations successives d'eau de condensation lors des changements de température ou de pression.

Les effets induits sur les matériels sont directement liés aux précautions prises, lors de la conception, pour lutter contre ce phénomène notamment en matière de joints d'étanchéité et de carters étanches.

4.1.1.2.7 Effets des agressions chimiques et biologiques, méthodes de test

Les attaques chimiques et biologiques subies par le matériel pendant le transport entre l'usine et de stockage sur base avant seront minime par rapport à celles occasionnées lors du stockage ou pendant le déploiement sur la plateforme de service. L'emballage et les couvertures de protection des différents éléments du matériel et des enclos de plates-formes de fret seront normalement suffisants pour empêcher toute attaque directe.

Le transport entre la base avant et le lieu d'utilisation est, souvent, susceptible de se faire avec du matériel dépourvu d'emballage et de couvercles de protection offrant ainsi un plus grand risque d'attaque.

Il faut se référer aux chapitres donnés dans la partie 6 (**DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4**) pour définir les causes et les caractéristiques des environnements chimiques induites ainsi que pour les attaques biologiques pendant l'utilisation sur les différents lieux d'affectations (Cf. tableau 2).

DEF STAN 00-35 Part 6	Plateforme de Service
Chapter 6-01	Matériel mis en œuvre ou installés sur les véhicules
Chapter 7-01	Matériel mis en œuvre ou installés sur des aéronefs à voilure fixe
Chapter 8-01	Matériel mis en œuvre ou installées sur les avions à ailes tournante
Chapter 9-01	Matériel mis en œuvre ou installées sur les navires de surface
Chapter 9-02	Matériel mis en œuvre ou installées sur les sous marins
Chapter 10-01	Munitions (Bombes, Missiles, Torpilles etc.)

Tableau 2 : Chapitres de la DEF STAN 00-35 Part 6

4.1.1.3 Caractéristiques des environnements induits par type de transport

4.1.1.3.1 Température

4.1.1.3.1.1 TRANSPORT PAR ROUTE ET PAR RAIL

4.1.1.3.1.1.1 Transport en véhicule couvert

La température supportée par les matériels transportés en véhicule couvert est caractérisée par celle de l'air ambiant et le rayonnement solaire sur la bâche dans la zone considérée.

Au cours du déplacement, dans la mesure où l'air peut circuler, la température interne va trouver un équilibre fonction de la ventilation fournie par la vitesse.

Un exemple de ratio température ou hygrométrie interne/externe (pendant les heures du jour) dans la zone cargo d'un transporteur conventionnel au repos (conditions de stockage) ou pendant un déplacement allant jusqu'à 90 km/h est présenté dans l'annexe A.

Noter que la circulation d'air pendant le transport tend à modérer les oscillations de la température et de l'humidité pendant la journée.

4.1.1.3.1.2 TRANSPORT AERIEN

4.1.1.3.1.2.1 Avions parqués

Les températures à l'intérieur des compartiments non aérés peuvent dépasser les températures ambiantes locales à cause des effets indirects du rayonnement solaire. Les systèmes et les composants contenus dans de tels compartiments seront affectés de la même façon.

Pour déterminer les températures les plus élevées rencontrées par des charges extérieures, les données doivent être mesurées aux emplacements spécifiques des porteurs où des zones de stockage prévues.

Les exemples de telles données obtenues à deux endroits dans un avion sont donnés dans l'annexe A.

Noter que la température à un endroit est assez régulière pour tout le cycle journalier tandis qu'elle varie considérablement à d'autre endroit.

4.1.1.3.1.2.2 Opérations au sol

Quand le matériel est mis sous tension directement à partir du moteur ou des servitudes externes, les systèmes de contrôle du bord diffusent de l'air conditionné, pour rafraîchir les compartiments de l'avion ou les charges extérieures.

À la mise en route, l'air ambiant extérieur est aspiré et distribué dans l'avion avant que le système de contrôle ait eu le temps d'entrer en action. Après un certain temps l'efficacité du système de contrôle de l'environnement s'améliore.

Dans les régions froides:

- l'air ambiant extérieur peut refroidir le matériel, en compartiments conditionnés, à une valeur plus basse que celle des régions tempérées,
- le matériel bénéficie de toute source de chaleur auto-générée et dégagée par d'autres matériels.

Pendant le fonctionnement au sol, les températures à l'intérieur des compartiments d'avions dépendent :

- de la température de l'air extérieur,
- de l'intensité du rayonnement solaire,
- de la densité d'intégration du matériel,
- de la chaleur rayonnée par les structures adjacentes et par les matériels en fonctionnement,
- du conditionnement d'air en action, et de la durée de fonctionnement.

Toutefois le fonctionnement au sol de longue durée dans des régions chaudes peut voir l'efficacité de l'air conditionné contrecarrée du fait de la chaleur ambiante combinée au rayonnement des structures adjacentes et du matériel en fonctionnement.

Le fonctionnement au sol de longue durée non refroidi par air forcé devrait être évité dans les régions chaudes et sèches, sinon des dommages permanents ou une fiabilité dégradée peut en résulter.

Les données sur les températures induites devraient être déduites des mesures faites à l'emplacement prévu du matériel sur le porteur pendant les états représentatifs les plus sévères.

Pour les avions déployés dans des régions chaudes et sèches, quand les données n'ont pas été mesurées, on prendra comme températures maximales de mise en fonctionnement les températures induites maximales des conditions au sol que le matériel soit placé ou non en air conditionné.

Pour le fonctionnement au sol de longue durée dans des régions sèches et chaudes où les caractéristiques de refroidissement d'air sont inconnues on supposera, qu'en régime établi, le conditionnement d'air abaisse la température de 15°C par rapport à la mise en route.

On suppose que les températures de mise en route règnent dans tous les secteurs non-conditionnés.

De nombreux facteurs sont susceptibles d'influencer les niveaux de température dans les zones de stockage des avions comme :

- la densité d'intégration,
- la dissipation thermique des composants,
- les diverses constantes calorifiques,
- les nombreux ponts thermiques vers les surfaces externes,
- l'incorporation des systèmes de refroidissement,
- etc.

Aussi la prévision des niveaux de température devrait être estimée à l'aide des programmes d'analyse thermique incorporant les facteurs indiqués ci-dessus complétés par des mesures spécifiques faite en conditions représentatives.

Pour le déploiement dans des régions de basse température, et en l'absence des données mesurées, on peut supposer que les sévérités suivantes représentent les états les plus sévères à la mise en route du matériel en compartiments confinés dont la peau évacue mieux la chaleur, au ciel de nuit, que l'air ambiant :

Zone du déploiement (catégorie climatique)	Température induite °C
C0	-21
C1	-33
C2	-46
C3	-51
C4	-57

4.1.1.3.1.2.3 Sorties en vol

Pour des matériels installés dans des compartiments intérieurs d'avions les dégagements de chaleur :

- du ou des moteurs,
- des dispositifs d'échappement de moteur,
- du ou des générateurs auxiliaires électriques et leurs composants associés,
- du ou des générateurs auxiliaires hydrauliques et leurs composants associés,
- de l'instrumentation de bord,
- etc,

sont susceptibles d'influencer les niveaux de température.

A noter que le conditionnement d'air peut être perturbé par la faible densité de l'air en haute altitude et causer une hausse de température inacceptable.

Le confinement dans des racks mal ventilés peut, aussi, entraîner une hausse de température inadmissible à cause de la chaleur dégagée par le matériel lui-même et son voisinage.

Outre l'influence de la chaleur les matériels, situés dans des zones non conditionnées, peuvent être confrontés à des chocs thermiques. Ces chocs sont provoqués par les importantes vitesses de variation thermique lors des changements d'altitude pendant des phases de combat ou lors des décollages et atterrissages.

Ces chocs thermiques sont susceptibles d'engendrer des contraintes hors des limites admissibles à moins que ces phénomènes aient été pris en compte lors de la conception.

Si l'on ne possède pas de données de contraintes mesurées la connaissance de ces vitesses de variation thermique peut permettre d'en déduire la valeur.

Aussi, est-il important de mesurer les vitesses de variation thermique pendant des situations représentatives de vol.

4.1.1.3.1.3 TRANSPORT MARITIME

4.1.1.3.1.3.1 Pont des navires de surface

Si aucune ventilation ou refroidissement forcé n'est fournie, les températures à l'intérieur des abris non aérés ou sous les couvertures provisoires exposées au rayonnement solaire sont susceptibles de dépasser les valeurs ambiantes locales.

Les conditions les plus sévères se produisent pour des matériels embarqués, installés ou portés dans des régions chaudes.

Les facteurs déterminants qui détermineront la quantité de chaleur absorbée par la surface exposée sont :

- la position du soleil,
- la nébulosité,
- la finition de la surface,
- la couleur,
- le coefficient d'émissivité,
- la durée de l'exposition,
- la présence ou non d'une ventilation ou d'un refroidissement par air forcé.

Les températures induites dans des shelters sur les ponts de navires de surface ou sous des couvertures provisoires n'est pas facilement disponible.

Les niveaux induits prévus devraient être déterminés par des mesures spécifiques pour des applications particulières.

En l'absence de données mesurées, on se réfèrera aux températures déterminées pour le transport général et le stockage du fascicule 2311 (catégorie marine M1) qui s'appliquent au matériel en abri dans un shelter ou sous une couverture sur le pont d'un navire de surface.

Pour des zones de haute température sur des mers ouvertes (catégorie marine M1) les valeurs tendent à être de 2°C environ plus basses que celles correspondant à la même zone à terre (catégorie climatique A1)

La prise en compte de cette valeur suppose que le bâtiment de surface opère dans et à la sortie des ports dans ces régions géographiques.

De la même manière les valeurs de température pour le transport et le stockage dans les régions des mers plus froides, (catégorie marine M3), où les températures peuvent être jusqu'à 12°C plus élevées que sur terre dans les mêmes zones géographiques (catégorie climatique C2).

Le matériel peut être soumis à un choc thermique. Quand le navire de surface navigue dans des régions froides, le matériel apporté sur le pont peut être soumis à des changements de température de l'ordre de 45° C en quelques minutes ou moins. Pareillement, un matériel immergé dans la mer juste après avoir été exposé au soleil peut être soumis à un changement de température de l'ordre de 50° C en quelques secondes.

4.1.1.3.1.3.2 Compartiments conditionnés par air

Les températures en compartiments avec conditionné sur les navires de surface peuvent s'étendre de 15 à 30°C avec une hygrométrie de 30 à 70 %.

Les variations dans ces limites dépendront de l'ambiance extérieure et de la quantité de chaleur dégagée par le matériel en fonctionnement et le personnel occupant le compartiment. Toutefois elles peuvent être considérées comme établies une fois stabilisées dans une zone climatique d'opérations.

En cas d'une interruption de l'air conditionné, en l'absence de données mesurées, on suppose qu'une température de 40°C avec une hygrométrie de 70 % peut durer jusqu'à 20 minutes.

4.1.1.3.1.3.3 Compartiments partiellement ou non conditionnés

Pour les matériels en compartiments partiellement ou totalement non-conditionné, la température et l'humidité dépendront de l'emplacement du compartiment dans le navire.

Plus le matériel sera éloigné du pont principal et situé vers le centre de la coque, plus les conditions ambiantes externes seront atténuées.

Dans certains cas la chaleur et l'humidité dissipées par les machines fonctionnant dans le voisinage seront les facteurs dominants si bien que, le navire étant opérationnel, les conditions ambiantes, en régime permanent, s'étendront du sec à la chaleur humide.

Certaines zones particulières d'un compartiment peuvent être placées au-dessus de la ligne de flottaison et proche des parois extérieures. Pour ces zones l'effet du rayonnement ne sera pas négligeable sur la température ambiante dans le compartiment, en particulier quand on se trouve dans des secteurs climatiques de la catégorie A.

En l'absence des données mesurées, les conditions des compartiments ventilés en air frais s'étendent de 15 à 45°C avec une hygrométrie de 30 à 85%, mais les valeurs pour les installations particulières doivent être déterminées à partir de données spécifiquement mesurées.

Les conditions stabilisées en compartiments non conditionnés peuvent s'étendre de 0 à 80 °C avec une hygrométrie de 30 à 80%.

Des excursions anormales peuvent monter jusqu'à 100 °C. Des valeurs encore plus élevées peuvent être rencontrées pour des équipements localisés à proximité immédiate de machines ayant des températures de surface élevées ou des équipements situés dans des secteurs non ventilés.

Certains matériels peuvent être situés dans des secteurs frigorifiés ou près de trappes externes dans les régions froides.

Sauf indication contraire le matériel, en fonctionnement dans ces conditions, doit maintenir ses performances nominales entre au -10 °C, et des performances dégradées mais réversibles à -30 °C.

4.1.1.3.2 Humidité

4.1.1.3.2.1 TRANSPORT PAR ROUTE OU RAIL

4.1.1.3.2.1.1 Porteur couvert

L'humidité absolue rencontrée par le matériel pendant le transport est tout à fait identique à l'humidité ambiante ou météorologique externe.

4.1.1.3.2.1.2 Matériel dans une enceinte close

Dans une enceinte close l'accroissement des températures accentue généralement l'amplitude du cycle journalier de l'hygrométrie rencontré par le matériel pour la plupart des types de conditions climatiques chaudes/très chaudes

4.1.1.3.2.2 TRANSPORT AERIEN

4.1.1.3.2.2.1 Avion parké

En fonction de la position sur le porteur, les valeurs d'humidité rencontrées par le matériel peuvent dépasser celles des conditions météorologiques locales. Les compartiments non aérés des porteurs déployés dans des régions tropicales humides peuvent aspirer de l'air humide en raison des changements de pression induits par le cycle thermique journalier.

De même, de la condensation et des entrées d'air humide se manifestent à l'intérieur des compartiments et du matériel pendant la descente de l'altitude de vol vers le sol.

4.1.1.3.2.2.2 Avion en fonctionnement au sol

On peut supposer que lorsque les moteurs tournent ou que des circuits de bord fonctionnent à partir des alimentations d'énergie externe, des trappes sont ouvertes et que des dispositifs de climatisation fonctionnent, fournissant la ventilation et une réduction du niveau de l'humidité de l'atmosphère dans les compartiments précédemment fermés.

L'humidité relative dans des compartiments semi-scellés, non aéré, sera graduellement réduite par l'élévation de température, bien que la teneur en eau soit peu susceptible d'être réduite.

Quand le courant est coupé et que le matériel se refroidit, la pression atmosphérique différentielle de chaque côté des murs d'une enceinte peut faire aspirer de l'air externe et augmenter le niveau de l'humidité dans cette enceinte.

Le matériel transporté dans des aéronefs opérant dans des régions chaudes et sèches peut rencontrer des niveaux bas d'humidité lorsqu'il est soumis aux effets indirects de l'échauffement solaire. Ou lorsqu'il est situé près de sources de chaleur induites par les opérations au sol.

Les systèmes électriques/électroniques avec des densités d'intégration élevées et des armements aéroportés à bord sujet à des opérations au sol peuvent être également affectés.

Aucune donnée enregistrée n'est facilement disponible pour de telles valeurs induites de températures sèches. Des niveaux d'hygrométrie inférieurs à 30% sont courants dans les conditions naturelles rencontrées dans les régions du monde chaudes et sèches.

On peut supposer par conséquent que des niveaux d'humidité relative équivalents ou plus bas se trouveront dans des compartiments intérieurs et secs. Ou dans des zones similaires dotées de matériel individuel soumis à des valeurs élevées de températures induites.

4.1.1.3.2.2.3 Sorties de vol

De l'humidité peut se former sur les surfaces externes et internes du matériel durant les sorties en vol par suite du différentiel entre les températures au sol et à l'altitude de vol et réciproquement, en particulier lors des vols dans les régions tropicales.

L'air chaud dans les compartiments et des éléments du matériel se mélange avec l'air froid ambiant, au cours de la montée en altitude.

Lorsque les surfaces froides des aéronefs rencontrent l'air humide et chaud pendant la descente et l'atterrissage, l'humidité se condense car la température de l'air est en dessous du point de rosé.

Dans ce dernier cas, le phénomène est accru par l'augmentation de la pression au sol qui renforce l'action de l'air chaud et humide.

On prévoit, dans ces conditions, que les niveaux d'humidité relative dans compartiments conditionnée atteindront 90 - 95%, tandis les compartiments non conditionnés seront à saturation.

4.1.1.3.2.3 TRANSPORT MARITIME

4.1.1.3.2.3.1 Sur les ponts de navires de surface

Le matériel stocké dans des abris non ventilés ou sous des couvertures provisoires est susceptible d'être soumis à des valeurs élevées d'humidité induite, particulièrement une fois déployé en régions tropicales chaudes humides.

Les cas les plus sévères se produisent pour un cycle journalier caractérisé par des températures élevées pendant le jour et basses pendant la nuit produisant des variations de pression. Ces variations de pression créent une aspiration de l'humidité dont une partie est captée lorsque la température s'abaisse.

Le rayonnement solaire sur les surfaces externes des abris ou des couvertures provisoires pendant la partie la plus chaude du cycle journalier peut aggraver les valeurs de chaleur humide auxquelles le matériel est soumis. L'accumulation d'humidité peut mener à une température plus élevée que le point de rosée et, par conséquent, à la possibilité de condensation pendant la partie la plus fraîche du cycle.

De préférence, les conditions pour des applications particulières doivent être déterminées à l'aide de données spécifiquement mesurées. Les valeurs d'hygrométrie peuvent être diminuées par la chaleur dissipée par le matériel en fonctionnement, mais en l'absence de données mesurées, les conditions « induites » du *fascicule 2310* doivent être choisis.

4.1.1.3.2.3.2 Compartiments à air conditionné

Les températures en compartiments à air conditionné sur les navires de surface peuvent s'étendre de 15 à 30°C et une hygrométrie de 30 à 70 %. Les variations dans ces limites dépendront de l'état de l'ambiance externe et de la quantité de chaleur dégagée par le matériel en fonctionnement et le personnel occupant le compartiment. Elles peuvent être considérées comme établies une fois stabilisées dans une zone climatique d'opérations.

En cas d'une interruption de l'air conditionné, en l'absence de données mesurées, on doit supposer qu'une température de 40°C avec une hygrométrie de 70 % s'établit pendant des durées allant jusqu'à 20 minutes.

4.1.1.3.2.3.3 Compartiments à air partiellement conditionné

Pour les matériels en compartiments partiellement ou totalement non-conditionné, la température et l'humidité dépendront de l'emplacement du compartiment dans le navire.

Plus le matériel sera éloigné du pont principal et situé vers le centre de la coque, plus les conditions ambiantes externes seront atténuées.

Dans certains cas la chaleur et l'humidité dissipées par les machines fonctionnant dans le voisinage seront les facteurs dominants si bien que, le navire étant opérationnel, les conditions ambiantes, en régime permanent, s'étendront du sec à la chaleur humide.

Certaines zones particulières d'un compartiment peuvent être placées au-dessus de la ligne de flottaison et proche des parois extérieures. Pour ces zones l'effet du rayonnement ne sera pas négligeable sur la température ambiante dans le compartiment, en particulier quand on se trouve dans des secteurs climatiques de la catégorie A.

En l'absence des données mesurées, les conditions des compartiments ventilés en air frais s'étendent de 15 à 45°C avec une hygrométrie de 30 à 85%, mais les valeurs pour les installations particulières doivent être déterminées à partir de données spécifiquement mesurées.

Les conditions stabilisées en compartiments non conditionnés peuvent s'étendre de 0 à 80 °C avec une hygrométrie de 30 à 80%.

Des excursions anormales peuvent monter jusqu'à 100 °C. Des valeurs encore plus élevées peuvent être rencontrées pour des équipements localisés à proximité immédiate de machines ayant des températures de surface élevées ou des équipements situés dans des secteurs non ventilés.

Certains matériels peuvent être situés dans des secteurs frigorifiés ou près de trappes externes dans les régions froides.

Sauf indication contraire le matériel, en fonctionnement dans ces conditions, doit maintenir ses performances nominales jusqu'à -10 °C, et des performances dégradées mais réversibles jusqu'à -30 °C.

4.1.1.3.3 Pression atmosphérique

4.1.1.3.3.1 TRANSPORT PAR ROUTE ET / OU RAIL

La pression à l'intérieur d'un véhicule est généralement la même que la pression ambiante extérieure.

4.1.1.3.3.2 TRANSPORT AERIEN

4.1.1.3.3.2.1 Avion parké

Le matériel transporté dans des avions sera soumis normalement à des pressions atmosphériques égales aux valeurs ambiantes locales sauf exceptions présentées dans les paragraphes ci-dessous. Pendant les essais de pressurisation de routine prévus au sol, on vérifiera l'intégrité des joints pour le matériel conditionné en compartiments pressurisés pendant le vol. Quand c'est possible, la valeur de la surpression d'épreuve devrait être convenue entre l'avionneur ou l'opérateur et l'autorité de conception du matériel installé.

4.1.1.3.3.2.2 Sorties de vol

Normalement pendant le vol, le matériel installé en compartiments pressurisés sera soumis à des pressions atmosphériques s'étendant entre la valeur ambiante et une valeur plus basse correspondant à la pression à une altitude prédéterminée (*par exemple 3000 m*). La pression interne est alors maintenue par les systèmes de bord au-dessus de la pression ambiante extérieure entraînant ainsi une différence de pression.

Alternativement, le matériel installé dans des secteurs non-pressurisés sera sujet à la pression atmosphérique ambiante à l'altitude de vol.

La vitesse de variation de pression pendant les sorties de vol diffère des valeurs rencontrées au décollage et à l'atterrissage. Les taux de changement éprouvés par le matériel dépendent des performances de l'avion, du profil de mission et si le matériel est installé dans un compartiment pressurisé ou non-pressurisé.

La décompression rapide (correspondant à un taux de variation anormal de la pression) peut se produire en compartiments normalement pressurisés pendant les situations d'urgence. La vitesse de variation de pression suite à une défaillance de pressurisation dépendra du volume du compartiment concerné et de la différence de pression initiale. En l'absence d'information

spécifique concernant la taille des compartiments, une durée maximale de décompression d'une minute doit être considérée.

4.1.1.3.3.3 TRANSPORT MARITIME

4.1.1.3.3.3.1 Sur le pont des navires de surface

Le matériel installé sur le pont sera soumis à la pression atmosphérique ambiante locale au niveau de la mer.

4.1.1.3.3.3.2 Compartiments à air conditionné

La pression atmosphérique à l'intérieur des compartiments d'un bâtiment naval de surface peut être augmentée au-dessus de la pression atmosphérique ambiante locale pour comprimer le joint d'étanchéité permettant de s'isoler de la contamination de l'environnement extérieur.

On admettra que la pression absolue éprouvée par le matériel contenu dans le compartiment est la valeur maximale de la pression ambiante rencontrée à la surface de la mer, (*de l'ordre de 1060 mbar*), augmentée d'un écart de surpression. En l'absence de valeur spécifique connue, un écart de 8 kPa (80 mbar) sera retenu.

4.1.1.3.4 Glace

4.1.1.3.4.1 TRANSPORT PAR ROUTE ET DE RAIL

Pour le matériel porté transporté dans des véhicules couverts et /ou fermés, La formation de glace sur le matériel pendant le transport résulte, normalement, entièrement des conditions météorologiques locales.

4.1.1.3.4.2 TRANSPORT AERIEN

4.1.1.3.4.2.1 Avions parqués

La formation de glace sur le matériel installé à bord des avions parqués sur les terrains d'aviation résulte, normalement, entièrement des conditions météorologiques locales au niveau du sol.

4.1.1.3.4.2.2 Avion en opération au sol

La formation de glace sur le matériel peut être contrecarrée par les systèmes de dégivrage pendant les opérations au sol.

4.1.1.3.4.2.3 Sorties en vol

Le gel de l'humidité induite dépend du drainage réalisé, des accumulations d'eau susceptibles d'être gelées aux basses températures à l'altitude de vol.

4.1.1.3.4.3 TRANSPORT MARITIME

Le matériel sur les zones ouvertes des ponts est susceptible d'être soumis aux accumulations de glace formée par le gel des embruns et des éclaboussures dues à l'impact des vagues. Les manœuvres de bâtiment naval de surface en états de mer habituels peuvent accroître la quantité de d'eau pulvérisée projetée au-dessus du navire. Des taux d'accumulation de glace jusqu'à 40 mm/h ont été rapportés pour des bâtiments navals de surface opérant en région arctique.

4.1.1.3.4.4 LA POUSSIERE ET SABLE

4.1.1.3.4.5 PENDANT LE TRANSPORT PAR ROUTE ET / OU PAR RAIL

4.1.1.3.4.5.1 Dans des véhicules couverts

Les mouvements des porteurs habituels en opération sont susceptibles de produire des nuages de poussière et/ou de sable qui pénètrent à l'intérieur lorsque les véhicules ne sont pas étanches à la poussière. Les valeurs de concentration et de distribution des substances particulières sont généralement inférieures à celles rencontrées dans des situations à ciel ouvert.

4.1.1.3.4.6 TRANSPORT AERIEN

4.1.1.3.4.6.1 Avion parké

Le fonctionnement et le mouvement d'un avion à proximité d'un avion garé par exemple :

- le décollage ou l'atterrissage vertical,
- le survol,
- l'activité normale d'un hélicoptère,

sont susceptibles de produire des accumulations considérables de poussière turbulente. En particulier lorsque déployés en régions désertiques chaudes et sèches.

À un moindre degré, les roues des véhicules terrestres sur les pistes produisent également des nuages de poussière et/ou de sable. Les valeurs de concentration et de distribution des substances particulières au-dessus du niveau du sol dépendent des mêmes paramètres que pour les nuages naturels de poussière et de sable.

4.1.1.3.4.6.2 Opérations au sol

Quand l'avion porteur est en fonctionnement au sol sur des terrains d'aviation dans des régions désertiques chaudes et sèches, sur les pistes d'atterrissage provisoires, le souffle des propulseurs ou le flux des réacteurs peuvent produire des concentrations considérables de poussières et/ou de sable dans l'air (ou d'autres types de particules de petite taille).

Les zones situées en avant des tuyères sont également vulnérables si les mécanismes de poussée d'inversion sont actionnés pendant les périodes de fonctionnement du moteur.

4.1.1.4 Immersion, précipitation et embruns

4.1.1.4.1 Transport maritime

4.1.1.4.1.1 SUR LE PONT DES NAVIRES DE SURFACE

Aucunes données mesurées indiquant les valeurs des quantités de mouillage induites éprouvées par le matériel installé sur le pont des navires ne sont disponibles. Les observations subjectives indiquent que le matériel peut être soumis à de courtes périodes de précipitation équivalentes à de fortes pluies avec une accumulation d'eau allant jusqu'à 150 millimètres de hauteur.

4.1.1.4.1.2 DANS LES COMPARTIMENTS A AIR CONDITIONNE

Les niveaux de précipitation liés à la condensation et au ruissellement qui s'en suit sur les surfaces sont imprévisibles. Ainsi que les conséquences de situations d'urgences résultant de défaillances telles que les joints rompus et disjoints dans des conduites d'eau. Habituellement, un taux minimal de 280 l/m²/h est considéré. (Égouttage et inondation accidentelle).

4.1.1.4.1.3 COMPARTIMENTS NON CONDITIONNES

Quand le matériel est installé ou entreposé en compartiments non conditionnés par exemple :

- compartiments de cargaison,
- cintres d'avions,
- garages pour véhicules porteurs,
- salles de moteur et de générateur,

- ateliers,
- blanchisseries et offices,
- etc,

il y a une plus grande probabilité qu'il soit soumis à certaines formes de mouillage comprenant, dans certains cas, la possibilité d'immersion partielle. Des sévérités allant jusqu'à 280 l/m²/h doivent être fixées pour la précipitation, l'égoutture, mise en débordement, et des profondeurs allant jusqu'à de 150 mm pour l'immersion.

4.1.1.5 Pression hydrostatique

Pendant le transport maritime, le matériel bord subissant une immersion en mer, sera soumis à une pression hydrostatique fonction de la profondeur d'immersion définie dans la spécification du matériel. La pression est liée à la profondeur de l'immersion par la relation :

$$p = 9,8 d$$

p est la pression hydrostatique en kPa,

d est la profondeur de l'immersion en mètres.

4.1.2 Manutention et Stockage

Ce paragraphe traite des environnements climatiques que le matériel peut subir pendant la manutention et le stockage. Les caractéristiques des environnements climatiques sont présentées, discutées et complétées par feuilles de données. Un conseil est donné sur les effets potentiels de dommage, les options de traitement et le cas échéant, la sélection appropriée de la méthode test AECTP 300. Les références sont données en annexe B.

Dans cette sous-section, du matériel exposé dans un environnement de stockage ou de manutention pourrait ne pas être protégé dans certaines formes d'emballage ou de container. Des ambiances climatiques à ciel ouvert (pour le matériel sur terrain non couvert) sont décrites dans le fascicule 2311.

4.1.2.1 Objectif

Ce chapitre traite des environnements climatiques, chimiques et biologiques induits susceptibles d'être vécus par le matériel pendant et au-delà des phases de stockage. Il inclut les environnements climatiques chimiques et biologiques qui peuvent résulter des opérations de déploiement et de manutention. Des exemples des effets de dommages potentiels pour ces environnements sont donnés.

Dans cette description, le matériel comprend des équipements qui peuvent être emballés ou non ou contenu dans des conteneurs de type « champ de bataille ».

Les méthodes et les sévérités de tests sont recommandées pour la simulation des environnements climatiques, chimiques et biologiques induits. En liaison avec l'emballage lui-même, ces méthodes peuvent être lues en lien avec la publication appropriée (**DEF STAN 00 35/Part 1/ chapter 1-02**).

Les environnements climatiques induits pendant les phases de transport entre périodes de stockage ou du stockage vers le déploiement sont traités au **chapitre 2-01**. Les informations sur les conditions climatiques induites dans des installations fixes et non-mobiles, données au **chapitre 5-01** peuvent aussi être appliquées au matériel en phase de stockage.

4.1.2.2 Généralités

Les conditions climatiques, chimiques et biologiques induites subies par le matériel pendant le stockage dépendront de la localisation géographique et du type de protection prévue, allant de totalement non protégé, protection temporaire à bâtiment sous air conditionné.

Des mesures sont prises pour contrôler le niveau de ventilation, les murs, le toit des structures ou couverture temporaire pour obtenir une protection contre : la pluie, la neige, le vent ou pour un but de secret.

De telles mesures peuvent aggraver les effets de ces conditions climatiques, chimiques et biologiques induites ou induire d'autres conditions comme le rayonnement solaire, l'humidité relative et les précipitations.

Le matériel directement exposé aux conditions météorologiques (**DEFSTAN0035, Partie 4**) spécialement pendant des stockages bien au-delà du dépôt peut également être soumis à des environnements spécifiques induits. Environnements tels que des vents de poussière et de sable ou des atmosphères délétères particulièrement lorsque ce stockage se situe dans des lieux où circulent des véhicules militaires ou des avions.

Un certain niveau de contamination peut être observé sur du matériel stocké sous une couverture de protection partiellement étanche.

Quoique certains effets d'une exposition à des environnements induits rencontrés pendant le stockage puissent être immédiatement apparents, les besoins logistiques et opérationnels peuvent être tels que les autres ne pourront être constatés que lors des tentatives de mise en action de l'équipement. L'étendue des dégradations est souvent liée à la durée du stockage (nombre de jours ou durée de la sévérité à partir de laquelle le matériel devient vulnérable).

Pour certains types de matériel les conditions environnementales induites pendant le stockage peuvent être les plus sévères rencontrées durant le profil de vie.

Pour d'autres types, les sévérités durant cette phase sont bénignes comparées à celle rencontrées durant les phases ultérieures de déploiement et les tests pour simuler ces dernières couvriront la phase de stockage.

On peut donc considérer que les effets des environnements doivent être cumulés ; ce qui conduit à prendre en compte plus d'une phase du profil de vie pour détecter la plus grande menace pour le matériel.

4.1.2.3 Température

Le matériel stocké dans des bâtiments non ventilés ou sous des couvertures temporaires est susceptible d'être soumis à des élévations de température par rapport à l'ambiante par le jeu du rayonnement solaire.

Cette élévation de température dépendra de :

- l'angle relatif entre le soleil et les surfaces externes,
- la couverture nuageuse,
- la capacité calorifique de la structure exposée ou de la couverture,
- sa couleur et de son état de finition,
- la durée d'exposition.

Des exemples de températures élevées induites dans des structures et matériels directement exposés au rayonnement solaire sont donnés dans la **DEFSTAN0035/Partie 4/chapter 3-02**.

Réciproquement, de telles structures de protection et de couverture temporaire sont également susceptibles d'être de meilleurs radiateurs vis-à-vis du rayonnement nocturne vers le ciel que l'air ambiant, conduisant ainsi à des températures dans les zones closes inférieures à l'ambiance extérieure.

En l'absence d'information spécifique pour une application particulière, les sévérités pour les températures données dans la **DEFSTAN0035/Partie 4/chapter 1.02** : (manutention et stockage en **zone climatiques chaudes (zone A)** et **froide (zone C)**) peuvent être prises en référence pour représenter les conditions de stockage les plus sévères.

Les **figures 1A et 1C (Partie 4/chapter 1.01)** peuvent être également prises en référence pour déterminer la zone climatique pertinente. Les valeurs des températures données en **partie 4** sont celles qui sont susceptibles d'être atteintes ou dépassées dans les lieux les plus chaud/froid des zones climatiques pendant environ 7.4 h (1% du mois) de la période la plus chaude/froide de l'année. Des conseils et des données complémentaires sont donnés dans la **Partie 4/chapter 1-02** pour permettre d'obtenir les sévérités pour d'autres probabilités d'occurrence.

Des températures de l'ordre de 85°C peuvent être atteintes à l'intérieur de structures non ventilées composées de matériaux transparents et directement exposés au rayonnement solaire dans les régions chaudes du globe.

Le matériel stocké dans des bâtiments utilisés comme ateliers ou comme pièces utilitaires comprenant des générateurs de puissance, des équipements de chauffage et de ventilation peuvent être soumis à des températures élevées. Ceci pour des périodes intermittentes ou continues du fait de la chaleur dissipée par les équipements en place.

Les données concernant les niveaux de températures atteintes dans de telles zones peuvent être mesurées expérimentalement sur l'installation particulière considérée. Alternativement, une estimation peut être faite à partir de la connaissance de la puissance dissipée par le matériel (données fournisseur) et des caractéristiques d'isolation thermique du local.

Le matériel peut être soumis à un choc thermique air-air pendant des phases de manutention. Des exemples typiques concernent :

- les transports de matériels de bâtiments conditionnés vers une température ambiante extérieure extrême et vice-versa,
- le déchargement (incluant une modification de pression d'air) à partir d'avions cargo conditionnés,
- le chargement sur des péniches de débarquement d'armes et de matériel à partir des soutes d'un bateau.

lorsque ces opérations sont effectuées dans les régions froides du monde.

4.1.2.3.1 Couverture légère

Les couvertures légères dans ce chapitre comprennent les bâtiments de construction légère les containers et autres structures temporaires légères. La variation de température du cycle diurne subie par le matériel peut être différent des conditions météorologiques. Particulièrement dans les régions tropicales chaudes, où le cycle diurne est caractérisé par des températures et des taux de rayonnement solaire élevés pendant la journée.

La température minimum enregistrée pendant le stockage peut être plus chaude que le minimum météorologique. Le cycle diurne des températures subies par le matériel pendant le stockage n'est pas en phase avec le cycle diurne météorologique.

Par conséquent, par une journée ensoleillée, la température maximale de la journée, atteinte en abri léger, est obtenue avant le maximum de l'ambiance extérieure.

4.1.2.3.2 Couverture lourde

La gamme de température pendant le cycle diurne est moins étendue que celle des conditions météorologiques quelques soient ces conditions.

Des exemples sont fournis en **Annexe A** pour un stockage avec couverture lourde pour les zones **A3-C3 et B3**.

Egalement dans **l'annexe A**, on trouvera un exemple des données obtenues pendant le stockage du matériel dans un environnement de désert naturel.

4.1.2.3.3 Manutention extérieure

Pour les manutentions extérieures, la plupart des caractéristiques environnementales sont décrites dans le *fascicule 2311*.

Le matériel peut connaître des températures transitoires lors du déplacement ou être déplacé d'un endroit à un autre avec des environnements climatiques différents. Par exemple, le matériel peut-être déplacé de l'air libre à une salle climatisée où la température est plus basse de plusieurs degrés.

L'amplitude des chocs thermiques associés peut être évaluée en calculant la différence de la température entre l'emplacement final et l'emplacement principal. Plus grande sera la capacité calorifique du matériel, et plus petit sera le gradient de température subi par ce dernier.

4.1.2.4 Humidité

En liaison avec les conditions ou non de ventilation et de conditionnement d'air, les niveaux d'humidité subis par le matériel sont susceptibles de dépasser ceux des conditions ambiantes locales, spécialement lorsqu'il est stocké sous couverture légère en climat tropical humide.

Le cycle diurne peut induire un différentiel de pression d'air à travers les murs de la structure ou de la couverture légère utilisée pour le stockage, et en relation avec l'efficacité des joints, l'humidité de l'atmosphère extérieure peut être transférée vers l'intérieur du matériel et y être en partie retenue.

Les températures des points de rosée internes des enceintes peuvent ainsi augmenter avec le nombre de cycles journaliers subis jusqu'à l'apparition de la saturation pour les températures les plus basses du cycle.

De la même manière, des microclimats sont susceptibles de s'établir dans les compartiments et les couvertures de protection des différents matériels stockés à ciel ouvert ou sous couvert. Les pires conditions sont susceptibles de se produire dans des zones ouvertes ou les zones côtières des régions tropicales chaudes et humides.

La résistance à la vapeur d'eau des emballages et du matériel non protégé dans des conditions de chaleur humide continues dépendra en premier lieu des caractéristiques d'absorption de vapeur d'eau des matériaux utilisés dans la fabrication.

Le matériel rencontrera vraisemblablement de telles conditions dans des bâtiments permanents ou temporaires ou dans des pièces de bateaux servant de cuisines, chaufferie, laveries ou autres services ; pour lesquels de la vapeur et de l'humidité peuvent être générées. Pour des applications particulières, il sera préférable de déterminer par la mesure les conditions d'ambiance.

L'humidité absolue subie par le matériel pendant le stockage est similaire à l'humidité absolue météorologique.

Pour les couvertures lourdes, comme les variations de température sont atténuées, l'amplitude du cycle diurne de l'humidité relative, subie par le matériel, est moindre que les conditions météorologiques ; ceci pour toutes les sortes de conditions climatiques.

La condensation peut se produire sur le matériel lors du déplacement d'un endroit froid vers un endroit chaud et humide en raison de la différence de température.

4.1.2.5 Gel

Il est peu probable d'avoir des dépôts de glace sur le matériel à l'exception des zones climatiques froides. Le gel du matériel sous couverture légère provient essentiellement des conditions ambiantes extérieures avec une faible probabilité d'occurrence.

4.1.2.6 Sable et poussières

L'activité et le mouvement de véhicules lourds ou d'engins lourds sont susceptibles de générer des nuages de poussière et de sable. Ces nuages de poussière et de sable pénètrent à l'intérieur des couvertures légères non étanches à la poussière.

Les concentrations et la distribution en taille des particules sont généralement moindres en espace fermé que dans les espaces à ciel ouvert.

Les opérations de véhicules terrestres, de groupes électrogènes, les opérations et mouvements au sol des avions, plus particulièrement dans les régions chaudes désertiques peuvent générer artificiellement des atmosphères chargées en sable et en poussière.

La sévérité de la contamination du matériel stocké dépendra de la proximité et de la durée de l'activité causant ces phénomènes ainsi que du niveau de protection du matériel stocké. La norme **DEFSTAN00-35/Partie 4/chapter 9-01** donne les caractéristiques et la distribution de la poussière et du sable en suspension suivant l'altitude par rapport au sol et les concentrations associées aux opérations et aux mouvements des véhicules militaires.

4.1.2.7 Immersion et ruissellements

Le matériel stocké dans des bâtiments permanents ou semi-permanents peut être soumis à du ruissellement provenant de surfaces supérieures ou d'une condensation sur des tuyaux d'eau, particulièrement en climat tropical humide. Des jets d'eau provenant de tuyaux percés ou de sprinklers d'incendie peuvent être une source potentielle d'arrosage.

Dans quelques cas, les intensités de précipitation peuvent être estimées, comme pour les sprinklers par exemple, mais une intensité maximale de $280 \text{ l/m}^2/\text{h}$ est souvent considérée comme plausible sur des durées de l'ordre de 15 mn pour de tels événements.

Le matériel peut également être soumis à une immersion partielle dans l'eau, résultant des conditions précédemment évoquées, ou doit survivre à une immersion totale ou partielle due à une erreur de manipulation (chargement sur bateau par exemple) ou pendant des phases de manipulation à proximité de l'eau en conditions de stress dues au combat.

4.1.2.8 Environnements chimique et biologique induit

Le niveau des attaques chimiques et biologiques induites subit par le matériel durant les phases de stockage et de manutention dépendra :

- de la proximité des sources de contamination,
- des mesures prises sur les abris et les couvertures de protection,
- des durées d'exposition.

L'importance de l'attaque sera également renforcée par les effets aggravant des conditions climatiques naturelles ou induites qui dépendent, également, du débit de la ventilation.

Les pires cas de contamination, à court terme, arrivent probablement durant des phases de manipulation et de stockage vers une base future, durant lesquelles le matériel se trouve totalement non-protégé. Le matériel situé dans des zones de maintenance de véhicules militaires qui peuvent être accidentellement aspergées est également susceptible d'être contaminé.

La réaction du matériel à une attaque chimique ou biologique, pendant des phases de manutention et de stockage, dépendra : des matériaux utilisés dans la fabrication, des caractéristiques du projet ; telles que la capacité des surfaces extérieures à retenir et fixer des dépôts et des conditions climatiques naturelles ou induites prédominantes sur le site de stockage.

Les niveaux de température et d'humidité (chaleur humide) peuvent être tels que les effets deviennent rapidement apparents.

Également, l'indication d'une telle exposition peut également être visible après que le matériel aura été transféré dans une autre zone de déploiement. Zone où les conditions d'environnement sont favorables à une aggravation des effets des dépôts chimiques et biologiques.

4.1.2.9 Atmosphère saline

Un matériel stocké dans des ports ou sur le littoral, dans des abris provisoires non aérés, peut être attaqué chimiquement par des atmosphères salines. Plus que s'il était directement exposé à des conditions normales.

Lorsque les variations thermiques quotidiennes sont suffisamment importantes pour favoriser la pénétration de l'atmosphère saline et humide au cours du stockage, l'humidité interceptée peut s'accumuler ; et favoriser ainsi une augmentation du point de rosée donc l'attaque chimique du matériel.

Les pires situations sont susceptibles d'être rencontrées en régions tropicales chaudes et humides en terrain découvert.

4.1.2.10 Atmosphère acide

Le stockage près de sites d'industrie lourde, en particulier dans les zones où la pollution atmosphérique n'est pas maîtrisée, peut entraîner des attaques chimiques sur le matériel. La contamination peut se faire sous forme de dépôts directs sur les surfaces, de pluies ou de brouillards acides. Le document « ***Acid Deposition in the United Kingdom, Third Report of UK Review Groups on Acid Rain, 1990 - J G Irwin and F B Smith, Warren Springs Laboratory Stevenage*** » donne des informations concernant les concentrations en acide.

Un matériel stocké en dépôts, par exemple sur les terrains d'aviation, où il peut y avoir beaucoup de mouvement de véhicules ou d'avions au sol, est exposé à être contaminé par des émissions d'échappement des moteurs, des unités de puissance des véhicules militaires, des équipements de soutien au sol, des groupes électrogènes ou des chariots élévateurs, etc.

Les conditions climatiques prédominantes, par exemple de fortes températures et humidité dans les zones tropicales chaudes et humides, sont susceptibles d'aggraver les effets sur le matériel.

En fonction du niveau de la ventilation, les vapeurs organiques dégagées par le bois, la colle, les peintures, les vernis, les résines et les protections utilisées dans la fabrication des emballages peuvent corroder les parties métalliques du matériel non emballé et stocké dans des espaces confinés. L'attaque est susceptible d'être plus importante dans les régions tropicales où les effets sont aggravés par les températures et les valeurs plus élevées de l'humidité.

Les constituants et niveaux enregistrés de la contamination dans les atmosphères acides, et l'influence de la température, de l'humidité et des conditions topographiques, sont discutées en détail au **chapitre 8-01, partie 4 du document DEF STAN 0035**.

4.1.2.11 Moisissures et bactéries

Quoique les conditions optimales pour la croissance des moisissures se trouvent dans les régions tropicales, il a été montré que les spores peuvent croître dans des régions du monde tempérées ou plus froides. En fonction des espèces, les spores de moisissures peuvent pousser dans une gamme de température variant de 5°C à 50°C. Ils peuvent également survivre à des températures extrêmes plus importantes. Les spores peuvent infecter du matériel stocké si les

portes d'accès ou les trappes d'inspection sont temporairement enlevées pour des opérations de maintenance ou d'examen de routine.

Des renversements intempestifs de produits utilisés pour les procédures de maintenance et les excréments telles que la transpiration des mains du personnel pendant la manutention apportent des nutriments sur lesquels les spores peuvent se nourrir.

Une fois que les spores sont importées, les conditions appropriées de croissance peuvent être artificiellement créées :

- dans un bâtiment,
- une structure temporaire,
- un empilement du matériel stocké,

si l'on se trouve effectivement dans une atmosphère stagnante ou semi-ventilée.

Un niveau de ventilation insuffisant peut aggraver les effets de l'humidité, du rayonnement solaire et favoriser la croissance des spores. De la même façon des microclimats peuvent être créés à l'intérieur de zones infectées sur des éléments particuliers du matériel. La nécessité d'ouvrir des écoutilles pour des inspections de routine apporte un supplément d'oxygène permettant de maintenir la croissance des spores.

Les bactéries vivent proche de la surface dans le sol et le matériel stocké directement ou à proximité immédiate du sol est vulnérable à leurs attaques, spécialement les matériaux utilisés dans la fabrication des emballages.

Comme les moisissures, les bactéries causent des dégradations en acquérant leur énergie par réactions chimiques et par le produit de ces réactions.

Les réactions chimiques peuvent produire, par oxydation des composés de soufre, de l'acide sulfurique qui corrode le matériel en contact avec le sol.

Beaucoup de matériaux non organiques contiennent des composés qui constituent des substituts de nourriture pour les champignons. Leur extraction peut conduire à des défauts de protection des surfaces qui finissent par être détériorées et réduisent les qualités mécaniques du matériau.

La croissance et les températures de survie des spores sont similaires à celles des moisissures.

Plus de détails peuvent être trouvés dans la norme **DEFSTAN 0035/Partie 4/Chapter 11-01**.

Les enzymes excrétées pour convertir la nourriture en forme soluble ainsi que les matières corrosives rejetées par les microorganismes peuvent attaquer les substrats sur lesquels croissent les champignons. Ils causent salissures, corrosion et dépolissage de la surface des lentilles et des autres matériaux transparents.

Les champignons retiennent l'humidité et ralentissent les processus de séchage, ce qui peut conduire à des réductions d'isolation thermique et introduire des défauts d'isolement électrique.

Plus d'informations sur les matériaux susceptibles ou résistants aux moisissures, aux processus de dégradation par les champignons et par les bactéries sont données dans la norme **DEFSTAN 0035/Partie 4/ chapter 11-02** et dans « **References 5 and 6 of Annex A of this chapter** ».

4.1.2.12 Faune

Les aires de stockage du matériel utilisé par le personnel de service, en particulier celles où la nourriture est susceptible d'être stockée, préparée et consommée, risquent d'attirer les animaux sauvages comme lieux de chaleur, de refuge et comme sources de subsistance.

Les matériaux utilisés pour l'emballage du matériel stocké sont susceptibles d'attaque physique par la faune. Soit comme source de nourriture (ou parce qu'ils forment un obstacle à cette dernière), soit comme lieux de ponte avec actions biologiques et souillures dues à leurs excréments.

Les matériaux d'origine animale ou végétale sont attaqués par les insectes, comme source de nourriture. Alors que d'autres, comme les plastiques, les caoutchoucs et les matériaux de finition seront susceptibles d'être transpercés s'ils forment une barrière à la source de nourriture.

Les dommages physiques causés par les animaux sauvages rongant les emballages et les couvercles de protection exposent les contenus à des entrées importantes d'humidité, d'agents chimiques. D'où des risques d'infection avec des moisissures et des bactéries. La détérioration des torons de câbles et de la tuyauterie peut aboutir à des équipements peu sûrs ou non utilisables.

Des informations détaillées sur l'attaque du matériel par les insectes et les rongeurs, spécialement pour des déploiements en régions tropicales sont données dans la norme **DEFSTAN 0035/Partie 4/Chapter 11-01**.

4.2 Mise en œuvre

4.2.1 Déploiement sur installations fixes

4.2.1.1 Haute et basse température

Indépendamment des structures fortement isolées telles que les soutes et les silos souterrains, les hautes températures induites à l'intérieur des bâtiments sont susceptibles de dépasser les conditions météorologiques dues aux effets indirects du rayonnement solaire.

L'angle relatif d'élévation entre la source et la surface externe, la couverture nuageuse présente, l'état de surface, la couleur et la capacité thermique de la surface irradiée et la durée de l'exposition déterminera la quantité de chaleur absorbée.

La quantité la chaleur réémise dans les salles et autres espaces sera différente selon qu'il s'agit d'une structure composée d'une simple peau ou d'une structure composée de cavités fermées et si les salles ou les espaces sont directement exposés à l'espace sous toiture. La sévérité de la température dépendra également de l'intensité de la ventilation fournie et de la quantité de chaleur dissipée par le personnel et l'équipement opérationnel.

Les températures dans les bâtiments ou les structures de grande masse thermique et de grande inertie thermique peuvent être de quelques degrés au-dessus de la température moyenne de l'air ambiant. Les hautes températures les plus sévères sont susceptibles de se produire dans les bâtiments dans des zones ouvertes chaudes et sèches ou exposées au soleil, en principe dans les régions climatiques du monde de la **catégorie A1**.

Les **chapitres 3-01 et 3-02** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4** décrivent les caractéristiques du rayonnement solaire et fournissent des données sur les niveaux mesurés de l'intensité et de la probabilité d'occurrence en différents points du globe. Bien qu'il soit à-priori possible que les valeurs extrêmes de la température de l'air ambiant et du rayonnement solaire se produisent le même jour, l'expérience montre que la probabilité est faible.

Des observations de températures de surface de matériels directement exposés au rayonnement solaire sont données au **chapitre 3-02 de la partie 4**, mais pour les facteurs concernés au **paragraphe 2.1.1**, les températures maximales induites dans les zones fermées des bâtiments devraient être déterminées à partir de données mesurées. En l'absence de telles données, les sévérités des températures dans les bâtiments permanents et préfabriqués comportant une isolation et des doubles murs devraient être estimées par analyse thermique en commençant par les conditions météorologiques externes (**voir le chapitre 1-02 de la partie 4**)

et incluant des allocations pour la ventilation et la chaleur produite par l'équipement et le personnel opérationnel.

Dans le cas des bâtiments provisoires de construction de base, particulièrement dans les secteurs à un seul étage, les bâtiments à un seul mur avec un volume clos ouvert sous le toit, les hautes températures des cas les plus sévères devraient être considérées comme équivalentes à celles indiquées dans le **chapitre 1-02 de la partie 4** pour le transit et le stockage dans la région climatique appropriée de la **catégorie A**. Des températures de l'ordre de 85°C devraient être retenues pour les secteurs clos directement exposés au rayonnement solaire à travers des surfaces vitrées ou transparentes.

Une procédure semblable devrait être adoptée pour déterminer les températures dans les installations fixes situées au-dessus du sol dans les régions de basse température. Puisque les murs externes de ces structures peuvent être de meilleurs radiateurs vers le ciel nocturne que l'air ambiant, les matériels ne dissipant pas de chaleur dans les bâtiments non conditionnés au-dessus du sol peuvent subir des températures plus basses que le minimum diurne. En l'absence des données mesurées, les basses températures les plus sévères devraient être supposées équivalentes à celles indiquées dans le **chapitre 1-02 de la partie 4** pour le transit et le stockage pour la région climatique appropriée de la **catégorie C**.

Les valeurs indiquées dans le **chapitre 1-02 de la partie 4** sont celles qui sont susceptibles d'être atteintes ou dépassées dans les endroits les plus chauds/les plus froids dans les catégories climatiques pendant approximativement 7,4 heures (1% d'un mois) pour la période la plus chaude/la plus froide de l'année. Des données et des conseils additionnels sont donnés dans le **chapitre 1-02 de la partie 4**, pour permettre de déterminer des sévérités pour d'autres probabilités d'occurrence.

Les bunkers souterrains, les silos et les igloos au niveau du sol tendent à être suffisamment isolés pour montrer peu ou pas de réponse aux variations des conditions météorologiques externes. Les températures internes dans les installations non conditionnées tendent à être de 2 à 3 degrés au-dessus de la valeur moyenne du cycle température journalier saisonnier.

D'autres valeurs ou variations dépendront de la présence d'un conditionnement de la température et/ou du taux d'utilisation et de la quantité de chaleur dissipée par l'équipement installé. **La figure 1 et la figure 2** donnent des comparaisons des températures mesurées à l'intérieur et à l'extérieur des igloos utilisés pour le stockage dans les régions climatiques des **catégories C0 et B3** indiquant que les températures internes dépendent davantage de la chaleur dissipée par l'équipement opérationnel déployé à l'intérieur du bâtiment.

Les abris d'avions durcis (AAD) ont également des structures bien isolées. Cependant les grandes ouvertures nécessaires pour permettre le passage des avions et les émissions des gaz d'échappement pendant le roulage au sol, peuvent conduire à des températures minimales et maximales et à des taux de variation se rapprochant des valeurs météorologiques locales. Quand les ouvertures des bâtiments sont fermées, les températures dépendront du fonctionnement des systèmes de climatisation d'air et de la chaleur émise par les équipements installés. Des informations sur des sévérités des températures pour une application particulière devraient être cherchées auprès des opérateurs de telles installations dans le domaine géographique prévu du déploiement.

4.2.1.2 Humidité haute et basse

Les facteurs responsables des hautes températures induites à l'intérieur des installations fixes et immobiles sont également susceptibles d'augmenter la teneur en humidité de l'atmosphère interne. Cette forme de traitement peut être plus prononcée dans les bâtiments provisoires sans ventilation mais avec des fuites suffisantes pour laisser entrer enfermer de l'air humide externe. Les conditions seront les plus sévères dans les régions tropicales chaudes-humides, particulièrement celles caractérisées par des cycles de température journaliers importants.

Dans les terrains découverts, le rayonnement solaire aggravera l'effet comme décrit dans le **paragraphe 2.1.1**. Les niveaux d'humidité relative peuvent être réduits par la chaleur produite par l'équipement opérationnel particulièrement si la période d'utilisation coïncide avec la partie plus chaude du jour, mais sans ventilation adéquate l'humidité s'accumule graduellement avec les cycles journaliers, ayant pour résultat une température de point de rosée plus élevée et donc une plus grande possibilité de saturation se produisant dans la partie la plus froide du cycle. Un processus semblable peut se produire dans un équipement non scellé installé sur des plateformes non mobiles à l'intérieur et à l'extérieur.

Les effets indirects du rayonnement solaire et de la chaleur dissipée par l'équipement en fonctionnement, peuvent amener l'humidité relative à l'intérieur des installations non mobiles situées dans des régions sèches et chaudes du monde, à un point qui affecte les performances des équipements installés à l'intérieur. Des humidités relatives de moins de 30% sont communes pour les régions chaudes et sèches naturelles dans le monde. Le **chapitre 4-01** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4** donne les valeurs d'HR les plus basses enregistrées inférieures à 10%.

De préférence, les conditions pour une installation particulière devraient être déterminées à partir de données spécifiquement mesurées. En l'absence de telles données mesurées, on devrait supposer que les conditions les plus sévères de chaleur humide dans les bâtiments fixes naturellement aérés, opérationnels sur 24 heures sur 24, sont équivalentes à celles données dans le **chapitre 1-02 de la partie 4** pour les installations de transit et de stockage dans des régions climatiques de la **catégorie B**.

Pour les installations non mobiles partiellement et mal aérées, ou encore partout où il y a un risque pour que le matériel soit installé dans des secteurs stagnants, il devrait être supposé que les conditions les plus sévères approchent la saturation, particulièrement pendant la partie basse température du cycle journalier dans les terrains découverts des lieux tropicaux humides et chauds. Des allocations devraient être faites le cas échéant pour la chaleur et l'humidité produites par l'équipement opérationnel. En l'absence des données mesurées, des niveaux minimum de 10% HR devraient être supposés pour les intérieurs des bâtiments et les équipements installés situés dans ces régions chaudes et sèches.

En supposant que les barrières prévues contre l'humidité soient intactes, les niveaux d'humidité relative dans les bunkers souterrains, les silos et les igloos les plus fortement isolés montreront une réponse comparativement réduite aux conditions externes.

Les niveaux d'humidité relative dans les installations non conditionnées tendront vers la valeur moyenne de la variation journalière saisonnière. D'autres valeurs dépendront de la puissance de la climatisation et/ou du taux d'utilisation et de la quantité de chaleur et d'humidité dégagée par l'équipement opérationnel. Les **Figures 1 et 2** donnent des comparaisons de l'humidité relative mesurée à l'intérieur et à l'extérieur des igloos utilisés pour le stockage dans les régions climatiques des **catégories C0 et B3**.

Les facteurs visés **au paragraphe 1.2.2** permettent aussi de déterminer les niveaux d'humidité subis à l'intérieur des abris d'avions durcis. La chaleur et humidité dégagées par les machines installées et les équipements utilisés pour la préparation des avions sont également susceptibles d'influencer les niveaux d'humidité relative.

4.2.1.3 Pression d'air supérieure à la pression atmosphérique

Une pression d'air supérieure à la pression atmosphérique locale peut être utilisée dans certaines installations afin d'empêcher l'entrée d'air contaminé en cas d'une menace d'attaque nucléaire, chimique ou biologique. Les niveaux de surpression devraient être déterminés en se référant aux documents fournissant les exigences opérationnelles et environnementales pour l'application particulière et à l'avis demandé aux utilisateurs de l'installation fixe.

4.2.1.4 Sable et poussières

Même dans les régions du monde concernées par des précipitations importantes, beaucoup de zones sont si bien drainées que les surfaces non protégées se fragmentent en petites particules. Les températures de l'air élevées liées à de faibles humidités relatives augmentent le séchage. Les mouvements liés au trafic, le fonctionnement et le roulage au sol des avions militaires font que les matériels fixés sur les surfaces externes dans les dépôts fréquentés et les terrains d'aviation dans les régions désertiques chaudes et sèches sont soumis à des poussières apportées par des courants d'air turbulents et au sable.

Les caractéristiques, les niveaux de concentration et la distribution des particules dépendent des mêmes facteurs que ceux relatifs aux atmosphères naturellement chargées de sable ou de poussières. Des concentrations de poussière et du sable liées aux activités militaires sont données au **chapitre 9-01** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4**.

Une fois soulevée, la poussière peut rester dans l'atmosphère indéfiniment. Des concentrations de 1,0 g/m³ devraient être considérées pour les secteurs internes des bâtiments où les portes et les ouvertures s'ouvrent directement sur l'atmosphère externe, particulièrement les structures provisoirement plus basiques, situées près des dépôts et des terrains d'aviation dans les régions chaudes et sèches. Même dans les secteurs plus reculés des bâtiments permanents, les courants d'air peuvent à avoir comme conséquence un certain niveau de poussière déposée sur les surfaces qui y sont soumises. Ceci peut avoir un intérêt particulier lorsque de tels secteurs sont employés pour la maintenance, qui suppose l'enlèvement des capots de protection ou le stockage et le fonctionnement des instruments de précision.

4.2.1.5 Atmosphère saline et dépôt de sel

Les matériels déployés ou installés dans/sur les installations non mobiles et fixes situées près des rivages sont susceptibles d'être exposés à des atmosphères salines. Les matériels montés sur les surfaces externes peuvent être soumis à des embruns ou des pulvérisations salées lorsque des avions effectuent des manœuvres à faible altitude ou en vol stationnaire au-dessus de la mer. Les équipements ramenés à l'intérieur après usage dans un environnement maritime peuvent être contaminés par des dépôts salins.

Le cycle journalier de la température peut conduire des enceintes théoriquement fermées, mais non scellée à aspirer de l'air dans l'atmosphère saline externe des sites côtiers.

Les conditions peuvent être pires dans les enceintes temporairement non aérées près des côtes, dans les régions tropicales chaudes et humides. Régions où les effets indirects du rayonnement solaire produisent une plus grande variation des températures diurnes.

L'humidité induite augmente artificiellement la température du point de rosée favorisant la corrosion du matériel contaminé par des dépôts salins. Les zones internes des matériels fixés extérieurement sont susceptibles de subir des effets semblables.

Des exemples des effets sur les matériels des atmosphères salines et nocives et des dépôts associés sont donnés ci-dessous :

- corrosion des métaux par action électrochimique,
- boursoufflement des revêtements de protection par électrolyse,
- formation de dépôts conducteurs entraînant des défauts de fonctionnement des systèmes électriques/électroniques,
- fendillement et fissuration en surface des plastiques et des caoutchoucs,
- augmentations et réductions de la résistance à la traction, fragilisation et perte des propriétés électriques des matériaux non métalliques,
- décoloration et perte de transparence,
- liaison ou blocage des pièces mobiles par des dépôts et la corrosion,

- marquage chimique des optiques et des pièces transparentes.

Divers défauts peuvent résulter de l'interaction des processus de corrosion et des caractéristiques de conception des matériels, par exemple la proximité de métaux différents (corrosion bimétallique), l'action combinée de la corrosion et de forces mécaniques (fatigue par corrosion, stress corrosion et fretting corrosion) ainsi que la fragilisation des aciers à haute limite élastique (fragilisation par l'hydrogène).

Les mécanismes et les facteurs influençant le taux de corrosion des métaux et la détérioration des substances non métalliques sont discutés de manière plus détaillée dans la **référence 2** de ce chapitre et dans le **chapitre 8-02** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4**. L'avis de spécialistes devrait être demandé dans des cas particuliers.

4.2.1.6 Atmosphère acide

Les matériels installés sur les surfaces externes des installations fixes peuvent être exposés à l'attaque chimique par les gaz corrosifs, les vapeurs et les particules dans l'atmosphère. Une contamination acide peut se produire liée aux émissions des autres véhicules ou au déploiement dans des secteurs affectés par une pollution industrielle.

L'installation peut être située près d'une base de stockage ou d'un terrain d'aviation où il y a un grand nombre de mouvements de véhicules ou de fonctionnements d'avions au sol. Dans ce cas les émissions produites par les moteurs, les groupes électrogènes et les équipements de soutien au sol peuvent contaminer l'atmosphère.

Le bâtiment lui-même peut comporter des cheminées ou des ouvertures pour l'échappement des gaz produits, par exemple, par la climatisation ou l'installation de traitement.

Les structures aériennes peuvent être particulièrement vulnérables à l'attaque acide. Une couverture nuageuse basse peut empêcher la dissipation et aggraver la concentration des polluants dans l'atmosphère.

Les installations fixes situées près des emplacements industriels lourds peuvent être soumises à l'attaque chimique soit sous forme de retombées directes soit par évaporation d'humidité comme les brumes acides ou les pluies acides. Les effets peuvent être encore plus néfastes quand le déploiement, en de tels endroits, s'effectue dans des régions tropicales humides et chaudes. Régions où la combinaison des températures météorologiques et induites, le rayonnement solaire et les niveaux d'humidité favorisent l'attaque par les agents polluants.

Les niveaux de contamination pour une application particulière peuvent être mieux déterminés à partir d'une évaluation de la probabilité et de la fréquence du déploiement dans les régions exposées à de telles conditions. Puis être comparée à une exposition précédente à cet environnement.

Les causes et les caractéristiques des atmosphères polluées, l'influence des conditions induites et météorologiques et de la topographie locale sont traitées plus en détail dans le **chapitre 8-01** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4**. L'information concernant la concentration en acide mesurée dans l'eau de pluie au Royaume-Uni est fournie dans la **référence 3 de l'annexe A**.

4.2.1.7 Contamination par les fluides

Les équipements installés ou utilisés dans les installations non mobiles et fixes utilisées comme les hangars, les ateliers et les casernes de pompiers sont exposés à la contamination par des fluides et des substances utilisées dans l'entretien des avions et des véhicules militaires. Des exemples de types de fluides qui peuvent être rencontrés suite à un déversement accidentel sont les suivants :

- Carburants :
 - o Essence,
 - o Kérosène,
 - o Diesel,
- Huiles :
 - o Lubrifiant,
 - o Minérales,
 - o à gaz d'esters,
 - o à base d'huile de ricin,
 - o à base d'ester de phosphate,
 - o à base de pétrole,
- Graisses
 - o Lubrifiant,
 - o Protecteur,
- Fluides de transmission,
- Liquide réfrigérant de moteur,
- Antigél,
- Fluides de dégivrage,
- Réfrigérants,
- Dissolvants et liquides de nettoyage,
- Matériaux d'étanchéité,
- Extincteurs d'incendies.

Des listes semblables de fluides peuvent concerner les structures permanentes et provisoires hébergeant la climatisation, les installations frigorifiques, les groupes électrogènes, les systèmes de désalinisation de l'eau et les compresseurs pour les générateurs d'air à haute pression. La **référence 3 de l'annexe A** donne des caractéristiques des carburants, des lubrifiants et d'autres types de fluide énumérés ci-dessus.

Des équipements sont implantés dans les installations permanentes et temporairement non mobiles comme les cuisines, les mess/cantines, les blanchisseries, les centres médicaux, les théâtres d'opération et les banques de sang.

Ces équipements peuvent être contaminés par toute une gamme de substances telles que les boissons, les agents de nettoyage, les désinfectants, les insecticides et d'autres fluides qui peuvent être nocifs.

Un équipement fixé sur la surface externe de structures non-mobiles et sur la surface des véhicules mis en service à la suite d'une attaque biologique, nucléaire ou chimique, peut avoir des surfaces traitées avec les décontaminants nucléaires, biologiques et chimiques (NBC). La **référence 4 de l'annexe A** fournit des informations sur les décontaminants chimiques et biologiques.

La sévérité d'une attaque chimique peut dépendre de la température du contaminant et du matériel contaminé, soit au moment ou après la contamination, la fréquence et la durée du contact avec le fluide contaminé.

La température des surfaces directement exposées au rayonnement solaire tendra à être plus élevée que celle de l'air ambiant environnant. Des exemples sont cités dans le **chapitre 3-02** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4**.

4.2.1.8 Moisissures

Les conditions optimales pour la croissance des moisissures se trouvent dans les régions tropicales. Les spores, une fois installés, peuvent prospérer dans les régions tempérées ou froides du monde. En fonction des espèces, les spores de moisissures peuvent se développer dans des températures comprises entre 5°C et 50°C. Ils survivent également à de plus grandes températures.

Des spores peuvent être importées par les matériels quand les portes d'accès et les trappes d'inspection sont ouvertes. De même lorsque les capots de protection sont temporairement enlevés pour des contrôles, des maintenances et des vérifications de fonctionnement.

Le déversement, par négligence, des matières employées dans les procédures de maintenance, les déchets alimentaires et les excréments. Les excréments telles que la transpiration des mains du personnel pendant la manipulation, fournissent les aliments avec lesquels les spores peuvent se nourrir.

Une fois que des spores sont importées, des conditions appropriées pour leur croissance peuvent être créées artificiellement dans le bâtiment dans lequel l'équipement contaminé est installé.

Les atmosphères stagnantes ou semi-aérées peuvent être empiquées par l'humidité et le rayonnement solaire comme décrit dans le **paragraphe 3.1.1** et peuvent ainsi favoriser la croissance des moisissures.

Pareillement des microclimats peuvent être créés dans des zones contenant différents matériels. L'ouverture occasionnelle des portes, des fenêtres et des trappes d'accès des équipements pour des inspections de routine assure un approvisionnement d'oxygène permettant aux moisissures de prospérer.

Les bactéries vivent dans le sol près de la surface, et les matériels installés directement ou en contact étroit avec la terre, dans les structures provisoires sans plancher, sont vulnérables à leur attaque biologique.

Comme les spores des moisissures, les bactéries causent des dégradations en acquérant leur énergie par réactions chimiques et par le produit de ces réactions.

Les réactions chimiques peuvent produire, par oxydation des composés de soufre, de l'acide sulfurique qui corrode le matériel en contact avec le sol.

Les valeurs des températures nécessaires pour la croissance et la survie des bactéries sont semblables à celles pour des spores des moisissures.

Plus de détails peuvent être trouvés dans la norme **DEFSTAN 0035/Partie 4/Chapter 11-01**.

Beaucoup de matériaux non métalliques contiennent des composés qui constituent une source de nourriture pour les moisissures. Leur extraction peut entraîner une altération des propriétés protectrices des traitements de surface et une réduction de la résistance mécanique.

Les enzymes excrétées pour convertir la nourriture sous une forme soluble et les déchets corrosifs peuvent attaquer le substrat sur lequel les moisissures se développent. Moisissures qui entraînent salissure et corrosion, et peuvent attaquer la surface des pièces transparentes.

Les moisissures maintiennent l'humidité et ralentissent le processus de séchage, ce qui peut réduire la résistance d'isolation et créer des circuits conducteurs d'électricité non désirés.

4.2.1.9 Faune

Les installations fixes et non-mobiles, en particulier celles où la nourriture est susceptible d'être stockée, préparée et consommée, risquent d'attirer les animaux sauvages comme lieux de chaleur, de refuge et comme sources de subsistance.

Les matériaux utilisés dans la fabrication des matériels stockés sont susceptibles d'attaque physique de la faune. Soit comme source de nourriture (ou parce qu'ils forment un obstacle à

cette dernière), soit comme matériaux de nidification, et à l'attaque chimique et biologique à partir des excréments.

Les matériaux d'origine animale ou végétale sont attaqués par les insectes, comme source de nourriture. Alors que d'autres, comme les plastiques, les caoutchoucs et les matériaux de finition seront susceptibles d'être transpercés s'ils forment une barrière à la source de nourriture.

4.2.2 Déploiement et mise à poste sur véhicules terrestres

4.2.2.1 La température

Les températures à l'intérieur des compartiments du véhicule sont susceptibles de dépasser les valeurs ambiantes externes par l'effet indirect du rayonnement solaire sur la structure blindée ou sur les couvertures provisoires.

La quantité de chaleur absorbée dans le secteur concerné sera déterminée par :

- l'angle entre la source de rayonnement et les surfaces externes du véhicule,
- la nébulosité,
- la chaleur spécifique et la masse de la structure ou de la couverture,
- leur couleur et état de surface,
- la durée de l'exposition.

La température peut être affectée par la mise en place de paravents ou autres dispositifs volontaires ou non.

Réciproquement, de telles structures de protection et de couverture temporaire sont également susceptibles d'être de meilleurs radiateurs vis-à-vis du rayonnement nocturne vers le ciel que l'air ambiant, conduisant ainsi à des températures dans les zones closes inférieures à l'ambiance extérieure.

En l'absence de données spécifiquement mesurées, on devrait utiliser les valeurs de température données dans le **fascicule 2310**. Ces valeurs sont données pour le transit et le stockage dans des régions climatiques de la **catégorie A** et de la **catégorie C**. Ces catégories représentent les cas les plus sévères à l'intérieur des véhicules parqués, ou des véhicules statiques déployés dans des régions chaudes et froides.

Pour des matériels installés derrière les panneaux transparents de véhicules terrestres, des températures ambiantes supérieures à 85°C peuvent être rencontrées. Ceci lors d'exposition directe au rayonnement solaire dans des régions chaudes et sèches du monde.

Les valeurs rapportées dans les deux sous-paragraphes ci-dessus s'appliquent aux situations où le matériel n'est pas en fonctionnement.

Quand le véhicule et/ou l'équipement installé est en fonctionnement, les températures à l'intérieur des secteurs concernés dépendront également de la densité d'intégration de l'équipement, des niveaux de refroidissement naturel et à air forcé et de la chaleur dissipée par les équipements en fonctionnement, par exemple, des compartiments de réacteur ou des baies de systèmes électriques et électroniques.

Les chaleurs dissipées par les matériels voisins affecteront aussi le matériel concerné, suivant qu'il est situé dans un secteur ouvert ou confiné dans le véhicule. De préférence, les valeurs de la température aux emplacements prévus sur le véhicule devraient être déterminées par des mesures spécifiques enregistrées pendant les états des cas les plus sévères rencontrés en service.

Parallèlement, l'information concernant les caractéristiques des systèmes de ventilation intégrés et des valeurs de la chaleur dissipée par l'équipement en fonctionnement devraient être cherchés auprès des fabricants, et être pris en compte pour le calcul de la réponse thermique aux conditions météorologiques locales.

Là où les données spécifiquement mesurées ne sont pas disponibles, les températures maximales de mise en route pour les compartiments conditionnés ou non-conditionnés des véhicules déployés dans des régions chaudes et sèches devraient être prises comme équivalentes aux températures maximales induites pour le transit et le stockage au sol indiqués dans le *fascicule 2310* de la norme *AECTP-230 (Edition 1)* pour les agents d'environnement de la **zone A1**. Pour le matériel soumis au rayonnement solaire derrière les surfaces transparentes, des températures de mise en route dépassant les 85°C devraient être prises en compte.

Pour le fonctionnement de longue durée, au sol, dans des régions sèches et chaudes où les caractéristiques de refroidissement par conditionnement d'air sont inconnues on supposera, qu'en régime établi, le conditionnement abaisse la température de 15°C par rapport à la mise en route.

On peut supposer que les portes d'accès et les panneaux ont été ouverts pendant une durée suffisante après la mise en route pour permettre à l'air extérieur d'effectuer un certain rafraîchissement.

Toutefois pour tenir compte de la chaleur dissipée par les équipements on supposera que les températures qui règnent, lors de la mise en route dans les secteurs non-conditionnés du véhicule, sont les températures initiales.

Pour les secteurs qui sont derrière des panneaux transparents, on admettra une température de 70°C.

Les charges extérieures ont des densités d'intégration de systèmes et de composants, dissipant de la chaleur, relativement élevées. Dans ce cas les températures, par effet de confinement, sont susceptibles d'être supérieures aux valeurs indiquées ci-dessus.

Aussi le fonctionnement au sol de longue durée sans refroidissement par air forcé devrait être évité dans des régions chaudes et sèches pour empêcher des dommages permanents ou une dégradation de la fiabilité,

Les températures internes du matériel seul (sans interaction) dépendront de facteurs semblables à ceux discutés ci-dessus.

La densité d'intégration et la dissipation thermique des composants, les chemins thermiques sur les surfaces externes du matériel et l'incorporation des systèmes caloporteurs influenceront l'importance des températures.

A l'emplacement où les températures internes des différents composants sont une préoccupation, elles doivent être estimées par des logiciels d'analyse thermique recalés par des mesures spécifiques faites en conditions représentatives.

Pour le déploiement dans des régions de basse température, et en l'absence des données mesurées, on peut supposer que les sévérités suivantes représentent les états les plus sévères à la mise en route du matériel en compartiments confinés dont la peau évacue mieux la chaleur, au ciel de nuit, que l'air ambiant :

Zone du déploiement (Catégorie* climatique)	Température induite °C
C0	-21
C1	-33
C2	-46
C3	-51
C4	-57

* Voir le **fascicule 2310 norme AECTP-230 (Edition 1)**

Ces valeurs peuvent être réduites par le système de conditionnement d'air à bord durant le fonctionnement de longue durée au sol et/ou par la chaleur dissipée par l'équipement en fonctionnement.

4.2.2.2 Humidité

4.2.2.2.1 Humidité élevée

En fonction des niveaux de la ventilation naturelle et/ou artificielle, les niveaux d'hygrométrie dans des secteurs confinés du véhicule peuvent dépasser les valeurs ambiantes locales.

Les cycles journaliers de la température peuvent induire une réduction de la pression atmosphérique à l'intérieur du véhicule, causant une différence de pression à travers les parois de l'enceinte ou du boîtier ou de la couverture provisoire, et encourager l'aspiration de l'air moite extérieur avec captation de l'humidité : en effet, une partie de l'humidité est susceptible d'être captée si la zone fermée n'est pas suffisamment aérée lorsque les échauffements et le flux d'air sont inversés.

Une telle situation s'applique particulièrement au matériel installé sur des véhicules déployés dans les espaces ouverts des régions tropicales humides du monde. En plus des effets indirects du chauffage par le rayonnement solaire, l'effet peut être aggravé par la chaleur dissipée par les équipements installés. Les conditions de fonctionnement du véhicule et le coefficient d'utilisation de l'équipement installé peuvent alléger ou aggraver les effets.

Les températures de point de rosée à l'intérieur des secteurs confinés peuvent augmenter avec le nombre de cycles de température, de telle sorte que les conditions approchant la saturation peuvent se produire.

En l'absence d'information spécifique, on devrait supposer que les valeurs de température et d'humidité élevées données dans le **fascicule 2310 (norme AECTP-230 (Edition 1))** pour le transit et le stockage pour des zones de la **catégorie B** représentent les états des cas les plus sévères pendant les phases hors fonctionnement du matériel.

Les niveaux de l'hygrométrie relative pendant les phases de fonctionnement dépendront de la présence de refroidissement, de la chaleur et de l'humidité dissipées par l'équipement installé.

Les différentes parties du matériel déployé ou installé sur le véhicule sont exposées au même risque d'aspiration avec captation de l'humidité.

Les températures internes des zones non aérées, partiellement scellées, avec un équipement dissipant de la chaleur peuvent être soumises à des différences de pression accrues. Dans le cas de charges extérieures, la situation sera aggravée par les effets indirects du chauffage solaire. Les températures de point de rosée sont susceptibles de s'élever et les conditions approchant la saturation peuvent se produire lorsque les cycles journaliers (et l'humidité captée) s'accumulent.

Quand un matériel est déployé sur des véhicules dans une jungle dense ou sous une couche nuageuse des régions tropicales humides, les variations journalières d'humidité seront de loin moins prononcées.

Une fois la température stabilisée, la pénétration d'humidité sera plus produite par l'absorption que par les différences de pression induites par la circulation naturelle ou l'air forcé.

Ces conditions plus constantes favorisent la croissance fongique et la corrosion par les dépôts acides. Les équipements contenant des systèmes de réfrigération seront particulièrement susceptibles de rencontrer de la condensation au long d'un cycle de période de 24 heures.

Les conditions de fonctionnement les plus sévères dans des régions tropicales humides sont susceptibles d'être au démarrage, particulièrement si cela se produit pendant la phase de basse température du cycle journalier. Car avec les systèmes de réchauffe, les conditions tendront à se stabiliser et les niveaux d'humidité relative diminueront probablement avec la chaleur absorbée par l'équipement opérationnel.

Les exceptions à ce dernier peuvent être le cas où le véhicule est associé aux prestations qui produisent de l'humidité telle que les cuisines et les blanchisseries.

Les conditions pendant l'opération continue (de 24 heures) peuvent être caractérisées par le cycle ambiant journalier. Ce dernier est exposé à être moins évident lorsque déployé en secteurs denses de la jungle où les variations journalières sont moins prononcées.

4.2.2.2.2 Basse humidité

Sur les véhicules en régions sèches et chaudes du monde, la chaleur produite par l'équipement en fonctionnement peut provoquer des niveaux particulièrement bas d'hygrométrie dans les compartiments et les volumes clos.

Des humidités relatives inférieures à 30% sont habituelles pour les conditions naturelles des régions chaudes de désert. Le **fascicule 2311** (norme **AECTP-230 (Edition 1)**) fait état de valeurs enregistrées d'humidité relative aussi basse que 3%.

On peut donc supposer que des niveaux semblables se produisent dans les volumes confinés dans lesquels il y a des sources dissipant de la chaleur.

4.2.2.3 Pression atmosphérique

Le matériel installé dans les compartiments internes des véhicules militaires utilisant la surpression lors des expositions chimiques et biologiques est soumis à une pression supérieure à la pression atmosphérique extérieure.

Les valeurs de surpression pour des applications particulières doivent être déterminées en se référant aux documents des conditions opérationnelles et ambiantes ou au fabricant du véhicule.

4.2.2.4 Glace

La glace se déposant sur les matériels installés sur les surfaces externes des véhicules terrestres proviendra de l'exposition directe aux conditions météorologiques. Une certaine épaisseur de glace peut se déposer sur du matériel fixé sur les faces internes des parois externes des véhicules.

Le cycle quotidien du point de congélation peut provoquer la congélation et le dégel périodiques des accumulations de poches d'eau condensées, probablement dissimulées, à l'intérieur du véhicule.

4.2.2.5 Le sable et la poussière

Les matériels montés à l'extérieur et dans les compartiments intérieurs des véhicules militaires sont susceptibles d'être pollués par la poussière et le sable.

Les conditions les plus sévères se produiront dans des régions désertiques mais une certaine contamination peut être prévue partout où des véhicules militaires circulent sur des surfaces sèches comportant des particules de matière désagrégée.

Les particules les plus lourdes, déplacées par les véhicules, se soulèvent à un mètre environ au-dessus du sol et retombent rapidement. Par contre la poussière fine peut rester suspendue dans l'atmosphère à des hauteurs plus élevées pendant plusieurs jours.

Le matériel monté extérieurement, à hauteur des roues, peut être soumis à des projections de poussière et de sable propulsées par le vent et les roues du véhicule porteur ou des autres porteurs opérant à proximité.

Des conditions semblables peuvent être endurées par du matériel installé extérieurement sur des véhicules terrestres à des hauteurs supérieures. Les valeurs enregistrées se situent dans la même plage que celle rencontrée par les moteurs d'aéronefs à voilure fixe et tournante.

A l'instar des conditions créées naturellement, des particules de poussière plus fines sont susceptibles d'être trouvées en suspension particulièrement aux endroits où existent des flux d'air turbulents. Ces particules, à l'intérieur des compartiments confinés, peuvent pénétrer à travers les joints, les interfaces ou se fixer sur les surfaces du matériel.

Les caractéristiques de la poussière et des atmosphères chargées en sable, y compris la distribution et les caractéristiques physiques des particules ainsi que les niveaux de concentration liés au fonctionnement des véhicules militaires, sont données dans le **fascicule 2311/3** de la norme **AECTP-230 (Edition 1)**

4.2.2.6 Immersion, précipitation et embruns

Le matériel peut être sujet soumis au mouillage par la chute de gouttes d'eau à cause de surfaces externes froides rencontrant de l'air humide et chaud, par exemple c'est le cas de matériels transportés sur véhicules climatisés dans les régions tempérées ou tropicales.

Le matériel installé à poste fixe est soumis au mouillage quand des dispositifs à eau ou autre fluide sous pression sont utilisés pour le nettoyage et le dégivrage du véhicule.

Quand des véhicules doivent être amphibies, le matériel monté extérieurement est enclin à être soumis à une immersion partielle ou totale. L'immersion dépend de la profondeur de l'eau et de l'emplacement, notamment la hauteur au-dessus du sol, sur le véhicule.

Une certaine hauteur d'immersion peut affecter le matériel interne en fonction de l'étanchéité des portes et des trappes.

Les circonstances sont extrêmement variables et les conditions telles que les profondeurs, les durées d'immersion et les niveaux prévus de survie ou d'opération doivent être définis dans les documents des conditions d'environnement ou opérationnelles.

4.2.2.7 Agents chimiques et biologiques

Le matériel transporté dans des compartiments étanches est susceptible d'être contaminé par suite de l'ouverture et de la fermeture des capots de protection et des trappes, du fait des exigences opérationnelles, y compris, le cas échéant pour un équipement normalement transporté à l'intérieur du véhicule, l'exposition régulière ou occasionnelle à des conditions extérieures.

Les protections temporaires et la structure blindée destinée à la protection de l'équipage et de l'équipement contre les intempéries et les attaques armées peuvent aggraver l'environnement climatique internes, tels que décrits aux **paragraphes 1.2.1 et 3.1.1** de la norme **DEF STAN**

00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 6-01 et favoriser la contamination du matériel utilisé ou installé à l'intérieur des compartiments des véhicules.

La réaction du matériel aux attaques chimiques et biologiques dépend :

- du type de matériel,
- de la gravité de la contamination,
- de la conception influant sur la prédisposition des surfaces externes à absorber et à conserver les dépôts,
- les conditions climatiques ou météorologiques,

au moment de la contamination.

Les niveaux de température et d'humidité (chaleur humide) peuvent faire apparaître les effets très rapidement.

Toutefois, les effets d'une telle exposition peuvent se révéler plus tard ; alors que le matériel est dirigé vers phase suivante ou un endroit de déploiement où l'environnement favorise l'action du produit chimique ou l'attaque biologique.

Les coûts et les exigences des essais peuvent être allégés lorsqu'une documentation est disponible indiquant les résultats d'essais antérieurs pour des équipements de conception similaire, de matériaux et finitions de surface identiques. Dans certains cas, les tests peuvent se limiter à des sous-ensembles, des composants, des échantillons de matériaux et finitions de surface ; avec l'accord des parties prenantes.

Dans de nombreux cas, les essais de laboratoire décrits dans la **partie 3** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** sont effectués dans des conditions normalisées avec des méthodologies éprouvées. Ces essais permettent d'avoir des résultats rapides et efficaces sur les effets de l'exposition aux conditions réelles.

L'exposition aux environnements chimiques et biologiques a la particularité d'être effectuée dans des conditions contrôlées.

Il faut se référer aux chapitres appropriés de la **partie 3** pour les conseils sur l'utilisation des méthodes d'essai et sévérités d'essai.

Bien que les méthodes d'essai pour la simulation de l'environnement chimique et biologique dans la **partie 3** de la norme sont des tests accélérés, en particulier ceux des milieux chimiques, il a été jugé nécessaire de constituer un guide utile pour la résistance du matériel vers ces formes d'attaques.

Il se peut qu'un élément particulier d'un matériel soit susceptible d'être utilisé pour des périodes importantes de sa vie utile dans des endroits et dans des conditions exceptionnelles. S'il est susceptible d'induire et / ou soutenir une attaque chimique ou biologique un essai sur le terrain dans des conditions représentatives est à envisager.

Les méthodes d'essai figurant dans la **partie 3** pour simuler les environnements chimiques et biologiques sont à considérer comme des tests de robustesse générale. Tests dans lesquels les conditions optimales sont créées pour déclencher les réactions au moyen d'ensembles standard de solutions chimiques et de spores de moisissures. Dans certains cas, les valeurs de température notifiées et les durées de conditionnement permettent un certain degré d'adaptation à une demande particulière.

4.2.2.8 Atmosphères salines et solutions d'eau de mer

Les matériels installés sur les véhicules utilisés dans les zones côtières seront soumis à l'atmosphère saline. Les surfaces extérieures de ces matériels seront soumises aux conditions naturelles.

Les cycles diurnes de température provoquent l'aspiration d'air chaud et humide dans les compartiments non étanches ou non ventilés. La combinaison de l'humidité piégée avec les effets indirects du rayonnement solaire ainsi que la chaleur dissipée par les équipements installés auront tendance à aggraver les effets corrosifs de l'atmosphère induite.

Les véhicules et les équipements installés sur les ponts à l'air libre des navires de surface seront particulièrement sensibles à la pulvérisation d'eau salée transportée par le vent, particulièrement dans les zones chaudes et humides avec des variations journalières importantes de la température

4.2.2.9 Atmosphères acides

Le matériel installé sur des surfaces externes proches des échappements d'engins est l'objet d'attaques chimiques par les gaz corrosifs et les particules contenus dans les gaz d'échappement.

La sévérité de l'attaque dépend de la durée de l'exposition, de la présence d'humidité, de la température des émissions et de la nature du matériel contaminé.

La combinaison des gaz chauds et de l'humidité déposée peut accélérer l'attaque chimique et électrochimique. Un exemple typique étant le départ à froid avec des paramètres de mélange riche et la formation de rosée sur les surfaces concernées.

L'impact des gaz chauds provenant de nombreux moteurs en fonctionnement ainsi que les périodes de mouillage normal et induit subies pendant les opérations s'ajoutent à l'effet.

La contamination acide générale peut provenir des émissions d'autres véhicules ou du déploiement du matériel dans des secteurs affectés par une pollution industrielle.

Le matériel peut opérer sur des zones comprenant un grand nombre de véhicule en mouvements ou d'avion fonctionnant au sol. Ce qui implique des émissions à partir des moteurs, des générateurs de puissance, des groupes de climatisation qui polluent l'atmosphère. Tous ces facteurs s'ajoutent à l'attaque chimique éprouvée, par ailleurs, par le matériel installé extérieurement.

Le déploiement près d'un site industriel important peut induire une attaque chimique sous forme de retombée directe ou de brume et pluies acides.

Les effets sont susceptibles d'être plus néfastes quand le déploiement se produit dans des régions tropicales chaudes et humides où la combinaison des températures ambiantes et induites, le rayonnement solaire et les niveaux d'humidité facilitent l'attaque par les agents de pollution contenus dans l'atmosphère.

Les causes et les caractéristiques des atmosphères polluées, l'influence des conditions induites et météorologiques et de la topographie locale sont traitées avec plus de détails dans la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 8-01**.

L'information concernant la concentration d'acide mesurée dans l'eau de pluie dans le Royaume Uni est fournie dans la **référence 3 de l'annexe A de ce chapitre**.

Un guide approximant les conditions réelles en comparant des périodes du traitement par une brume acide d'une concentration conforme aux niveaux mesurés des pluies acides au Royaume Uni et d'atmosphère près des échappements de véhicule est donné dans **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 4-03**.

Les niveaux de contamination pour une application particulière peuvent être mieux déterminés en partant d'une évaluation de la probabilité et de la fréquence de déploiement

dans les régions exposées à de telles conditions. Notamment en se comparant à expérience précédente avec ce type d'environnement.

Les effets potentiellement préjudiciables sur le matériel de l'exposition aux atmosphères et aux dépôts acides sont semblables à ceux énumérés dans le **sous-paragraphe 6.2.3 de DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 8-01**

Davantage d'information est fournie dans la **référence 2 de l'annexe A** de ce chapitre et dans **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 8-02**.

Pour déterminer les effets sur le matériel de l'exposition aux atmosphères acides le **Test CN3 – Acid Corrosion de DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 4-0** doit être employé.

La **sévérité A (durée d'essai 28 jours)** est prévue pour le matériel qui est susceptible d'être exposé à la brume de retombée immédiate et acide provenant des emplacements industriels lourds ou aux émissions d'échappement des moteurs à combustion interne pendant une période significative de sa durée de vie.

La **sévérité B (durée d'essai 3 jours)** est prévue pour le matériel exposé de temps en temps aux échappements de véhicule ou aux pluies acides.

4.2.2.10 Contamination par les fluides

Le matériel est susceptible d'encourir une contamination occasionnelle due à un déversement accidentel ou à des éclaboussures des fluides utilisés dans l'entretien et la maintenance du véhicule ou de l'équipement à bord.

La contamination peut être occasionnée par des fuites, dues à l'usure, de fluides nécessaires à la marche du véhicule, de choc accidentel avec du matériel transporté, par exemple celle provoquée par les passagers comme des fantassins, ou à la suite de dommages occasionnés sur le champ de bataille. Généralement les composants vulnérables sont les tuyaux, les canalisations et les réservoirs. Une contamination intentionnelle est possible pendant le nettoyage, les opérations de dégivrage ou l'application de substances protectrices.

Exemples de fluides et de matières composées qui peuvent être rencontrées par du matériel installé ou utilisées sur des porteur terrestres.

- Carburants
- Huiles
 - o Lubrifiant
 - o Hydraulique
 - o Huile de ricin basée
 - o Pétrole basé
 - o Ester de phosphate basé
- Graisses
 - o Lubrifiant
 - o Protecteur
- Fluides hydrauliques
- Fluides de silicone
- Antigél
- Fluides de dégivrage
- Dissolvants et liquides de nettoyage
- Eaux usées
- Insecticides
- Réfrigérants
- Extincteurs du feu

- Décontaminant (NBC) biologiques et chimiques nucléaires.

La **référence 4** de l'annexe A norme **DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 6-01** donne les caractéristiques des fluides, lubrifiants et autres produits qui peuvent être utilisés.

La **référence 5** donne des informations pour les décontaminants NRBC.

Le matériel installé dans des véhicules utilisés dans la restauration, la blanchisserie et les services médicaux peuvent être contaminés par des boissons, des produits de nettoyage et d'insecticides.

La gravité de l'attaque chimique dépend de la température du contaminant et du matériel contaminé, soit au moment ou après que la contamination soit survenue, par exemple le rayonnement solaire augmentera la température des surfaces extérieures au-dessus de l'ambiante.

Des exemples sont cités dans le **chapitre 3-02 de la partie 4** de cette norme.

4.2.2.11 Moisissures

Quoique les conditions optimales pour la croissance des moisissures se trouvent dans les régions tropicales, il a été montré que les spores peuvent croître dans des régions du monde tempérées ou plus froides. En fonction des espèces, les spores de moisissures peuvent pousser dans une gamme de température variant de 5°C à 50°C. Ils peuvent également survivre à des températures extrêmes plus importantes. Les spores peuvent infecter du matériel stocké si les portes d'accès ou les trappes d'inspection sont temporairement enlevées pour des opérations de maintenance ou d'examen de routine.

Les spores, une fois installés, peuvent contaminer les matériels employés dans la fabrication de l'équipement, les matériels employés pour l'entretien et des excréments, comme la transpiration des mains du personnel au cours de la manipulation.

Une fois que les spores sont présentes, les conditions appropriées pour leur croissance peuvent être créées artificiellement, par exemple si l'équipement est placé dans le véhicule dans une atmosphère stagnante ou dans une ambiance mal ventilée de compartiments d'avions susceptibles d'augmenter la moisissure comme décrit dans les paragraphes 3.2.1. D'une façon similaire des microclimats peuvent être créés dans les zones infectées du matériel. Ouvrir régulièrement les trappes d'inspection et enlever les capots pendant les inspections des équipements et des parties de matériel assure un apport d'oxygène maintenant la croissance des spores.

Certains matériaux non métalliques employés dans la construction du matériel renferment des composés qui constituent une source de nutriments pour les champignons dont l'extraction peut conduire à une moindre efficacité des revêtements de protection de surface, et à une baisse des propriétés mécaniques des adhésifs.

Les enzymes sécrétées convertissent les aliments en une forme soluble. Les déchets corrosifs produits peuvent attaquer le substrat sur lequel poussent des champignons provoquant l'encrassement et la corrosion, effaçant la gravure des surfaces et modifiant la transparence des lentilles.

Les champignons retiennent l'humidité et ralentissent le processus de séchage, ce qui est de nature à diminuer les résistances d'isolement et d'introduire d'indésirables chemins conducteurs d'électricité.

Des informations supplémentaires sur les matériaux qui sont sensible et qui sont résistant aux spores de moisissure, et les processus de dégradation des champignons et autres effets, est contenus dans les *références 9 et 10 de l'annexe A et la partie 4 du chapitre 11-02* de cette norme.

4.2.3 Déploiement sur bâtiment naval de surface

Ce fascicule adresse les environnements climatiques qui peuvent être rencontrés par le matériel une fois déployé sur des navires de surface actionnés par des moyens nucléaires ou conventionnels et dans des sous-marins. Les caractéristiques des environnements climatiques sont présentées dans le *fascicule 2310*.

4.2.3.1 Sur le pont

4.2.3.1.1 Température

Si aucune ventilation ou air conditionné n'est fourni, les températures à l'intérieur des abris non aérés ou sous les couvertures provisoires exposées au rayonnement solaire sont susceptibles de dépasser les valeurs ambiantes locales.

Les conditions les plus sévères se produisent quand le matériel embarqué est installé sur le porteur dans les régions sèches et chaudes du globe.

L'angle entre le soleil et la surface exposée, la nébulosité, la finition extérieure, la couleur, l'émissivité de la surface et la durée de l'exposition détermineront la quantité de chaleur absorbée.

La température ambiante induite de l'atmosphère confinée dépendra de la présence de ventilation ou climatisation à air forcé. Il est possible que les valeurs extrêmes de température ambiante d'une part et de rayonnement solaire d'autre part se manifestent le même jour, mais l'expérience montre que la probabilité est faible.

Les valeurs de températures induites à l'intérieur des shelters ou sous les couvertures provisoires sur le pont des navires de surface ne sont pas disponibles et doivent être déterminées à partir de mesures spécifiques pour des applications particulières. En l'absence de données mesurées, on devrait supposer que les températures indiquées pour les cycles journaliers de transit et de stockage s'appliquent.

Les sévérités pour des secteurs à hautes températures sur les mers ouvertes (*catégorie M1, fascicule 2311 norme AECTP-230 (Edition 1)*) tendent à être le 2 °C environ plus basses que celles sur terre (*catégorie A1 de la même norme*),

Ce qui implique que cette dernière valeur devrait être prise en compte s'il est prévu que le bâtiment de surface opère dans et hors des ports de ces régions géographiques.

Une approche semblable est bien appropriée en ce qui concerne les sévérités de la température pour le transit et le stockage dans les régions plus froides des mers, (*catégorie M3*), où les températures peuvent être le jusqu'à 12 °C plus élevées que celles au-dessus de la terre dans les mêmes secteurs géographiques (*catégorie C2*).

4.2.3.1.2 Choc thermique

Du matériel apporté de l'intérieur sur le pont extérieur, quand le bâtiment de surface opère dans des régions de basse température, peut éprouver des variations rapides de température. Variations de l'ordre de 45° C en deux ou trois minutes ou moins.

Réciproquement, du matériel exposé au rayonnement solaire, peut éprouver une variation rapide de température de l'ordre de 50° C sur une durée comparable, si immédiatement après stabilisation de la température, il est immergé dans la mer ou s'il est fixé sur un sous-marin qui plonge.

4.2.3.1.3 Humidité

Le matériel installé ou stocké sur le porteur dans les abris non aérés ou sous les couvertures provisoires, est susceptible d'être soumis à des valeurs élevées d'humidité. Particulièrement pour le matériel déployé en régions tropicales chaudes et humides.

Les cas les plus sévères se produisent lorsque le cycle journalier se traduit par des températures élevées le jour et basses la nuit. Cycle produisant des variations correspondantes de pression dans les domaines confinés, les faisant aspirer de l'humidité une partie de celle-ci étant captée lorsque la température ambiante augmente à nouveau.

Le rayonnement solaire agit sur les surfaces externes des abris ou sur les couvertures provisoires pendant la partie plus chaude du cycle journalier. Ce qui peut avoir comme conséquence un environnement de chaleur humide plus sévère que les conditions ambiantes extérieures.

L'accumulation d'humidité peut augmenter la température de point de rosée et, en conséquence, rendre possible la condensation pendant la partie plus fraîche du cycle.

De préférence, les conditions pour des applications particulières devraient être déterminées à partir de données spécifiquement mesurées.

Les valeurs de l'hygrométrie peuvent être réduites par la chaleur de l'équipement en fonctionnement. En l'absence des données mesurées, les conditions pour le transit et le stockage pour les secteurs climatiques de la **catégorie B** donnés dans les **sections 232 et 233** devraient être adoptées. Les niveaux d'hygrométrie peuvent être réduits par la dissipation de chaleur de l'équipement en fonctionnement. Toutefois en l'absence de données mesurées, les conditions approchant la saturation dans les milieux confinés non aérés devraient être choisies.

Les conditions induites de chaleur humide sont susceptibles d'accroître la vitesse de dégradation des matériaux et le risque de défaillance des équipements par rapport à une simple exposition aux conditions météorologiques naturelles.

Le gonflement et la détérioration générale des matériaux, y compris des emballages, provoqués par l'absorption et l'adsorption d'humidité conduit à une réduction de résistance mécanique. Le cheminement de l'humidité peut mener à une réduction de la résistance d'isolation des circuits et des composants électriques/électroniques causant des risques pour le matériel de sécurité, des performances dégradées, une fiabilité réduite ou l'échec total de systèmes électriques/électroniques. Les performances des systèmes optiques peuvent être réduites par le brouillard et les dépôts de condensation sur les objectifs.

Les atmosphères chaudes, humides, salines dans des secteurs non aérés fournissent des conditions idéales pour le développement de la corrosion galvanique et aggravent l'attaque par les agents corrosifs.

La **référence 3** passe en revue les problèmes de protection du matériel contre les effets d'une atmosphère humide aggravée par une haute température.

Les effets de l'humidité sur le matériel, l'obtention et le maintien d'intérieurs secs, les normes et les méthodes en matériel d'étanchéité, les barrières à la pénétration de vapeur d'eau, les procédures de séchage et la surveillance des niveaux d'humidité y sont adressés.

4.2.3.1.4 Pression atmosphérique

Le matériel installé au-dessus du porteur éprouvera normalement des pressions équivalentes à la pression atmosphérique ambiante locale au niveau de la mer. Le matériel doit pouvoir survivre ou continuer à fonctionner après exposition aux ondes de choc d'une explosion chimique de large échelle ou d'une explosion nucléaire dans en basse altitude.

Normalement, la pression atmosphérique éprouvée par le matériel installé sur les plateformes ouvertes sera celle des conditions météorologiques locales.

Le matériel déployé sur le pont principal et en magasin doit éventuellement survivre, rester sûr et continuer à fonctionner après avoir été soumis au souffle du tir, des propulseurs des missiles lancés depuis le bâtiment naval, des bangs soniques, etc.

La dynamique de l'environnement induit par le souffle du tir et des propulseurs est traitée au **chapitre 9-01** des caractéristiques de la **partie 5** de la **DEF STAN0035**. Les bangs soniques au niveau du sol sont adressés en **chapitre 7-01** du même document.

La susceptibilité d'un matériel installé ou transporté sera déterminée par la résistance des fixations et des dispositifs de couverture protecteurs. Les systèmes transparents, optroniques et microphoniques seront particulièrement vulnérables.

4.2.3.1.5 Glace

En opération dans des régions de température basse, le matériel est à bord ou transporté dans des positions exposées sur les plateformes ouvertes et superstructure de bâtiments navals. Ce matériel peut subir des accumulations de glace formées par le brouillard, les embruns et les précipitations.

Les projections produites par l'interaction du bâtiment avec les vagues, dues à la vitesse du bâtiment et de l'orientation du vent dominant peut influencer la profondeur et le type de givrage.

Les projections d'eau de mer forment une accumulation de glace saline mais qui n'est pas vitreuse.

La glace vitreuse formée par les précipitations d'eau de pluie et la glace de givre formée de gouttelettes surfondues de brouillard se produit rarement sur des bâtiments navals car les températures de surface de l'océan sont rarement au-dessous de -2°C .

La neige représente la menace de glaçage par eau douce la plus sérieuse en mer parce qu'elle absorbe la pluie et les embruns d'eau de mer. Des taux d'accumulation de glace jusqu'à 40 mm/heure ont été rapportés pour des bâtiments navals opérant dans la région arctique. (Voir également la **référence 4**).

Des exemples des effets du glaçage induit sur le matériel situé sur ou au-dessus du pont principal sont le défaut de fonctionnement des tringleries, des mécanismes de déclenchement et des systèmes de mise en action, le givrage et le glaçage des sondes et des circuits optiques et les performances réduite des systèmes de surveillance et de navigation.

Le matériel sur les ponts non couverts est susceptible d'être soumis aux accumulations de la glace formées à partir des embruns gelés. L'interaction des manœuvres du navire et des conditions de mer peut augmenter la quantité d'embruns produite.

Des taux d'accumulation de glace jusqu'à 40 mm/heure ont été rapportés pour des bâtiments navals de surface opérant dans la région arctique.

4.2.3.1.6 Immersion, précipitation et embruns

Aucune donnée mesurée n'est disponible pour les sévérités des formes induites de mouillage éprouvées par le matériel installé ou porté sur le pont. Les observations subjectives indiquent que le matériel peut rencontrer des périodes courtes de précipitation équivalentes à la forte pluie et aux accumulations de l'eau à des profondeurs jusqu'à 150 millimètres. Le matériel non protégé fixé sur des surfaces externes des coques de sous-marins sera soumis à l'immersion totale quand le sous-marin opère en plongée.

4.2.3.1.7 Pression hydrostatique

Le matériel bord destiné à subir une immersion dans la mer, sera soumis à une pression hydrostatique fonction de la profondeur de l'immersion prévue. La pression est liée à la profondeur de l'immersion par la formule :

$$p = 9,8 d$$

p est la pression hydrostatique en kPa et d est la profondeur de l'immersion en mètres.

4.2.3.1.8 Environnements chimiques et biologiques induits

Le matériel installé sur les navires de surface est susceptible d'être soumis aux produits chimiques induits et aux environnements biologiques tels que :

- les atmosphères salines et acides artificiellement produites,
- les débordements ou dissémination accidentelle,
- l'introduction de fluides et d'organismes,

qui aggravent souvent les effets de l'exposition naturelle.

L'importance de l'attaque chimique et biologique dépendra de la proximité à la source contaminante, la mise en place ou non de dispositifs de protection, la capacité des surfaces à capturer et maintenir des dépôts contaminants et la durée de l'exposition.

La réaction à la contamination dépendra des matériaux retenus pour la fabrication du matériel et les conditions climatiques après contamination.

Un matériel peut être déployé pour une portion significative de sa durée de vie sur un bâtiment naval à un endroit connu pour être soumis à une attaque chimique et/ou biologique.

Il est important dans le cas d'un matériel de grandes dimensions qu'il soit testé, totalement assemblé, sur le terrain en conditions représentatives.

Les durées d'essai devront, cependant, être réduites par rapport aux conditions réelles.

4.2.3.1.9 Atmosphères et solution saline

Le matériel installé sur la surface externe de la coque et de la superstructure sera soumis à des cycles d'immersion en eau de mer et d'exposition aux atmosphères salines. Ces deux situations favorisent la corrosion des matériaux métalliques et non métalliques.

Tandis que sur le pont, les atmosphères salines peuvent être transférées dans les compartiments ventilés avec de l'air frais ou être aspirées par le matériel partiellement scellé situé au-dessus de la ligne de flottaison, en raison des différences de pression provoquées par les variations de température induites.

La sévérité de toute attaque chimique sera déterminée par la quantité de sel déposé et les conditions climatiques météorologiques naturelles ou induites

Les atmosphères salines au-dessus des eaux côtières se composent du sel sous forme de particules solides ou sous forme de gouttelettes de solution saline plus d'autres constituants.

On peut admettre que la salinité est sensiblement celle de l'eau de mer, soit de 3.4%. Toutefois des variations sont possibles selon la topographie locale et les facteurs climatiques, tels que l'évaporation et le vent.

Les valeurs plus extrêmes sont généralement trouvées dans les régions subtropicales à cause des niveaux élevés d'évaporation. Une description plus détaillée des atmosphères marines, leurs constituants et de distribution de sel est donnée en **chapitre 8-01 de la partie 6 de la DEF STAN 0035**.

Les niveaux de concentration de sel sur le matériel dépendront de sa capacité à capturer et conserver les atmosphères salines et les dépôts de sel et de la durée de l'exposition.

Le profil des surfaces extérieures déterminera les niveaux de la contamination au travers, par exemple, des fissures, des crevasses et des entailles, lavées vers le bas par la pluie normale.

Ou encore par les procédés de nettoyage et l'aspiration de l'atmosphère environnante vers l'intérieur provoquée par des variations de la température interne.

Plus les niveaux normaux et induits de la température et d'humidité sont élevés, plus la probabilité et sévérité d'attaque chimique est grande.

Les facteurs contribuant à la dégradation du matériel installé en dehors de la coque intérieure sont la turbulence, la pression hydraulique et la température de l'eau de mer. La turbulence ou l'agitation de l'eau, en contact avec le matériel, peut accélérer la détérioration due à l'accroissement du taux apparent des produits chimiques contenus dans l'eau.

Les manœuvres des bâtiments navals, particulièrement dans les mers formées, peuvent accentuer la quantité d'embruns appliquée au matériel, installé sur le pont et les superstructures ouvertes.

Les opérations avec les avions à décollage vertical, à basse altitude à proximité du bâtiment, sont susceptibles d'envelopper le matériel par un nuage d'eau de mer provoqué par les turbulences des rotors.

Les embruns et le dépôt de sel peuvent pénétrer à l'intérieur des abris et sous les couvertures protectrices par les joints et les ouvertures prévues pour la ventilation.

Les atmosphères salines peuvent s'infiltrer dans des secteurs abrités ou être aspirées du fait de la pression différentielle due aux variations de température induites. Par exemple en raison du chauffage et du refroidissement de l'équipement en fonctionnement, ou par les variations journalières de la température de l'air et du rayonnement solaire.

La contamination par les dépôts de sel peut se produire, par exemple, pour des matériels comme les systèmes de détection de sonar et de mines après déploiement et stockage après utilisation.

4.2.3.1.10 Atmosphère acide

Les matériels installés sur le pont principal des bâtiments navals et au-dessus sont susceptibles d'être contaminés par le flux des fumées d'échappement des machines de propulsion, les gaz d'échappement des véhicules transportés, les propulseurs d'avions et les propulseurs de missiles.

La fiche technique 3 de la référence 1 de DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 8-01

Annex A donne le contenu typique, par volume, des constituants des fumées d'échappement d'un navire actionné par turbine à gaz.

L'action photochimique du rayonnement solaire et de l'humidité atmosphérique réagissent avec les gaz, les vapeurs et les gouttelettes de liquide pour produire une brume d'acide nitrique et sulfurique susceptible de se condenser sur le matériel installé sur les plateformes ouvertes et les superstructures.

4.2.3.1.11 Moisissures

Les spores de moisissures sont transportées dans l'air et peuvent être entraînées dans des secteurs abrités ou être aspirées par différents équipements en raison des différences de pression provoquées par les variations induites de température dans les volumes confinés.

Le matériel peut être infecté pendant l'entretien régulier quand les bouchons des ouvertures sont enlevés.

Une fois le matériel infecté, les spores se nourrissent avec les aliments contenus dans les matériaux employés pour fabriquer ou entretenir l'équipement ou sur des sécrétions telles que la transpiration déposée pendant la manipulation.

Des conditions appropriées pour la croissance peuvent être créées artificiellement si le matériel est installé plus tard ou entreposé dans des secteurs semi-aérés.

L'ouverture et la fermeture des trappes ou les panneaux d'accès de visite pour l'inspection, à intervalles réguliers, fournissent un approvisionnement d'oxygène qui maintient la croissance des spores.

Les conditions optimales pour la croissance fongique se trouvent dans les régions tropicales. Les spores, une fois installés, peuvent prospérer dans les régions tempérées ou froides du monde. En fonction des espèces, les spores de moisissures peuvent se développer dans des températures comprises entre 5°C et 50°C. Ils survivent également à de plus grandes températures.

Une fois les spores installées, la température et l'humidité appropriées favorisant leur croissance peuvent être créés artificiellement par la dissipation de chaleur d'un équipement à l'intérieur de volumes confinés.

De même des microclimats peuvent être créés dans des secteurs infectés. Un changement occasionnel d'air, par exemple pendant une inspection de routine, assure un approvisionnement approprié d'oxygène aux spores.

Des informations concernant les caractéristiques des champignons sont fournies dans :

- les **références 8 et 9 DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 8-01 Annex A**
- **et DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 11-01.**

4.2.3.2 Dans les compartiments à air conditionné

4.2.3.2.1 Température / humidité

Les températures en air ont conditionné des compartiments sur les navires de surface de la taille de dragueur de mines (chasseur de mines) sont dans la gamme de 15 à 30°C avec une hygrométrie s'étendant de 30 à 70 %.

Les variations dans ces limites dépendront des états ambiants externes et de la quantité de la chaleur dégagée par le matériel opérationnelle et le personnel occupant le compartiment, mais peuvent être considérées constant une fois établies dans la zone climatique d'opérations.

En cas d'une interruption dans l'approvisionnement d'air conditionné, on doit admettre qu'une température du 40°C avec une hygrométrie de 70% s'installe pendant des périodes allant jusqu'à 20 minutes pour les navires de surface.

Pour des sous-marins, on doit admettre qu'une température du 50°C avec une hygrométrie de 100 % s'installe pendant des périodes allant jusqu'à 20 minutes.

4.2.3.2.2 Pression atmosphérique

4.2.3.2.2.1 GENERALITES

La pression atmosphérique à l'intérieur des compartiments de la citadelle d'un bâtiment naval de surface est supérieure à la pression atmosphérique ambiante locale afin de comprimer le joint d'étanchéité qui s'oppose à l'entrée de contaminations en cas d'attaque nucléaire, chimique et biologique.

On suppose que la pression absolue éprouvée par le matériel contenu dans le compartiment est la valeur maximale de la pression ambiante en mer, (de l'ordre de 1060 mbar), augmentée de la valeur spécifique de la surpression.

En l'absence d'une valeur spécifique, un niveau du 8kPa (80 mbar) sera retenu.

Des enveloppes de protection de grande dimension partiellement scellées avec de bas taux de fuite peuvent être susceptibles de déformation provisoire ou permanente dans les compartiments en surpression.

Les panneaux ainsi déformés peuvent interférer avec les composants internes et les déplacements des systèmes mécaniques ou présenter un risque en matière de sécurité.

4.2.3.2.2.2 PRESSION AU DESSUS DE LA VALEUR AMBIANTE

Le niveau de surpression auquel le matériel sera soumis s'il reste installé pendant les essais de pression réalisés dans les compartiments submersibles est mis en référence dans le DD du bâtiment naval concerné. Sinon des conseils doivent être sollicités auprès du constructeur du bâtiment naval.

On suppose que la pression absolue appliquée au matériel est la valeur maximale de la pression ambiante en mer (1060 mbar), augmentée de la valeur spécifique de la surpression.

On peut prévoir que des pressions absolues allant jusqu'à 1314 mbar (131 kPa) se rencontrent en compartiments de submersibles en plongée.

4.2.3.2.2.3 PRESSION ATMOSPHERIQUE INFERIEURE A LA PRESSION AMBIANTE

La pression atmosphérique en compartiments submersibles est susceptible d'être réduite à 872 mbar (87 kPa) pendant des périodes allant jusqu'à 3 heures pendant le « périscopage». Des variations cycliques induisant d'autres réductions pouvant aller jusqu'à 160 mbar (16 kPa).

4.2.3.2.3 Précipitation et embruns

Les niveaux de précipitation sont liés à la condensation sur les surfaces des plafonds et les cas d'urgences telles que des joints rompus et disjoints sur des conduites d'eau, etc. Ces cas d'urgences sont imprévisibles.

Habituellement, un taux minimal de 280 litres/m²/h est pris en compte pour valider le matériel vis-à-vis des risques liés à ces situations, y compris l'action des sprinklers.

4.2.3.3 Compartiments partiellement conditionné

4.2.3.3.1 Température et humidité

L'influence des conditions ambiantes externes en ce qui concerne la température et l'humidité en compartiments partiellement ou totalement non-conditionnés dépendra de l'emplacement du compartiment dans le navire.

Plus le matériel sera éloigné du pont principal et situé vers le centre de la coque, plus les conditions ambiantes externes seront atténuées.

Dans certains cas la chaleur et l'humidité dissipées par les machines fonctionnant dans le voisinage seront les facteurs dominants si bien que, le navire étant opérationnel, les conditions ambiantes, en régime permanent, s'étendront du sec à la chaleur humide.

Certaines zones particulières d'un compartiment peuvent être placées au-dessus de la ligne de flottaison et proche des parois extérieures. Pour ces zones l'effet du rayonnement ne sera pas négligeable sur la température ambiante dans le compartiment, en particulier quand on se trouve dans des secteurs climatiques de la **catégorie A**.

En l'absence des données mesurées, les conditions des compartiments ventilés en air frais s'étendent de 15 à 45°C avec une hygrométrie de 30 à 85%, mais les valeurs pour les installations particulières doivent être déterminées à partir de données spécifiquement mesurées.

Les conditions stabilisées en compartiments non conditionnés peuvent s'étendre de 0 à 80 °C avec une hygrométrie de 30 à 80%.

Des excursions anormales peuvent monter jusqu'à 100 °C. Des valeurs encore plus élevées peuvent être rencontrées pour des équipements localisés à proximité immédiate de machines ayant des températures de surface élevées ou des équipements situés dans des secteurs non ventilés.

Certains matériels peuvent être situés dans des secteurs frigorifiés ou près de trappes externes dans les régions froides.

Sauf indication contraire le matériel, en fonctionnement dans ces conditions, doit maintenir ses performances nominales entre -10°C , et des performances dégradées mais réversibles à -30°C .

4.2.3.3.2 Pression atmosphérique

On peut supposer que les pressions atmosphériques ambiantes en compartiments non conditionnés sont équivalentes à la pression ambiante externe locale.

4.2.3.3.2.1 GENERALITES

La pression atmosphérique à l'intérieur des compartiments de la citadelle d'un bâtiment naval de surface est supérieure à la pression atmosphérique ambiante locale afin de comprimer le joint d'étanchéité qui s'oppose à l'entrée de contaminations en cas d'attaque nucléaire, chimique et biologique.

On suppose que la pression absolue éprouvée par le matériel contenu dans le compartiment est la valeur maximale de la pression ambiante en mer, (de l'ordre de 1060 mbar), augmentée de la valeur spécifique de la surpression.

En l'absence d'une valeur spécifique, un niveau du 8 kPa (80 mbar) sera retenu.

Des enveloppes de protection de grande dimension partiellement scellées avec de bas taux de fuite peuvent être susceptibles de déformation provisoire ou permanente dans les compartiments en surpression.

Les panneaux ainsi déformés peuvent interférer avec les composants internes et les déplacements des systèmes mécaniques ou présenter un risque en matière de sécurité.

4.2.3.3.2.2 PRESSION AU DESSUS DE LA VALEUR AMBIANTE

Le niveau de surpression auquel le matériel sera soumis s'il reste installé pendant les essais de pression réalisés dans les compartiments submersibles est mis en référence dans le DD du bâtiment naval concerné. Sinon des conseils doivent être sollicités auprès du constructeur du bâtiment naval.

On suppose que la pression absolue appliquée au matériel est la valeur maximale de la pression ambiante en mer (1060 mbar), augmentée de la valeur spécifique de la surpression.

On peut prévoir que des pressions absolues allant jusqu'à 1314 mbar (131 kPa) se rencontrent en compartiments de submersibles en plongée.

4.2.3.3.2.3 PRESSION ATMOSPHERIQUE INFERIEURE A LA PRESSION AMBIANTE

La pression atmosphérique en compartiments submersibles est susceptible d'être réduite à 872 mbar (87 kPa) pendant des périodes allant jusqu'à 3 heures pendant le « périscopage ». Des variations cycliques induisant d'autres réductions pouvant aller jusqu'à 160 mbar (16 kPa).

4.2.3.3.3 Précipitations et embruns

Quand le matériel est installé ou entreposé en compartiments non conditionnés par exemple :

- compartiments de cargaison,
- cintres d'avions,
- garages pour véhicules porteurs,
- salles de moteur et de générateur,
- ateliers,
- blanchisseries et offices,
- etc,

il y a une plus grande probabilité qu'il soit soumis à certaines formes de mouillage comprenant, dans certains cas, la possibilité d'immersion partielle. Des sévérités allant jusqu'à

280 l/m²/h doivent être fixées pour la précipitation, l'égoutture, mise en débordement, et des profondeurs allant jusqu'à de 150 mm pour l'immersion.

4.2.4 Déploiement dans les sous-marins

Le scénario opérationnel des sous-marins modernes est tel que la majeure partie de leur service est passé en plongée et l'exposition directe aux conditions météorologiques se produit normalement dans un climat tempéré. Tandis qu'en plongée, l'environnement dans les compartiments intérieurs est artificiellement maintenu pour fournir une atmosphère de fonctionnement acceptable pour les systèmes bord et l'équipage.

La fonction de chaque compartiment détermine les limites dans lesquelles la température ambiante et l'hygrométrie sont contrôlées, c.-à-d., l'équilibre entre les émissions de la chaleur et l'humidité des systèmes opérationnels et les caractéristiques et les taux de changement d'air conditionné.

Ce chapitre adresse les environnements climatiques, chimiques et biologiques induits appliqués au matériel déployé dans des sous-marins :

- Matériel pour lequel les sous-marins sont la plate-forme de lancement,
- Matériel bord ou le déployé sur les sous-marins.

Des exemples sont donnés des effets potentiellement préjudiciables des environnements climatiques, chimiques et biologiques induits.

Pour les environnements climatiques, chimiques et biologiques induits éprouvés par les matériels transportés comme cargaison en sous-marins, on peut se reporter au **chapitre 2-01 de la norme DEF STAN 0035**.

4.2.4.1 Température et humidité induite

En l'absence de données mesurées, on doit supposer que les conditions en compartiments ventilés en air frais s'étendent de 15°C à 45°C avec des humidités relatives de 30 % à 85%.

Tant que le sous-marin est en plongée, les conditions dans les compartiments sont essentiellement induites et dépendent du traitement de l'air fourni aux différents compartiments et de la chaleur et de l'humidité dégagée par les membres d'équipage opérationnels et du matériel en fonctionnement. Dans des chambres des machines, la chaleur et l'humidité dissipées par les générateurs de puissance sont susceptibles d'être les facteurs dominants.

Quelques conditions peuvent être localisées aux secteurs particuliers du compartiment.

4.2.4.1.1 Généralités

Le scénario opérationnel des sous-marins modernes est tel que la majeure partie de leur service est passé en plongée et l'exposition directe aux conditions météorologiques se produit normalement dans un climat tempéré. Tandis qu'en plongée, l'environnement dans les compartiments intérieurs est artificiellement maintenu pour fournir une atmosphère de fonctionnement acceptable pour les systèmes bord et l'équipage.

La fonction de chaque compartiment détermine les limites dans lesquelles la température ambiante et l'hygrométrie sont contrôlées, c.-à-d., l'équilibre entre les émissions de la chaleur et l'humidité des systèmes opérationnels et les caractéristiques et les taux de changement d'air conditionné.

4.2.4.1.2 Matériel installé sur les structures extérieures

Lorsque les sous-marins sont en surface, le revêtement acoustique protège les surfaces de la coque intérieure des effets thermiques du rayonnement solaire. Ce revêtement empêche aussi les basses températures induites susceptibles de se produire à cause du refroidissement imputable au rayonnement nocturne.

Normalement, les températures appliquées au matériel installé sur ces surfaces ne seront pas plus sévères que les valeurs minimales indiquées au **chapitre 1-02 de la norme DEF STAN 0035** pour des conditions météorologiques dans les régions de catégorie climatiques **A3 et C0**, y compris pour les périodes passées en eaux côtières.

Pour le matériel installé sur les surfaces externes et en cas d'exposition à d'autres conditions climatiques, on pourrait utiliser les données fournies au **chapitre 9-01 de la norme DEF STAN 0035** pour les valeurs de température et d'humidité éprouvés par le matériel installé sur les plateformes ouvertes des navires de surface.

En plongée, les températures du matériel installé sur les surfaces externes se stabiliseront à la température de l'eau de mer à la profondeur de l'immersion. Les valeurs maximales et minimales de ces températures sont peu susceptibles d'être plus sévères que celles indiquées pour l'eau de mer au **chapitre 2 01 de la partie 6 de la norme DEF STAN 0035**.

4.2.4.1.3 Compartiments conditionnés

Les températures et la teneur en eau de l'atmosphère dans les compartiments à air conditionnés sont contrôlés pour fournir un environnement adapté. Cependant chaque installation doit être expertisée pour déterminer si différents organes pourraient être situés dans des secteurs stagnants où la température et/ou l'humidité pourraient tomber en dehors de la gamme des conditions contrôlées. Les températures appliquées aux différentes unités et composants dans les coffrets, les supports et les consoles électroniques dépendront des niveaux de chaleur dissipée localement et de la disposition ou des conditions d'alimentation en d'air conditionné.

La **fiche technique 9** de la **référence 1** des valeurs citées dans **l'annexe A** de la norme **DEF STAN 0035 (Review of climatic protection techniques for electronic equipment, E. Napper. Procurement Executive, Ministry of Defence, RSRE Malvern, Worcs, RSRE Memorandum No. 3530.)** des températures et hygrométrie en air conditionné des compartiments comme s'étendant respectivement de **15°C à 40°C** et **30% à 70%** d'humidité relative.

Les variations dans ces limites dépendront des émissions et des temps d'utilisation du matériel opérationnel et du personnel occupant le compartiment.

Les effets potentiellement préjudiciables induits par la température et l'humidité sur le matériel installé seront semblables à ceux indiqués ci-dessus. A moins que l'équipement soit particulièrement sensible ou situé dans un secteur mal aéré, les sévérités seront telles que la dégradation des matériels et les effets sur les performances seront moins prononcés pour les matériels installés sur le pont principal des bâtiments navals de surface.

4.2.4.1.4 Salles de machine et locaux de service

Les conditions climatiques dans des salles des machines et les aires de service telles que des blanchisseries et des offices peuvent s'étendre de sec à chaud humide.

Les facteurs influençant ces conditions sont les caractéristiques et les taux de renouvellement de l'air conditionné et les dissipations de chaleur des machines et des équipements en fonctionnement.

La chaleur des turbines, des groupes électrogènes diesel-électrique et de l'équipement installé est susceptible de réduire les niveaux d'hygrométrie. Tandis que les émissions des générateurs de vapeur, des installations de climatisation, des offices et des blanchisseries sont susceptibles d'accroître l'humidité de l'atmosphère.

Les équipements installés près des groupes générant du froid peuvent être soumis à de basses températures.

Les valeurs de température et d'humidité appliquées aux équipements dans les boîtiers, les racks et les consoles électroniques dépendront des dissipations de chaleur locales et des conditions d'alimentation en air conditionné.

Les cycles d'utilisation et le fonctionnement intermittent peut entrainer une dissipation de chaleur par les équipements pouvant induire des différences de pression à travers les parois des couvertures protectrices, causant une captation d'air humide pendant la phase de refroidissement.

De préférence, les conditions pour une installation particulière doivent être dérivées de données mesurées.

En l'absence de données mesurées, la **fiche technique 9 de la référence 1 de l'annexe A de la DEF STAN 0035 (Naval Engineering Standard NES 1004, Requirements For The Design And Testing Of Equipment To Meet Environmental Conditions Issue1 1987.)** qui cite des conditions dans des chambres de machines et des locaux de service comme s'étendant de 1°C à 55°C avec une hygrométrie variant de 30% à 93%.

Les variations dans ces limites dépendront des cycles des machines en service et des équipements en fonctionnement.

L'information concernant les températures probablement appliquées au matériel installé dans ou autour des secteurs frigorifiques devrait être sollicitée auprès du constructeur du bâtiment naval ou de l'opérateur du sous-marin.

4.2.4.1.5 Compartiments non conditionnés ou non aérés

Les conditions en compartiments non conditionnés ou non aérés dépendront du débit calorifique par les murs des secteurs contigus et de la chaleur et de l'humidité émise par le matériel installé dans le compartiment.

Des atmosphères humides et stagnantes sont susceptibles de régner. Alors que la **fiche technique 9 de la référence 1 de l'annexe A de la DEF STAN 0035 (Naval Engineering Standard NES 1004, Requirements For The Design And Testing Of Equipment To Meet Environmental Conditions Issue1 1987.)** donne des conditions s'étendant entre -10°C et 55°C avec une hygrométrie de 85%, une évaluation des conditions à l'endroit prévu du matériel installé est recommandée.

4.2.4.1.6 Compartiments ventilés en air frais

En surface, les compartiments submersibles peuvent être ventilés en air frais. La **fiche technique 9 de la référence 1** donne des valeurs de température et d'hygrométrie lors d'une ventilation en air frais comme s'étendant respectivement de 1°C à 55°C et de 30% à 85% d'hygrométrie. Les variations dans ces limites dépendront des conditions et des émissions ambiantes externes de l'équipage et des systèmes embarqués.

Chaque installation de matériel devra être évaluée pour déterminer si le matériel est susceptible d'être installé dans des secteurs stagnants où la température et l'humidité peuvent se situer en dehors des gammes indiquées dans le paragraphe.

Les conditions appliquées aux différentes unités et composants des matériels installés dépendront des quantités de chaleur dissipée et de la mise à disposition de refroidissement alloué.

4.2.4.2 Pression atmosphérique induite

4.2.4.2.1 Compartiments en surpression

Cette section est consacrée aux pressions atmosphériques au-dessus de la pression ambiante standard qui peuvent être éprouvées pendant des opérations courantes sur le matériel installé dans la coque de sous-marins.

Les surpressions appliquées au matériel en compartiment d'évacuation pendant l'évacuation et les opérations de sauvetage ne sont pas incluses.

Il peut être nécessaire que certaines parties du matériel restent installées pendant l'essai habituel à haute pression du compartiment submersible.

La valeur de la surpression à laquelle le matériel doit survivre, et recouvrer ses performances opérationnelles après le retour à la pression normale du compartiment, doit être énoncée dans les documents de conception ou décrivant les conditions ambiantes.

Sinon, des conseils doivent être demandés au constructeur de bateau.

On suppose que la pression absolue appliquée au matériel est la valeur maximale de la pression ambiante en mer (1060 mbar), augmentée de la valeur spécifique de la surpression.

On peut prévoir, pendant les opérations courantes, que des pressions absolues allant jusqu'à 1314 mbar (131 kPa) se rencontrent en compartiments de submersibles en plongée.

Des valeurs plus élevées de surpression peuvent se produire pendant le lancement d'armes. L'information concernant des niveaux de surpression doit être recherchée auprès du constructeur du bâtiment.

Les matériels contenant des composants pressurisés, ou équipé de boîtiers partiellement étanches avec de bas taux de fuite, peuvent être susceptibles de dégradation provisoire ou permanente.

4.2.4.3 Précipitation, embruns et immersion

Le matériel installé dans les compartiments de submersibles peut être soumis à :

- des précipitations provenant de condensation issue des surfaces surplombantes,
- l'action de sprinklers,
- des fuites d'eau,
- des aspersions pendant le nettoyage.

Tandis que pour le matériel installé dans les chambres de machines, les compartiments de réacteurs, les offices et les blanchisseries ; une grande probabilité pour l'apparition d'une certaine forme de mouillage et d'immersion existe.

De même pour tous les compartiments par lesquels l'eau transite pour être distribuée.

Généralement le matériel devra résister à l'entrée d'eau et continuer à opérer correctement pendant ou après l'exposition.

Les intensités de précipitation et des jets sont imprévisibles. Historiquement un taux minimal de 280 l/m²/h a été employé pour essayer le matériel vis-à-vis des risques de mouillage incluant les arrosages par les sprinklers. En l'absence d'information spécifique, une profondeur de 150 millimètres doit être estimée pour l'immersion partielle.

La matériel soumis à l'immersion, la précipitation et au jet est susceptible de connaître des entrées d'eau par les ouvertures et les joints, ce qui peut entraîner des performances dégradées.

L'absorption et l'adsorption d'humidité et de condensation peuvent entraîner une détérioration des matériaux et des finitions de surface utilisés dans la construction du matériel.

La réduction de la résistance d'isolement peut avoir comme conséquence des performances dégradées, une réduction de la fiabilité et présenter des risques en matière de sécurité au matériel électrique et électronique.

Les dépôts de brouillard et d'humidité sur les composants et les transparents optiques des unités de visualisation peuvent réduire l'efficacité opérationnelle de la surveillance, du sonar, de l'arme et des systèmes de commandement des tirs.

4.2.4.4 Agents chimiques et biologiques

En comparaison des navires de surface, les conditions opérationnelles des sous-marins modernes réduisent le temps pendant lequel le matériel peut être exposé aux produits chimiques aéroportés et aux agents biologiques.

Au cours des périodes passées dans le port, les compartiments peuvent être ventilés et connaître une contamination chimique et/ou par des agents biologiques.

Le matériel peut être contaminé avec des substances utilisées en opération, pour la maintenance du navire et ses systèmes d'armement ou lors du service de l'équipage.

En plongée, les conditions climatiques ambiantes peuvent aggraver le potentiel de dégradation des agents contaminants.

En fonction du type et de la conception du matériel et son emplacement sur le navire, la réaction à l'attaque chimique et biologique en association avec les agents climatiques induits peut devenir rapidement apparente.

Dans d'autres cas les conditions atmosphériques appliquées au matériel infecté peuvent être telles que les effets n'apparaissent pas immédiatement ; et qu'ils n'apparaissent seulement qu'un certain temps après la rencontre avec les agents chimiques ou biologiques.

4.2.4.5 Solution et atmosphère saline

Le matériel installé sur la surface externe de la coque et de la superstructure sera soumis à des cycles d'immersion en eau de mer et d'exposition aux atmosphères salines. Ces deux situations favorisent la corrosion des matériaux métalliques et non métalliques.

En opérations de surface, les atmosphères salines peuvent être transférées dans les compartiments ventilés avec de l'air frais ou être aspirées par le matériel partiellement scellé situé au-dessus de la ligne de flottaison, en raison des différences de pression provoquées par les variations de température induites dans les zones géographiques concernés.

Les atmosphères salines au-dessus des eaux côtières se composent du sel sous forme de particules solides ou sous forme de gouttelettes de solution saline plus d'autres constituants.

La sévérité de toute attaque chimique sera déterminée par la quantité de sel déposé et les conditions climatiques météorologiques naturelles ou induites

Les atmosphères salines au-dessus des eaux côtières se composent du sel sous forme de particules solides ou sous forme de gouttelettes de solution saline plus d'autres constituants.

On peut admettre que la salinité est sensiblement celle de l'eau de mer, soit de 3.4%. Toutefois des variations sont possibles selon la topographie locale et les facteurs climatiques, tels que l'évaporation et le vent.

Les valeurs plus extrêmes sont généralement trouvées dans les régions subtropicales à cause des niveaux élevés d'évaporation. Une description plus détaillée des atmosphères marines, leurs constituants et de distribution de sel est donnée en **chapitre 8-01 de la partie 6 de la DEF STAN 0035**.

Les niveaux de concentration de sel sur le matériel dépendront de sa capacité à capturer et conserver les atmosphères salines et les dépôts de sel et de la durée de l'exposition.

Le profil des surfaces extérieures déterminera les niveaux de la contamination au travers, par exemple, des fissures, des crevasses et des entailles, lavées vers le bas par la pluie normale. Ou encore par les procédés de nettoyage et l'aspiration de l'atmosphère environnante vers l'intérieur provoquée par des variations de la température interne.

Plus les niveaux normaux et induits de la température et d'humidité sont élevés, plus la probabilité et sévérité d'attaque chimique est grande.

Les facteurs contribuant à la dégradation du matériel installé en dehors de la coque intérieure sont la turbulence, la pression hydraulique et la température de l'eau de mer. La turbulence ou l'agitation de l'eau, en contact avec le matériel, peut accélérer la détérioration due à l'accroissement du taux apparent des produits chimiques contenus dans l'eau.

Les manœuvres des bâtiments navals, particulièrement dans les mers formées, peuvent accentuer la quantité d'embruns appliquée au matériel, installé sur le pont et les superstructures ouvertes.

Les opérations avec les avions à décollage vertical, à basse altitude à proximité du bâtiment, sont susceptibles d'envelopper le matériel par un nuage d'eau de mer provoqué par les turbulences des rotors.

Les embruns et le dépôt de sel peuvent pénétrer à l'intérieur des abris et sous les couvertures protectrices par les joints et les ouvertures prévues pour la ventilation.

Les atmosphères salines peuvent s'infiltrer dans des secteurs abrités ou être aspirées du fait de la pression différentielle due aux variations de température induites. Par exemple en raison du chauffage et du refroidissement de l'équipement en fonctionnement, ou par les variations journalières de la température de l'air et du rayonnement solaire.

La contamination par les dépôts de sel peut se produire, par exemple, pour des matériels comme les systèmes de détection de sonar et de mines après déploiement et stockage après utilisation.

4.2.4.6 Contamination par les fluides

Le matériel installé sur les sous-marins peut, de temps en temps, être contaminé par divers fluides et composés utilisés dans le fonctionnement, la mise en œuvre des servitudes et l'entretien des bâtiments et de leurs machines.

La contamination peut être accidentelle lors d'un éclaboussement ou lors d'un débordement, d'une fuite des récipients et des systèmes de distribution, ou intentionnel, comme lors du nettoyage, dégivrage, ou de la décontamination après attaque chimique ou biologique ou lors de l'utilisation des extincteurs,

Les types de contamination par les fluides dépendront de l'activité effectuée dans le secteur du bâtiment naval où le matériel est installé, par exemple, dans les chambres de machines,

La sévérité de l'attaque en contamination par les fluides dépendra de la corrosivité, durée d'exposition et des températures du matériel et du contaminant lors de l'occurrence de la contamination. Les températures peuvent aller de l'ambiante locale (y compris les effets du rayonnement solaire), aux températures de fonctionnement élevées du matériel et de l'agent contaminant. Des exemples de types de liquide ou de composés avec lesquels le matériel peut être contaminé sont :

- Carburants,
- Huiles,
 - Lubrifiant
 - Hydraulique
 - Huile de ricin basée
 - Pétrole basé
 - Ester de phosphate basé
- Graisses,
 - Lubrifiant
 - Protecteur
- Fluides hydrauliques,
- Fluides de silicone,
- Antigels,
- Fluides de dégivrage,
- Dissolvants et liquides de nettoyage,
- Eaux usées,
- Insecticides,
- Réfrigérants,
- Extincteurs du feu,
- Décontaminants (NBC) biologiques et chimiques nucléaires.

Les références suivantes donnent des caractéristiques des fluides qui peuvent être employés en opération et lors de l'entretien des équipements du bâtiment naval et d'autres matériels pouvant être transportés par le navire ou dépliés sur lui; la dernière fournit l'information sur les décontaminants chimiques et biologiques.

- ***QSTAG 361 Chemical Environmental Contaminants Affecting the Design of Materiel.***
- ***QSTAG 362 Fungal Contamination affecting the Design of Military Materiel.***
- ***BS2011 Part 2.1R (IEC 60068-2-18) Test R Water and Guidance.***
- ***DEF STAN 08-41, Chemical and Biological Hardening of Military Equipment, Part 1, General Requirements, Assessment and Testing.***

4.2.4.7 Atmosphère acide

L'atmosphère en compartiments contenant des batteries peut être polluée avec des vapeurs acides dégagée par l'électrolyte pendant la charge et la décharge,

Les vapeurs dégagées par le mélange d'électrolytes de batterie avec l'humidité de l'atmosphère forment des vapeurs acides et des gouttelettes liquides qui peuvent se condenser et se déposer sur le matériel,

La probabilité et la sévérité de l'attaque chimique dépendront de l'importance des dépôts, de la température du matériel affecté et de l'humidité dans l'atmosphère environnante.

4.2.4.8 Moisissures

Les spores de moisissures sont diffusées dans l'air et peuvent être attirées dans des secteurs abrités ou être aspirées dans différents équipements en raison des différences de pression dues aux variations de température dans les volumes confinés.

Le matériel peut être infecté pendant l'entretien régulier quand les couvercles des ouvertures sont ôtés.

Une fois le matériel infecté, les spores se nourrissent avec les aliments contenus dans les matériaux employés pour fabriquer ou entretenir l'équipement ou sur des sécrétions telles que la transpiration déposée pendant la manipulation.

Des conditions appropriées pour la croissance peuvent être créées artificiellement si le matériel est installé plus tard ou entreposé dans des secteurs semi-aérés.

L'ouverture et la fermeture des trappes ou les panneaux d'accès de visite pour l'inspection, à intervalles réguliers, fournissent un approvisionnement d'oxygène qui maintient la croissance des spores.

Les conditions optimales pour la croissance fongique se trouvent dans les régions tropicales. Les spores, une fois installés, peuvent prospérer dans les régions tempérées ou froides du monde. En fonction des espèces, les spores de moisissures peuvent se développer dans des températures comprises entre 5°C et 50°C. Ils survivent également à de plus grandes températures.

Une fois les spores installées, la température et l'humidité appropriées favorisant leur croissance peuvent être créées artificiellement par la dissipation de chaleur d'un équipement à l'intérieur de volumes confinés.

De même des microclimats peuvent être créés dans des secteurs infectés. Un changement occasionnel d'air, par exemple pendant une inspection de routine, assure un approvisionnement approprié d'oxygène aux spores.

Des informations concernant les caractéristiques des champignons sont fournies dans :

- les ***références 8 et 9 DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 8-01 Annex A***
- ***et DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 11-01.***

4.2.5 Déploiement sur des aéronefs

Ce paragraphe traite des environnements climatiques qui peuvent être rencontrés par le matériel une fois déployé ou installé sur des avions à voilure fixe ou tournantes (hélicoptères). Les caractéristiques des environnements climatiques induits sont présentées, discutées, et complétées par des fiches techniques.

4.2.5.1 Avion parké

4.2.5.1.1 La température

Les températures à l'intérieur des compartiments non aérés sont susceptibles de dépasser les températures ambiantes locales à cause du rayonnement solaire sur le revêtement de l'avion et, éventuellement, sur les panneaux transparents.

Ce dernier effet peut être particulièrement significatif pour les hélicoptères possédant un habitacle comportant de vastes zones transparentes.

Le matériel et les composants contenus dans les zones de stockage à bord seront également affectés.

Le matériel installé extérieurement peut être dans l'ombre de la structure de l'avion mais il est aussi sujet au rayonnement réfléchi par l'aire de stationnement ou l'aire d'atterrissage.

L'angle relatif entre le soleil, la surface exposée, la nébulosité, la chaleur spécifique de la structure exposée, la finition de la surface et sa couleur, et la durée de l'exposition contribueront à la quantité de chaleur absorbée donc à la température induite dans les secteurs confinés.

Il est possible que les valeurs extrêmes de température ambiante d'une part et de rayonnement solaire d'autre part se manifestent le même jour, mais l'expérience montre que la probabilité est faible.

Les conditions d'essai devraient, donc, être déterminées à partir de mesures spécifiques pour l'application particulière.

Les résultats de mesures par temps chaud sur un hélicoptère suggèrent que les températures de compartiment d'équipements se stabilisent approximativement à 20°C au-dessus de la température d'air ambiante externe.

Des températures de 85 °C ou plus ont été retenues pour représenter les conditions les plus sévères à l'intérieur des habitacles ou d'autres secteurs derrière des panneaux transparents.

Le revêtement d'un porteur en vol est susceptible d'être un meilleur radiateur vers le ciel nocturne que l'air ambiant.

Pour le matériel déployé sur des avions opérant en régions froides, supposera que le matériel installé en compartiment confiné ne dissipant pas de chaleur peut rencontrer des températures basses. Températures semblables à celles données pour le stockage et le transit pour les régions climatiques appropriées de la **catégorie C du fascicule 2310 de la norme AECTP-230 (Edition 1)**.

Les valeurs induites de températures basses dans des avions parkés ne sont pas plus sévères que celles des conditions locales pour le stockage et le transit données dans le **fascicule 2310**.

4.2.5.1.2 L'humidité

Les équipements installés en zone non ventilée à l'intérieur de baies ou de charges extérieures fixées sur un avion parké sont susceptibles d'être soumis à des niveaux d'humidité élevés. Cela s'applique particulièrement aux terrains d'aviation dans les régions tropicales chaudes et humides, où le cycle journalier caractérisé par des températures élevées pendant le jour et basses pendant la nuit produit des variations de pression dans les équipements partiellement scellés ou les compartiments non aérés.

Ces variations de pression créent une aspiration de l'humidité dont une partie est captée lorsque la température s'abaisse.

Si l'avion reste au ralenti les compartiments étant fermés, ou si les emplacements susceptibles de subir les pénétrations d'humidité sont protégés par des couvertures provisoires non aérées, il est possible d'avoir une accumulation d'humidité.

Pendant la partie la plus chaude du cycle journalier, particulièrement quand les enveloppes, les peaux ou les couvertures des compartiments sont soumis au rayonnement solaire, l'équipement ou les composants internes peuvent éprouver niveaux de chaleur humide supérieurs aux conditions ambiantes externes.

L'accumulation de l'humidité augmente automatiquement la température du point de rosée et, en conséquence, accroît la probabilité de saturation pour la température la plus froide du cycle diurne.

De préférence, les sévérités d'essai doivent être déduites de données obtenues sur le porteur prévu et dans la zone géographique du déploiement. En l'absence de données mesurées, on supposera que les conditions seront identiques à celles données pour des conditions de transport et de stockage des régions climatiques de la **catégorie B** du **fascicule 2310** de la norme **AECTP-230 (Edition 1)**.

De l'humidité peut se former sur les surfaces externes et internes du matériel durant les sorties en vol par suite du différentiel entre les températures au sol et à l'altitude de vol et réciproquement, en particulier lors des vols dans les régions tropicales.

L'air chaud dans les compartiments et des éléments du matériel se mélange avec l'air froid ambiant, au cours de la montée en altitude.

Lorsque les surfaces froides des aéronefs rencontrent l'air humide et chaud pendant la descente et l'atterrissage, l'humidité se condense car la température de l'air est en dessous du point de rosé.

Dans ce dernier cas, le phénomène est accru par l'augmentation de la pression au sol qui renforce l'action de l'air chaud et humide.

On prévoit, dans ces conditions, que les niveaux d'humidité relative dans compartiments conditionnée atteindront 90 - 95%, tandis les compartiments non conditionnés seront à saturation.

4.2.5.1.3 Pression atmosphérique

Sur le terrain d'aviation, le matériel déployé sur des avions sera normalement soumis à des pressions atmosphériques égales aux valeurs ambiantes locales aux exceptions données ci-dessous.

Le matériel installé à bord en compartiments pressurisés pendant le vol doit pouvoir rester en place pendant les essais courants de pressurisation au sol pour déterminer l'intégrité des joints. Là où elle est applicable, la valeur de la surpression doit avoir été convenue avec l'avionneur ou avec le concepteur et le constructeur du matériel installé.

4.2.5.1.4 La glace

La formation de glace sur un matériel déployé extérieurement sur les avions en statique sur le terrain d'aviation résulte entièrement des conditions météorologiques au niveau du sol.

4.2.5.1.5 La poussière et sable

Le fonctionnement et les mouvements au sol d'autres avions, particulièrement ceux à décollage vertical ou en vol stationnaire, sont susceptibles de produire des accumulations considérables de poussière turbulente dirigée vers les équipements sensibles, en particulier une fois déployés dans les régions chaudes et sèches du désert.

À un moindre degré, les roues des véhicules sur terrestres et les pistes produisent également des nuages de poussière et de sable. Les valeurs de concentration et de distribution des

particules au-dessus du niveau du sol dépendent des mêmes facteurs que pour les nuages naturels de poussière et de sable.

4.2.5.1.6 Erosion par impact

L'érosion d'un matériel fixé extérieurement sur les avions parqués sera limitée à celle provoquée par la poussière normale, par le vent de sable et par les véhicules au sol. Les niveaux de dommages correspondants sont habituellement moindres que ceux qui peuvent se produire pendant le vol.

4.2.5.1.7 Immersion et jet

Si le matériel est installé sur les avions en positions basses, par exemple sur les trains d'atterrissage ou les annexes près du sol, il est possible que ces avions soient parqués sur des terrains d'aviation ou des aires d'atterrissage susceptibles d'être inondées ou soumises à des accumulations d'eau. Ce qui implique la possibilité, pour le matériel, d'être partiellement ou totalement immergé.

Le matériel déployé extérieurement sur les avions peut être sujet à un jet pressurisé lorsque l'avion est nettoyé ou dégivré en vue du vol.

4.2.5.2 Opérations au sol

4.2.5.2.1 La température

Quand le matériel est mis sous tension directement à partir du moteur ou des servitudes externes, les systèmes de contrôle du bord diffusent de l'air conditionné à quelques compartiments des avions et à toutes les charges extérieures pour alléger les effets des conditions environnementales.

À la mise en route, l'air ambiant extérieur est aspiré et distribué dans l'avion avant que le système de contrôle ait eu le temps d'entrer en action. Après un certain temps l'efficacité du système de contrôle de l'environnement s'améliore.

Lorsque déployée en régions froides, le matériel en compartiments conditionnés peut éprouver un premier taux de refroidissement plus élevé que prévu en supposant un air ambiant plus chaud. Pendant que les opérations au sol continuent, le système de climatisation bord se stabilise. De plus, dans les régions froides, le matériel tire bénéfice de toute source de chaleur produite par les personnes ou par les autres systèmes et équipements.

Par contre le fonctionnement au sol de longue durée dans des régions chaudes peut voir l'efficacité de l'air conditionné contrecarrée du fait de la chaleur ambiante combinée au rayonnement des structures adjacentes et du matériel en fonctionnement.

Pendant le fonctionnement au sol, les températures à l'intérieur des compartiments d'avions dépendent :

- de la température de l'air extérieur,
- de l'intensité du rayonnement solaire,
- de la densité d'intégration du matériel,
- de la chaleur rayonnée par les structures adjacentes et par les matériels en fonctionnement,
- du conditionnement d'air en action, et de la durée de fonctionnement.

Les caractéristiques de l'air conditionné fourni par le système de conditionnement d'air de l'avion doivent être obtenues chez l'avionneur.

Des données sur les températures induites doivent être déduites des mesures faites à l'emplacement sur le porteur prévu pour le matériel pendant les situations représentatives des cas les plus sévères.

Normalement, lorsque les données n'ont pas été spécifiquement mesurées, les températures maximales à la mise en route des moyens en compartiment conditionné ou non-conditionné des avions déployés dans des régions chaudes et sèches ont été prises en tant qu'équivalent aux valeurs maximales du cycle journalier de stockage et de transit.

Pour le matériel sujet au rayonnement solaire et situé derrière des surfaces transparentes, les températures à la mise en route peuvent être de 85°C pour des avions à voilure fixe, et de 90°C pour des hélicoptères.

Pour le fonctionnement au sol de longue durée dans des régions sèches et chaudes et où les caractéristiques de refroidissement d'air sont inconnues, les températures ambiantes en compartiments conditionnés sont supposées se stabiliser à 15°C plus basses qu'à la mise en route. Dans le cas des verrières d'habitable, on doit supposer que les portes d'accès et les panneaux auront été ouverts pendant une durée suffisante pour permettre à l'air ambiant externe d'avoir un effet de rafraîchissement sur la chaleur de dissipation de l'équipement opérationnel les températures à la mise en route étant supposées être celles de zones non conditionnées.

Pour les zones derrière les panneaux transparents, une température du 70°C doit être estimée. Pour les charges extérieures dans lesquelles les densités d'intégration d'équipements dissipant de la chaleur sont susceptibles d'être plus importantes que celle des compartiments d'avions, les températures et les taux d'accroissement finaux sont susceptibles d'être au-dessus de ceux indiqués ci-dessus.

En effet, le fonctionnement au sol de longue durée sans refroidissement à air forcé doit être évité dans des régions chaudes et sèches, sinon des dommages permanents avec une fiabilité dégradée sont susceptibles de se produire.

Les températures internes du matériel dépendront de facteurs semblables à ceux discutés ci-dessus. La densité d'intégration et la dissipation thermique des composants, les chemins thermiques via les surfaces externes, et l'incorporation de systèmes de refroidissement influenceront les valeurs de la température. Là où les températures ambiantes internes ou celles de différents composants sont concernées, elles devraient être estimées à l'aide des programmes d'analyse thermique incorporant les données ci-dessus et soutenus par des mesures spécifiques faites en conditions représentatives.

Pour le déploiement dans des régions de température basse, en l'absence de données mesurées, on peut supposer que les valeurs suivantes représentent les cas les plus sévères à la mise en route pour le matériel en compartiments confiné dont les surfaces de peau sont de meilleurs radiateurs de la chaleur vers le ciel nocturne que l'air ambiant :

Le domaine du déploiement (catégorie climatique) a induit la température (°C)

Zone du déploiement (Catégorie* climatique)	Température induite °C
C0	-21
C1	-33
C2	-46
C3	-51
C4	-57

Ces valeurs peuvent être minorées par le système de conditionnement d'air à bord pendant le fonctionnement au sol de longue durée et/ou par la chaleur dissipée par l'équipement opérationnel.

4.2.5.2.2 Humidité

Quand un matériel est prévu pour être utilisée en atmosphères chaudes et humides ou dans des régions tropicales humides, en l'absence de données mesurées, on doit supposer que les conditions seront semblables à celles du **fascicule 2311** pour le transit et le stockage dans des régions climatiques de la **catégorie B**.

On peut supposer que quand les moteurs tournent et que les circuits de bord fonctionnent à partir des alimentations d'énergie externe, les verrières et les trappes sont ouvertes, les dispositifs de climatisation fonctionnent.

Fournissant ainsi la ventilation et une réduction du niveau d'humidité de l'atmosphère dans les compartiments précédemment fermés.

L'hygrométrie dans les volumes semi-scellés et non aérés sera réduite graduellement par la chaleur dissipée des équipements, bien que la teneur en eau soit peu susceptible d'être réduite.

Quand le courant est coupé et que l'équipement se refroidit, la pression atmosphérique différentielle de chaque côté des parois du carter peut aspirer de l'air externe et augmenter ainsi la capture et l'accumulation de l'humidité extérieure.

Pour les charges extérieures, déployées sur des avions dans des régions tropicales humides ; la variation de la température de l'atmosphère interne, résultant du fonctionnement de l'équipement, peut avoir un effet semblable au cas précédent.

Le matériel déployé ou installé sur des avions opérant dans des régions chaudes et sèches du globe peut rencontrer des niveaux extrêmement bas d'humidité.

Niveaux extrêmement bas dus aux effets indirects de l'échauffement solaire ou à la proximité de sources de chaleur pendant le fonctionnement au sol.

Les systèmes électriques/électroniques de densités d'intégration élevées, les armements aéroportés et les charges fonctionnant au sol peuvent être pareillement affectés.

Aucune donnée enregistrée n'est facilement disponible pour de telles atmosphères sèches induites. Une hygrométrie inférieure à 30% est courante pour les conditions naturelles de ces régions chaudes et sèches du globe.

On peut supposer, par conséquent, que des valeurs d'humidité relative faibles peuvent exister dans les compartiments secs à l'intérieur des avions ou dans des secteurs similaires du matériel soumis aux températures induites.

4.2.5.2.3 Pression atmosphérique

Voir le paragraphe 4.2.5.1.3

4.2.5.2.4 Glace

La formation de glace sur du matériel déployé extérieurement sur des avions statiques sur le terrain d'aviation est entièrement liée aux conditions météorologiques présentes au sol.

Cette formation de glace peut être contrecarrée par les systèmes de dégivrage, à bord, pendant le fonctionnement au sol.

4.2.5.2.5 Sable et poussières

Quand l'avion hôte est en fonctionnement au sol sur des terrains d'aviation situés dans des régions chaudes et sèches de désert, sur des pistes d'atterrissage provisoires, ou tous les autres secteurs où il peut y avoir des accumulations de petites particules, les remous des hélices, les flux des moteurs à réaction, ou la dispersion vers le bas due aux rotors d'hélicoptère peut produire des concentrations considérables de sable et de poussières dans l'air.

Les hélicoptères en particulier peuvent être enveloppés de nuages denses de poussière ou de sable.

Les parties avant des tuyères des moteurs à réaction sont également vulnérables si les mécanismes de poussée d'inversion sont en activité pendant les périodes de fonctionnement du moteur.

En l'absence des données spécifiquement mesurées, les sévérités devraient être considérées comme équivalentes à la poussière et aux tempêtes de sable naturelles pour la durée des événements.

4.2.5.2.6 Erosion par impact

Voir le paragraphe 3.5.6.2.1.3.

4.2.5.2.7 Immersion, précipitation et jet

Voir le paragraphe. 3.5.6.2.1.4

4.2.5.3 Sorties de vol

4.2.5.4 La température

4.2.5.4.1 Avions à voilure fixe

a. Valeurs de température

- Des compartiments intérieurs d'avions peuvent être soumis aux températures ambiantes élevées dues à la chaleur dégagée par des moteurs et le générateur auxiliaire de bord, aux dispositifs d'échappement de moteur, à l'avionique et à l'appareillage électrique électronique ou en raison d'équipement situé dans un secteur fixe tel qu'un support d'équipement ou derrière un tableau de bord.
L'efficacité de refroidissement d'un matériel localisé dans des compartiments partiellement ou totalement non-conditionnés peut être affectée par la faible densité de l'air à l'altitude de vol et peut faire monter les températures de fonctionnement à des niveaux inacceptables.
- On peut supposer que des températures stabilisées appliquées à un matériel en compartiments non conditionné ou à des charges extérieures (non sujet à l'échauffement aérodynamique) correspondent aux températures de l'air ambiantes à l'altitude de vol indiquée dans les tables des atmosphères de référence (par exemple **tableau 1 de méthode 317 d'AECTP 300**).

b. Échauffement aérodynamique

- Le matériel situé en compartiments vers l'avant et près des bords d'attaque des avions à haute performance et dans des secteurs semblables des zones de stockage des charges extérieures, peut être soumis aux températures provoquées par l'échauffement aérodynamique pendant l'emport aux vitesses supersoniques.
La quantité de chaleur produite dans le fuselage est déterminée par la « température de rétablissement » et le coefficient de transmission de chaleur (c.-à-d., la capacité de la couche limite à transférer la chaleur à la structure), qui à son tour dépend des propriétés du matériau constituant la peau et de la température et des caractéristiques de l'air à l'altitude de vol.
Les températures produites dans le fuselage sont déterminés par les détails de la structure ou les trajectoires thermiques qui permettent un échange radiatif ou conducteur de la chaleur entre les éléments de la structure et l'atmosphère interne, et la distance à partir du « point d'arrêt ».

Le point d'arrêt est le point situé immédiatement à l'avant de l'aéronef ou sur le bord d'attaque de la voilure. Points sur lesquels l'air est au repos.

Si l'échauffement aérodynamique est un état transitoire, la température de la paroi dépendra également de sa capacité thermique selon qu'elle est épaisse ou mince.

Les températures éprouvées par le matériel installé dépendront du coefficient de transmission de chaleur de l'attache au fuselage et de la quantité de la chaleur absorbée par l'air environnant.

- Les durées de l'échauffement aérodynamique dépendront des performances des profils d'avions et de la mission de vol de l'avion porteur.
- Une base pour estimer les températures en compartiments confinés est donnée dans ***l'annexe A*** de ce chapitre. Dans la mesure du possible, les évaluations devraient être appuyées par des données mesurées.

4.2.5.4.2 Hélicoptères

a. Valeurs de température

- Des températures élevées peuvent être appliquées au matériel pendant le vol en raison de la proximité du générateur principal ou auxiliaire de bord, de la chaleur dissipée par le matériel électrique/électronique, et/ou s'il est situé dans un secteur semi-stagnant. L'évaluation des températures induites est un processus complexe et devrait être justifiée par des mesures pendant les vols d'essai dans les cas représentatifs les plus sévères.
- Pour les températures basses appliquées on peut supposer que les températures stabilisées éprouvées par le matériel installé en compartiments non conditionnés des avions et des charges extérieures correspondent aux conditions ambiantes pour l'altitude de vol indiquée dans les tables standard. L'information concernant les basses températures qui peuvent être appliquées au matériel installé en compartiments conditionnés devrait être demandée auprès de l'avionneur. Là où c'est applicable, des ajustements devraient être réalisés pour minorer la chaleur dissipée par l'équipement en fonctionnement.

b. Taux de variation de la température

- Pour des avions à voilure fixe, les temps de transition (entre les températures ambiantes au niveau du sol et à l'altitude de vol et vice-versa pendant le décollage et l'atterrissage) sont susceptibles d'avoir comme conséquence des vitesses rapides de variation de la température dans des secteurs non-conditionnés. Des vitesses de variation encore plus rapides sont susceptibles de se produire quand le matériel est soumis à l'échauffement aérodynamique pendant les phases d'accélération brutales, des manœuvres à grande vitesse des avions de haute performance. En l'absence des données mesurées, des sévérités peuvent être déduites de la connaissance des taux maximum de montée et de descente pour les avions concernés. Les taux de changement liés au chauffage aérodynamique doivent être déterminés à partir de données mesurées pendant des phases représentatives de vol.
- Pour des hélicoptères, la transition entre les extrêmes de la température au niveau du sol et à l'altitude pendant le décollage et l'atterrissage peuvent avoir comme conséquence pour le matériel déployée, en particulier pour les charges extérieures, d'être soumis à des variations de température plus rapides que celles qui se produisent lorsque que l'avion est au sol.

En l'absence de données mesurées, les sévérités des cas les plus sévères peuvent être déterminées à partir des taux maximums de montée et de descente des avions et de la différence maximale des températures ambiantes entre le niveau du sol et à l'altitude de vol susceptible d'être rencontrée en service.

4.2.5.5 Humidité

De l'humidité est susceptible de se former sur les surfaces externes et internes du matériel pendant les vols en raison de la différence des températures au niveau du sol et à l'altitude de vol et vice-versa. Particulièrement sur les terrains d'aviation des régions subtropicales ou tropicales.

L'air chaud dans les compartiments et les différents organes se mélange à de l'air ambiant de plus basse température pendant la montée en altitude.

Également lorsque les surfaces froides rencontrent un air relativement plus chaud pendant la descente et l'atterrissage, l'humidité se condense car les températures de l'air sont au-dessous des points de rosée respectifs.

Dans ce dernier cas, le phénomène est aggravé par le changement de pression atmosphérique qui augmente l'air humide et chaud.

On prévoira que les niveaux d'humidité relative en compartiments à air conditionné atteindront 90-95%, alors qu'en compartiments non conditionné, se produira la saturation.

4.2.5.6 Pression atmosphérique

- Normalement pendant le vol, le matériel installé en compartiments pressurisés éprouvera des pressions atmosphériques s'étendant entre une valeur ambiante et une valeur inférieure équivalente à celle d'une altitude prédéterminée (i.e. 3.000 m). Pression qui est maintenue au-dessus de la pression ambiante externe par une différence de.

Par ailleurs, le matériel installé dans les secteurs non-pressurisés sera soumis à la pression atmosphérique ambiante de l'altitude de vol.

- Dans la plupart des cas les pressions éprouvées par le matériel pendant les sorties de vol varieront entre les pressions ambiantes au niveau du sol et à l'altitude de vol, valeurs pouvant être trouvées dans **le fascicule 2311 de la norme AECTP-230 (Edition 1)**.

4.2.5.7 Variation de pression

- Les taux de changement positifs et négatifs de pression pendant les sorties de vol diffèrent de ceux qui résultent du décollage normal et de l'atterrissage et de ceux liés aux manœuvres à grande vitesse telles que la plongée et la montée en piqué pendant les combats aériens. Les taux de changement appliqués au matériel bord dépendent des performances de l'avion, du vol ou du profil de mission, et de l'emplacement du matériel dans un secteur pressurisé ou non.
- Des détails sur les taux de montée et de descente doivent être obtenus chez l'avionneur. En l'absence de données de taux de montée et de descente, un taux de montée et de descente de : 10.2 m/s (2.000 ft/m) peut être avancé pour des hélicoptères.

Cependant, il convient de noter que les taux normaux de montée et de descente peuvent différer jusqu'à de 40% selon le type ou le rôle des avions. Une allocation semblable peut être exigée en ce qui concerne les manœuvres des avions.

4.2.5.8 Décompression rapide et explosive

Des taux de variation anormaux de pression peuvent se produire en compartiments normalement pressurisés pendant les situations d'urgence. La vitesse de décompression dépendra du volume du compartiment et de la différence de pression au moment de l'incident. En l'absence d'information spécifique concernant la taille des compartiments, une durée maximale d'une minute devrait être supposée. Une défaillance structurale du fuselage peut avoir comme conséquence la décompression provoquant une explosion pour laquelle une durée maximale de 100 millisecondes devrait être considérée.

4.2.5.9 Surpression

Pour le matériel exposé sur les bords d'attaque et sur les surfaces vers l'avant du revêtement pendant le vol normal vers l'avant, la pression dépassera la pression ambiante locale par une quantité directement proportionnelle à la vitesse du porteur et sera fournie par la formule suivante:

$$p = 0,5 \rho v^2$$

Où p = pression dynamique en Pascal
 ρ = densité de l'air à l'altitude de vol en kg/m³
 v = vitesse du porteur de vol en m/s

À moins qu'il ne soit protégé par la structure de l'avion, le matériel déployé extérieurement est situé près des orifices des canons et des armes aériennes. Ce matériel sera soumis aux ondes de pression dues à la détonation pendant le tir des canons et au lancement des armes aériennes.

Aucune donnée n'est disponible concernant les caractéristiques de ces ondes de pression. Toutefois l'environnement est le plus souvent caractérisé par des chocs qui induisent une réponse vibratoire dans l'ensemble de la structure de l'avion et des matériels qui lui sont liés.

4.2.5.10 Givrage

Le givrage peut se produire à toutes les phases du vol et aux conditions atmosphériques et de vitesse de l'avion porteur.

Les accumulations de glace sur les zones frontales et les bords d'attaque des charges extérieures résultent de l'impact de gouttelettes d'eau surfondues existant dans les formations de pluie, de brouillard et de nuage dans un état instable. Soumises au choc mécanique, ces gouttelettes d'eau surfondues gèlent.

Pour ce qui concerne les gouttelettes d'eau surfondues la formation de glace d'impact dépend de la vitesse d'impact et de la température de la surface concernée. En conséquence, on doit prendre en considération l'effet de tout chauffage cinétique.

Les gouttelettes d'eau surfondues peuvent exister pour des températures s'étendant de 0 à - 40 °C. Les altitudes auxquelles cette bande de température existe varient avec le lieu géographique, la saison de l'année et les conditions climatiques.

La formation de glace, à de plus basses températures, peut surgir en raison de l'adhérence des cristaux de glace sur les structures. Ceci peut se produire quand la vitesse de vol dans des nuages de cristaux de glace augmente suffisamment la température des zones frontales de l'avion porteur. Augmentation qui fait fondre et adhérer les cristaux arrêtés.

Par conséquent l'accumulation de glace peut se produire, sur les surfaces exposées, à toutes les étapes du vol en fonction des conditions atmosphériques et de la vitesse de l'avion porteur. Les taux d'accumulation de glace sont déterminés par la quantité d'eau surfondue libre par volume unitaire d'air, de la taille des gouttes, de la présence de pluie, de brouillard ou selon le type de formation nuageuse.

La sévérité de givrage d'impact est définie comme le taux d'accumulation de glace en masse par unité de surface et par unité de temps. Cependant, dans la pratique, l'évaluation est fortement subjective en termes de « grave, » « modérée » ou « légère. »

On suggère que l'évaluation « grave, » citée par les équipages expérimentés, est représentée par un taux de $4 \text{ g/cm}^2/\text{h}$.

En fonction de la présence ou non de drainage localisé, les accumulations d'eau générées sont susceptibles d'être gelées par les basses températures en altitude de vol. La transition entre le niveau du sol et l'altitude de vol et réciproquement peut mener à des quantités considérables de condensation et d'entrée d'humidité. Notamment par le matériel installé en compartiments partiellement ou totalement non conditionnés.

En fonction de la prestation du drainage localisé, une accumulation d'humidité peut se produire qui peut être congelé à une ou plusieurs étapes de sorties de vol.

La sévérité dépendra de la mise à disposition et de la présence de tout conditionnement approprié sur l'avion porteur et des conditions ambiantes appliquées. Aucune donnée donnant la sévérité de ce type de givrage n'est facilement disponible.

La grande proximité de systèmes de réfrigération interne et de transferts de réfrigérant peut engendrer des dépôts de glace et d'humidité pour l'équipement adjacent.

Le fonctionnement de certains types de système peut dépendre de l'équipement de réfrigération intégré et du transfert du réfrigérant. La grande proximité avec les composants à basse température combinés avec les dépôts d'humidité peut avoir comme conséquence la formation de glace sur les surfaces de l'équipement adjacent.

4.2.5.11 Sable et poussière

Voir le paragraphe 3.5.6.2.3.6.2.

4.2.5.12 Erosion par impact

4.2.5.12.1 Grêle

Les conditions météorologiques normalement nécessaires pour la formation de la grêle sont semblables à celles liées au développement d'orages (c.-à-d., chaudes, moites et air instable).

De grandes tailles de grêlons sont constatées quand les vents ascendants sont puissants et qu'une humidité abondante règne.

Cependant, la grêle se forme parfois dans des nuages convecteurs qui ne se développent pas en orages. Des tempêtes de grêle se trouvent fréquemment dans les sub-tropiques et aux latitudes moyennes où des nuages de plus grandes tailles au-dessus du sol sont susceptibles de se produire. Une étude sur ces tempêtes de grêle a indiqué que leur occurrence est la plus élevée entre les altitudes de 3.000 et 6.000 m (7 fois l'occurrence du niveau du sol), et est très faible au dessus de 14.000 m.

Le potentiel de dommages de l'impact avec différentes tailles de grêlons dépend du type et de la densité de la glace et de la vitesse d'impact:

- les surfaces de revêtement avant,
- les bords d'attaque des verrières d'habitacle,
- les logements d'antenne et de radar,
- les systèmes de surveillance et de navigation,
- les phares d'atterrissage et de navigation,
- les ailes ou les sections de profil d'aile,

sont particulièrement sensibles aux dommages.

4.2.5.12.2 Pluie

Les précipitations sont généralement plus fréquentes dans les régions tropicales.

Des précipitations plus importantes se produisent dans des régions montagneuses particulièrement lorsque la montagne est parallèle à la côte et intercepte les vents chargés d'humidité.

Dans des latitudes tempérées, la pluie est la plus fréquente dans les régions côtières. Les valeurs des précipitations sont généralement plus faibles à l'intérieur des grands continents.

Cependant, les modèles de précipitations sont très variables en termes de temps et espace, et les informations détaillées concernant les caractéristiques de précipitations dans des localités spécifiques seront obtenues dans les centres météorologiques.

Le diamètre maximum des gouttes de pluie en phase terminale est environ 6 millimètres.

Les facteurs affectant l'érosion du matériel par la pluie sont:

- la taille de la goutte,
- la vitesse d'impact,
- les caractéristiques et les propriétés des matériels employés dans la construction,
- la forme et la finition extérieure de la surface impactée,
- le nombre de gouttes et la vitesse d'impact.

Les impacts répétés au même endroit influencent le modèle de l'effort et de l'érosion de la surface impactée.

La résistance est définie en termes de temps requis pour des gouttes de diamètre de 2 millimètres en précipitations simulées de 25 mm/heure et avec une vitesse d'impact de 225 m/s pour produire un degré d'érosion donné.

4.2.5.13 La poussière et sable

Les études des tempêtes de sable dans des régions sèches chaudes de désert indiquent que des restes de poussière restent suspendus dans l'atmosphère pendant une période considérable après l'arrêt de la tempête de sable.

Des particules jusqu'à 10 μm atteignent une altitude de 1500 m avec une limite supérieure d'environ 3000 m.

La sévérité de l'érosion sur les secteurs frontaux et des bords d'attaque du matériel extérieurement déployés sur des avions opérant aux basses altitudes au-dessus de telles régions dépend :

- de la vitesse d'impact,
- de la forme et de la dureté des particules,
- de la finition de la surface du matériel,
- de l'étendue de la surface affectée.

4.2.5.14 Précipitation et jet

Le matériel installé dans des compartiments partiellement ou totalement non climatisés des avions ou installé sur des charges extérieures embarquées est sujet à de la précipitation par condensation.

Cette condensation se forme sur les surfaces enveloppantes pendant la baisse de température lors de la montée en altitude ou lors de la descente vers les atmosphères plus chaudes au niveau du sol.

Ceci se produit particulièrement dans les régions tropicales chaudes et humides du globe.

Des taux de précipitation égaux aux intensités de pluie les plus importantes, pendant des périodes courtes, ont été observés. Selon les dispositifs de drainage installés dans le compartiment, un certain niveau d'immersion peut en résulter.

Le matériel situé dans les turbulences des propulseurs, à des positions basses sur les trains d'atterrissage ou sur les pylônes ou rails de lanceur, etc., est soumis aux pulvérisations des fluides de dégivrage de l'avion, de l'eau de surface du sol ou des fluides de dégivrage de piste.

En opérant au-dessus de l'eau sur des hélicoptères en basse altitude, particulièrement en vol rasant, le matériel déployé extérieurement est susceptible de recevoir des quantités considérables de jets d'eau produits par le flux d'air du rotor.

Aucunes données sur l'importance de ces jets ne sont disponibles.

4.2.5.15 Environnements chimiques et biologiques induits

Le matériel est exposé aux environnements chimiques et biologiques induits par les conditions opérationnelles des avions. Les effets nocifs de la contamination peuvent être immédiatement aggravés par les conditions climatiques météorologiques présentes ou à un stade plus avancé de sa durée de vie.

En fonction du type, de la conception du matériel et de son emplacement sur les avions, la réaction à l'attaque chimique et biologique peut devenir rapidement évidente. Dans d'autres cas les conditions atmosphériques dans lequel le matériel est situé peuvent être telles que les effets ne deviennent apparents qu'un certain temps après les conditions initiales.

Par ailleurs, les conséquences d'une telle exposition ne peuvent seulement être appréciées qu'après le redéploiement des avions dans des environnements plus propices pour provoquer la corrosion et l'attaque chimique.

Il est possible que l'on connaisse la partie du matériel qui sera déployée, pendant une durée significative de sa durée de vie, dans des endroits réputés pour induire une attaque chimique ou biologique.

Alors un essai en service réel, dans des conditions représentatives dans un secteur donné, peut être approprié, bien qu'il ne soit pas toujours possible de poursuivre l'essai pendant la durée requise.

Les méthodes d'essai de la **norme DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** utilise des conditions normalisées, des procédures et des sévérités déterminées.

Ces méthodes d'essai fournissent une indication du résultat probable, de l'exposition en situation réelle aux environnements chimiques et biologiques, comparativement rapide et efficace.

Par contre ces méthodes sont des essais accélérés, en particulier ceux pour les environnements chimiques, ils sont utiles pour élaborer un guide pour la résistance des matériels à ces formes d'attaque.

En fonction d'une application particulière les durées d'essai conseillées autorisent un certain degré de latitude

4.2.5.16 Atmosphères et solutions salines

Les matériels déployés sur les avions guidés à partir des navires de surface peuvent être soumis au brouillard, à la brume ou aux jets de sel causés par d'autres avions qui opèrent en vol près de la plate-forme navale.

L'interaction des mouvements du bateau et du mouvement des vagues est susceptible d'éclabousser et d'occasionner des jets d'eau de mer sur des équipements extérieurs. Notamment lorsque l'avion est garé sur le pont d'envol par gros temps.

Si l'avion a des possibilités de vol stationnaire et s'il effectue des manœuvres à basse altitude au ras de la mer, les équipements extérieurs seront enveloppés un brouillard d'eau ou d'une brume saline produits par les des réacteurs maintenant l'attitude par rapport à la piste d'atterrissage.

La sévérité de l'attaque par les dépôts de sel sera influencée par les conditions de stockage. Conditions météorologiques qui peuvent aller des périodes du séchage, à une atmosphère de chaleur humide induite dans les compartiments non aérés.

Chaleur humide résultant des effets indirects du cycle journalier de la température ambiante et du rayonnement solaire comme décrit dans les **paragraphes 3.2.1 et 3.2.2.** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 7-01.**

L'attaque chimique peut être plus importante lorsque le matériels est déployé ou entreposé dans des endroits chauds et humides tels que les environnements météorologiques et de stockage des régions climatiques de la **catégorie B.**

Ou dans n'importe quel emplacement où un l'équipement, fonctionnant dans un endroit clos, crée de l'humidité et que les températures atteintes déclenchent une corrosion électrolytique.

L'influence de l'humidité et de la température sur l'attaque chimique des matériels est donnée dans le **chapitre 4-02 de la partie 4 de cette norme DEF STAN 00-35**

Les exemples des effets sur les matériels résultant de l'exposition des environnements salins et des solutions d'eau salée sont :

- la corrosion des métaux par action électrochimique,
- le boursoufflement des revêtements de protection par électrolyse,
- la formation de dépôts conducteurs causant un défaut de fonctionnement des circuits électriques et/ou électroniques,
- le fendillement et la fissuration en surface des plastiques et du caoutchouc,
- la décoloration et la perte de transparence,
- l'accroissement ou la diminution de résistance à la traction, la fragilisation et la perte des propriétés électriques des matériaux non métalliques,
- le blocage ou la difficulté des pièces mobiles à se mouvoir,
- la gravure chimique des objectifs des systèmes optiques.

Divers défauts peuvent résulter de l'interaction des processus de corrosion et des caractéristiques de conception des matériels, par exemple la proximité de métaux différents (corrosion bimétallique), l'action combinée de la corrosion et de forces mécaniques (fatigue par corrosion, stress corrosion et fretting corrosion) ainsi que la fragilisation des aciers à haute limite élastique (fragilisation par l'hydrogène).

Des conseils et des informations sur ces questions sont donnés en référence la **référence 13 de l'Annexe B et chapitre 8-02 de la partie 4 de cette norme.**

Lorsqu'on exige de déterminer les effets sur les revêtements de protection et les conditions opérationnelles du matériel exposé aux atmosphères salines, il est préconiser d'utiliser **l'essai CN2 du chapitre 4-02 de la partie 3 - sel (corrosif)**

La solution pulvérisée formée de chlorure de sodium et d'eau distillée déionisée a une salinité de 5% comparé au 3.5% pour l'eau de mer.

D'autres solutions salines peuvent être employées, mais la composition et les caractéristiques (densité, valeur du pH etc.) doivent être clairement exprimées dans les spécifications d'essai d'environnement.

- L'essai de brouillard salin est employé pour déterminer la capacité du matériel à fonctionner après avoir été entouré de brouillard salin pendant une durée donnée.

- L'essai de corrosion saline est prévu pour déterminer la résistance à la corrosion et les effets à long terme de l'exposition au brouillard salin. Il inclut des périodes de stockage en états humides avec de la chaleur. La référence doit être les conseils donnés dans la **partie 3, le chapitre 4-02** concernant la durée du traitement et le stockage simulé.

4.2.5.17 Atmosphères acides

Les terrains d'aviation en activité génèrent une atmosphère contaminée par les émissions des échappements des unités de puissance d'avions, des équipements de soutien au sol et des véhicules de service fonctionnant dans le secteur.

Les matériels déployés extérieurement sur des avions activant la poussée d'inversion ou à l'arrière des turbopropulseurs sont exposés à la contamination par le flux des réacteurs.

De plus les matériels peuvent être déployés sur des terrains d'aviation où l'atmosphère est polluée par les émissions et les retombées des sites industriels voisins.

La contamination à partir de ces emplacements peut aussi se produire sous forme de pluies acides, ou après évaporation de l'humidité, par de la brume acide.

Pendant les sorties en vol, les matériels peuvent subir des pluies ou de la brume acides.

Des équipements installés en compartiments contenant des accumulateurs au plomb ou thermiques peuvent être affectés par les émissions acides dégagées quand de tels dispositifs sont activés pendant les sorties au sol et en vol.

Les conditions climatiques présentes aggraveront les effets des dépôts acides sur les matériels de la même manière que les retombées des atmosphères salines décrites dans le **sous-paragraphe 6.2.2. de DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 7-01**.

Les sévérités des atmosphères acides résultant de la pollution industrielle et niveaux enregistrés de contamination sont donnés par **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 8-01**.

Pour une application particulière les niveaux de contamination sont mieux déterminés par une évaluation de la probabilité et de la fréquence du déploiement dans les régions concernées ; plutôt qu'à partir d'une expérience antérieure où le matériel est soumis à ce type d'environnement.

L'information concernant la concentration de l'acide mesurée en eau de pluie au Royaume-Uni est fournie dans la **référence 12 de DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 7-01 Annex B**

Un guide simple comparant les périodes de traitement par une brume acide d'une concentration spécifique aux niveaux mesurés des pluies acides au Royaume-Uni et de l'atmosphère près des échappements de véhicule est donné dans **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 4-03**.

Pour déterminer les effets sur le matériel de l'exposition aux atmosphères acides **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 4-03 - Test CN3 - Acid corrosion** peut être utilisée.

La solution pulvérisée d'essai est dérivée de la factorisation approximative des concentrations pour les plus mauvais cas de précipitations acides au Royaume-Uni à partir de l'information fournie dans la **référence 12 de l'annexe B**.

Les processus naturels de corrosion sont complexes et aucune équivalence stricte avec la vraie exposition ne peut être citée.

- La sévérité 1 est prévue pour représenter approximativement 10 ans d'exposition normale au Royaume-Uni ou sur une période plus courte en proximité des échappements de véhicule.

- La sévérité 2 d'essai devrait être employée pour simuler des périodes sensiblement plus courtes d'exposition ou pour le déploiement dans les secteurs où les précipitations d'acidité sont beaucoup plus faibles.

4.2.5.18 Contamination par les fluides

Le matériel installé sur des avions peut, de temps en temps, être temporairement contaminé. Notamment par divers fluides et composants utilisés en opération, en entretien ou en maintenance de la plate-forme de vol ou d'un autre matériel de l'avion.

La contamination peut provenir d'éclaboussures accidentelles ou de débordements, de la fuite de joints ou de ruptures. Ce peut être aussi intentionnel, par exemple lors de nettoyage, de dégivrage, de décontamination à la suite d'une attaque chimique ou biologique, ou par l'utilisation d'extincteurs.

La sévérité de l'attaque par les fluides dépendra de la température du contaminant et du matériel contaminé, soit au moment ou après que la contamination se soit produite. Les températures peuvent s'étendre de l'ambiances locale (incluant l'influence du chauffage solaire) à des températures opérationnelles élevées pour le matériel déployé et le fluide contaminant.

Des exemples de fluides et de composés qui peuvent contaminer du matériel déployé sur des aéronefs à voilure fixe sont donnés ci-dessous :

- Carburants
- Huiles
 - o Lubrifiant
 - o Hydraulique
 - o Huile de ricin basé
 - o Ester de phosphate basé
 - o Pétrole basé
- Graisses
 - o Lubrifiant
 - o Protecteur
- Couple/fluides de commande
- Fluide de silicone
- Antigél
- Fluides de dégivrage
 - o avions
 - o piste
- Dissolvants et liquides de nettoyage
- Matériaux d'étanchéité de carlingue
- Extincteurs du feu
- Décontaminant nucléaires (NBC), biologiques et chimiques

La **référence 14 de DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 7-01 Annex B** donne les caractéristiques des carburants, des lubrifiants et d'autres matières employés dans le fonctionnement et entretien des avions et des véhicules de servitude associés.

La **référence 15 de DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 7-01 Annex B** donne des informations sur les décontaminants chimiques et biologiques.

Pour déterminer la résistance des matériels aux contaminants par les fluides, la **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 4-04 Test CN4 - Contamination by Fluids** doit être employée.

Quand la disponibilité, le coût et les délais ne permettent pas de faire un essai sur le matériel complet, l'essai peut être appliqué sur des sous-ensembles appropriés comme des composants, des matériaux témoin et des éléments de surface.

En choisissant l'essai sur des sous-ensembles, on doit prendre en compte le niveau de protection offert dans les cas où le matériel est protégé ou sous des couvertures.

Dans le cas d'un essai complet, il peut être pertinent de ne pas tester les parties contenues dans les endroits clos.

Les fluides et les composés représentant les substances rencontrées probablement par une partie du matériel en service, doit être choisis parmi ceux donnés en **chapitre 4-04**. La liste des fluides et des composés est généralement reconnue en tant que cas le plus sévère pour chaque type de contaminant de l'agent en termes d'effets potentiellement préjudiciables.

Les variations de la procédure d'essais appliquée, dépendent de la fréquence et de la durée d'exposition prévues comme suit :

- Occasionnel : pour les matériels qui sont contaminés de façon extraordinaire ou dans des circonstances peu usuelles, par exemple une ou deux fois par an.
- Intermittent : pour les matériels où le risque de contamination est susceptible d'être sensiblement plus grand que précédemment pendant les opérations normales, par exemple près des endroits de remplissage des réservoirs, ou les secteurs auxquels un liquide de nettoyage est régulièrement appliqué.
- Prolongé : Lorsqu'il existe un risque accidentel d'exposition pendant de longues périodes mais non prévu lors de sa conception.

La température appliquée sur le spécimen et sur chaque fluide d'essai doit être identique à celle prévue au moment de la contamination en service.

Les spécimens sont stockés pendant 96 heures à la même température que celle du spécimen au moment de la contamination.

Lorsque les températures ne sont pas spécifiées, on prendra les températures indiquées dans l'essai **CN4**.

L'essai **CN4** ne s'applique pas aux matériels qui sont conçu pour avoir un contact continu avec un fluide ou des fluides spécifiques pour assurer sa fonction en service.

La documentation indique que si l'essai précédent, sur les composants et les matériels, pour un fluide donné ne donne aucune réaction, l'essai ne sera pas répété sur des spécimens semblables.

Pour déterminer la résistance des matériels aux contaminants par les fluides, la **Partie 3 du chapitre 4-04** donne :

Essai CN4 - La contamination par les fluides doit être employée.

Quand la disponibilité, le coût et les délais ne permettent pas de faire un essai sur le matériel complet, l'essai peut être appliqué sur des sous-ensembles appropriés comme des composants, des matériaux témoin et des éléments de surface.

En choisissant l'essai sur des sous-ensembles, on doit prendre en compte le niveau de protection offert dans les cas où le matériel est protégé ou sous des couvertures.

Dans le cas d'un essai complet, il peut être pertinent de ne pas tester les parties contenues dans les endroits clos.

4.2.5.19 Moisissures

Les matériels peuvent être infectés par des spores de moisissure quand les capots de protections, les panneaux d'accès à la plate-forme de vol, et les différentes parties des matériels sont enlevés pour l'entretien.

Une fois le matériel infecté, les spores se nourrissent avec les aliments contenus dans les matériaux employés pour fabriquer ou entretenir l'équipement ou sur des sécrétions telles que la transpiration déposée pendant la manipulation.

Les conditions optimales pour la croissance fongique se trouvent dans les régions tropicales. Les spores, une fois installés, peuvent prospérer dans les régions tempérées ou froides du monde. En fonction des espèces, les spores de moisissures peuvent se développer dans des températures comprises entre 5°C et 50°C. Ils survivent également à de plus grandes températures.

Une fois les spores installées, la température et l'humidité appropriées favorisant leur croissance peuvent être créés artificiellement par la dissipation de chaleur d'un équipement à l'intérieur de volumes confinés comme décrit dans les **paragraphes 3.2.1 et 3.2.2**.

De même des microclimats peuvent être créés dans des secteurs infectés. Un changement occasionnel d'air, par exemple pendant une inspection de routine, assure un approvisionnement approprié d'oxygène aux spores.

Des informations concernant les caractéristiques des champignons sont fournies dans :

- les **références 8 et 9 DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 8-01 Annex A**
- **et DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 11-01.**

Certains matériaux non métalliques employés dans la construction du matériel renferment des composés qui constituent une source de nutriments pour les champignons dont l'extraction peut conduire à une moindre efficacité des revêtements de protection de surface, et à une baisse des propriétés mécaniques des adhésifs.

Les enzymes sécrétées convertissent les aliments en une forme soluble. Les déchets corrosifs produits peuvent attaquer le substrat sur lequel poussent des champignons provoquant l'encrassement et la corrosion, effaçant la gravure des surfaces et modifiant la transparence des lentilles.

Les champignons retiennent l'humidité et ralentissent le processus de séchage, ce qui est de nature à diminuer les résistances d'isolement et d'introduire d'indésirables chemins conducteurs d'électricité.

Des informations supplémentaires sur les matériaux qui sont sensible et qui sont résistant aux spores de moisissure, et les processus de dégradation des champignons et autres effets, est contenus dans :

- les **références 16 et 17 de l'annexe B de DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 7-01.**
- la **partie 3 de DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 11-02.**

Moisissures (hélicoptères)

Pour déterminer la capacité de la matière à résister à l'attaque par des spores de moisissure, la **norme DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 4-01 Test CN1 - Mould Growth** doit être employée. Une information fiable sur la résistance de la matière est plus aisément obtenue à partir d'essais sur des matériaux, des composants et des montages partiels.

Les durées des périodes d'incubation dépendent du but de l'essai comme suit :

Procédure d'essais A :

- exposition de 28 jours pour la matière en essai qui, en service, est protégée contre la contamination directe due aux substances qui servent de nutriments pour les spores,
- exposition de 84 jours pour la matière d'essai où les effets sur la tenue fonctionnelle doit également être évaluée.

Procédure d'essais B

- exposition de 28 jours si l'on prévoit que le spécimen d'essai en service sera contaminé avec des substances nutritives qui assurent la croissance des moisissures, comme la poussière organique, les composés volatiles condensés, la graisse etc.
- Deux spécimens d'essai (ou ensembles de spécimens) sont recommandés quand des essais sont effectués pour déterminer les effets sur les performances opérationnelles et la contamination par des substances servant d'aliment.

Dans ces cas le deuxième spécimen est soumis au stockage chaud et humide sans inoculation, afin de mettre en évidence tous effets résultant de l'exposition à la chaleur humide seule.

Cependant, il peut être judicieux de ne pas suivre cette recommandation si le programme d'essai exige que l'humidité séparée soit faite sur des spécimens identiques.

D'autres avis doivent être demandés aux laboratoires spécialisés pour l'essai de développement de moisissure.

4.3 Systèmes spécifiques

4.3.1 Caractérisation des environnements du matériel portatif et portable

Ce paragraphe traite les conditions environnementales climatiques, chimiques et biologiques induites pour les matériels portables et/ou portés par l'homme. Matériels portables comme les armes de petit calibre, les munitions, les lanceurs d'arme et les équipements de communication et de surveillance.

Les conditions environnementales couvertes dans ce paragraphe sont principalement celles subies par le matériel porté et employé par les forces terrestres telles que des soldats d'infanterie et les équipages servant les véhicules militaires en opération au-delà des bases avancées de stockage et sur le champ de bataille,

Des conseils sont donnés en annexe sur les effets potentiellement préjudiciables des agents d'environnement climatiques induits, des agents chimiques et des environnements biologiques,

On suppose que le matériel est sorti de son emballage et/ou conteneur de transport. Mais aussi qu'il peut toujours être protégé par une certaine forme de conteneur de terrain pouvant être fermé ou ouvert par conception. Les descriptions des valeurs des agents d'environnement se rapportent soit au matériel totalement exposé soit en conteneur approprié,

Pour les matériels interarmées portables pouvant être déployés sur des avions militaires, des navires de surface ou des sous-marins, on doit également se référer au paragraphe approprié du porteur correspondant,

Dans beaucoup de cas, le matériel portable et/ou porté par l'homme sera directement exposé aux conditions météorologiques locales pendant le déploiement au-delà des bases de stockage avancé. Les exceptions peuvent se rapporter aux périodes de transport tactique sur des véhicules militaires tels que des camions, des transports de personnel, des aéronefs à voilure fixe ou tournante ou des bâtiments provisoires.

Quelques types de matériel, tel le matériel de transmission portatif, peuvent être installés pendant des périodes prolongées à l'intérieur de véhicules. Véhicules comme les postes de commandement mobiles, les porteurs de munitions ou les chars d'assaut.

Dans ces cas les valeurs des agents d'environnement seront celles des conditions météorologiques aggravées par la forme de l'enceinte, le niveau de la ventilation, la chaleur et l'humidité émis par l'équipement opérationnel installé sur le véhicule.

La fréquence et la durée de l'exposition correspondante seront déterminées par les conditions opérationnelles.

Les conditions tactiques peuvent inclure le portage et la manutention du matériel sur divers types de terrain.

On citera :

- la négociation d'obstacles,
- l'immersion dans l'eau à diverses profondeurs,
- l'exposition à la poussière et à l'érosion par des atmosphères chargées susceptibles de provoquer la contamination et l'entrée de substances étrangères comprenant de l'eau sale.

4.3.1.1 La température

En fonction de la disponibilité ou non d'une ventilation correcte, la température du matériel localisé dans les espaces confinés des véhicules militaires terrestres pendant le transport tactique est susceptible de dépasser la valeur de l'environnement externe.

Les conditions peuvent être aggravées par la chaleur dissipée par les équipements de puissance des véhicules, les équipements opérationnels installés et le personnel à bord. Des effets semblables sont prévisibles à l'intérieur des bâtiments provisoires et des structures improvisées ad hoc qui peuvent être utilisés sur le champ de bataille. Ces effets peuvent être particulièrement critiques lorsque le matériel portatif tel que les équipements de transmissions dépend de la convection et du rayonnement vers l'atmosphère environnante pour maintenir une température de fonctionnement acceptable.

Réciproquement, les surfaces des bâtiments semi-permanents et les protections provisoires sont de meilleurs objets rayonnants nocturnes que l'atmosphère ambiante. En conséquence, en fonction de l'isolation de leurs matériaux et de la présence ou non d'équipements dissipateurs de chaleur ; la température à l'intérieur des espaces confinés peut être inférieure à la valeur de l'ambiante extérieure pendant la phase de basse température d'un cycle journalier.

Les conditions dans lesquelles les équipements individuels portatifs sont susceptibles d'être déployés dans le monde entier sont infiniment variables. Par conséquent, les sévérités de température données pour le passage et le stockage dans les régions chaudes (*catégorie A*) et les régions froides (*catégorie C*) au chapitre de la norme **AECTP-230 (Edition 1) LEAFLET 2311/1 sont applicables.**

Il convient également de faire référence au **chapitre 2311/1** pour déterminer le niveau de sévérité pour un domaine particulier de déploiement, par exemple **C0, C1, ou C2** etc.

Les valeurs de température sont celles susceptibles d'être atteintes ou dépassées dans les endroits les plus chauds ou les plus froids pendant approximativement 7,4 heures (1% d'un mois) sur la période la plus chaude ou la plus froide de l'année.

Des indications sont données au **chapitre 2311/1** pour estimer des valeurs de sévérité pour d'autres probabilités d'occurrence. Il est nécessaire de considérer avec une attention particulière le cas des matériels positionnés derrière des surfaces transparentes et exposés au rayonnement solaire dans des régions chaudes, qui pourraient être soumis à des températures au-dessus de 85°C.

Les températures rencontrées en configuration de combat pendant le transport sur avion à aile fixe sont probablement semblables aux valeurs indiquées aux **chapitres 236/237** de cette même norme qui traitent du transport de matériel par avion.

Les altitudes de vol des hélicoptères de combat pendant les sorties avec troupes sont susceptibles d'être telles que les températures rencontrées par les équipements portatifs (jusqu'aux altitudes de 900 m environ) seront semblables aux valeurs au niveau de la mer. Des indications sont données au **chapitre 2311/2** pour les facteurs de correction à appliquer pour des altitudes plus élevées.

Les températures pendant le débarquement du personnel de combat à partir des moyens des forces navales tels que les navires d'assaut ou les barges de débarquement seront semblables

aux conditions météorologiques au niveau de la mer, excepté pour les équipements transportés sous conditionnement, auquel cas l'effet indirect du rayonnement solaire est à considérer, comme discuté ci-dessus. Cependant, pour les équipements portatifs spécifiquement destinés au déploiement sur aéronefs à aile fixe ou tournante, sur navires ou sous-marins, il convient de faire référence au chapitre approprié de ce document.

Les équipements portatifs peuvent être soumis à une variation rapide de température pendant le transfert depuis des bâtiments à air conditionné vers l'extérieur, lorsqu'ils sont déployés dans des régions géographiques connues pour leurs valeurs de température extrêmes (variation de haute à basse ou de basse à haute température).

Une situation semblable est rencontrée pour les matériels largués à partir des soutes conditionnées des avions de transport à aile fixe, ou les matériels remontés des cales inférieures sur les navires opérant dans des régions froides.

Les températures varieront rapidement depuis les valeurs indiquées aux **chapitres 236/237/1 de la norme AECTP-230 (Edition 1)** pour les soutes des avions de transport et au **chapitre 238/1** de cette même norme pour les navires, vers l'ambiante externe.

4.3.1.2 Humidité

Le matériel porté sur le champ de bataille par les troupes terrestres est susceptible d'être soumis à des niveaux d'hygrométrie supérieure à l'ambiante si le déploiement inclut des périodes de maintien temporaire sous emballage de protection ou dans des espaces clos sans ventilation adéquate.

Il s'agit par exemple des matériels situés dans les compartiments des véhicules militaires, les remorques et les abris provisoires utilisés comme postes de commandement ou de surveillance. De telles conditions s'appliquent en particulier aux enceintes déployées ou érigées en milieu ouvert dans les régions tropicales chaudes et humides, où le cyclage journalier de forte amplitude thermique est aggravé par l'effet indirect du rayonnement solaire sur les surfaces externes.

L'alternance du réchauffement et du refroidissement induit des différences de pression à travers les parois de l'enceinte qui favorisent une pénétration d'air extérieur. Le niveau de la ventilation peut être tel que l'humidité de l'air entrant peut être piégée pendant la phase de réchauffement du cycle journalier suivant, augmentant ainsi l'hygrométrie et de point de rosée à l'intérieur de l'enceinte. Les différents cas de figure imaginables sont infinis et hormis dans les cas où le matériel doit être déployé dans une installation particulière bien définie, il convient de supposer qu'on peut atteindre la saturation pendant la phase à basse température du cycle.

Des différences de pression sont susceptibles d'apparaître à travers les parois des boîtiers partiellement fermés et des enveloppes de protection des matériels individuels, entraînant une pénétration et une rétention d'humidité. Bien que la chaleur dissipée par l'équipement en fonctionnement va contribuer à réduire l'hygrométrie, l'alternance réchauffement et refroidissement liée à son cycle d'utilisation peut aussi aggraver la situation.

Les effets combinés de fortes températures induites et de dissipation de chaleur peuvent entraîner de très bas niveaux d'hygrométrie à l'intérieur des espaces confinés des matériels déployés dans les régions chaudes et sèches du globe. Des valeurs d'humidité relative inférieures à 30% sont courantes en ambiance naturelle dans les régions chaudes et sèches du monde. Le **chapitre 2311/1** indique des valeurs enregistrées d'humidité relative descendant jusqu'à 3 à 8%. Par conséquent, des niveaux semblables ou encore inférieurs peuvent être rencontrés dans les espaces confinés où des sources dissipant de la chaleur sont présentes.

4.3.1.3 Pression atmosphérique

Le matériel porté par les troupes aéroportées sera soumis à des pressions inférieures à la valeur standard pendant les vols et les parachutages sur le champ de bataille. Des valeurs de la pression atmosphérique inférieure à la pression standard à l'intérieur des soutes pressurisées des avions à aile fixe, en condition normale de transport, sont indiquées aux **chapitres 236/237/1 de la norme AECTP-230 (Edition 1)**. Les basses valeurs de pression et la décompression explosive associées aux conditions de vol en situation d'urgence, pendant lesquelles le matériel ne doit pas générer de danger potentiel vis-à-vis de l'avion et de l'équipage, sont également spécifiées. La basse pression pendant le transport vers les secteurs de combat en avion à aile tournante est probablement semblable à la valeur normale en soute des avions à aile fixe.

Le matériel porté par les troupes au sol peut être soumis à de faibles niveaux de pression au-dessus de la valeur standard, pendant le transport tactique en véhicules militaires. Notamment lorsque ceux-ci sont en surpression interne pour empêcher la contamination de l'habitacle, en cas d'attaque nucléaire, chimique, ou biologique.

4.3.1.4 Sable et poussières

En opération dans les régions désertiques chaudes et sèches, ou lorsque le sol est susceptible de se fragmenter en particules fines, pratiquement tout mouvement du porteur ou du matériel est susceptible d'entraîner une contamination par la poussière ou le sable.

Le mouvement des véhicules militaires dans les zones de désert tend à générer des atmosphères empoussiérées ou ensablées dans lesquelles on peut atteindre des concentrations proches de celles des tempêtes de sable naturelles. Une fois dispersée, la poussière fine peut rester dans l'atmosphère pendant plusieurs jours. Même les matériels situés dans des enceintes partiellement fermées sont vulnérables. Le matériel porté par le personnel de soutien au sol lors de mouvements des avions sur les terrains d'aviation est susceptible également d'être directement soumis à la poussière et au sable artificiellement dispersés.

Pendant les manœuvres où les soldats d'infanterie rampent au sol, n'importe quel matériel porté ou traîné est sensible à une pénétration de particules fines de sable ou poussière.

Les caractéristiques des atmosphères chargées en sable et poussières, dont la distribution et les caractéristiques physiques des particules et les niveaux de concentration liés au mouvement des véhicules militaires, sont données au **chapitre 232/1 de la norme AECTP-230 (Edition 1)**.

4.3.1.5 Immersion, précipitation et embruns

Pendant les opérations tactiques ou les combats en présence d'eau, les matériels portatifs peuvent être amenés à subir un mouillage. Les matériels peuvent être soumis, accidentellement ou intentionnellement, à des éclaboussures ou aspersions, ou à des immersions partielles ou totales dans l'eau. Les situations sont infiniment variables et il convient de définir dans le document des Exigences Environnementales, des critères de tenue à l'eau tels que des profondeurs et des durées d'immersion limites et des niveaux attendus de survie

4.3.1.6 Atmosphère saline

Lorsque du matériel portatif ou portable est déployé occasionnellement en atmosphère marine, il peut se retrouver dans un brouillard salin résultant de manœuvres d'embarcations ou d'appareils volant à basse altitude au-dessus de la mer. Quand les opérations nécessitent des passages à pied dans la mer, en particulier dans les conditions de combats, des immersions accidentelles partielles ou totales et des éclaboussures d'eau de mer sont inévitables.

La sévérité de l'attaque par les dépôts de sel sera influencée par les conditions climatiques pendant les périodes d'utilisation ou de stockage à venir. Les atmosphères chaudes et humides

décrites dans la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 1-02** qui caractérisent les conditions en stockage, en transport ou en exposition directe dans les zones climatiques de **catégorie B**, sont connus pour favoriser l'attaque par les dépôts de sels.

Des données concernant les caractéristiques des atmosphères marines dans le monde sont consultables dans la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 8-01**.

4.3.1.7 Atmosphères acides

Les déploiements près de sites d'industrie lourde, en particulier dans les zones où la pollution atmosphérique n'est pas régulée, peuvent entraîner des attaques chimiques sur le matériel. La contamination peut se faire sous forme de dépôts directs sur les surfaces, de pluies ou de brouillards acides.

La meilleure voie pour déterminer les niveaux de contamination pour une application particulière est de vérifier la probabilité et la fréquence de déploiement sur site pollué et de prendre en compte le retour d'expérience concernant les expositions à de telles ambiances.

Les causes et caractéristiques des atmosphères polluées, les niveaux mesurés de contamination, l'influence des conditions météorologiques et environnementales induites et de la topographie locale sont décrites de manière plus détaillée dans la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 8-01**. Des données concernant la concentration en acide mesurée dans les pluies au Royaume Uni sont consultables dans le document « **Acid Deposition in the United Kingdom, Third Report of UK Review Group on Acid Rain, 1990 - J G Irwin and F B Smith, Warren Springs Laboratory, Stevenage** ». Une comparaison grossière d'un conditionnement en brouillard acide de caractéristiques données, avec les niveaux mesurés de pluies acides au Royaume Uni et l'atmosphère près des échappements des véhicules est donnée dans la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 4-03**.

Les matériels déployés dans et autour des bases de stockage avancées, dont les terrains d'aviation, où de nombreux mouvements de véhicules ou d'avions au sol sont à prévoir, sont susceptibles d'être pollués. Notamment par les fumées d'échappement des moteurs ou les émissions des batteries des véhicules militaires, des engins de support terrestre, des chariots élévateurs, des groupes électrogènes, etc.

Des conditions climatiques dominantes telles que des humidités et températures élevées en zones tropicales sont à même d'accentuer les effets des contaminations.

4.3.1.8 Contamination par les fluides

Lors des opérations sur les champs de bataille, les matériels portables ou portatifs sont amenés à être déployés en une infinité d'endroits où les dégâts occasionnés sur les infrastructures peuvent entraîner un contact inévitable avec une large gamme de fluides et autres composés rejetés par des canalisations, des récipients de stockage, etc.

Partout où des véhicules et des équipements de support terrestre tels que des groupes électrogènes, des pompes etc sont utilisés, et où des manœuvres au sol d'aéronefs ont lieu, les matériels portables ou portatifs utilisés ou portés à proximité peuvent être contaminés accidentellement.

Parmi les types de fluides que l'on peut rencontrer, on peut citer :

- Les carburants :
 - o Pétrole
 - o Kérosène
 - o Gasoil
- Les huiles :

- o Lubrifiants
- o Bases minérales
- o Bases ester
- o Fluides hydrauliques
- o Huiles de ricin
- o Bases ester phosphate
- Les graisses
 - o Lubrifiantes
 - o Protectrices
- Les fluides de transmission
- Les fluides déglacant
- Les fluides dégivrants
- Les liquides de refroidissement
- Les produits d'étanchéité
- Les solvants et produits de nettoyage,
- Les produits d'extinction des feux
- Les produits de décontamination NBC (nucléaire, bactériologique, chimique)

Le document « **DEF STAN 01-5 Fuels, Lubricants and Associated Products** » donne les caractéristiques des fluides qui peuvent être rencontrés. Le document « **DEF STAN 08-41, Chemical and Biological Hardening of Military Equipment, Part 1 General Requirements, Assessment and Testing** » donne des informations sur les produits de décontamination chimique et biologique.

La sévérité de l'attaque chimique peut dépendre de la température de l'agent contaminant ou du matériel contaminé au moment de la contamination ou à l'issue de celle-ci. Les radiations solaires, par exemple, vont augmenter la température des surfaces externes au-delà de la valeur ambiante. On peut se reporter pour ce point dans la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 3-02**.

4.3.1.9 Moisissures et bactéries

Même si les conditions optimales de croissance des moisissures sont rencontrées en zone tropicale, les spores peuvent se développer dans des zones tempérées ou plus froides du globe. Selon les espèces, les spores peuvent croître dans une gamme de température entre +5 et +50 °C. Elles survivent à des températures extrêmes plus élevées. Les spores peuvent être amenées sur les matériels portatifs ou portables par entrée d'air extérieur par aspiration, ou lorsque des portes d'accès, des sas d'inspection, des enveloppes de protection sont temporairement ouverts pour des contrôles de routine ou des examens de maintenance ou de performance. Le déversement accidentel de fluides utilisés dans les procédures de maintenance, les déchets de cuisine, les sécrétions telles que la transpiration des mains durant la manipulation, sont des sources de nutriments pour les spores.

Une fois que les spores ont été importées, les conditions appropriées pour leur développement peuvent être créées artificiellement, par exemple lors d'un déploiement en atmosphère stagnante ou semi-ventilée.

En l'absence d'un niveau approprié de ventilation, les effets de l'humidité et des radiations solaires sur la croissance des spores peuvent être amplifiés. Dans le même ordre d'idée, des micro-conditions climatiques favorables peuvent apparaître au sein de zones infectées sur certaines unités de matériel. Les exigences d'ouverture de sas pour les inspections de routine

contribuent au renouvellement de l'oxygène nécessaire au maintien du développement fongique.

Les matériels portables et portatifs déployés près du sol sont vulnérables à une contamination bactérienne par les microorganismes vivant en surface. Tout comme les moisissures, les bactéries provoquent des dégradations liées aux réactions chimiques desquelles elles tirent l'énergie nécessaire à leur croissance, et liées aux substances qu'elles produisent. Les réactions chimiques peuvent aboutir à l'oxydation de composés soufrés en acide sulfurique lequel contribue à la corrosion des matériels en contact avec le sol. La gamme de température permettant la croissance et la survie des colonies bactériennes est similaire à celle des moisissures.

Des données plus détaillées sur les caractéristiques des moisissures et des bactéries sont consultables dans la **norme DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 11-01**.

4.3.1.10 Faune

Les zones potentielles de déploiement des matériels portables ou portatifs incluent l'habitat naturel de la faune ou les constructions humaines qui offrent un abri à celle-ci. Les matériaux utilisés pour la réalisation des matériels peuvent être soumis à une dégradation directe par voie physique, en tant que source de nourriture ou comme enveloppe de protection d'aliments, en tant que matériau utile pour la nidification, ou à une dégradation par voie chimique ou biologique liée aux sécrétions animales.

Les matériaux d'origine animale ou végétale seront pris pour cibles par les insectes comme source de nourriture, alors que les plastiques, caoutchoucs et matériaux de revêtements de surface peuvent être percés s'ils servent à protéger des aliments.

4.3.2 Caractérisation des environnements du déploiement d'armes de surface et aéroportées

Ce fascicule traite des environnements climatiques qui peuvent être rencontrés par les systèmes d'armes aéroportés et terrestres, les missiles, les bombes et les projectiles de leur phase de départ depuis la plate-forme jusqu'à leur vol libre vers la cible. Les sources et caractéristiques des environnements climatiques sont présentées et expliqués. Une description des effets possibles ainsi que des conseils sur la manière de les prendre en compte sont donnés. Si cela est approprié, les procédures d'essais de l'AECTP 300 ont été identifiées.

4.3.2.1 Généralités

Les munitions sont susceptibles d'être soumises aux conditions climatiques induites lors du lancement et pendant la trajectoire entre la plate-forme de lancement et la cible. Les conditions induites peuvent être différentes ou plus pénalisantes que celles dues aux seules conditions météorologiques à cause des « procédures opérationnelles ou tactiques » et du déploiement exigé pour avoir l'effet désiré sur la cible.

L'environnement climatique induit par les munitions lors de la phase de lancement et lors du vol vers la cible dépendront de l'attitude du système (c.à.d. la force motrice ou de contrôle de la trajectoire). Les trajectoires seront déterminées par diverses méthodes, depuis celles où l'ensemble des paramètres sont définis initialement à celles où les systèmes de pilotage sont partiellement ou entièrement autonomes. Également sont incluses les munitions qui, après installation, « accrochent » la cible. Le taux de succès et la performance de ces systèmes peut dépendre de leur réaction aux conditions climatiques rencontrées.

4.3.2.2 La température

4.3.2.2.1 Les températures induites lors du lancement

Les caractéristiques et sévérités des températures dues aux seules conditions météorologiques sont couvertes dans le **chapitre 2311/1 de la norme AECTP-230 (Edition 1)**.

Référence doit être faite au fascicule approprié pour les origines, caractéristiques et effets des températures induites qui peuvent être rencontrées lors de la phase de lancement depuis la plate-forme (véhicules terrestres, navire de surface, sous-marins, avions). Dans certains cas, le temps de présence écoulé sur le lanceur ne sera pas suffisant pour que les effets des divers facteurs qui génèrent les températures extrêmes soient rencontrés. Les temps de présence doivent être déterminés par les spécifications opérationnelles et spécifications d'environnement des systèmes d'arme et des plates-formes.

4.3.2.2.1.1 LA TEMPERATURE DES MUNITIONS LORS DE LA PHASE DE LANCEMENT DEPENDRA DES FACTEURS SUIVANTS

- La zone géographique de déploiement.
- Le type de plate-forme de lancement et si la munition est concernée par un conditionnement interne ou externe (par exemple, les silos souterrains, les conteneurs ou les lanceurs exposés sur terre ou sur navires de surface, les baies enfermées ou les rails de lancement exposés sur avion).
- Le temps de présence sur le lanceur dans les conditions atmosphériques ambiantes, en n'oubliant pas l'influence du rayonnement solaire ou de l'échauffement cinétique résultant de la vitesse de la plate-forme de lancement.

4.3.2.2.1.2 LA TEMPERATURE DES SYSTEMES ET DES COMPOSANTS FIXES SUR OU A L'INTERIEUR DU SYSTEME DEPENDENT

- de l'emplacement sur l'arme (compartiment, zone ventilée ou non),
- des effets indirects de rayonnement solaire,
- du contrôle de température à l'endroit où se trouve le système ou le composant,
- de la chaleur dissipée par les systèmes et les composants qui doivent être opérationnels avant le tir,
- de la densité d'intégration des composants ou cartes comme cela est le cas pour les équipements électriques et électroniques.

4.3.2.2.2 La température induite pendant le vol libre

a. Les facteurs déterminants qui influent sur les températures vues par les munitions pendant leur vol libre sont les suivants:

- la température de l'air ambiant le long de la trajectoire,
- la vitesse de la munition lors du vol libre,
- les caractéristiques thermiques intrinsèques à la munition,
- la durée du vol libre.

b. Les températures des systèmes et composants pendant le vol libre dépendent :

- des effets liés à l'échauffement cinétique et des caractéristiques du chemin thermique dans la structure de la munition en vol libre,
- de la proximité des équipements qui dissipent de la chaleur tels que les propulseurs et les autres équipements participant à la chaîne fonctionnelle de guidage et de pilotage,
- de la densité d'intégration des équipements électriques/électroniques,
- de la durée du vol libre,
- de l'altitude de vol (densité de l'air).

4.3.2.2.3 Munitions non propulsées (chute par gravité ou « planante »)

Les vitesses et les échelles de temps associées à la phase de vol libre de ce type de munitions, tels que les bombes ou les systèmes sous-marins lancés depuis avion, sont telles que toutes les variations de température générées par des pertes ou des gains de chaleur sont insignifiantes.

Une exception peut être faite sur les munitions qui, près de la fin de leur trajectoire, restent sur zone en recherchant et en poursuivant la cible. Dans ce cas les températures peuvent tendre, durant ce laps de temps, vers un équilibre entre la température ambiante et les flux thermiques dissipés par les équipements à bord.

Les températures obtenues devront alors être déterminées par des analyses thermiques et être confirmées par des mesures effectuées pendant des campagnes d'essais en vol.

Les paramètres thermiques affectant les températures des armes sous-marines lancées à partir d'avion depuis la phase de départ jusqu'à l'immersion sont semblables aux autres armes non propulsée (chute par gravité ou « planante »).

Dans certains cas la trajectoire et la vitesse de vol peuvent être pilotées par le déploiement de profils aérodynamiques et des parachutes. Pour les systèmes tirés depuis des bâtiments de surface, les effets thermiques de la trajectoire avant l'immersion seront normalement non significatifs.

L'événement thermique le plus significatif pour les armes sous-marines est probablement la variation de température générée pendant la phase de transition air/eau.

Par exemple : un système largué d'avion dans une eau de mer chaude après avoir été conditionné à une température ambiante basse lié à un transport aérien en haute altitude ; un système pénétrant dans une eau de mer froide après un tir depuis le pont d'un bateau alors que celui-ci était à une température élevée notamment à cause des effets du rayonnement solaire. Pour les températures atmosphériques en altitude, référence devrait être faite aux tables des atmosphères normalisées comme la norme **ISO 5878**.

Les températures rencontrées par les torpilles une fois immergées après leur lancement, dépendront de la chaleur générée par les alimentations et les systèmes de propulsion et de commande, du « temps de vol » et du flux de chaleur sortant de la structure vers l'eau environnante. Les sévérités thermiques associées doivent être déterminées par des analyses thermiques et par des mesures faites lors d'essais en mer.

Voir la norme **AECTP-230 (Edition 1) LEAFLET 239/1 paragraphe 2.2.3** « températures rencontrées par les systèmes d'arme activés par la cible telles que les mines terrestre et marines après lancement ».

4.3.2.2.4 Munitions propulsées / échauffement cinétique (aérodynamique)

Les roquettes et les munitions propulsées sont susceptibles d'être soumises à un échauffement cinétique ou aérodynamique induit par les effets compressifs et visqueux quand elles se déplacent à vitesse élevée dans l'atmosphère.

Ceci a pour effet d'augmenter rapidement la température du corps du fuselage régi par divers paramètres comme cela est décrit dans **l'annexe A** de cette même norme.

Pour la plupart des applications, comme les armes évoluant à vitesse supersonique et avec un temps de vol court, l'effet de l'échauffement cinétique l'emporte par rapport aux autres effets thermiques transitoires ; telle que la dissipation de chaleur interne.

Dans le cas des projectiles, les échelles de temps impliquées sont telles que les effets dus à l'écoulement de chaleur peuvent être ignorés.

4.3.2.2.5 Températures rencontrées par les systèmes d'arme activés par cible

Une fois déployé sur le terrain, ce type de système peut être sujet à des températures induites supérieures aux conditions atmosphériques ambiantes et ceci particulièrement dans les régions tropicales sèches et chaudes.

Les systèmes placés sous une bâche non aérée, entre autre sous végétation, ou dans des abris exposés au rayonnement solaire, sont souvent soumis à des températures qui dépassent de 20°C ou plus la température atmosphérique extérieure ambiante.

Des températures encore plus élevées peuvent être rencontrées si ce système est couvert par une bâche transparente. Elles sont dans ce cas de l'ordre de 85°C à 90°C dans les régions chaudes et sèches.

Lorsqu'ils sont submergés, la température des mines marines, sonars et systèmes de surveillance se stabilisera à un niveau proche de celui de l'eau de mer environnante.

Dans le cas des torpilles, les températures durant le « vol » dépendront :

- de la chaleur générée par les alimentations de puissance et les systèmes de propulsion et de commande,
- du « temps de vol »,
- de l'écoulement de chaleur hors de la structure vers l'eau environnante.

Les sévérités thermiques associées doivent être déterminées par des analyses thermiques et par des mesures faites lors d'essais en mer.

4.3.2.3 Humidité

4.3.2.3.1 Humidité induite lors du lancement

Les facteurs affectant les niveaux de l'humidité relative rencontrés par les munitions, les sous-systèmes et les composants lors du lancement sont semblables à ceux donnés dans le paragraphe 2.2.1.1 ci-dessus.

Les sévérités et effets des conditions normales sont donnés dans le **chapitre 2311/1 de la norme AECTP-230 (Edition 1)**.

Référence doit être faite à la section appropriée de cet AECTP pour les niveaux induits d'humidité relative qui dépendent du type de plate-forme de lancement : navire de surface, sous-marin, avion, véhicule terrestre. Dans certains cas, le temps de présence sur le lanceur sera tel que les pleins effets des diverses influences ne pourront se produire.

Les temps de présence devront être déterminés par les spécifications opérationnelles et les spécifications d'environnement des systèmes d'arme et des plates-formes.

4.3.2.3.2 Humidité induite pendant le vol

Pour les systèmes air-air et air-sol, tous les changements d'humidité dans des compartiments des munitions pendant le vol sont susceptibles d'être liés aux températures induites. La chaleur dissipée par les équipements et les composants embarqués et/ou celle issue de l'échauffement cinétique est susceptible de réduire le taux d'humidité à l'intérieur des compartiments.

Une augmentation des niveaux d'humidité relative est toutefois possible par l'humidité contenue dans les gaz dégagés par les systèmes de propulsion et les batteries qui fournissent la puissance électrique.

Normalement, les effets des changements de l'humidité pendant la phase de vol libre sont considérés comme non significatif.

4.3.2.3.3 Humidité induite des armes sous-marines

Le taux d'humidité à l'intérieur des sections et des compartiments des mines et des torpilles lancées depuis des bâtiments de surface peut changer dès l'immersion à cause d'une modification globale dans la température du système à l'instant où il passe de l'air à l'eau.

Des parties du système contenant des composants particulièrement sensibles à l'humidité peuvent alors être remplis de gaz sec.

Les évolutions successives du taux d'humidité relative à l'intérieur des compartiments de mines marines sont négligeables. L'humidité à l'intérieur des torpilles pendant le « vol » peut être renforcée par l'humidité contenue dans les gaz dégagés par les batteries alimentant les systèmes de propulsion. L'effet peut être réduit quand les compartiments sont chargés de gaz inerte et sec et/ou quand ils sont régulés thermiquement par la chaleur générée par les alimentations et les équipements du bord.

4.3.2.3.4 Humidité induite dans les systèmes d'arme activés par cible

Quand ces systèmes sont entreposés sous des abris non-aérés et particulièrement dans les régions tropicales humides et chaudes, l'échauffement solaire peut induire des taux d'humidité au-dessus des conditions ambiantes.

Un différentiel de pression créé par les variations journalières de la température est propice à une aspiration de l'humidité et à son accumulation à l'intérieur des matériels.

Ce qui peut avoir comme conséquence la saturation en eau notamment pendant les phases les plus froides du cycle.

4.3.2.4 Pression d'air

4.3.2.4.1 Pression d'air lors de lancement

Le niveau de pression vu par les munitions, les équipements et les composants lors du lancement seront déterminés par le type de plate-forme de lancement : lanceur terrestre, navire de surface, sous-marin ou avion, et s'ils sont exposés directement aux conditions atmosphériques ambiantes ou lancés d'un conteneur pressurisé ou d'un tube de tir.

Les niveaux de pression maximum sur terre et au niveau de la mer sont données dans le **chapitre 2311/3 de la norme AECTP-230 (Edition 1)**.

Le niveau de pression d'air ambiant vu par les armes emportées sous avion au moment de la phase de lancement est déterminé par l'altitude de vol du porteur au moment du tir.

Les niveaux de pression atmosphérique en fonction de l'altitude peuvent être déterminés à partir de normes internationales décrivant les atmosphères de référence telles que la norme **ISO 5878**. Les niveaux de pression d'air dans les conteneurs de tir ou les tubes de lancement sur les navires de surface et les sous-marins devraient être déterminés par études ou déclinées des exigences du concepteur de la plateforme ou du concepteur du système de lancement.

4.3.2.4.2 Pression d'air pendant le vol libre

Les niveaux de pression d'air ambiant rencontrés par les munitions pendant le vol libre sont déterminés par le profil de vol.

Pour le cas des bombes, les mines et les projectiles qui atteignent leur cible par vol non propulsé, le profil de vol peut varier d'une simple chute libre à une trajectoire balistique.

Les pressions varient directement avec l'altitude et les vitesses de montées ou de descente pilotées par les commandes de vol.

Les mêmes facteurs s'appliquent aux missiles propulsés où les niveaux d'altitude sont susceptibles de varier davantage. Notamment avec des variations de pression considérablement plus importantes lors des phases de montée et de descente, particulièrement lorsque le missile poursuit une cible mobile vélocité.

Les niveaux de pression que peut rencontrer un système doivent alors être déterminés en considérant toutes les trajectoires possibles qu'il est susceptible d'effectuer lors de son utilisation opérationnelle.

4.3.2.4.3 Pression d'air dynamique

Les surfaces frontales et les bords d'attaque exposés à l'écoulement d'air lors des emports sous avion et lors du vol libre vers la cible seront soumis à la pression dynamique déterminée par la formule suivante :

$$p = 0,5 \rho v^2$$

Où p = pression dynamique en Pascal
 ρ = densité de l'air à l'altitude de vol en kg/m³
 v = vitesse du porteur de vol en m/s

4.3.2.5 Pression hydrostatique

Les munitions sous-marines lancées depuis un sous-marin seront soumises à la pression hydrostatique correspondant à la profondeur d'immersion du navire au moment du lancement. Les torpilles seront alors soumises à la pression d'eau du tube de lancement. Les niveaux de pressions maximales susceptibles d'être rencontrés peuvent être déterminés par déclinaison des exigences du concepteur de la plateforme ou du concepteur du système de lancement.

Après le lancement, les torpilles ou tous autres types d'armes sous-marines seront soumis à la pression hydrostatique liée à la profondeur de l'immersion calculée à l'aide de la formule suivante :

$$p = 9,8 d$$

Où p = pression d'eau en *kPa*
 d = profondeur au-dessous de la surface de l'eau en *m*.

La pression vue par les équipements et les composants dépendra des caractéristiques des sections dans lesquelles ils sont installés (sections ouvertes ou fermées).

4.3.2.6 Glace

4.3.2.6.1 Cas des armes terrestres et lancées à partir de navires

La présence de glace sur des armes terrestres, lors du lancement, dépend des conditions météorologiques ainsi que de leur temps de présence sur le lanceur avant le tir. L'importance de l'agression dépend aussi de l'orientation du lanceur par rapport au vent dominant.

Par basses températures, les manœuvres du navire et le mouvement des vagues peuvent générer des aspersions qui déposent de la glace sur la structure du missile. C'est le cas, par exemple, pour des munitions non protégées sur le pont d'un navire.

L'importance du dépôt dépend de la protection apportée par la structure du lanceur ainsi que de la chaleur dissipée par les équipements en fonctionnement avant le tir.

Une vitesse de formation de glace de 40 mm/h a été constatée sur des structures sur le pont d'un navire dans des régions arctiques.

Une vitesse minimale de formation de glace de 25 mm/h et un chargement de 120 kg/m² doivent être pris en compte dans le cas de système évoluant dans des régions froides.

4.3.2.6.2 Cas des armes larguées à partir d'avion

Selon la vitesse du porteur, les systèmes aéroportés exposés à l'écoulement d'air sont susceptibles d'être soumis à une accumulation de glace « par effet d'impact », dont les effets sont susceptibles d'être rencontrés dès la phase d'éjection par exemple. L'accumulation de glace « par effet d'impact » sur les matériels fixés sous avion et les sévérités associées sont décrites plus en détails dans la norme **AECTP-230 (Edition 1) LEAFLET 239/1 paragraphe 3.6. Icing**

Pendant la phase de vol libre la vitesse des missiles propulsés et motorisés sera telle qu'elle devrait empêcher toute autre formation de glace supplémentaire. De plus ces missiles devraient faire fondre et/ou disperser les éventuelles accumulations de glace qui auraient pu se produire avant le lancement.

4.3.2.7 Impact avec la grêle, la pluie, le sable et la poussière

Les surfaces frontales et bords d'attaque des systèmes aéroportés exposés à l'écoulement d'air durant le vol porté et les munitions prévues pour être tirées quelle que soit les conditions climatiques peuvent être soumis à l'impact de grêle, de pluie, de sable et de poussière ceci à une vitesse pouvant être élevée.

Les surfaces extérieures concernées peuvent alors se déformer ou s'éroder. Les structures à base de matériaux composites peuvent alors subir des dommages internes cachés.

4.3.2.7.1 Grêle

Un guide sur le risque de rencontrer de la grêle en fonction de l'altitude, de la zone géographique, de la saison et de l'heure est donné dans le **chapitre 2311/3 de la norme AECTP-230 (Edition 1)**.

Le dommage potentiel d'un impact dépend du type, de la densité de la grêle, de son diamètre et de la vitesse à l'impact.

Les équipements placés sur les surfaces frontales des missiles tels que les radômes et les objectifs des systèmes de guidage ainsi que les bords d'attaque des profils aérodynamiques sont susceptibles d'être endommagés.

4.3.2.7.2 Pluie

Des averses de pluie peuvent être rencontrées jusqu'à une altitude de 20 km avec des intensités plus importantes entre le niveau de la mer et une altitude de 6 km.

Les paramètres influençant l'érosion des matériaux par une averse de pluie sont :

- la vitesse d'impact,
- la forme et la finition de la surface concernée,
- la taille des gouttes,
- le nombre de gouttes,
- la fréquence d'impact des gouttes.

Des impacts répétés au même point influent sur le niveau d'effort et d'érosion que la surface devra supporter. Il existe un rapport complexe entre la résistance à l'érosion et les propriétés physiques des matériaux.

La résistance est exprimée en termes du temps nécessaire à une averse de pluie ayant les caractéristiques suivante :

- goutte de 2 mm de diamètre,
- pluviométrie de 25 mm/h,
- vitesse d'impact de 225 m/s,

pour produire un degré d'érosion donné.

4.3.2.7.3 Sable et poussière

Les études des tempêtes de sable dans des régions sèches chaudes de désert indiquent que des restes de poussière restent suspendus dans l'atmosphère pendant une période considérable après l'arrêt de la tempête de sable.

Des particules jusqu'à 10 µm atteignent une altitude de 1500 m avec une limite supérieure d'environ 3000 m.

La sévérité de l'érosion sur les secteurs frontaux et des bords d'attaque du matériel extérieurement déployés sur des avions opérant aux basses altitudes au-dessus de telles régions dépend :

- de la vitesse d'impact,
- de la forme et de la dureté des particules,
- de la finition de la surface du matériel,
- de l'étendue de la surface affectée.

4.3.2.7.4 Agents chimiques et biologiques

Les matériels fixés sur les surfaces externes d'installations immobilisées ou fixes seront soumis à un large spectre d'agents météorologiques, chimiques et biologiques selon la zone géographique où ils sont déployés. Les opérations militaires et industrielles menées à proximité peuvent avoir un pouvoir oxydant sur ce type de matériels.

Les matériels fixés à l'intérieur d'installations immobilisées ou fixes pourront aussi être soumis à un certain niveau de contamination lors des ouvertures et fermeture de portes effectuées en conditions opérationnelles avec importation dans le local de substances contaminantes provenant de l'extérieur,

Le type de conception et les matériaux utilisés dans les installations peuvent aggraver les conditions d'environnement climatiques internes et favoriser ainsi les effets d'une contamination encourus par les matériels installés,

La réaction d'un matériel à une attaque chimique et biologique dépendra des matériaux utilisés dans sa construction, de la sévérité de la contamination, et de certaines caractéristiques de ce matériel comme la faculté de ses surfaces externes à « capturer » dépôts et contaminants.

Les niveaux de température et de chaleur humide peuvent être tels que les effets peuvent apparaître très rapidement.

Les essais peuvent être réduits lorsqu'il a été prouvé auparavant qu'un équipement d'une définition comparable de matériaux et de protections de surface à déjà été qualifiée aux mêmes sollicitations. Dans certains cas et en accord avec le spécificateur, les essais peuvent être limités à des sous-ensembles, des composants ou des échantillons de matière.

La trajectoire des systèmes fait que ceux-ci peuvent être soumis à une atmosphère contaminée par des agents corrosifs. Notamment, par exemple, ceux produits par la pollution industrielle, par les émissions en provenance directe des plateformes ou autres véhicules militaires fonctionnant dans le secteur, par des débris militaires incandescents.

Les matériels installés à l'intérieur d'un système d'arme guidé peuvent être soumis à une attaque chimique provenant des gaz et vapeurs dégagés par les batteries produisant le courant électrique nécessaire à la propulsion et au pilotage.

Les surfaces externes d'un système peuvent, aussi, être soumises à la corrosion du flux de propulsion du missile, d'un missile voisin ou d'une salve. Des températures et humidités élevés aggravent les attaques chimiques.

Une fois mises en place, les mines terrestre et maritime ou tout autre système de ce type mise à feu par la cible elle-même peuvent demeurer très longtemps en attente avant leur mise à feu. En conséquence, ce type de système peut être soumis à une attaque aussi bien par les agents corrosifs et biologiques que par les rongeurs, insectes ou autre organisme vivant dans le milieu où ils sont déployés.

Sauf si tous les procédés de décontamination ont été appliqués, les effets de tous les agents chimiques ou biologiques ou autre contaminant récoltés dans la phase de vie précédant la mise en place restent actifs. Particulièrement des conditions climatiques de températures et humidité favorables favorisent alors l'attaque par corrosion et le développement de moisissure.

Les facteurs contribuant à la corrosion des mines de mer sont l'immersion partielle ou totale, la température, les mouvements de la mine dans l'eau.

L'action des organismes marins est considérée comme très destructrice dans les régions tropicales pour tous les systèmes déployés jusqu'à 12 m de profondeur.

Les organismes polluants comme les mollusques et les algues contribuent à la prolifération de bactéries aussi bien à proximité du rivage qu'en eau profonde. Les mines sont sensibles à ces bactéries mais aussi aux spores développées par les mollusques.

5 CARACTERISATION PARTICULIERE DE L'ENVIRONNEMENT REEL

5.1 Environnement atmosphérique

Les systèmes en vol sont soumis à des contraintes thermiques qui sont la conséquence du domaine de vol (vitesse et altitude) et des conditions atmosphériques rencontrées sur la trajectoire.

Pour établir une spécification d'environnement thermique en vol il est donc nécessaire de connaître l'ensemble du domaine de vol susceptible d'être couvert par le système en vol ainsi que les températures atmosphériques en altitude.

Le domaine de vol est le plus souvent un paramètre maîtrisé et donc connu par le concepteur.

Les conditions atmosphériques rencontrées en altitude peuvent être déterminées à partir de lois préétablies telle que la loi ISA, souvent utilisée dans l'aéronautique, ou des profils de températures en fonction de l'altitude définis dans la STANAG 4370 par exemple.

Une fois ces deux paramètres figés, il est possible de calculer les températures d'arrêt et les températures athermanes qui constitueront alors des données d'entrée pour les simulations numériques en vue de décliner les contraintes thermiques extérieur au système sur les équipements qui le compose.

Les températures d'arrêt et athermanes sont classiquement calculées de la manière suivante :

$$\begin{cases} T_{\text{arrêt}}(Z) = T_{\text{atmosphère}}(Z) \times \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} \times M^2 \right) \\ T_{\text{athermane}}(Z) = T_{\text{atmosphère}}(Z) \times (1 + 0,18 \times M^2) \end{cases}$$

Avec :

Z = Altitude

M = Nombre de Mach

γ = 1,4

$T_{\text{atmosphère}}(Z)$ = Température atmosphérique à l'altitude Z (en degré Kelvin)

$T_{\text{arrêt}}(Z)$ = Température d'arrêt à l'altitude Z (en degré Kelvin)

$T_{\text{athermane}}(Z)$ = Température athermane à l'altitude Z (en degré Kelvin)

Cependant, il peut s'avérer nécessaire d'évaluer plus finement les températures rencontrées en vol, par exemple pour :

- voir l'impact d'une trajectoire spécifique, une trajectoire étant définie par une longitude, une latitude, une altitude et une vitesse de vol,
- voir si les performances du système peuvent être discriminées selon les 12 mois de l'année
- calculer la probabilité de rencontrer ou de dépasser une température donnée et ainsi être capable de discriminer des niveaux de performance en fonction de cette probabilité sur une trajectoire donnée

La trajectoire est une donnée maîtrisée par le concepteur et les lois de pilotage. Aussi, il lui est tout à fait possible d'agir sur les paramètres qui la composent dès lors qu'ils restent dans le domaine de performance et d'emploi exigé.

Cependant les profils de température décrits dans les documents normatifs peuvent s'avérer beaucoup trop macroscopiques pour effectuer ce genre d'analyse car :

- ils ne sont pas personnalisés en fonction de la trajectoire, de la zone géographique,
- ils sont souvent représentés par des valeurs statistiques trop simples (température maximale, température minimale, température moyenne à chaque altitude),
- ils couvrent une période temporelle annuelle alors qu'il peut s'avérer utile d'affiner la granulométrie de sorte à avoir une approche mensuelle.

Disposer d'une base de données météorologique est une bonne alternative. Cette base doit :

- être bâtie sur un nombre de mesures et de résultats de simulation climatiques recalés
- être bâtie sur une amplitude temporelle conséquente (de nombreuses années) avec un pas temporel suffisamment fin (*de l'ordre de 4 données par jour, par exemple*),
- couvrir une zone géographique et une « épaisseur d'altitude » compatible des trajectoires étudiées,
- disposer d'un maillage en latitude, longitude et altitude suffisamment fin de sorte à pouvoir restituer des niveaux de température sur un nombre acceptable de points de trajectoires étudiées,
- être officiellement reconnue pour être légitimement utilisée.

Il est alors possible de :

- restituer des niveaux de température atmosphériques minimales, maximales, moyennes, moyennes de minimales, moyennes des maximales, températures à $N\%$ de chance de dépassement sur une année complète, sur un mois ou plusieurs mois donnés
- restituer ces données sur une trajectoire linéaire donnée ou sur un domaine 3D susceptible de couvrir une zone géographique de déploiement donnée ou bien un ensemble de trajectoires dispersées,
- établir des profils de température atmosphérique en fonction de l'altitude sur une portion du globe donnée et ainsi être en mesure de définir sur un référentiel de température plus personnalisé que celui spécifié dans la **loi ISA ou la STANAG 4370**, comme cela est illustré dans la *figure 5*.
- Etudier l'impact en terme de température d'une variation d'une trajectoire, par exemple une variation d'altitude comme illustré en *figure 6*,
- Etudier sur une trajectoire donnée ou un domaine 3D donné, l'impact des mois de l'année sur les températures, comme illustré en *figure 7*.

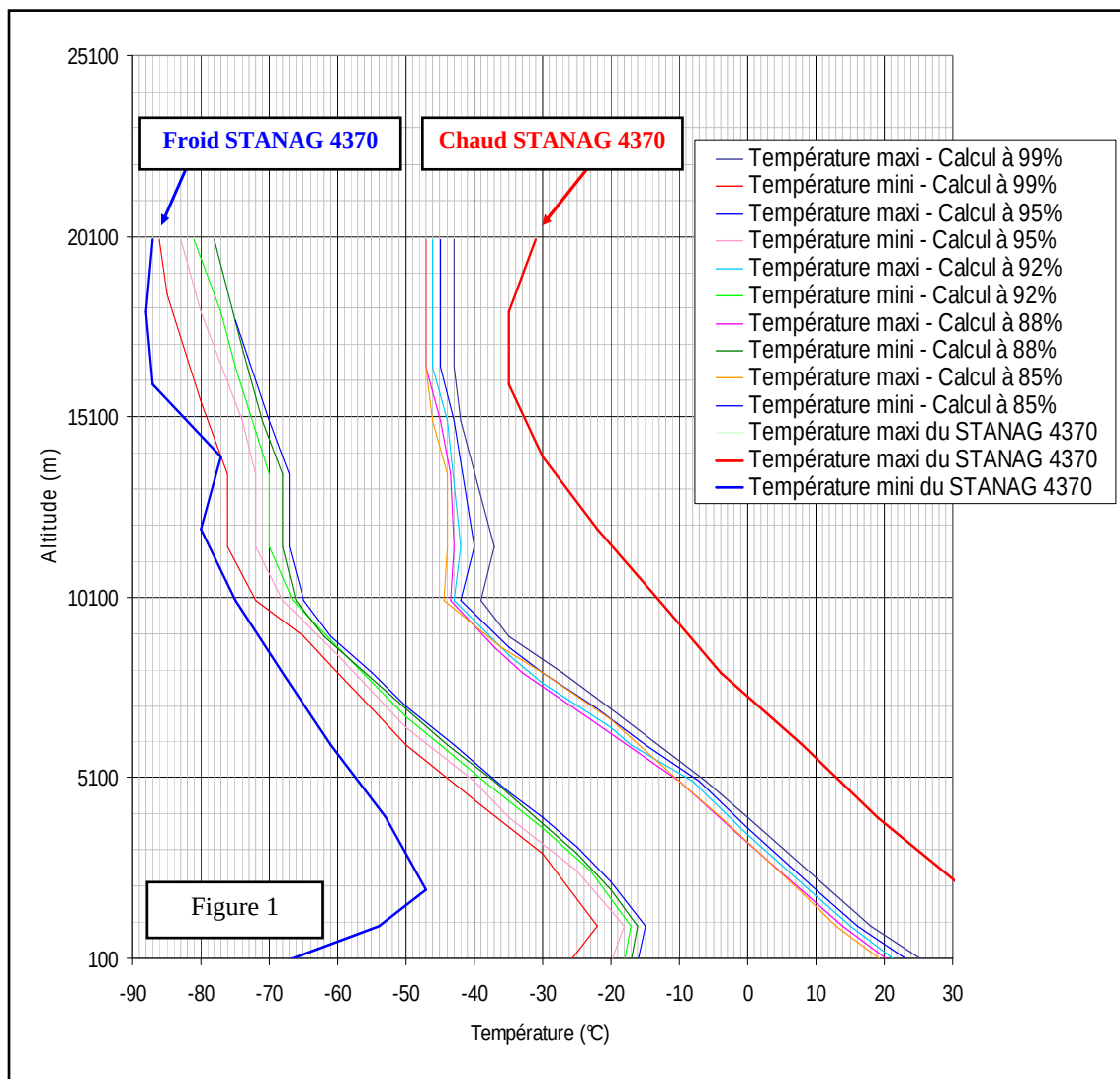


Figure 5 : Courbes de températures fonctions de l'altitude du STANAG

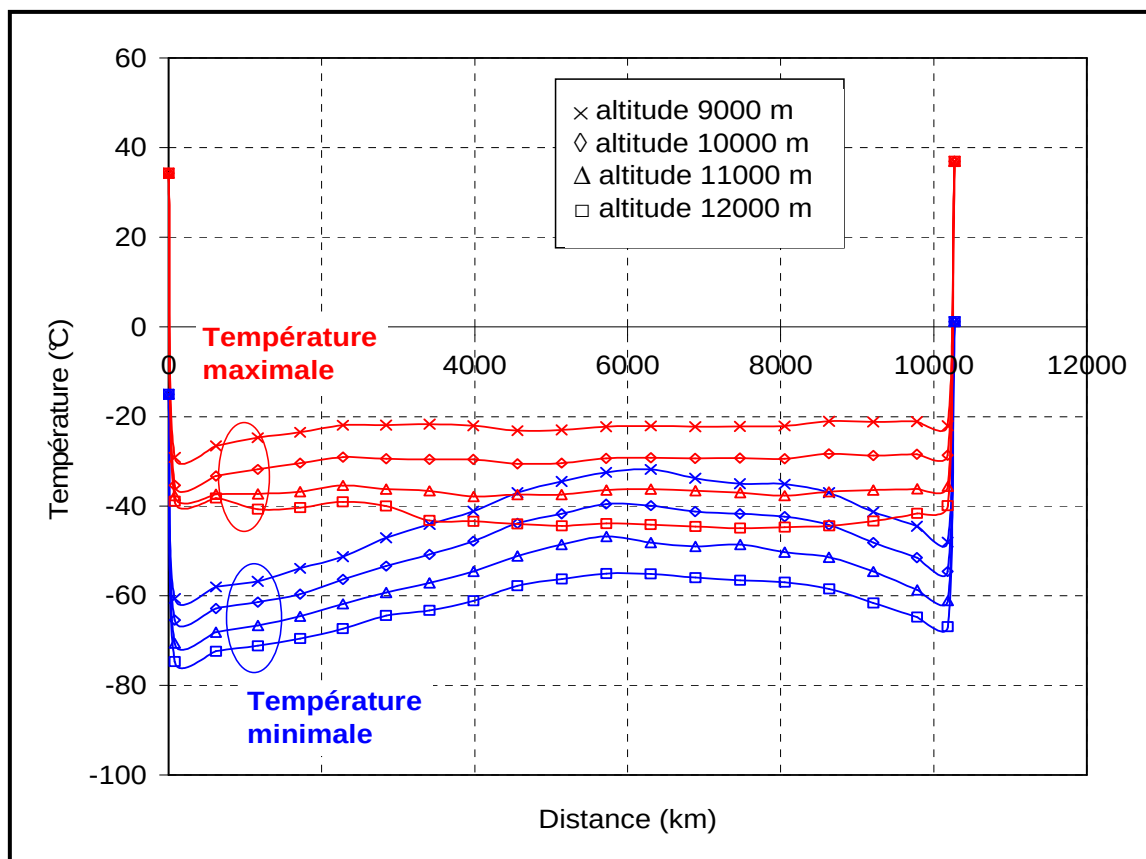


Figure 6 : Impact d'une variation d'altitude sur la température

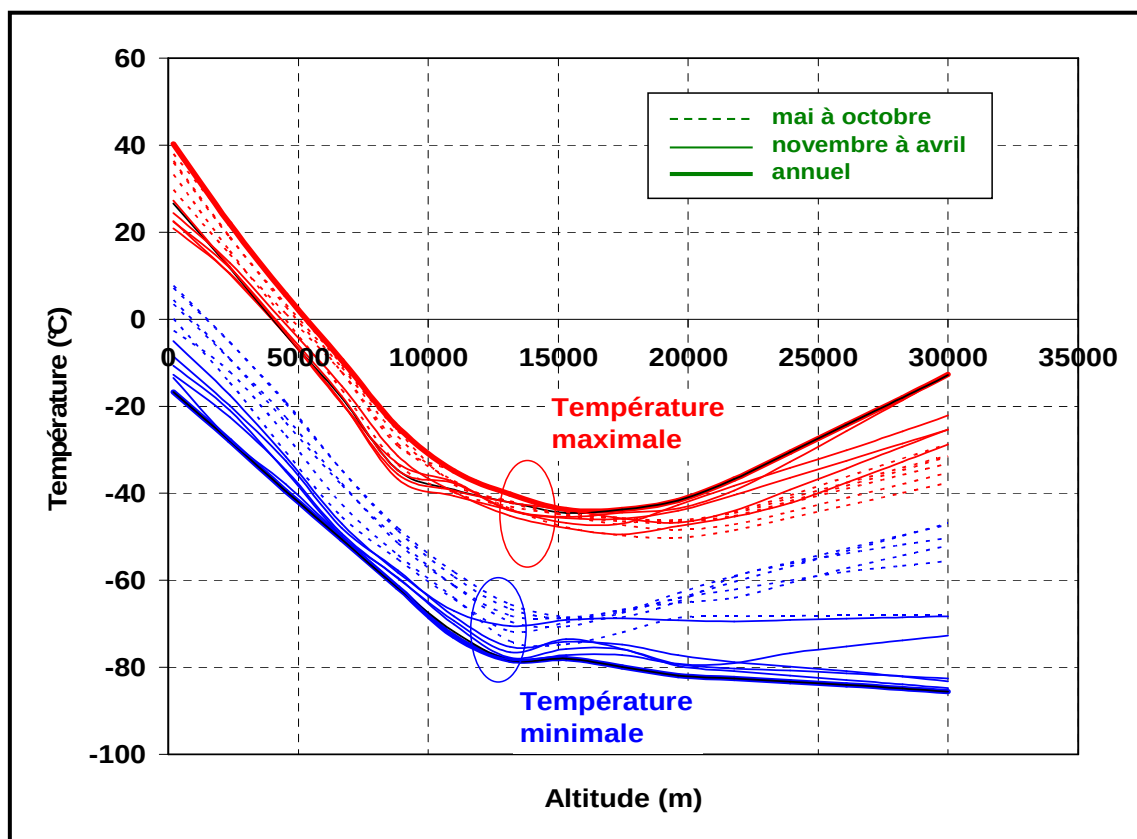


Figure 7 : Impact des mois de l'année sur les températures

Toutes ces restitutions, qu'elles soient atmosphériques ou athermanes permettent alors de définir, au juste besoin, les sollicitations thermiques sur les équipements qui composent les systèmes en vol et ainsi d'évaluer finement les impacts en terme de performances.

Mais aussi de quantifier les risques pris sur la base de la restitution de températures à $N\%$ de chance de dépassement, si les valeurs aux bornes minimales et maximales ne peuvent être retenues dans le processus des essais de qualification.

5.2 Environnement rayonnement solaire

Le problème consiste à calculer la valeur du flux thermique horaire dû au rayonnement solaire, reçu par une paroi plane en fonction: de son orientation, du lieu de positionnement et de la date.

Lieu: ce terme regroupe les 4 paramètres suivants :

- Paramètres Géographiques : La latitude
- Paramètres Astronomiques : Date par rapport au 1er janvier, Heure solaire
- Paramètres Climatiques : Rayonnement global hors atmosphère modifié par :
 - La pureté de l'air
 - La durée d'insolation
 - Le rayonnement diffus
 - Le rayonnement direct
 - La fraction du rayonnement rediffusé par le sol environnant ou albédo
- Paramètres Intermédiaires :
 - L'angle que fait la paroi considérée avec le plan méridien du soleil
 - La déclinaison permettant de calculer la hauteur du soleil
 - La durée du jour.

Processus de calcul

Le processus de calcul se fait en trois étapes :

- Calcul de l'énergie solaire hors atmosphère pour le lieu, à la date et l'heure considérées
- Calcul des différentes composantes : direct, diffus, réfléchi sur une surface horizontale du spécimen
- Transposition de ces résultats pour une paroi dont l'orientation est quelconque vis à vis de la direction du soleil.

Données de départ

- La latitude du point considéré par lecture dans un atlas ou tout autre document
- Le rayonnement global horizontal donné par des tables pour ce point comme :
- Données Climatiques de la **GAM EG 13, «World Distribution of Solar Radiation »**
- Durée d'insolation : durée d'insolation moyenne observée par jour
- Durée maximum d'insolation possible par jour
- Date et nombre de jours écoulés depuis le 1^{er} jour de l'année pour le moment considéré
- Albédo en fonction de l'environnement

Exemple Numérique

Données

- Lieu : **Lille** date: **27 mai**
- Latitude : **50°04 N** soit $\varphi = 50^\circ$

- Rayonnement quotidien : **$Q = 17577 \text{ kJ/m}^2.\text{jour}$**
- Orientation de la paroi : **Verticale Est**
- Albédo : **$\rho = 0.2$**
- Calcul de **10h à 11h en heure TU**
- n = Nombre de jours au 27 mai = **$31+28+31+30+27 = 147 \text{ jours}$**

Détermination du rapport Q/Q_0 pour le lieu considéré. Effet atmosphérique

- **Q_0** = rayonnement global solaire quotidien hors atmosphère sur un plan horizontal
- **Q** = rayonnement global solaire quotidien après atténuation atmosphérique sur un plan horizontal

Calcul de la constante solaire I_0 pour le jour considéré hors atmosphère

Une formule approchée permet de calculer cette grandeur soit :

$$I_0 = 1353 \cdot \left(1 + 0,033 \cdot \cos \left(\frac{360}{365} \cdot n \right) \right)$$

$$\text{Soit } 1353 \cdot \left(1 + 0,033 \cdot \cos \left(\frac{360}{365} \cdot 147 \right) \right) = 1316,4318 \approx 1316 \text{ W/m}^2$$

Calcul de la déclinaison δ

δ : Valeur angulaire qui donne la hauteur du soleil par rapport au plan équatorial

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left(360 \cdot \frac{284 + n}{365} \right)$$

$$\text{Soit } 23,45 \cdot \sin \left(360 \cdot \frac{284 + 147}{365} \right) = 21,2695^\circ$$

284 est le nombre de jours correspondant au point vernal, n est le nombre de jour écoulé depuis le 1 janvier soit 147 jours au 27 mai.

Calcul de ω

ω = angle fait entre le plan méridien du lieu et le plan méridien du soleil ; $\omega = 0$ à midi car les plans sont confondus

ω_0 = valeur de ω au lever ou au coucher du soleil, par raison de symétrie

$$\omega_0 = \arccos (- \operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$

$$\text{Soit } \arccos (- \operatorname{tg} 21,2695 \cdot \operatorname{tg} 50^\circ) = 117,6400^\circ$$

Calcul du rayonnement quotidien hors atmosphère sur un plan horizontal

$$Q_0 = \frac{86400}{\pi} I_0 \left(\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_0 + \frac{\pi}{180} \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta \cdot \omega_0 \right)$$

$$\text{Soit } 39868,479 \text{ J/m}^2.\text{jour} \approx 39.868 \text{ kJ/m}^2.\text{jour}$$

D'où :

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{17.577}{39.868} = 0.44$$

Calcul des composantes quotidiennes diffuses et directes après traversée atmosphérique

D est le rayonnement diffus quotidien reçu sur une surface horizontale après atténuation atmosphérique.

Connaissant le rapport $\frac{Q}{Q_0}$ on lit sur les tables le rapport $\frac{D}{Q}$ Soit $\frac{D}{Q} = 0,4$

Rayonnement diffus quotidien sur un plan horizontal

$$D = Q \cdot \left(\frac{D}{Q} \right)$$

$$\text{Soit } 17577 \cdot 0,4 = 7.031 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{jour}$$

Le calcul du rayonnement direct horizontal se déduit du précédent

Rayonnement direct quotidien sur un plan horizontal

$$I = Q - D = 10.546 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{jour}$$

Influence de la durée du jour

Pour tenir compte de la rotation de la terre on détermine des composantes horaires diffuses et directes.

Calcul de la durée du jour N en heures

$$N = 2 \frac{\omega_0}{15}$$

$$\text{Soit } N = 2 \cdot \frac{117,6400}{15} = 15,6853 \text{ h où la constante 15 vient de } \frac{360^\circ}{24 \text{ h}}$$

Sur les tables nous pouvons lire le % du rayonnement global horaire sur un plan horizontal

Rayonnement global solaire horaire q sur un plan horizontal après atténuation atmosphérique

Le calcul se fait entre 10h et 11h soit un écart de 1,5 h par rapport à l'heure solaire soit sachant que: $N = 15,7 \text{ h}$ on relève sur table :

$$\frac{q}{Q} = 0,105$$

Rayonnement global horaire sur un plan horizontal

$$q = Q \cdot \left(\frac{q}{Q} \right)$$

$$\text{Soit } q = 17.577 \cdot (0,105) = 1845,585 \approx 1846 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{h}$$

Par une procédure identique nous déterminons la composante diffuse horaire

Sur les tables nous pouvons lire le % du rayonnement diffus horaire sur un plan horizontal

$$N = 15,68 \text{ h et pour la tranche horaire de 10 et 11h on a } \frac{d}{D} = 0,1 \text{ (relevé sur table)}$$

Rayonnement diffus horaire sur un plan horizontal

$$d = D \cdot \left(\frac{d}{D} \right)$$

$$\text{Soit } d = 7031 \cdot (0,1) = 703,1 \text{ kJ/m}^2 \cdot h$$

Rayonnement direct horaire sur un plan horizontal

La composante directe est aisée à déterminer par

$$i = q - d$$

$$\text{Soit } i = 1846 - 703 = 1.143 \text{ kJ/m}^2 \cdot h$$

Détermination des composantes horaires pour un plan quelconque

Nous avons maintenant l'ensemble des données pour une surface horizontale. Un spécimen peut être du type parallélépipédique imposant le calcul sur 5 faces pour obtenir la totalité de l'apport calorifique reçu.

Calcul de la hauteur du soleil h

$$\sin h = \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \varphi \cdot \sin \delta$$

$$\text{D'où } h = \arcsin(\sin h) = 56,23^\circ$$

Sachant que :

$$\omega = 22,5^\circ \text{ relevé sur table}$$

Calcul de l'azimut a

$$\sin a = \frac{\cos \delta \cdot \sin \omega}{\cos h} = 0,6416 \text{ et } a = \arcsin(\sin a) = 39,91^\circ$$

Calcul de la composante horaire du rayonnement direct iv

Elle dépend de la composante directe sur le plan normal à la direction du soleil, de l'angle d'incidence θ et l'angle α que fait la direction du soleil avec le plan du lieu considéré. La paroi étudiée étant verticale Est l'angle $\alpha = 90^\circ$

$$i_v = i \cdot \frac{\cos \theta}{\sin h} \text{ avec } \cos \theta = \cos h \cdot \sin a$$

$$\text{Soit } i_v = 966,2 \cdot \frac{\cos 56,2 \cdot \sin 39,86}{\sin 56,2} = 490,123 \text{ kJ/m}^2 h = 136,145 \text{ W/m}^2$$

Calcul de la composante horaire du rayonnement diffus dv

$$d_v = d \cdot \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right)$$

$$\text{Soit } d_v = 878,8 \cdot \left(\frac{1 + \cos 90^\circ}{2} \right) = 351,540 \text{ kJ/m}^2 h = 97,650 \text{ W/m}^2$$

Calcul de la composante horaire du rayonnement réfléchi rv

$$r_v = \rho \cdot q \cdot \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right)$$

$$\text{Soit } r_v = 0,2 \cdot 1845 \cdot \left(\frac{1 + \cos 90^\circ}{2} \right) = 184,6 \text{ kJ/m}^2 h = 51,3 \text{ W/m}^2$$

Le rayonnement reçu par la paroi est : La somme des rayonnements : direct + réfléchi + diffus

En fonction de l'orientation des surfaces certains types de rayonnements sont nuls.

$$q_v = i_v + r_v + d_v$$

$$\text{Soit } q_v = 136,1 + 51,3 + 97,7 = 285,1 \text{ W/m}^2$$

Ce résultat bien que partiel puisqu'il est calculé pour une tranche horaire de 1,5 h montre que la valeur de 1120 W/m² valeur forfaitaire est loin d'être atteinte.

Il faut maintenant reconduire ces calculs pour chaque heure du jour. A ce stade l'informatisation du processus est nécessaire.

5.2 Exemple de calcul de la puissance énergétique

L'exemple ci-dessous, volontairement simplifié montre comment déterminer l'éclairement à assurer par une source quelconque pour obtenir une puissance absorbée égale à celle du soleil normalisé.

5.2.1 Eclairement énergétique à utiliser avec une source ayant une répartition spectrale d'énergie différente de celle du soleil normalisé

Pour simplifier le problème, on suppose :

- Que la couleur du matériel à essayer est d'une teinte très claire
- Que le coefficient d'absorption (α) reste constant dans de très larges plages (ce qui est faux dans la nature) de longueurs d'onde (λ)
Soit : $\alpha = 0.4$ pour λ compris entre 0.2 μm et 1.4 μm
 $\alpha = 0.8$ pour λ compris entre 1.4 μm et 5 μm
- Que la répartition énergétique est la suivante :

Longueur d'onde (en μm)	Soleil normalisé	Soleil simulé
$0.2 < \lambda < 1.4$	$E_{\text{total}} = 977 \text{ W/m}^2$	$E_{\text{total}} = 348.3 \text{ W/m}^2$
$1.4 < \lambda < 5$	$E_{\text{total}} = 143 \text{ W/m}^2$	$E_{\text{total}} = 770 \text{ W/m}^2$

5.2.2 Puissance absorbée par le matériel en essai

a) avec le soleil normalisé

$$\text{Puissance absorbée} = 977 \times 0.4 + 143 \times 0.8 = 505.2 \text{ W}$$

b) avec le soleil simulé

$$\text{Puissance absorbée} = 348.3 \times 0.4 + 770 \times 0.8 = 755.32 \text{ W}$$

5.2.3 Coefficient d'absorption moyen simulé

a) avec éclairage par un soleil normalisé :

$$\alpha = \frac{505.2}{1120} = 0.451$$

b) avec éclairage par un soleil simulé

$$\alpha = \frac{755.32}{1120} = 0.674$$

Pour conserver une puissance absorbée égale dans les deux cas, il est nécessaire d'ajuster l'éclairement par un soleil simulé, à la valeur suivante :

$$E_{\text{simulé}} = 1120 \times \frac{0.451}{0.674} = 749.43 \text{ w/m}^2$$

D'où l'égalité des puissances absorbées :

$$\underbrace{1120 \times 0.451}_{\text{avec soleil normalisé}} = \underbrace{749.43 \times 0.674}_{\text{avec soleil simulé}} = 505.12 \text{ w}$$

5.2.4 Choix du coefficient d'absorption

Désignation	Longueur d'onde (en μm)
Ultra-violet	De 0.28 à 0.4
Visible	De 0.4 à 0.78
Infra-rouge	
- proche	De 0.78 à 1.4
- moyen	De 1.4 à 3
- lointain	Au-dessus de 3

a) grandes longueurs d'onde (IR moyen et lointain)

Pour la plupart des matériaux et des peintures (sauf pour les matériaux polis et la peinture aluminium) :

$$\alpha = 0.8$$

b) faibles longueurs d'onde (UV ; visible ; IR proche) :

Le coefficient d'absorption dépend beaucoup de la couleur du matériau ou de la peinture :

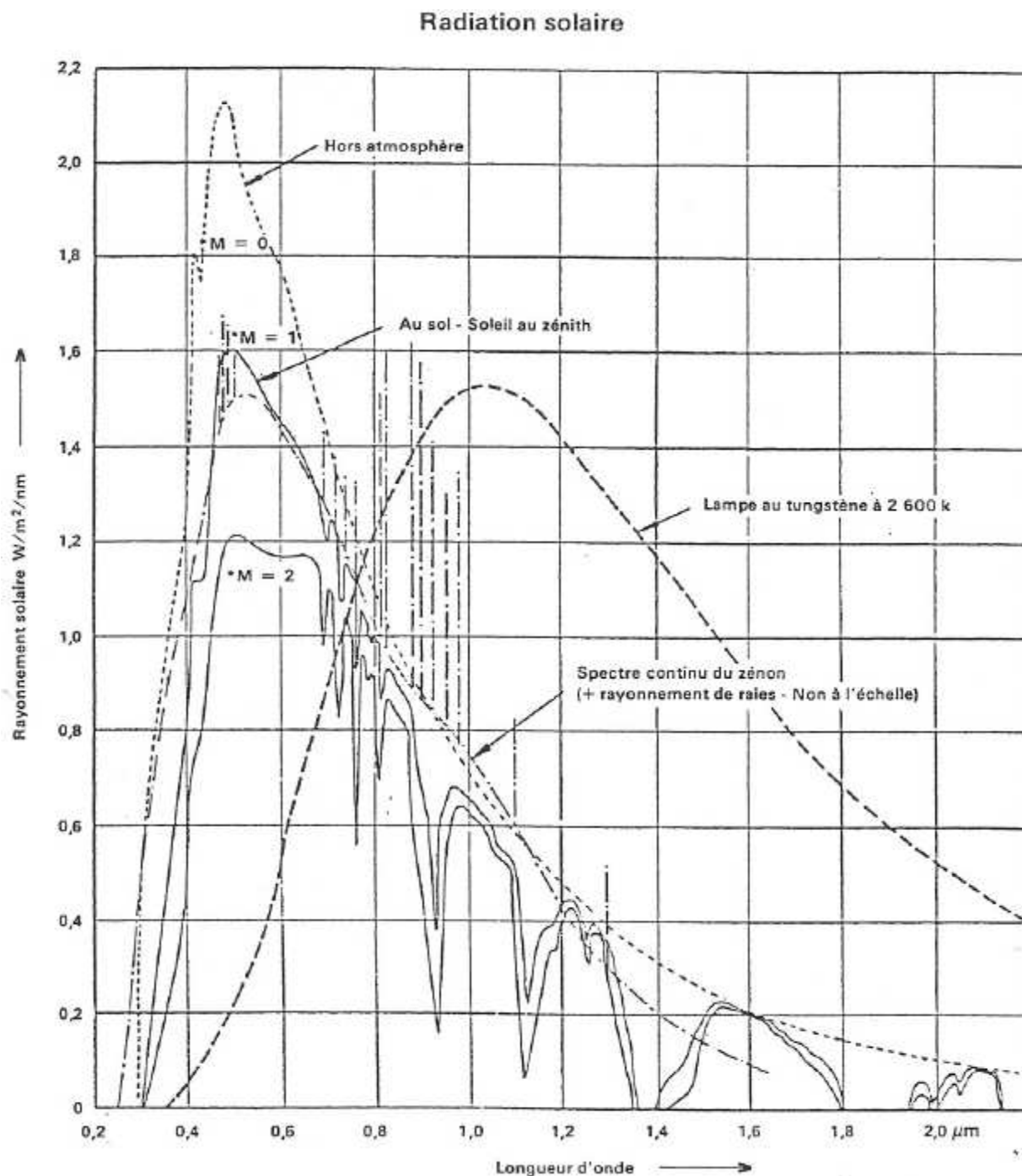
- pour le noir : $\alpha = 0.9$
- pour les teintes mi-claires : $\alpha = 0.7$ ou 0.6
- pour les teintes très claires : $\alpha = 0.5$ ou 0.4

Domaine spectral		Largeur de bande (en μm)	Energie rayonnée	
			Théorique	Tolérance
} Ultra-violet	B	0.28 à 0.32	5	$5 \pm 35\%$
	A	0.32 à 0.36	27	$63 \pm 25\%$
		0.36 à 0.40	36	
} Visible		0.40 à 0.44	56	$200 \pm 10\%$
		0.44 à 0.48	73	
		0.48 à 0.52	71	
		0.52 à 0.56	65	$186 \pm 10\%$
	0.56 à 0.64	121		
		0.64 à 0.68	55	$174 \pm 10\%$
		0.68 à 0.72	52	
		0.72 à 0.78	67	
} Infra-rouge	Proche	0.78 à 1	176	$349 \pm 20\%$
		1 à 1.2	108	
		1.2 à 1.4	65	
	Moyen	1.4 à 1.6	44	$143 \pm 20\%$
		1.6 à 1.8	29	
		1.8 à 2	20	
		2 à 2.5	35	
		2.5 à 3	15	
	Lointain	3 à 5	∞ 0	∞ 0

Tableau 3 : Répartition spectrale d'énergie rayonnée par une source solaire
(Valeurs détaillées pour une source de 1120 w/m^2)

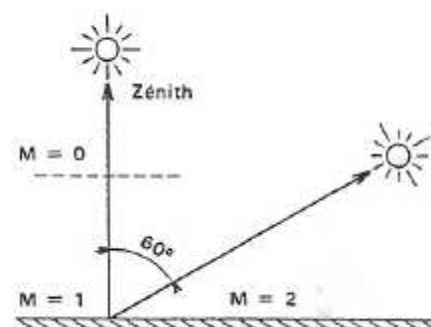
Pouvoir émissif de certains matériaux à la température t °C

Surface	t °C	ϵ_n	ϵ
Or poli	130 400	0,018 0,022	
Argent	20	0,020	
Cuivre poli	20	0,030	
Cuivre poli légèrement terni	20	0,037	
Cuivre gratté	20	0,070	
Cuivre noir oxydé	20	0,78	
Cuivre oxydé	130	0,76	0,725
Aluminium brillant laminé	170 500	0,039 0,050	0,049
Aluminium, peinture au bronze	100	0,20 - 0,40	
Silicium fondu poli	150	0,186	
Nickel mat nettoyé	100	0,041	0,046
Nickel poli	100	0,045	0,053
Manganèse brillant laminé	118	0,048	0,057
Chrome poli	150	0,058	0,071
Fer nettoyé décapé	150	0,128	0,158
Fer nettoyé frotté à l'émeri	20	0,24	
Fer rouillé	20	0,61	
Fer laminé	20 130	0,77 0,60	
Fer, fondu	100	0,80	
Fer, très rouillé	20	0,85	
Fer, oxydé	80 200	0,613 0,639	
Acier non étamé (X5CrNi 18 9)			
— poli	50 115 180	0,11 0,12 0,13	0,11 0,13 0,14
— sablé	— 70	0,44	0,43
Rugosité (écart moyen arithmétique $R_a = 2,1 \mu\text{m}$ (ISO R 468))	+ 40 + 150	0,46 0,48	0,45 0,47
Zinc oxydé gris	20	0,23 - 0,28	
Plomb oxydé gris	20	0,28	
Bismuth nettoyé	80	0,340	0,366
Émeri à gros grain	80	0,855	0,84
Argile cuit au four	70	0,91	0,86
Vernis pour radiateur	100	0,925	
Peinture au minium	100	0,93	
Émail laque	20	0,85 - 0,95	
Laque noire mate	80	0,970	
Laque bakélite	80	0,935	
Brique, mortier, plâtre	20	0,93	
Verre	90	0,940	0,876
Glace en couche, eau	0	0,966	0,918
Glace (brute)	0	0,985	
Silicate, peinture à la suie	20	0,96	
Papier	95	0,92	0,89
Bouleau	70	0,935	0,91
Feutre pour toiture	20	0,93	



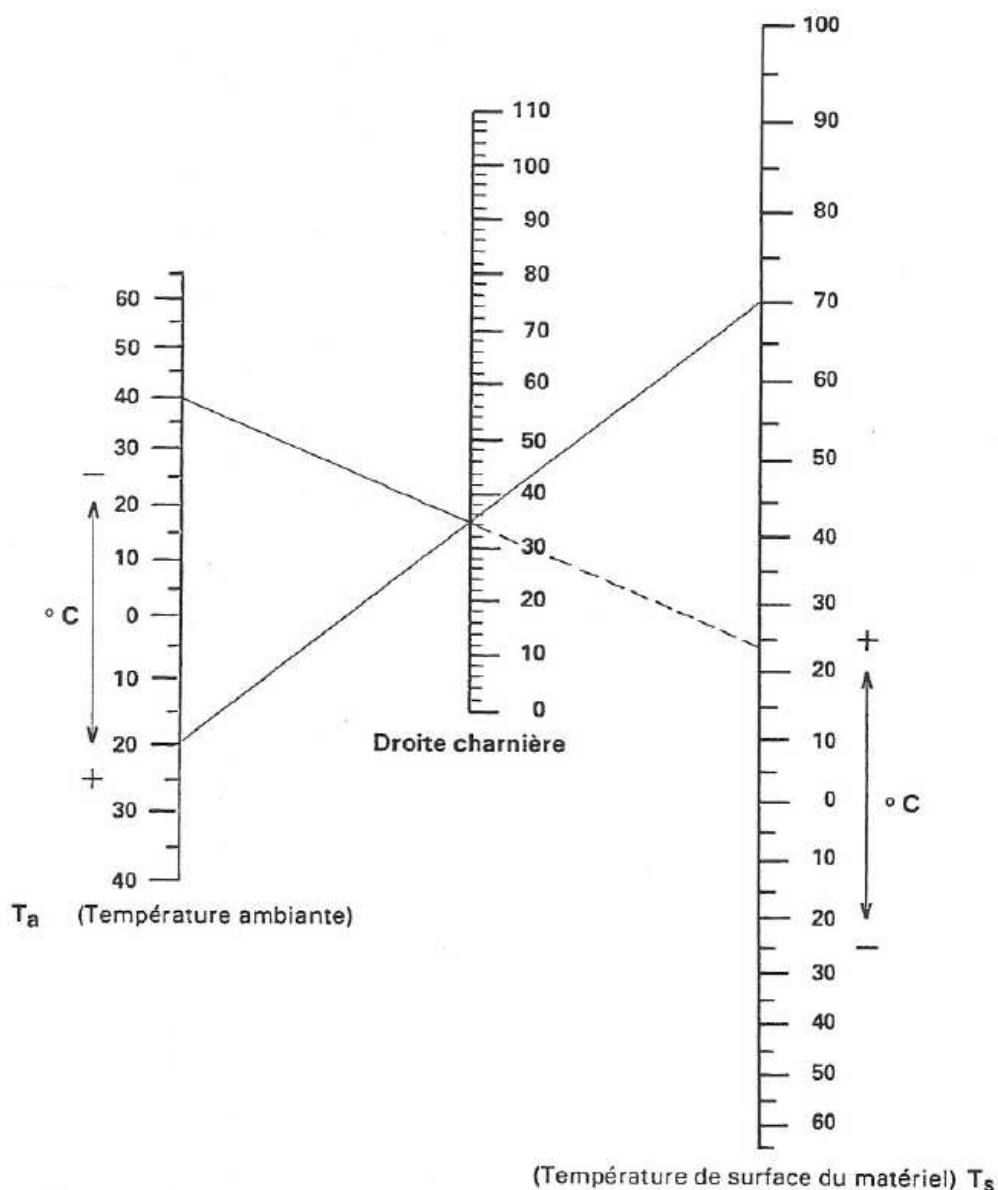
Rayonnement d'une lampe au xénon comparé au rayonnement solaire

$\begin{matrix} *M \\ = \\ \text{Masse d'air} \end{matrix} \left\{ \begin{array}{l} = 1 \text{ lorsque le soleil est au zénith ; au sol} \\ = 0 \text{ hors atmosphère} \\ = 2 \text{ lorsque le soleil est à distance zénithale de } 60^\circ \end{array} \right.$



5.3 Abaque donnant la correction de température ambiante

Abaque donnant la correction sur la température ambiante
(essai de froid)



Exemple : un objet dissipant une certaine puissance à l'air libre à +20°C a une température de surface de +70°C. Quelle sera sa température de surface lorsqu'il dissipera la même puissance à l'air calme à -40°C

Solution : tirer un trait du point +20°C sur l'échelle T_a au point +70°C sur l'échelle T_s : noter son intersection avec la droite charnière

Tirer ensuite un trait du point -40°C sur l'échelle T_a en passant par le point d'intersection sur la droite charnière et lire la nouvelle intersection avec l'échelle T_s

La température de surface sera donc de +23°C

5.4 Calcul de l'humidité relative

Ce sujet est également traité dans le tome 2B au paragraphe 1.4 en accord avec la norme NFX 15-118.

5.4.1 Paramètres à calculer

Les paramètres à calculer à partir des mesures effectuées dans les essais en environnement climatique sont :

- pression de vapeur saturante (P_s)
- pression partielle de vapeur d'eau (P_v)
- taux d'humidité relative (U)
- température de rosée (T_d)

En fonction des paramètres suivants, données par un psychromètre :

- température sèche (T_s)
- température humide (T_h)
- écart psychromètre ($T_s - T_h$)

5.4.2 Formule de base

5.4.2.1 Pression de vapeur saturante (P_s)

On procède aux calculs intermédiaires suivant en notant :

$$A = \frac{273.16}{T} \text{ où } T \text{ est exprimé en kelvin}$$

$$B = \frac{1}{A} \text{ soit } \frac{T}{273.16}$$

$$P_1 = 10.79574 (1 - A)$$

$$P_2 = (1.50475 - 10^{-4}) [10^{-8.2969} (B - 1)]$$

$$P_3 = (0.42873 - 10^{-3}) [10^{-4.76955} (1 - A) - 1]$$

$$P_s = 0.78614$$

La pression de vapeur saturante P_s (en hPa) est alors calculée par la formule :

$$P_s = 10^{(P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5)}$$

5.4.2.2 Pression partielle de la vapeur d'eau (P_v)

En notant :

$P_s = (T_s)$ – Pression de vapeur saturante à la température sèche

$P_s = (T_h)$ – Pression de vapeur saturante à la température humide

P = Pression atmosphérique (en bar)

On détermine comme suit :

- le rapport de mélange (r_s) dans l'air saturé :

$$r_s = 0.62198 - \frac{P_s(T_s)}{P - P_s(T_h)}$$

- le rapport de mélange (r) de l'air considéré :

$$r = \frac{2500.8 r_s - 1.006 (T_s - T_h)}{2500.8 - 1.8266 (T_s - T_h)}$$

- la pression partielle de vapeur d'eau (Pv) est alors calculée par la formule :

$$P_v = \frac{P_v}{0.62197 + r}$$

5.4.2.3 Taux d'humidité relative (U)

Ce taux est calculé par la formule :

$$U = 100 \cdot \frac{P_v}{P_s(T_s)}$$

5.4.2.4 Température de rosée (Td)

En notant :

$P_s(T_d)$ = pression de vapeur saturante à la température de rosée

On a :

$$P_s(T_d) = P_s(T_s) \cdot \frac{U}{100}$$

Le calcul de la température (Td) nécessite au moins deux chiffres significatifs après la virgule sur la valeur de $P_s(T_d)$ exprimée en hPa.

5.4.3 Remarques

Les formules ci-dessus étant empiriques, ne sont valables que dans les conditions moyennes suivantes :

- température de -5°C à +100°C
- pression de 800 hPa à 1200 hPa

Formule de détermination du rapport de mélange (r_s) dans l'air saturé :

Au lieu de : $r_s = 0.62198 \cdot \frac{P_s(T_s)}{P - P_s(T_h)}$

Lire : $r_s = 0.62198 \cdot \frac{P_s(T_h)}{P - P_s(T_h)}$

Table des pressions saturantes de vapeur d'eau sur l'eau

Exprimée en hPa (mbar) en fonction de la température donnée en °C et dixièmes de °C

Température °C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
- 50	0,06356									
- 49	0,07124	0,07044	0,06964	0,06885	0,06807	0,06730	0,06654	0,06578	0,06503	0,06429
- 48	0,07975	0,07886	0,07797	0,07710	0,07624	0,07538	0,07453	0,07370	0,07287	0,07205
- 47	0,08918	0,08819	0,08722	0,08625	0,08530	0,08435	0,08341	0,08248	0,08156	0,08065
- 46	0,09961	0,09852	0,09744	0,09637	0,09531	0,09426	0,09322	0,09220	0,09118	0,09017
- 45	0,1111	0,1099	0,1087	0,1075	0,1063	0,1052	0,1041	0,1030	0,1018	0,1007
- 44	0,1239	0,1226	0,1213	0,1200	0,1187	0,1174	0,1161	0,1149	0,1136	0,1123
- 43	0,1379	0,1364	0,1350	0,1335	0,1321	0,1307	0,1293	0,1279	0,1266	0,1252
- 42	0,1534	0,1518	0,1502	0,1486	0,1470	0,1455	0,1440	0,1424	0,1409	0,1394
- 41	0,1704	0,1686	0,1669	0,1651	0,1634	0,1617	0,1600	0,1583	0,1567	0,1550
- 40	0,1891	0,1872	0,1852	0,1833	0,1815	0,1796	0,1777	0,1759	0,1740	0,1722
- 39	0,2097	0,2076	0,2054	0,2033	0,2013	0,1992	0,1971	0,1951	0,1931	0,1911
- 38	0,2323	0,2299	0,2276	0,2253	0,2230	0,2207	0,2185	0,2162	0,2140	0,2119
- 37	0,2571	0,2545	0,2520	0,2494	0,2469	0,2444	0,2419	0,2395	0,2371	0,2347
- 36	0,2842	0,2814	0,2786	0,2758	0,2730	0,2703	0,2676	0,2649	0,2623	0,2597
- 35	0,3139	0,3108	0,3077	0,3047	0,3017	0,2987	0,2957	0,2928	0,2899	0,2870
- 34	0,3463	0,3429	0,3396	0,3362	0,3330	0,3297	0,3265	0,3233	0,3201	0,3170
- 33	0,3818	0,3781	0,3745	0,3708	0,3673	0,3637	0,3602	0,3567	0,3532	0,3497
- 32	0,4205	0,4165	0,4125	0,4085	0,4046	0,4007	0,3968	0,3930	0,3893	0,3855
- 31	0,4628	0,4584	0,4541	0,4497	0,4454	0,4412	0,4370	0,4328	0,4287	0,4246
- 30	0,5088	0,5040	0,4993	0,4946	0,4899	0,4853	0,4807	0,4762	0,4717	0,4672
- 29	0,5589	0,5537	0,5485	0,5434	0,5383	0,5333	0,5283	0,5234	0,5185	0,5136
- 28	0,6134	0,6077	0,6021	0,5966	0,5911	0,5856	0,5802	0,5748	0,5694	0,5642
- 27	0,6727	0,6666	0,6605	0,6544	0,6484	0,6425	0,6366	0,6307	0,6249	0,6191
- 26	0,7371	0,7304	0,7238	0,7172	0,7107	0,7042	0,6978	0,6914	0,6851	0,6789
- 25	0,8070	0,7997	0,7926	0,7854	0,7783	0,7713	0,7643	0,7574	0,7506	0,7438
- 24	0,8827	0,8748	0,8671	0,8593	0,8517	0,8441	0,8366	0,8291	0,8217	0,8143
- 23	0,9649	0,9564	0,9479	0,9396	0,9313	0,9230	0,9148	0,9067	0,8986	0,8906
- 22	1,0538	1,0446	1,0354	1,0264	1,0173	1,0084	0,9995	0,9908	0,9821	0,9734
- 21	1,1500	1,1400	1,1301	1,1203	1,1106	1,1009	1,0913	1,0818	1,0724	1,0631
- 20	1,2540	1,2432	1,2325	1,2219	1,2114	1,2010	1,1906	1,1804	1,1702	1,1600
- 19	1,3664	1,3548	1,3432	1,3318	1,3204	1,3091	1,2979	1,2868	1,2758	1,2648
- 18	1,4877	1,4751	1,4627	1,4503	1,4381	1,4259	1,4138	1,4018	1,3899	1,3781
- 17	1,6186	1,6051	1,5916	1,5783	1,5650	1,5519	1,5389	1,5259	1,5131	1,5003
- 16	1,7597	1,7451	1,7306	1,7163	1,7020	1,6879	1,6738	1,6599	1,6460	1,6323
- 15	1,9118	1,8961	1,8805	1,8650	1,8496	1,8343	1,8191	1,8041	1,7892	1,7744
- 14	2,0755	2,0586	2,0418	2,0251	2,0085	1,9921	1,9758	1,9596	1,9435	1,9276
- 13	2,2515	2,2333	2,2153	2,1973	2,1795	2,1619	2,1444	2,1270	2,1097	2,0925
- 12	2,4409	2,4213	2,4019	2,3826	2,3635	2,3445	2,3256	2,3069	2,2883	2,2698
- 11	2,6443	2,6233	2,6024	2,5817	2,5612	2,5408	2,5205	2,5004	2,4804	2,4606
- 10	2,8627	2,8402	2,8178	2,7956	2,7735	2,7516	2,7298	2,7082	2,6868	2,6655
- 9	3,0971	3,0729	3,0489	3,0250	3,0013	2,9778	2,9544	2,9313	2,9082	2,8854
- 8	3,3484	3,3225	3,2967	3,2711	3,2457	3,2205	3,1955	3,1706	3,1459	3,1214
- 7	3,6177	3,5899	3,5623	3,5349	3,5077	3,4807	3,4539	3,4272	3,4008	3,3745
- 6	3,9061	3,8764	3,8468	3,8175	3,7883	3,7594	3,7307	3,7021	3,6738	3,6456
- 5	4,2148	4,1830	4,1514	4,1200	4,0888	4,0579	4,0271	3,9966	3,9662	3,9361
- 4	4,5451	4,5111	4,4773	4,4437	4,4103	4,3772	4,3443	4,3116	4,2791	4,2468
- 3	4,8981	4,8617	4,8256	4,7897	4,7541	4,7187	4,6835	4,6486	4,6138	4,5794
- 2	5,2753	5,2364	5,1979	5,1595	5,1214	5,0836	5,0460	5,0087	4,9716	4,9347
- 1	5,6780	5,6365	5,5953	5,5544	5,5138	5,4734	5,4333	5,3934	5,3538	5,3144
- 0	6,1078	6,0636	6,0196	5,9759	5,9325	5,8894	5,8466	5,8040	5,7617	5,7197

Température °C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	6,1078	6,1523	6,1971	6,2422	6,2876	6,3333	6,3793	6,4256	6,4721	6,5190
1	6,5662	6,6137	6,6614	6,7095	6,7579	6,8066	6,8556	6,9049	6,9545	7,0044
2	7,0547	7,1053	7,1562	7,2074	7,2590	7,3109	7,3631	7,4157	7,4685	7,5218
3	7,5753	7,6291	7,6833	7,7379	7,7928	7,8480	7,9036	7,9595	8,0158	8,0724
4	8,1294	8,1868	8,2445	8,3026	8,3610	8,4198	8,4789	8,5384	8,5983	8,6586
5	8,7192	8,7802	8,8416	8,9033	8,9655	9,0280	9,0909	9,1542	9,2179	9,2820
6	9,3465	9,4114	9,4766	9,5423	9,6083	9,6748	9,7416	9,8089	9,8765	9,9446
7	10,013	10,082	10,151	10,221	10,291	10,362	10,433	10,505	10,577	10,649
8	10,722	10,795	10,869	10,943	11,017	11,092	11,168	11,243	11,320	11,397
9	11,474	11,552	11,630	11,708	11,787	11,867	11,947	12,027	12,108	12,190
10	12,272	12,355	12,438	12,521	12,606	12,690	12,775	12,860	12,946	13,032
11	13,119	13,207	13,295	13,383	13,472	13,562	13,652	13,742	13,833	13,925
12	14,017	14,110	14,203	14,297	14,391	14,486	14,581	14,678	14,774	14,871
13	14,969	15,067	15,166	15,266	15,365	15,466	15,567	15,669	15,771	15,874
14	15,977	16,081	16,186	16,291	16,397	16,503	16,610	16,718	16,826	16,935
15	17,044	17,154	17,264	17,376	17,487	17,600	17,713	17,827	17,942	18,057
16	18,173	18,290	18,407	18,524	18,643	18,762	18,882	19,002	19,123	19,245
17	19,367	19,490	19,614	19,739	19,864	19,990	20,117	20,244	20,372	20,501
18	20,630	20,760	20,891	21,023	21,155	21,288	21,422	21,556	21,691	21,827
19	21,964	22,101	22,240	22,379	22,518	22,659	22,800	22,942	23,085	23,229
20	23,373	23,518	23,664	23,811	23,959	24,107	24,256	24,406	24,557	24,709
21	24,861	25,014	25,168	25,323	25,479	25,635	25,792	25,950	26,109	26,269
22	26,430	26,592	26,754	26,918	27,082	27,247	27,413	27,580	27,748	27,916
23	28,086	28,256	28,428	28,600	28,773	28,947	29,122	29,298	29,475	29,652
24	29,831	30,011	30,191	30,373	30,555	30,739	30,923	31,109	31,295	31,483
25	31,671	31,860	32,050	32,242	32,434	32,627	32,821	33,016	33,212	33,410
26	33,608	33,807	34,008	34,209	34,411	34,615	34,820	35,025	35,232	35,440
27	35,649	35,859	36,070	36,282	36,495	36,709	36,924	37,140	37,358	37,576
28	37,796	38,017	38,239	38,462	38,686	38,911	39,137	39,365	39,594	39,824
29	40,055	40,287	40,521	40,755	40,991	41,228	41,466	41,705	41,945	42,187
30	42,430	42,674	42,919	43,166	43,414	43,663	43,913	44,165	44,418	44,672
31	44,927	45,184	45,442	45,701	45,961	46,223	46,486	46,750	47,016	47,283
32	47,551	47,820	48,091	48,364	48,637	48,912	49,188	49,466	49,745	50,025
33	50,307	50,590	50,874	51,160	51,447	51,736	52,026	52,317	52,610	52,904
34	53,200	53,497	53,796	54,096	54,397	54,700	55,004	55,310	55,617	55,926
35	56,236	56,548	56,861	57,176	57,492	57,810	58,129	58,450	58,773	59,097
36	59,422	59,749	60,077	60,407	60,739	61,072	61,407	61,743	62,081	62,421
37	62,762	63,105	63,450	63,796	64,144	64,493	64,844	65,196	65,550	65,906
38	66,264	66,623	66,985	67,347	67,712	68,078	68,446	68,815	69,186	69,559
39	69,934	70,310	70,688	71,068	71,450	71,833	72,218	72,605	72,994	73,385
40	73,777	74,171	74,568	74,966	75,365	75,767	76,170	76,575	76,982	77,391
41	77,802	78,215	78,630	79,046	79,465	79,885	80,307	80,731	81,157	81,585
42	82,015	82,447	82,881	83,316	83,754	84,194	84,636	85,079	85,525	85,973
43	86,423	86,875	87,329	87,785	88,243	88,703	89,165	89,629	90,095	90,564
44	91,034	91,507	91,981	92,458	92,937	93,418	93,901	94,386	94,874	95,363
45	95,855	96,349	96,845	97,343	97,844	98,347	98,852	99,359	99,869	100,38
46	100,89	101,41	101,93	102,45	102,97	103,50	104,03	104,56	105,09	105,62
47	106,16	106,70	107,24	107,78	108,33	108,88	109,43	109,98	110,54	111,10
48	111,66	112,22	112,79	113,36	113,93	114,50	115,07	115,65	116,23	116,81
49	117,40	117,99	118,58	119,17	119,77	120,37	120,97	121,57	122,18	122,79
50	123,40	124,01	124,63	125,25	125,87	126,49	127,12	127,75	128,38	129,01

Température °C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
50	123,40	124,01	124,63	125,25	125,87	126,49	127,12	127,75	128,38	129,01
51	129,65	130,29	130,93	131,58	132,23	132,88	133,53	134,19	134,84	135,51
52	136,17	136,84	137,51	138,18	138,86	139,54	140,22	140,91	141,60	142,29
53	142,98	143,68	144,38	145,08	145,78	146,49	147,20	147,91	148,63	149,35
54	150,07	150,80	151,53	152,26	152,99	153,73	154,47	155,21	155,96	156,71
55	157,46	158,22	158,97	159,74	160,50	161,27	162,04	162,82	163,59	164,38
56	165,18	165,95	166,74	167,53	168,33	169,13	169,93	170,74	171,55	172,36
57	173,18	174,00	174,82	175,65	176,48	177,31	178,15	178,99	179,83	180,68
58	181,53	182,38	183,24	184,10	184,96	185,83	186,70	187,58	188,45	189,94
59	190,22	191,11	192,00	192,89	193,79	194,69	195,60	196,51	197,42	198,34
60	199,26	200,18	201,11	202,05	202,98	203,92	204,86	205,81	206,76	207,71
61	208,67	209,63	210,59	211,56	212,53	213,51	214,49	215,48	216,46	217,45
62	218,45	219,45	220,45	221,46	222,47	223,48	224,50	225,52	226,54	227,58
63	228,61	229,65	230,70	231,74	232,79	233,85	234,91	235,97	237,03	238,11
64	239,18	240,26	241,34	242,43	243,52	244,62	245,72	246,82	247,93	249,04
65	250,16	251,28	252,41	253,54	254,67	255,81	256,95	258,10	259,25	260,40
66	261,56	262,73	263,90	265,07	266,25	267,43	268,61	269,80	271,00	272,20
67	273,40	274,61	275,82	277,04	278,26	279,49	280,72	281,96	283,20	284,45
68	285,70	286,96	288,21	289,48	290,75	292,02	293,30	294,58	295,86	297,15
69	298,45	299,75	301,06	302,37	303,69	305,01	306,34	307,67	309,00	310,34
70	311,69	313,04	314,39	315,75	317,12	318,49	319,87	321,25	322,63	324,02
71	325,42	326,82	328,22	329,63	331,05	332,47	333,89	335,33	336,76	338,20
72	339,65	341,10	342,56	344,03	345,50	346,97	348,45	349,93	351,42	352,91
73	354,41	355,91	357,43	358,94	360,46	361,99	363,52	365,06	366,61	368,15
74	369,71	371,27	372,84	374,41	375,99	377,57	379,16	380,75	382,35	383,95
75	385,56	387,18	388,80	390,43	392,06	393,70	395,34	396,99	398,65	400,31
76	401,98	403,65	405,34	407,02	408,71	410,41	412,11	413,82	415,53	417,25
77	418,98	420,71	422,45	424,20	425,95	427,71	429,47	431,24	433,02	434,80
78	436,59	438,38	440,18	441,99	443,80	445,62	447,45	449,28	451,11	452,96
79	454,81	456,67	458,53	460,40	462,28	464,16	466,05	467,94	469,85	471,76
80	473,67	475,59	477,52	479,45	481,39	483,34	485,29	487,25	489,22	491,19
81	493,17	495,16	497,15	499,16	501,17	503,18	505,20	507,23	509,26	511,30
82	513,35	515,41	517,47	519,54	521,62	523,70	525,79	527,89	529,99	532,10
83	534,22	536,35	538,48	540,62	542,77	544,92	547,08	549,25	551,43	553,61
84	555,80	557,99	560,20	562,41	564,62	566,85	569,08	571,32	573,57	575,83
85	578,09	580,36	582,64	584,93	587,22	589,52	591,83	594,14	596,46	598,79
86	601,13	603,48	605,83	608,19	610,56	612,94	615,32	617,72	620,12	622,52
87	624,94	627,36	629,79	632,23	634,68	637,13	639,59	642,07	644,55	647,03
88	649,53	652,03	654,54	657,06	659,59	662,12	664,66	667,22	669,78	672,34
89	674,92	677,50	680,09	682,69	685,30	687,92	690,55	693,18	695,82	698,47
90	701,13	703,80	706,47	709,16	711,85	714,55	717,26	719,98	722,71	725,45
91	728,19	730,94	733,70	736,47	739,25	742,04	744,84	747,64	750,46	753,28
92	756,11	758,95	761,80	764,66	767,52	770,40	773,29	776,18	779,09	782,00
93	784,92	787,85	790,79	793,74	796,69	799,66	802,63	805,62	808,61	811,62
94	814,63	817,65	820,69	823,73	826,78	829,84	832,91	835,99	839,08	842,17
95	845,28	848,40	851,52	854,66	857,80	860,96	864,12	867,30	870,48	873,68
96	876,88	880,09	883,31	886,55	889,79	893,04	896,30	899,57	902,86	906,15
97	909,45	912,76	916,08	919,42	922,76	926,11	929,47	932,84	936,23	939,62
98	943,02	946,43	949,85	953,28	956,73	960,18	963,65	967,12	970,61	974,10
99	977,61	981,13	984,65	988,19	991,74	995,30	998,87	1002,45	1006,04	1009,64
100	1013,25	1016,87	1020,50	1024,14	1027,80	1031,46	1035,13	1038,82	1042,51	1046,22
101	1049,94	1053,67	1057,41	1061,16	1064,93	1068,70	1072,49	1076,28	1080,09	1083,91
102	1087,74									

Table psychrométrique — Humidité relative en %
(Table établie pour une pression atmosphérique de 1013 hPa)

T_1 = Température du thermomètre sec en °C

ΔT Différence entre thermomètre sec et humide en °C

ΔT \ T_1	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
0,5	95,52	96,01	96,38	96,68	96,91	97,11	97,27	97,42	97,54	97,65	97,75
0,6	94,64	95,22	95,67	96,02	96,30	96,54	96,74	96,91	97,05	97,19	97,31
0,7	93,76	94,43	94,95	95,36	95,70	95,97	96,20	96,40	96,57	96,72	96,86
0,8	92,88	93,65	94,24	94,71	95,09	95,40	95,66	95,89	96,09	96,26	96,42
0,9	92,00	92,87	93,54	94,06	94,49	94,84	95,13	95,38	95,61	95,80	95,98
1,0	91,13	92,09	92,83	93,42	93,89	94,27	94,60	94,88	95,13	95,34	95,54
1,1	90,28	91,32	92,13	92,77	93,29	93,71	94,07	94,38	94,65	94,89	95,10
1,2	89,39	90,55	91,43	92,13	92,69	93,16	93,65	93,88	94,17	94,43	94,67
1,3	88,53	89,78	90,74	91,49	92,10	92,60	93,02	93,38	93,70	93,88	94,23
1,4	87,67	89,01	90,04	90,85	91,51	92,05	92,50	92,89	93,23	93,53	93,80
1,5	86,81	88,25	89,35	90,22	90,92	91,49	91,98	92,39	92,76	93,08	93,37
1,6	85,96	87,49	88,66	89,59	90,33	90,94	91,46	91,90	92,29	92,63	92,94
1,7	85,11	86,73	87,98	88,96	89,75	90,40	90,94	91,41	91,82	92,18	92,51
1,8	84,26	85,98	87,30	88,33	89,16	89,85	90,43	90,92	91,35	91,74	92,00
1,9	83,41	85,23	86,81	87,71	88,58	89,31	89,92	90,44	90,89	91,29	91,66
2,0	82,57	84,48	85,94	87,08	88,01	88,77	89,40	89,95	90,43	90,85	91,23
2,1	81,73	83,73	85,26	86,46	87,43	88,23	88,90	89,47	89,97	90,41	90,81
2,2	80,89	82,99	84,59	85,85	86,86	87,69	88,39	88,99	89,51	89,97	90,39
2,3	80,06	82,25	83,92	85,23	86,29	87,16	87,88	88,51	89,05	89,54	89,97
2,4	79,23	81,51	83,25	84,62	85,72	86,62	87,38	88,03	88,60	89,10	89,55
2,5	78,40	80,77	82,59	84,01	85,15	86,09	86,88	87,56	88,14	88,67	89,13
2,6	77,58	80,04	81,93	83,40	84,59	85,56	86,38	87,08	87,69	88,23	88,72
2,7	76,76	79,31	81,27	82,80	84,03	85,04	85,88	86,61	87,24	87,80	88,31
2,8	75,94	78,59	80,61	82,19	83,47	84,51	85,39	86,14	86,79	87,37	87,89
2,9	75,12	77,86	79,95	81,59	82,91	83,99	84,90	85,67	86,35	86,95	87,48
3,0	74,31	77,14	79,30	81,00	82,35	83,47	84,40	85,28	85,90	86,52	87,07
3,1	73,50	76,42	78,65	80,40	81,80	82,95	83,91	84,74	85,46	86,10	86,67
3,2	72,69	75,70	78,00	79,81	81,25	82,43	83,43	84,28	85,02	85,67	86,26
3,3	71,89	74,99	77,36	79,21	80,70	81,92	82,94	83,82	84,58	85,25	85,85
3,4	71,09	74,28	76,72	78,62	80,15	81,41	82,46	83,36	84,14	84,83	85,45
3,5	70,29	73,57	76,08	78,04	79,61	80,90	81,98	82,90	83,70	84,41	85,05
3,6	69,49	72,87	75,44	77,45	79,07	80,39	81,49	82,44	83,27	83,90	84,65
3,7	68,70	72,16	74,81	76,87	78,53	79,88	81,02	81,99	82,83	83,50	84,25
3,8	67,91	71,46	74,17	76,29	77,99	79,38	80,54	81,53	82,40	83,16	83,85
3,9	67,12	70,77	73,54	75,71	77,45	78,87	80,07	81,08	81,97	82,75	83,45
4,0	66,34	70,07	72,92	75,14	76,92	78,37	79,59	80,63	81,54	82,34	83,06
4,1	65,56	69,38	72,29	74,56	76,38	77,87	79,12	80,19	81,11	81,93	82,67
4,2	64,78	68,69	71,67	73,99	75,85	77,38	78,65	79,74	80,69	81,52	82,27
4,3	64,00	68,00	71,05	73,42	75,33	76,88	78,19	79,30	80,26	81,12	81,88
4,4	63,23	67,31	70,43	72,86	74,80	76,39	77,72	78,85	79,84	80,71	81,49
4,5	62,46	66,63	69,81	72,29	74,28	75,90	77,26	78,41	79,42	80,31	81,10
4,6	61,69	65,95	69,20	71,73	73,76	75,41	76,79	77,97	79,00	79,91	80,72
4,7	60,92	65,27	68,59	71,17	73,24	74,92	76,33	77,54	78,58	79,51	80,33
4,8	60,16	64,60	67,98	70,61	72,72	74,44	75,88	77,10	78,17	79,11	79,95
4,9	59,40	63,93	67,37	70,06	72,20	73,95	75,42	76,67	77,75	78,71	79,57
5,0	58,64	63,26	66,77	69,50	71,69	73,47	74,96	76,23	77,34	78,31	79,18
5,1	57,88	62,59	66,16	68,95	71,18	72,99	74,51	75,80	76,93	77,92	78,80
5,2	57,13	61,92	65,57	68,40	70,67	72,52	74,06	75,37	76,52	77,52	78,43
5,3	56,38	61,26	64,97	67,86	70,16	72,04	73,61	74,95	76,11	77,13	78,05
5,4	55,63	60,60	64,37	67,31	69,68	71,57	73,16	74,52	75,70	76,74	77,67
5,5	54,89	59,94	63,78	66,77	69,15	71,09	72,72	74,10	75,29	76,35	77,30
5,6	54,14	59,28	63,19	66,23	68,65	70,62	72,27	73,67	74,89	75,96	76,93
5,7	53,40	58,63	62,60	65,69	68,15	70,15	71,83	73,28	74,49	75,58	76,55
5,8	52,67	57,98	62,01	65,15	67,65	69,69	71,39	72,83	74,09	75,19	76,18
5,9	51,93	57,33	61,43	64,62	67,15	69,22	70,95	72,42	73,69	74,81	75,81

T_1 = Température du thermomètre sec en °C

ΔT Différence entre thermomètre sec et humide en °C

ΔT	T_1	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
6,0		51,20	58,68	60,85	61,08	66,66	68,76	70,51	72,00	73,29	74,43	75,15
6,1		50,47	58,04	60,27	63,55	66,17	68,30	70,07	71,58	72,89	74,03	75,08
6,2		49,74	55,40	59,69	63,02	65,68	67,84	69,64	71,17	72,50	73,67	74,71
6,3		49,01	54,78	59,11	62,50	65,19	67,38	69,21	70,76	72,10	73,29	74,36
6,4		48,29	54,12	58,64	61,97	64,70	66,93	68,78	70,35	71,71	72,91	73,99
6,5		47,57	53,49	57,97	61,45	64,22	66,47	68,35	69,94	71,32	72,54	73,63
6,6		46,85	52,85	57,40	60,93	63,74	66,02	67,92	69,53	70,93	72,16	73,27
6,7		46,14	52,22	56,83	60,41	63,26	65,57	67,49	69,13	70,55	71,79	72,91
6,8		45,42	51,59	56,27	59,90	62,78	65,12	67,07	68,73	70,16	71,42	72,55
6,9		44,71	50,97	55,71	59,38	62,30	64,67	66,65	68,32	69,77	71,05	72,19
7,0		44,00	50,31	55,14	58,87	61,82	64,23	66,23	67,92	69,39	70,68	71,84
7,1		43,30	49,72	54,58	58,36	61,35	63,78	65,81	67,52	69,01	70,32	71,48
7,2		42,59	49,10	54,03	57,83	60,88	63,34	65,39	67,13	68,63	69,95	71,13
7,3		41,89	48,49	53,48	57,34	60,41	62,90	64,97	66,73	68,25	69,59	70,78
7,4		41,19	47,87	52,92	56,84	59,91	62,46	64,56	66,34	67,87	69,22	70,43
7,5		40,50	47,28	52,37	56,33	59,48	62,03	64,15	65,94	67,50	68,86	70,08
7,6		39,80	46,63	51,82	55,83	59,01	61,39	63,73	65,55	67,12	68,50	69,74
7,7		39,11	46,04	51,28	55,33	58,55	61,16	63,32	65,18	66,75	68,14	69,39
7,8		38,42	45,43	50,73	54,84	58,09	60,73	62,92	64,77	66,30	67,79	69,04
7,9		37,73	44,83	50,19	54,34	57,63	60,30	62,51	64,39	66,01	67,43	68,70
8,0		37,04	44,23	49,65	53,85	57,17	59,87	62,11	64,00	65,64	67,07	68,36
8,1		36,36	43,63	49,11	53,36	56,72	59,44	61,70	63,62	65,27	66,72	68,02
8,2		35,68	43,03	48,58	52,87	56,28	58,02	61,30	63,23	64,90	66,37	67,68
8,3		35,00	42,43	48,04	52,38	55,81	58,59	60,90	62,85	64,54	66,02	67,34
8,4		34,32	41,84	47,51	51,89	55,36	58,17	60,50	62,47	64,17	65,67	67,00
8,5		33,85	41,25	46,98	51,41	54,91	57,75	60,10	62,08	63,81	65,32	66,67
8,6		32,98	40,66	46,45	50,93	54,47	57,33	59,71	61,72	63,45	64,97	66,33
8,7		32,31	40,07	45,92	50,45	54,02	56,92	59,31	61,34	63,09	64,63	66,00
8,8		31,84	39,48	45,40	49,97	53,38	56,50	58,92	60,97	62,75	64,28	65,66
8,9		30,97	38,90	44,88	49,49	53,14	56,09	58,53	60,60	62,38	63,94	65,33
9,0		30,31	38,32	44,36	49,02	52,70	55,68	58,14	60,23	62,02	63,60	65,00
9,1		29,65	37,74	43,84	48,54	52,26	55,27	57,75	59,86	61,67	63,26	64,67
9,2		28,88	37,16	43,32	48,07	51,83	54,86	57,37	59,49	61,31	62,92	64,35
9,3		28,33	36,59	42,81	47,60	51,39	54,45	56,88	59,12	60,96	62,58	64,02
9,4		27,67	36,01	42,29	47,14	50,96	54,05	56,60	58,76	60,61	62,24	63,69
9,5		27,02	35,44	41,78	46,67	50,53	53,64	56,22	58,39	60,26	61,91	63,37
9,6		26,37	34,87	41,27	46,20	50,10	53,24	55,84	58,03	59,92	61,57	63,05
9,7		25,72	34,30	40,76	45,74	49,67	52,84	55,46	57,67	59,57	61,24	62,73
9,8		25,07	33,74	40,26	45,28	49,24	52,44	55,08	57,31	59,23	60,91	62,40
9,9		24,43	33,17	39,75	44,82	48,82	52,04	54,70	56,95	58,88	60,58	62,09
10,0		23,78	32,61	39,25	44,37	48,39	51,65	54,33	56,59	58,54	60,25	61,77
10,1		23,14	32,05	38,75	43,91	47,97	51,25	53,96	56,24	58,20	59,92	61,45
10,2		22,50	31,40	38,25	43,46	47,55	50,86	53,59	55,88	57,86	59,59	61,13
10,3		21,87	30,94	37,76	43,00	47,14	50,47	53,21	55,53	57,52	59,27	60,82
10,4		21,23	30,38	37,26	42,65	46,72	50,08	52,85	55,18	57,19	58,94	60,51
10,5		20,60	29,83	36,77	42,10	46,30	49,69	52,48	54,83	56,85	58,62	60,19
10,6		19,97	29,28	36,28	41,66	45,89	49,30	52,11	54,48	56,52	58,30	59,88
10,7		19,34	28,73	35,79	41,21	45,48	48,92	51,75	54,13	56,18	57,98	59,57
10,8		18,71	28,18	35,30	40,77	45,07	48,83	51,39	53,79	55,85	57,66	59,26
10,9		18,08	27,64	34,81	40,33	44,66	48,15	51,02	53,44	55,52	57,34	58,95
11,0		17,46	27,10	34,33	39,89	44,25	47,77	50,66	53,10	55,10	57,02	58,65

5.5 Erreur relative de mesure de l'humidité relative due aux incertitudes de mesure des températures sèches et humides et aux fluctuations de pression atmosphérique

Le contrôle de l'humidité relative, dans les enceintes d'essai de chaleur humide, est généralement réalisé par une mesure psychrométrique. De l'écart entre température sèche et humide, on tire l'humidité relative par les formules de l'appendice 1.

Les incertitudes de mesure sur ces températures, les fluctuations de pression atmosphérique et éventuellement l'absence de correction de l'altitude du lieu, entraînent une erreur sur l'humidité relative mesurée.

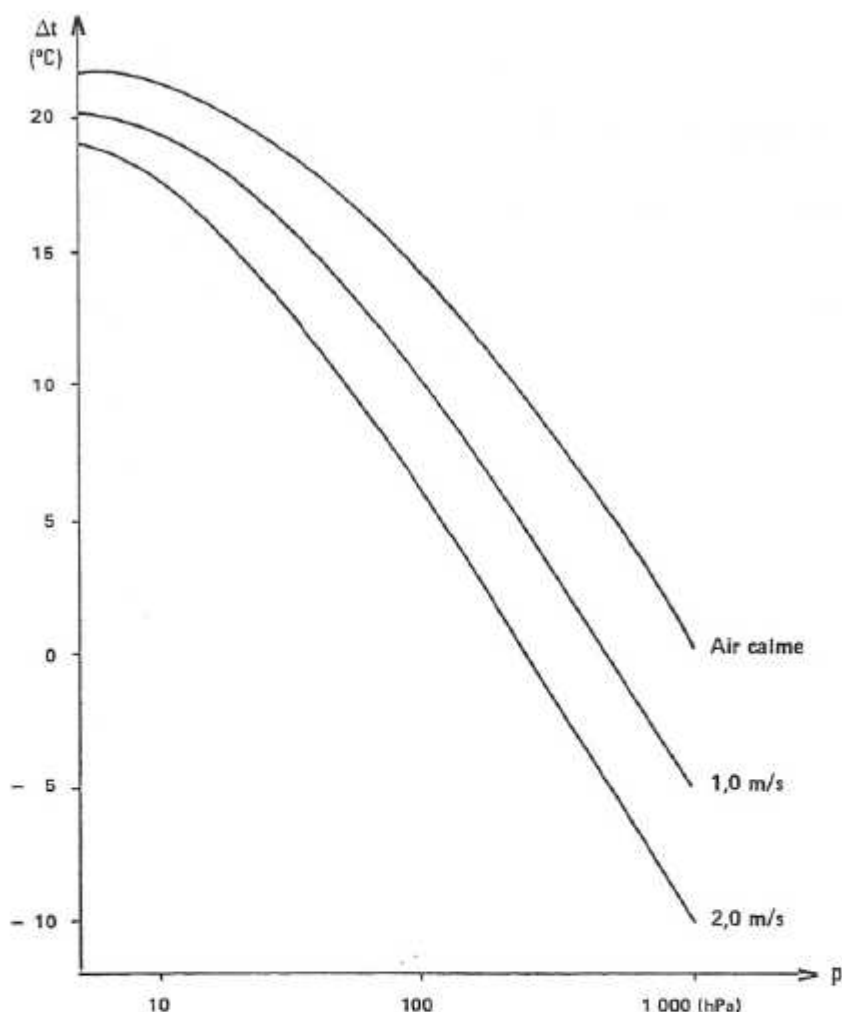
Le tableau suivant quantifie l'erreur relative faite sur la valeur de l'humidité pour des valeurs habituelles des incertitudes de mesure des températures sèche et humide.

Incertitude sur les températures		Température sèche °C	Humidité relative				
			90%	80%	70%	60%	50%
Temps ± °C		°C	Erreur relative sur l'humidité				
T _s	0.1	20	2.2	2.3	2.5	2.8	3.2
T _h	0.1	40	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5
		60	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
T _s	0.2	20	3.8	4.3	4.8	5.4	6.5
T _h	0.2	40	2.6	2.7	2.8	2.9	3.5
		60	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2
T _s	0.4	20	7.6	8.2	8.8	9.6	10.8
T _h	0.4	40	5.2	5.4	5.5	5.8	6.3
		60	4.1	4.2	4.2	4.4	4.4

Incertitude sur les températures				Température sèche °C	Humidité relative				
					90%	80%	70%	60%	50%
Temps ± °C		Pression ± hPa		°C	Erreur relative sur l'humidité				
T _s	0.1	P. atm.	10	20	3.1	3.2	3.4	3.6	4.1
T _h	0.1			40	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5
				60	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1
T _s	0.1	P. atm.	20	20	3.8	3.9	4.0	4.2	4.5
T _h	0.1			40	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5
				60	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0
T _s	0.2	P. atm.	20	20	5.6	5.8	6.1	6.5	7.1
T _h	0.2			40	4.4	4.5	4.6	4.7	4.9
				60	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0
T _s	0.4	P. atm.	40	20	10.9	11.3	11.9	12.4	13.4
T _h	0.4			40	8.7	8.9	9.0	9.3	9.7
				60	7.7	7.8	8.0	8.0	8.1

Nota : l'erreur systématique due à l'altitude du lieu atteint 4% pour 40 hPa (soit 340 m) alors que les fluctuations météorologiques dépassent rarement ± 15 hPa (erreur 1.5%) la correction d'altitude est donc un facteur important de l'exactitude de la mesure.

5.6 Effets combinés de la pression atmosphérique et de la vitesse de l'air sur la température de surface du matériel essayé



Δt = écart de la température de surface du matériel (valeur moyenne) par rapport à la valeur à pression atmosphérique normale (1000 hPa)

P = pression de l'air dans l'enceinte

Température de l'air : + 45°C
 Emissivité : paroi de l'enceinte : $\varepsilon = 1$
 : surface du matériel : $\varepsilon = 0.7$
 Surface du matériel : 0.12 m²
 Dissipation d'énergie du matériel : 43 W

Ce diagramme a été établi conformément aux formules données dans McAdams Heat Transmission (McGraw-Hill, 1954).

References

- [1] - Naval Engineering Standard NES 1004, Requirements For The Design And Testing Equipment To Meet Environmental Conditions Issue1 1987.
- [2] - Tailoring Shipboard Environmental Specifications: R. H. Chalmers, Naval Ocean Systems Centre, San Diego, California, Journal Of Institute Of Environmental Science, March/April
- [3] - Review Of Climatic Protection Techniques For Electronic Equipments: E. Napper, Procurement Executive, Ministry Of Defence, RSRE Malvern, Worcs, RSRE Memorandum No. 3530.
- [4] - High Humidities at High Temperatures, A V Dodd, Tech Report EP-9, Quartermaster Research and Development Centre, US Army, Natick Massachusetts
- [5] - 'Tropicproofing Electrical Equipment' M Rychtera and B Bartakova, Morgan Grampian Books Ltd., 28 Little Essex Street, London.
- [6] - BS 1339: 'Definitions, formulae and constants relating to the humidity of the air' London, British Standards Institute, 1965 (confirmed 1981).
- [7] - BS 4672: 'Guide to hazards in the transport and storage of packages, Parts 1 and 2' London, BSI, 1971.
- [8] - Met 0 265b: 'Hygrometric Tables. Part II, for use with Stevenson screen readings in degrees Celsius' London, HMSO, 1964, reprinted 1978.
- [9] - Met 0 265c: 'Hygrometric Tables. Part III, for aspirated psychrometer readings in degrees Celsius' London, HMSO, 1970, reprinted 1978.
- [10] - Met 0 584h: 'World distribution of atmospheric water vapour pressure' G A Tunnell, London, HMSO, Geophysical Memoir No. 100, 1958.
- [11] - Met 0 617: 'Tables of temperature, relative humidity and precipitation for the world' London, HMSO 1960. In six parts.
- [12] - Met 0 856: 'Tables of temperature, relative humidity, precipitation and sunshine for the world', London, HMSO. Pt I, N. America, 1981. Pt III, Europe, 1973. Pt IV, Africa, 1983.
- [13] - Met 0 919c: 'Handbook of Meteorological Instruments. Vol. 3. Measurement of Humidity' London, HMSO, 1981.
- [14] - 'Maps of mean vapour pressure and of frequencies of high relative humidity in the United Kingdom' London, Meteorological Office, Climatological Memorandum No. 75, 1975.
- [15] - 'Averages and frequency distributions of humidity for Great Britain and Northern Ireland 1961-70 (revised 1982)', London, Meteorological Office, Clim. Memo.No. 103, 1976.
- [16] - 'Percentage frequencies of hourly values of dry bulb and wet bulb temperatures at Singapore/Changi 1957-71' London, Meteorological Office, Clim. Memo.No. 104, 1977.
- [17] - Also for Bahrain (CM105), Khormaksar (CM106), Gibraltar (CM107) and 23 stations in the UK
- [18] - WMO No. 117 TP 52. 'Climatological Normals (CLINO) for CLIMAT and CLIMAT SHIP stations for the period 1931-1960' Geneva, World Meteorological Organisation, 1971.
- [20] - 'Climate in Everyday Life' C E P Brooks Ernest Benn Ltd, 1950.
- [21] - 'Meteorological Instruments' W E Knowles University of Toronto Press, 3rd edition, Middleton 1953. and A F Spilhaus
- [22] - International Government Marine Consultative Organisation Report, EF 111/3 4 February 1970
- [23] - Newtons Naval Architecture
- [24] - Atwoods Naval Architecture
- [25] - Development of Methods for predicting the Severity of Marine Icing Conditions. (British Aerospace). Based on icing trials onboard HMS Aurora, March 1978, T. E. Stevenson
- [26] - Prediction of Vessel Icing, J.E. Overlander, C H Please and R W Preisendorfer
- [27] - The Marine Observer's Handbook 11th Edition (1995), Meteorological Office

Figures

Figure 1 : Températures induites sur du matériel transporté sous couvert sur un camion G260	24
Figure 2 : Températures induites sur du matériel transporté sous couvert sur un camion G260	24
Figure 3 : Effet du chargement de marchandises sur les températures mesurées pendant le vol.....	27
Figure 4 : Effet du chargement de marchandises sur les températures mesurées pendant le vol.....	27
Figure 5 : Courbes de températures fonctions de l'altitude du STANAG	113
Figure 6 : Impact d'une variation d'altitude sur la température	114
Figure 7 : Impact des mois de l'année sur les températures	114

Tableaux

Tableau 1: Répartition spectrale de l'énergie de rayonnement solaire au niveau de la mer	11
Tableau 2 : Chapitres de la DEF STAN 00-35 Part 6	31
Tableau 3 : Répartition spectrale d'énergie rayonnée par une source solaire.....	121