

ANNEXE GENERALE CLIMATIQUE

TOME 4

REDACTION DU PROGRAMME DES ESSAIS

SOMMAIRE

<u>1</u>	<u>CONTENU D'UN PROGRAMME DES ESSAIS</u>	<u>8</u>
1.1	Choix du type d'essais	9
1.2	Choix des modes opératoires	9
1.3	Définition de l'environnement d'essai	9
1.4	Chronologie des essais	9
1.5	Nombre d'exemplaires	10
1.6	Sanctions	10
<u>2</u>	<u>ENVIRONNEMENT D'ESSAI</u>	<u>11</u>
2.1	Niveaux induits	11
2.2	Les sévérités d'essai	11
2.3	Le facteur d'essai	11
2.4	Définir les sévérités d'essai	12
2.5	Détermination des facteurs d'atténuation	13
<u>3</u>	<u>ESSAIS ET SEVERITES D'ESSAI</u>	<u>14</u>
3.1	Opérations logistiques	14
3.1.1	Sélection des essais couvrant le transport	14
3.1.2	Sélection des essais couvrant la manutention et le stockage	26
3.2	Mise en œuvre	30
3.2.1	Déploiement sur installations fixes	30
3.2.2	Sélection des essais pour les matériels installés sur les véhicules	35
3.2.3	Déploiement sur des bâtiments navals	38
3.2.4	Déploiement dans les sous-marins	46
3.2.5	Déploiement sur les aéronefs	48
3.2.6	Sélection des essais proposée par l'AECTP 100	51
3.3	Systèmes spécifiques	54
3.3.1	Equipements portables ou portatifs	54
3.3.2	Armes de surface et aéroportées	57
<u>4</u>	<u>LES SUPPORTS DU MATERIEL EN ESSAI</u>	<u>62</u>
4.1	Généralités	62
4.2	Influence de type thermique	62
4.2.1	Précautions à prendre	62
4.2.2	Influence du support : exemple d'un essai en chambre climatique	63
4.3	Influence de type aérodynamique	66
4.4	Influence de type biphasique	67
4.5	Influence de type mécanique	67
4.6	Influence de type électrochimique	67
<u>5</u>	<u>REPRESENTATIVITE ET REPRODUCTIVITE DES ESSAIS</u>	<u>69</u>

6	<u>LIMITATIONS DES MOYENS D'ESSAIS</u>	<u>70</u>
6.1	Introduction	70
6.2	Limitations pour les simulations en température	70
6.2.1	Conditions sur les températures de parois	70
6.2.2	Conditions sur le ratio de volume occupé dans la chambre ou enceinte climatique	70
6.2.3	Conditions sur les variations de températures	70
6.3	Limitations pour les essais incluant la simulation du rayonnement solaire direct ou du rayonnement diffus	70
6.3.1	Limitations sur la simulation du rayonnement direct (soleil)	71
6.3.2	Limitation sur le rayonnement diffus atmosphérique	71
6.3.3	Limitation sur la simulation du rayonnement nocturne	71
6.4	Limitation pour les simulations de neige	71
6.5	Limitations liées à la complexité de l'environnement climatique réel qui fait intervenir 3 modes d'échange simultanés (convectif, radiatif, conductif)	72
6.6	Limitations liées aux performances des moyens d'essais en chaleur humide :	73
6.7	Limitations liées aux moyens de pilotage :	73
7	<u>CHOIX DES MOYENS D'ESSAIS</u>	<u>75</u>
7.1	Enceintes climatiques	75
7.1.1	Généralités	75
7.1.2	Critères de choix	75
7.1.3	Vérification des performances et des dispositifs de sécurité	77
7.1.4	Contraintes mécaniques	78
7.1.5	Contraintes thermiques	78
7.1.6	Contraintes de propreté	79
7.1.7	Contraintes optiques	79
7.1.8	Contraintes liées aux raccordements électriques	79
7.2	Chaleur humide	79
7.2.1	Raccordements des fluides	79
7.2.2	Paramètres intervenant sur le comportement du matériel à essayer	79
7.2.3	Choix des moyens d'essais	80
7.3	Variation de température :	80
7.4	Choc thermique	80
7.5	Essai de brouillard salin	81
7.6	Essai de moisissures	81
7.6.1	Souches	82
7.7	Altitude	83
7.7.1	Choix des moyens d'essais	83
7.8	Variation de température	84
7.8.1	Choix des moyens d'essais	84

7.9	Rayonnement solaire	87
7.9.1	Choix des moyens d'essais	87
7.10	Surpression	89
7.10.1	Choix des moyens d'essais	89
7.11	Poussières	89
7.12	Essais d'étanchéité aux gaz	89
7.13	Jet d'eau	90
8	<u>CHOIX DES MOYENS DE MESURE</u>	<u>91</u>
8.1	Chaleur humide	91
8.2	Moisissures	91
8.2.1	Observations visuelles	91
8.2.2	Mesures des caractéristiques	91
8.2.3	Témoins de viabilité	91
8.3	Brouillard salin	91
8.4	Variation de température	91
8.5	Chocs thermiques	92
8.6	Altitude	92
8.6.1	Mesure de la pression	92
8.6.2	Mesure de la température	92
8.7	Rayonnement solaire	92
8.8	Immersion :	93
8.9	Poussières	93
8.10	Etanchéité aux gaz :	93
8.11	Jet d'eau	93
8.12	Surpression	93
9	<u>PARAMETRES INTERVENANT SUR LE COMPORTEMENT DU MATERIEL EN ESSAI</u>	<u>95</u>
9.1	Enceintes climatiques en général	95
9.1.1	Raccordements des fluides	95
9.1.2	Paramètres intervenant sur le comportement du matériel à essayer	95
9.2	Essai de chaleur humide	95
9.2.1	Paramètres à maîtriser	95
9.2.2	Paramètres à connaître	95
9.2.3	Tolérances	96
9.3	Essai de brouillard salin	96
9.3.1	Paramètres à maîtriser	96
9.3.2	Paramètres à connaître	96
9.3.3	Tolérances	96

9.4	Variation de température	96
9.4.1	Paramètres à maîtriser	96
9.4.2	Paramètres à connaître	97
9.4.3	Tolérances	97
9.5	Choc thermique	97
9.5.1	Paramètres à maîtriser	97
9.5.2	Paramètres à connaître	98
9.5.3	Tolérances	98
9.6	Essai d'altitude	98
9.6.1	Paramètres à maîtriser	98
9.6.2	Paramètres à connaître	98
9.6.3	Tolérances	98
9.7	Rayonnement solaire	98
9.7.1	Paramètres à maîtriser	98
9.7.2	Paramètres à connaître	99
9.7.3	Tolérances	99
9.8	Immersion	99
9.8.1	Paramètres à connaître	99
9.8.2	Tolérances	99
9.9	Poussières	99
9.9.1	Paramètres à maîtriser	99
9.9.2	Paramètres à connaître	100
9.9.3	Tolérances	100
9.10	Essais d'étanchéité aux gaz	100
9.10.1	Paramètres à maîtriser	100
9.10.2	Paramètres à connaître	101
9.10.3	Tolérances	101
9.11	Jet d'eau	101
9.11.1	Paramètres à maîtriser	101
9.11.2	Paramètres à connaître	102
9.11.3	Tolérances	102
9.12	Surpression	102
9.12.1	Paramètres à maîtriser	102
9.12.2	Paramètres à connaître	102
9.12.3	Tolérances	102

10	<u>INFORMATIONS PARTICULIERES</u>	<u>104</u>
10.1	Essais avec enceintes climatiques	104
10.1.1	Justification de l'environnement réalisé	104
10.1.2	Justification du fonctionnement des moyens utilisés	104
10.2	Chaleur humide	104
10.3	Variation rapide de température	104
10.3.1	Informations utiles au demandeur d'essai	104
10.3.2	Informations utiles au laboratoire	105
10.3.3	Résultats et informations à présenter	106
10.4	Choc thermique	106
10.4.1	Informations utiles au demandeur d'essai	106
10.4.2	Informations utiles au laboratoire	107
10.4.3	Résultats et informations à présenter	107
10.5	Brouillard salin	107
10.5.1	Informations utiles au demandeur de l'essai	107
10.5.2	Informations utiles au laboratoire d'essais	108
10.5.3	Résultats et informations à présenter	108
10.6	Moisissures	108
10.6.1	Informations utiles au demandeur de l'essai	108
10.6.2	Informations utiles au laboratoire d'essais	109
10.6.3	Présentation des résultats	109
10.7	Altitude	110
10.7.1	Informations utiles au demandeur d'essai	110
10.7.2	Informations utiles au laboratoire d'essais	110
10.7.3	Résultats et informations à présenter	111
10.8	Rayonnement solaire	111
10.8.1	Informations utiles au demandeur d'essai	111
10.8.2	Informations utiles au laboratoire d'essais	112
10.8.3	Résultats et informations à présenter	112
10.9	Immersion	112
10.9.1	Informations utiles au demandeur de l'essai	112
10.9.2	Informations utiles au laboratoire d'essais	113
10.9.3	Résultats et informations à présenter	113
10.10	Poussières	113
10.10.1	Informations utiles au demandeur d'essai	113
10.10.2	Informations utiles au laboratoire d'essais	114
10.10.3	Résultats et informations à présenter	114

10.11 Etanchéité aux gaz	114
10.11.1 Informations utiles au demandeur de l'essai	114
10.11.2 Informations utiles au laboratoire d'essais	115
10.11.3 Résultats et informations à présenter	116
10.12 Jet d'eau	116
10.12.1 Informations utiles au demandeur d'essai	116
10.12.2 Informations utiles au laboratoire d'essais	116
10.12.3 Résultats et informations à présenter	116
10.13 Surpression externe	116
10.13.1 Informations utiles au demandeur d'essai	116
10.13.2 Informations utiles au laboratoire	117
<u>ANNEXE A : COMPLEMENTS SUR L'ORGANISATION DU PROGRAMME D'ESSAI</u>	<u>118</u>
<u>ANNEXE B : AIDE AU CHOIX DES SANCTIONS</u>	<u>122</u>
<u>ANNEXE C : COMPARAISON DES SEVERITES REFUGES ET/OU FORFAITAIRES</u>	<u>125</u>
<u>ANNEXE D : COMPARAISON DES METHODES AECTP300 PAR RAPPORT AUX AUTRES NORMES</u>	<u>150</u>

1 CONTENU D'UN PROGRAMME DES ESSAIS

L'élaboration du programme d'essai doit normalement aborder les éléments suivants :

- le choix de la méthode d'essai normalisée :
 - o la mise en œuvre d'une méthode d'essai normalisée répond à un impératif qui est d'assurer la reproductibilité de l'essai. tout développement de nouvelle méthode doit être géré comme un projet pour conduire à l'objectif de validation d'une nouvelle méthode développée spécifiquement,
 - o il est donc indispensable de retenir une méthode d'essai normalisée ou validée spécifiquement,
- l'application d'un facteur d'essai en fonction du nombre des essais qui seront réalisés,
- la vérification de la faisabilité de l'essai en fonction,
 - o des limitations imposées par les moyens d'essai (combinaison réalisable d'agents d'environnement, critères d'appréciation, etc.),
 - o des modes opératoires existant dans les normes (assurant la reproductibilité des essais),
 - o de l'état de maîtrise de l'art dans la simulation de l'environnement considéré,
 - o éventuellement, des sévérités préférentielles proposées par les normes.
- Le choix de la sanction : il est présenté à l'annexe A.

L'organisation du programme d'essais (enchaînement de l'ensemble de toutes les épreuves) conduit à rechercher le meilleur compromis entre :

- un coût minimal,
- une représentativité satisfaisante du séquençement des applications (et des dégradations induites correspondantes) au cours du cycle de vie, et des éventuels effets synergiques.

Un plan d'essais de qualification est généralement constitué d'essais visant différents objectifs. Les essais d'environnement peuvent être regroupés suivant leurs buts principaux en différents types :

- Essais d'évaluation ne fait pas partie des essais de qualification : le but d'un essai d'évaluation est de vérifier l'adéquation d'un produit neuf à son profil de vie (stockage, transport et utilisation). Il s'agit principalement de vérifier l'aptitude du matériel neuf à fonctionner correctement dans l'environnement d'utilisation visé sans prise en compte d'une éventuelle évolution de son comportement dans le temps (vieillessement),
- Essai de caractérisation ne fait pas partie des essais de qualification: le but d'un essai de caractérisation est de déterminer l'état d'un matériel (niveau de performance et/ou comportement sous des conditions environnementales données),
- Essai aggravé ne fait pas partie des essais de qualification: le but d'un essai aggravé est de délimiter le domaine normal (performances nominales), le domaine limite (performances dégradées mais réversibles) et le domaine extrême (performances dégradées de manière irréversible). Le protocole usuel consiste à augmenter progressivement le niveau de sévérité d'une contrainte environnementale (ou combinaison de contraintes environnementales) jusqu'à l'obtention de dysfonctionnements,
- Essai d'endurance si on le conservait, il faudrait le faire précéder de l'autre type d'essai de qualification qui est l'essai de fonctionnement : le but d'un essai d'endurance est de vérifier l'aptitude d'un matériel à fonctionner correctement au cours de la durée de vie utile associée à son profil de vie. Il s'agit généralement de soumettre un matériel à une contrainte environnementale (ou une combinaison de contraintes environnementales) présente dans le milieu d'exploitation et ce à un niveau autant que possible plus marqué (indépendamment des considérations de Coefficient de Garantie/Facteur d'Essai qui sont à prendre en compte également) qu'en utilisation réelle de manière à accélérer le vieillissement du matériel. Le niveau de sévérité de la contrainte (ou combinaison de contraintes) ne doit pas être excessif de manière à ne pas générer de mécanismes de dégradation non représentatifs du profil de vie,

- Essai de contrôle ne fait pas partie des essais de qualification: le but d'un essai de contrôle est de vérifier la tenue d'un matériel à une contrainte environnementale (ou combinaison de contraintes environnementales) arbitraire sans lien avec son profil de vie et/ou à un niveau excessif non représentatif du profil de vie. Il s'agit principalement de contrôler la qualité de conception et de fabrication du matériel. Dans certains cas, il peut être considéré que lorsqu'un matériel présente une tenue correcte à un essai de contrôle sa qualité est suffisante pour le profil de vie visé.

La démarche de personnalisation impacte tout particulièrement la définition des essais d'évaluation et d'endurance. Pour la justification des essais d'endurance, l'analyse de l'association « matériel / profil de vie » qui conduit à l'identification des mécanismes de dégradation prépondérants est une étape incontournable.

1.1 Choix du type d'essais

La liste des essais à appliquer découle de l'analyse du cycle de vie, du choix entre des sévérités personnalisées ou forfaitaires et de l'objectif de validation recherché pour chacun des essais considérés.

Si certaines situations du cycle de vie ne sont pas couvertes par ces essais, le spécificateur peut demander que soient élaborées des méthodes d'essai nouvelles. Ou bien modifier et adapter les essais en fonction de ces objectifs, à condition de justifier de la reproductibilité de l'essai ainsi élaboré.

1.2 Choix des modes opératoires

Chaque fascicule comporte un ou plusieurs modes opératoires qui s'appliquent aux différentes situations. Le choix du mode opératoire est réalisé en fonction :

- de l'état du matériel,
- de la configuration du matériel,
- des caractéristiques de l'environnement à simuler,
- de la sensibilité du matériel aux grandeurs d'influence,
- de l'existence du moyen d'essai,
- du coût correspondant.

1.3 Définition de l'environnement d'essai

Les sévérités d'essai sont établies à partir :

- de l'objectif recherché,
- des résultats de traitement des données obtenues à l'étape 3 affectés d'un coefficient de garantie pour couvrir les incertitudes dues au caractère statistique des données et dur traitement,
- des sévérités forfaitaires à appliquer après synthèse avec les sévérités découlant de l'étape 3,
- de la transformation de l'environnement retenu à simuler (fin de l'étape 3) en sévérité d'essai par application d'un facteur d'essai

Sévérités des essais figurant dans les documents normatifs :

Les annexes de *l'AECTP 300* proposent également des valeurs à utiliser en début de programme en l'absence de mesures de l'environnement réel.

1.4 Chronologie des essais

La chronologie des essais est établie en tenant compte des critères suivants :

- objectif recherché,
- chronologie des agents d'environnement dans le profil de vie,
- capacité destructive de chaque essai,
- effets de synergie de deux agents d'environnement simultanés,
- effets cumulatifs des essais,
- nombre d'exemplaires du matériel en essai.

1.5 Nombre d'exemplaires

Le programme d'essais doit préciser le nombre d'exemplaires du matériel nécessaire à sa réalisation, ainsi que les essais que chacun d'eux doit subir.

1.6 Sanctions

La sévérité de l'essai étant fixée, il importe de spécifier l'état du matériel pendant et / ou après l'essai :

- dans certains cas, il n'est pas possible d'admettre une quelconque dérive de l'aspect ou des caractéristiques de fonctionnement, lorsque cette dérive risque de compromettre l'issue de la mission,
- dans d'autres cas au contraire, certaines dérives, voire certaines défaillances, peuvent être tolérées si elles n'ont pas d'incidence directe sur le déroulement de la mission, soit parce qu'elles ne compromettent pas réellement l'exploitation du matériel, soit parce qu'elles peuvent faire l'objet d'une opération simple de maintenance corrective.

Le code de sanction a pour but d'établir une graduation dans la définition de l'état du matériel pendant et / ou après l'essai depuis l'état où aucune dérive de ses caractéristiques n'est admise jusqu'à celui où seul un service minimum peut être assuré.

Il n'est pas possible, dans le cadre d'une norme générale, de définir avec précision l'état admissible du matériel après l'essai. Les critères d'examen ci-après peuvent être précisés dans le programme d'essai.

Critères d'examens :

L'examen du matériel est pratiqué suivant trois critères :

- état apparent du matériel,
l'état apparent du matériel résulte de son aspect, des conditions d'accès aux éléments constitutifs et de son confort d'utilisation. Cet examen peut être accompagné de l'expertise de l'état interne du matériel,
- sécurité du matériel (repère « e »),
La sécurité du matériel résulte des dangers que le matériel peut faire courir au personnel ou aux biens environnants du fait de son état, soit durant l'essai soit ultérieurement.
Cette sécurité est déterminée par la valeur d'un certain nombre de paramètres dont la variation au cours des essais peut éventuellement être admise dans certaines limites si elle ne conduit pas à l'apparition d'un risque de sinistre (blessure, électrocution, explosion, feu, envahissement par l'eau, etc..) ; une réparation ultérieure devra alors ramener ces paramètres à leur valeur initiale ou à une valeur convenue.
- fonctionnement spécifique (repère « F »).
Le bon fonctionnement spécifique nominal du matériel est décrit par sa spécification technique. Dans certains cas, le bon fonctionnement peut être altéré par l'essai, tout en assurant des performances minimales acceptables en service courant. Ces performances minimales sont, si elles ne sont pas implicites, fixées par les spécifications techniques. L'examen du fonctionnement spécifique du matériel pendant et / ou après l'essai est généralement réalisé par comparaison avec le fonctionnement spécifique initial sur la base d'un certain nombre de paramètres significatifs éventuellement précisés par le programme d'essais.

L'aide au choix de la sanction de l'essai est décrit dans *l'annexe A*.

2 ENVIRONNEMENT D'ESSAI

2.1 Niveaux induits

Les conditions climatiques induites, pour chaque zone climatique sont données dans le fascicule **2311 de l'AECTP 230**. Si aucune données n'est disponible pour bâtir les cycles induits, **l'annexe A** fournit des cycles pouvant être utilisés pour l'élaboration de spécifications d'essais de sorte à couvrir les conditions naturelles les plus extrêmes susceptibles d'être rencontrées dans chaque zone climatique.

2.2 Les sévérités d'essai

L'environnement d'essai ou la sévérité d'essai est le résultat de la transformation de l'environnement à simuler (résultat de l'étape 3) après prise en compte :

- du nombre d'essais (correction par le facteur d'essai).
- des limitations des moyens d'essais
- du facteur d'accélération éventuel en cas de réduction de durée
- des méthodes d'essais normalisées

Les **différents paragraphes 4 des AECTP 231 à 239** proposent des essais avec des sévérités d'essais pour simuler les effets des agents d'environnement rencontrés pendant les différents segments du cycle de vie d'un matériel

2.3 Le facteur d'essai

Afin d'obtenir un niveau de probabilité de défaillance Pf spécifié la valeur moyenne de la résistance μ_r nécessaire est définie en multipliant la moyenne de l'environnement μ_e par un coefficient de garantie $CG > 1$ soit $(\mu_e \cdot CG)$.

Théoriquement, cette valeur de Pf est démontrée en réalisant une infinité d'essais de tenue sur un ensemble de spécimens réputés être identique au matériel ou à l'équipement considéré.

Pour des raisons économiques évidentes, le nombre possible d'essais est nécessairement limité et la variabilité de l'échantillonnage conduit à une estimation statistique de cette valeur moyenne de la résistance μ_r .

Ainsi, le but des essais consiste à démontrer que la probabilité de défaillance Pf est obtenue avec un niveau de confiance prescrit.

Si un intervalle de confiance peut être attaché à l'estimation ponctuelle de cette valeur moyenne μ_r ; ou mieux, si on peut accéder à sa distribution statistique, μ_r sera bien associée à un niveau de confiance donné

En fonction du niveau de confiance retenu, du nombre d'essais possible et du coefficient de variation caractérisant la distribution de la résistance CV_r , on peut définir un facteur d'essai $Fe > 1$. Ce coefficient, appliqué au produit : $(\mu_e \cdot CG)$, peut être interprété comme un facteur augmentant la sévérité des essais.

Pratiquement, afin de démontrer la probabilité de défaillance Pf requise avec un niveau de confiance donné, la valeur moyenne de la résistance μ_r issue des essais doit être, au moins, égale au produit

$$(\mu_e \cdot CG \cdot FE)$$

Le détail des hypothèses et des calculs du facteur d'essai est donné dans le *Guide d'Application de la Démarche de Prise en Compte de l'Environnement Mécanique*. On trouvera dans le tableau ci-dessous les expressions de ce facteur obtenues pour différentes lois de probabilité de la résistance.

Les remarques effectuées dans le précédent paragraphe relatif au coefficient de garantie concernant ses conditions d'application et le choix des unités sont valables pour le facteur d'essai.

Notations :

CV_r = coefficient de variation de la résistance

n = nombre d'essais à effectuer

$\Phi^{-1}(\cdot)$ = Fonction inverse de la loi normale

$p\%$ = probabilité de dépassement ($1 - p\%$ = niveau de confiance)

Distribution	Facteur d'essai	Remarques
Normale	$FE_n \cong 1 + \frac{CV_r}{\sqrt{n(1 + 2CV_r^2)}} \cdot \Phi^{-1}(100 - p\%)$	$CV_r < 1/3$ $n > 1$
Log-normale	$FE_{ln} = \frac{\exp\left[\sqrt{\ln\left(1 + \frac{CV_r^2}{n}\right)} \cdot \Phi^{-1}(100 - p\%)\right]}{\sqrt{\left(1 + \frac{CV_r^2}{n}\right)}}$	
Weibull	$FE_w \cong \left[1 + \left(\frac{CV_r}{3\sqrt{n}}\right) \cdot \Phi^{-1}(100 - p\%) - \left(\frac{CV_r}{3\sqrt{n}}\right)^2\right]^3$	

Tableau 1 : Expressions du facteur d'essai

Exemples :

Données	Distributions	Coefficient de garantie
$(100 - p\%) = 95\%$	Normales	1,351
$\Phi^{-1}(95\%) = 1,645$	Log-normales	1,427
$CV_r = 1/3$	Weibull	1,417
$n = 2$		

Nota: Le calcul et l'application du facteur d'essai a été situé dans l'étape 4 pour tenir compte du fait qu'il prend en compte le nombre des essais qui seront effectués et qu'il dépend donc de la stratégie d'essai retenue. En pratique, le facteur d'essai est le plus souvent calculé dans l'étape 3 au moment de la synthèse des données d'environnement par le spécificateur qui connaît déjà le nombre des essais qui seront effectués ; l'étape 4 est quant à elle assurée par un autre acteur : le laboratoire d'essais.

2.4 Définir les sévérités d'essai

Pour évaluer la durée de vie d'un matériel, il est usuel de simuler le vieillissement de ce matériel en le soumettant à un essai accéléré dans une chambre climatique

Le rayonnement solaire peut également être combiné à un cycle thermique et notamment aux essais de vieillissement accéléré. Cependant, les effets du rayonnement solaire peuvent être intégrés dans les mesures brutes thermiques qui ont été effectuées. Dans ce cas, il ne faut pas l'inclure une seconde fois sauf dans le cas où l'on souhaite vérifier les effets actiniques de celui-ci.

Les cycles diurnes à 1% donnés dans *le fascicule 2311 de l'AECTP 230* ont été longtemps utilisés comme niveaux d'essai pour simuler le vieillissement accéléré des matériels contenant des composés pyrotechniques et des explosifs. On veillera bien, lors des essais, à ce que les matériels soient conditionnés de la même manière que dans leur vie opérationnelle.

Pour une prise en compte complète du profil de vie, la durée de l'essai est déterminée tout d'abord en estimant la valeur du climat ainsi que la durée d'exposition du matériel à l'environnement. Puis en appliquant une durée d'essai réduite en augmentant le niveau de l'excitation climatique. Des méthodes d'estimation du niveau d'accélération sont décrites au tome 3 de ce guide.

Dans le cas où un système est composé d'un certain nombre de matériels de durée de vie limitée, la méthode d'essai ci-dessus ne peut pas être utilisée de manière représentative sur le système complet. Dans ce cas l'évaluation de la durée de vie doit être basée sur des essais en laboratoire directement sur les matériaux ou les composants pour déterminer le rapport entre les propriétés du matériel, la température et le temps.

Quand les données sont mesurées par le biais d'enregistreurs la durée de vie peut être évaluée en continu en remplaçant les données induites utilisées dans le calcul du vieillissement par les données mesurées réelles. Cependant, un nombre approprié d'enregistreurs doit être mise en place pour permettre une restitution suffisamment complète des mesures environnementales.

Les valeurs maximales des échantillons mesurés doivent être utilisées dans le calcul de vieillissement plutôt que les valeurs moyennes.

2.5 Détermination des facteurs d'atténuation

Quand les essais en laboratoire sont réalisés à échelle réduite, il peut être nécessaire d'évaluer la protection apportée par le conteneur du matériel (fermé, couleur). De cette manière, cela permettrait d'éviter de sous-tester ou sur-tester un matériel

La méthode la plus simple pour déterminer des facteurs d'atténuation est de placer un enregistreur dans la structure en étude (dans le conteneur par exemple). Puis de soumettre l'ensemble du matériel à un nombre restreint de cycles climatiques spécifiés.

L'analyse des données mesurées peut alors permettre de déterminer un cycle atténué qui pourra être utilisé pour effectuer d'autres essais sans conteneur. Il est aussi recommandé qu'un deuxième enregistreur soit placé en dehors de la structure pour mesurer les conditions de l'ambiante extérieure.

Quand il n'est pas possible de placer un enregistreur dans un matériel, la solution consiste à s'appuyer sur des modèles (simulations thermiques par éléments finis, ...) pour déterminer les flux de dissipation thermiques ou d'humidité.

La même méthode peut être utilisée pour déterminer des facteurs d'atténuation sur le théâtre d'opération. Par exemple pour évaluer le degré de protection apporté par les bâtiments de stockage. Quand le degré de protection apporté par un bâtiment lors d'un stockage n'est pas connu, la *catégorie 1* peut être simulée par un essai avec paliers fixes en température et en humidité. Les *catégories 2 et 3* peuvent être simulées par les cycles météorologiques diurnes définis dans *la norme AECTP-230 LEAFLET 2311/1 et 2311/2*

Enfin on peut considérer que les *catégories 4 et 5* n'offrent aucune protection.

3 ESSAIS ET SEVERITES D'ESSAI

3.1 Opérations logistiques

3.1.1 Sélection des essais couvrant le transport

3.1.1.1 Généralités

- Les procédures d'essais employées pour simuler les environnements climatiques induits pendant le transport, seront déterminées en se référant au **LECP (étapes 1 et 2)**. Le choix de la méthode d'essai pour la température et l'humidité dépendra des effets thermiques du rayonnement solaire quand le matériel est transporté dans des volumes confinés. Ou seulement des températures maximales ou minimales éprouvées pendant le transport.
- De préférence, les sévérités d'essai doivent être déduites de mesures spécifiques faites sur le porteur terrestre ou aérien prévu, à l'emplacement dans le compartiment ou la zone concernés dans les configurations les plus sévères attendues en service. Sinon, les sévérités peuvent être extrapolées à partir de données obtenues sur des matériels transportés dans les mêmes conditions.
- Les sévérités utilisées pour les essais simulant des hautes températures pendant le transport par avion doivent être dérivées à partir des deux méthodes suivantes dans l'ordre décroissant de préférence :
 - l'enregistrement des données spécifiques pendant les situations de temps chaud et froid. Les mesures doivent être faites à l'endroit approprié sur le porteur prévu. Les facteurs influençant les sévérités de la température, tels que les sources de chaleur dissipée et les apports en air conditionné, doivent être représentés correctement. Le programme de mesures en vol doit inclure les sorties susceptibles d'entraîner les cas les plus sévères en service (par exemple l'échauffement aérodynamique),
- les données provenant d'une application semblable avec des ajustements pour les différences liées aux facteurs vus ci-dessus.

Des valeurs de la température et de l'humidité sont citées dans **la norme AECTP-230 LEAFLET 2311/1 et 2311/2** pour l'ambiance externe (état météorologique) et les ambiances induites par le transport. En l'absence de données spécifiquement mesurées, on doit admettre que les valeurs de ce **fascicule 2311** représentent des conditions les plus sévères éprouvées par le matériel pendant le transport.

Les valeurs citées de température et d'humidité sont susceptibles d'être atteintes ou dépassées dans le cas le plus chaud ou le plus froid. Ceci à l'endroit le plus défavorable pour une durée correspondant à 1% du mois le plus extrême de l'année.

3.1.1.2 Eléments relatifs aux essais pour tous types de transport

3.1.1.2.1 Généralités

Les procédures d'essai utilisées pour simuler les environnements climatiques induits risquant d'être rencontrés par le matériel pendant le transport, sont déterminées à partir du profil de vie.

Le choix de la méthode d'essai pour la température et l'humidité dépend soit :

- des exigences de la simulation des variations climatiques provoquées par le rayonnement solaire. Notamment lorsque le matériel est transporté dans des lieux clos,
- ou tout simplement de la température maximale ou minimale rencontrée durant le transport.

De préférence, les sévérités d'essai doivent être déduites des mesures spécifiques enregistrées sur la plateforme prévue pour le transport terrestre ou aérien. Mesures spécifiques enregistrées dans le compartiment, ou la zone prévue dans les conditions les plus sévères attendues en service. L'utilisation de sévérités obtenues pour d'autres exemples de matériel transporté dans des applications semblables peut être utilisée.

3.1.1.2.2 Simulation des environnements induits

3.1.1.2.2.1 GENERALITES

Les sévérités d'essai en de température utilisées dans les tests simulant les conditions de haute température pendant le transport aérien doivent être obtenues en utilisant l'une ou l'autre des méthodes suivantes en respectant l'ordre décroissant de préférence:

- par la mesure précise des données pendant les essais par temps chaud et froid. Les mesures doivent être faites à l'endroit concerné sur la plate-forme de vol prévue. D'autres facteurs influencent profondément la température, telles que les sources de chaleur dissipée et les bouches d'air conditionné, ceux-ci doivent être correctement pris en compte. Le programme d'essais en vol doit inclure les sorties susceptibles de produire les conditions de service les plus sévères (par exemple, le chauffage aérodynamique),
- à partir des données provenant d'une application semblable avec des ajustements pour les différences liées aux facteurs évoqués ci-dessus.

Des valeurs de la température et de l'humidité sont citées dans *la norme AECTP-230 (Edition 1) LEAFLET 2311* pour l'ambiance externe (état météorologique) et l'ambiance induite par le transport. En l'absence des données spécifiquement mesurées, on doit admettre que les valeurs de cette norme représentent les conditions induites des cas les plus sévères éprouvées par le matériel pendant le transport.

Les valeurs citées de température et d'humidité sont susceptibles d'être atteintes ou dépassées dans le cas le plus chaud ou le plus froid. Ceci à l'endroit le plus défavorable pour une durée correspondant à 1% du mois le plus extrême de l'année.

La *norme DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* expose les procédures de tests qui peuvent être utilisées pour simuler l'environnement haute température (sèche) et basse température

Les recommandations énoncées dans les paragraphes suivants et les chapitres correspondants de la *norme DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* concernent le choix de la procédure d'essai appropriée, des sévérités d'essai et d'évaluation des performances

Le choix de la méthode de test dépend de la simulation qu'il est nécessaire d'effectuer:

- Soit la simulation des variations de température journalière,
- soit la simulation des températures maximales et minimales susceptibles d'être rencontrées pendant le transport.

La décision dépendra aussi des caractéristiques du matériel et la connaissance de la réponse d'un matériel similaire lors de conditions de vie réelle. Par exemple la masse thermique du spécimen, les effets des cycles thermiques sur les explosifs contenus et la compatibilité des joints.

Le taux d'humidité dans l'atmosphère est susceptible d'être plus importante au cours du transport par mer. Aussi les méthodes d'essai en chaleur humide et les sévérités d'essai visées au *paragraphe 3.3.2* de la *norme DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 2-01* seront préférées pour simuler les conditions de température haute à bord des navires de surface. Ils sont aussi applicables pour le matériel transporté dans des compartiments fermés sous les ponts et dans les sous-marins,

Les sévérités d'essai utilisées pour la simulation des conditions de température induites doivent être basées sur les données opérationnelles et environnementales précisées dans les documents d'exigences comme les zones géographiques de déploiement ainsi que les types de transport à utiliser. De préférence les sévérités d'essai doivent découler de mesures spécifiques faites sur la plate-forme de transport et ceci durant les conditions des cas les plus sévères attendus en service. Alternativement, les sévérités déduites de données obtenues pour d'autres exemples de matériels déployés dans des applications similaires peuvent être utilisées.

La norme *DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 1-02* classe les valeurs de température terrestre haute et basse en Chaud (*catégorie A*) et Froid (*catégorie C*) et de mer (c'est à dire sur les ponts ouverts) en tant que Zone Maritime catégories (*MI à M3*). Les zones géographiques pour chaque catégorie sont classées en

fonction de la sévérité basée sur les données enregistrées sur plusieurs années. Les valeurs de température sont précisées pour l'air ambiant (météorologique) et induits (transport et stockage).

En l'absence de données spécifiques mesurées, les valeurs de cette norme sont supposées représenter les cas les plus sévères possibles pour les conditions induites du matériel en situation :

- de transport terrestre,
- protégé sur le pont des navires de surface,
- dans les soutes des avions de transport non conditionnés lorsqu'ils sont stationnés sur les aérodromes.

Les valeurs de température visées ci-dessus sont celles qui sont susceptibles d'être atteintes ou dépassée dans les lieux les plus chauds ou les plus froids de leur catégorie climatique. Soit une durée d'environ 7,4 heures (1% d'un mois) du mois le plus chaud ou le plus froid. Des données complémentaires et des conseils sont donnés dans la norme DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 1-02 pour permettre de définir d'autres probabilités d'occurrence.

Dans le cas où du matériel est transporté à travers les régions de climat de *Catégorie A1*, dans des compartiments non ventilés et derrière des panneaux transparents, des températures maximales de l'ordre de 90 ° C doivent être admises.

En l'absence d'informations spécifiques à l'application particulière, les sévérités pour la température et le taux d'humidité utilisés dans les essais d'environnement simulant le transport sur des navires de surface sont donnés aux *paragraphes 2.1.7 ; 2.1.8 et 2.1.9* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 2-01* pour le transport par sous-marins.

Les valeurs de température utilisés dans les tests simulant les basses températures en transport aérien par des avions à voilures tournantes et dans des emplacements non conditionnées des aéronefs à voilure fixe doivent être liées à l'altitude de vol.

La distribution statistique des températures de l'air ambiant en altitude sont donnés dans la norme *DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 1-02*. Les autres distributions statistiques liées à la saison et la situation géographique sont précisées dans la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-12* ainsi que les tables pour l'atmosphère dans *DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 2-01 Annex A référence 2*. La variation de la température doit être liée au taux de montée et de descente de la plate-forme de vol.

Lorsqu'il est nécessaire de simuler la température sèche induite dans des compartiments fermés tel que :

- camion bâché,
- wagon de chemin de fer,
- sur un pont d'un bâtiment maritime sous abri léger,

L'essai température chaude à faible humidité avec rayonnement solaire la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-02* - peut être utilisée.

Le nombre de cycle d'essai dépend de la durée du transport et de la constante thermique du matériel. Ceci de façon à bien simuler cette température qui doit correspondre à celle de la réalité en accord avec les recommandations de *la partie 3 Chapitre 3-02* de la précédente norme.

Procédure d'essai A : elle est destinée à des cas où des données spécifiquement mesurées en conditions réelles existent ou que les données du cycle diurne du *chapitre 1-02 de la partie 4* de la précédente norme en haute température sont pertinentes.

Lorsque le moyen d'essai le permet, les sévérités d'essai représentatives des conditions météorologiques, comprenant l'apport du rayonnement solaire doivent être appliquées à une partie du matériel simulée ou au véhicule complet contenant le matériel en étude. Dans ce cas, le véhicule complet doit être positionné sur une surface comportant les mêmes propriétés réfléchissantes que celles sur lesquelles le véhicule sera garé dans la réalité.

Le matériel doit être soumis au cycle de températures diurnes dérivées des données mesurées à l'intérieur du compartiment du véhicule, ou des informations pertinentes du cycle diurne pour le transit et de stockage sélectionné du *chapitre 1-02 de la partie 4* de la précédente norme.

Procédure d'essai B : elle est destinée pour les cas où la simulation des conditions d'utilisation n'est pas nécessaire. Le matériel sera soumis à un cycle de haute température de *24 heures* pour représenter les conditions créées à l'intérieur des compartiments en raison des effets combinés de température de l'air extérieur et du rayonnement solaire. Les sévérités d'essai sont choisies en tenant compte de facteurs tels que le niveau de la ventilation, le type de matériel et la surface extérieure de finition utilisés dans la construction de l'enceinte du porteur ou de l'abri, conformément aux orientations de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-02**.

Lorsque les variations journalières sont petites et qu'elles ont un effet négligeable sur le matériel, ou lorsque l'on considère que la réponse du matériel ou de ses éléments ne sont pas liés aux cycles de température la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-01 CLI Test - Constante haute température-Faible Humidité** - peut être utilisé pour tester du matériel à des températures élevées induites.

Le Test CLI peut également être utilisé pour simuler des conditions où le matériel est transporté dans des compartiments où les températures élevées sont générées par les systèmes d'exploitation installés sur le véhicule.

Dans de nombreux cas, les essais aux températures basses seront réalisés en utilisant la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-04 CL4 Test - basse température constante**.

Dans les cas où elle est considérée comme étant le cycle basse température le mieux appropriée, la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-05 CL5 Test - Basse température cycle journalier** - peut être utilisée.

Les exemples typiques de matériel devant subir ce test sont ceux qui contiennent des explosifs, des joints et autres composants sensibles à ces effets.

Le nombre de cycles d'essai utilisés est basé sur la durée du transport prévue et la capacité thermique du matériel.

Il faut s'assurer que la température induite correspond bien à celle susceptible de se présenter en service, conformément aux directives concernant la durée des essais de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-05 - Procédure d'essai A** - réservée aux cas où existent des données spécifiquement mesurées en conditions réelles et où les données en basse température du cycle diurne pour le transit et le stockage de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 1-02** sont pertinentes.

La norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-05 - Procédure d'essai B** - est destinée aux cas où la simulation des conditions d'utilisation n'est pas nécessaire. Le matériel sera soumis à un cycle de basse température de *24 heures*.

Lorsque les effets combinés de la basse température et de la faible pression d'air au cours d'un transport aérien sont considérés comme étant dommageables ou susceptibles d'être différents de l'effet des basses températures seules ; la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-12 CL12 Test - basse température - basse pression** - peut être utilisée.

La **Procédure d'essai B** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-14 CL14 Test - Choc thermique et variation de température rapide** - peut être utilisée pour simuler les taux anormaux de variation de température. Taux anormaux qui peuvent se rencontrer en transport aérien, visés à ce **Chapitre 3-14**. Les valeurs de températures et les taux de variation doivent être conformes à ceux des conditions d'exploitation.

3.1.1.2.2.2 TRANSPORT PAR MER

Généralement les méthodes de tests utilisées pour décrire les variations journalières peuvent être reconduites pour les matériels situés sur ou sous le pont dans des locaux ouverts. Pour les matériels situés entre les ponts les procédures imposant une température constante sont utilisables.

La méthode du choix d'une température constante pour la basse température est normalement satisfaisante pour tous les secteurs à l'intérieur des bâtiments.

Dans certains cas et particulièrement pour les matériels de grandes dimensions ou ayant une constante thermique supérieure aux variations journalières, il est préférable d'utiliser les méthodes cycliques. Ces méthodes permettent de mieux simuler les contraintes et le vieillissement des joints et des soudures.

3.1.1.2.2.1 Méthode d'essai pur la chaleur humide

Pour simuler l'humidité lors du transport terrestre ou pour du matériel sous abri léger sur un pont de navire, la méthode de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-06 CL6 Test - Test cyclique journalier de haute température, d'humidité et de chauffage solaire** - peut être utilisée.

La Procédure d'essai A :

Elle est destinée aux cas où existent des données spécifiquement mesurées en conditions réelles. Sinon, si les données du cycle diurne de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 1-02** en chaleur humide sont pertinentes.

Lorsque le moyen d'essai le permet, les sévérités d'essai représentatives des conditions météorologiques, comprenant l'apport du rayonnement solaire doivent être appliquées à une partie simulée du matériel ou au véhicule complet contenant le matériel en étude.

Dans ce cas, le véhicule complet doit être positionné sur une surface comportant les mêmes propriétés réfléchissantes que celles sur lesquelles le véhicule sera garé dans la réalité.

Le matériel doit être soumis au cycle de chaleur humide journalier dérivées des données mesurées à l'intérieur du compartiment du porteur aérien, ou des informations pertinentes du cycle diurne pour le transit et de stockage sélectionné à partir du **Chapitre 1-02** de la norme précédente.

La Procédure d'essai C :

Elle est conçue pour les cas où la simulation personnalisée des conditions d'utilisation n'est pas imposée. On soumettra le matériel à un cycle artificiel de 24 heures en chaleur humide pour représenter les conditions créées à l'intérieur des compartiments des véhicules par les effets conjugués des variations de température de l'air extérieure de l'humidité, et du rayonnement solaire ainsi que de la structure formant l'enceinte de transport.

La procédure d'essai C est destinée à simuler l'installation sous couvert. Installation où il y a peu ou pas de ventilation et où les effets de rayonnement solaire sur la structure formant le compartiment peut aggraver les conditions d'humidité élevée.

Le nombre de cycles d'essai est lié à la durée prévisible de la situation de transport.

En l'absence d'une telle information, un minimum de deux cycles journalier est recommandé pour du matériel transporté protégé par bâche sur terre et douze cycles pour le transport protégé par bâche sur le pont des navires en prenant en compte les périodes de stationnement pour le transport terrestre.

Pour simuler les conditions de chaleur humide dans des compartiments clos des navires de surface et des sous-marins, la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-07 CL7 Test - haute température constante - test haute humidité** - peut être utilisée.

En l'absence de données spécifiquement mesurées, les sévérités d'essai doivent être basées sur les valeurs de température et d'humidité relative donnée **au paragraphe 3.1.4.** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 2-01** simulant les conditions de l'air frais ventilé et de l'air conditionné dans les compartiments.

La durée de l'exposition est reliée à la période d'exposition prévue pour ces conditions de chaleur humide pendant la situation de transport. En l'absence d'une telle information, un minimum de *dix cycles de 24 heures* est recommandé pour couvrir un long voyage par voie maritime.

Pour simuler les conditions d'humidité importantes appliquées au matériel pendant la descente d'une altitude élevée vers le sol lors d'un transport aérien dans des compartiments partiellement ou non conditionnés, la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-13 CL13 Test - basse température - basse pression - haute humidité** - doit être utilisée.

Ce test est approprié s'il est exigé que le matériel doive fonctionner avant que l'humidité induite se soit évaporée.

Lorsque cela est pertinent, les sévérités d'essai figurant dans le **chapitre 3-13** de cette norme peuvent être utilisées.

Les conditions initiales de basse température peuvent être adaptées pour une application particulière.

3.1.1.2.2.2 Méthodes de test pour la pression atmosphérique induite

Transport aérien

Les sévérités pour les essais à basse pression de l'air doivent être déterminées à partir des documents relatifs aux exigences de l'environnement et de la performance de l'avion tels que :

- l'altitude d'exploitation,
- le taux de montée et de descente,
- la présence ou non de pressurisation à l'emplacement du matériel transporté.

Lors des essais simulant la pression au sol pour le matériel installé dans les compartiments pressurisés, les sévérités d'essai pour les pressions d'air supérieures à l'ambiante normale doivent être obtenues auprès du constructeur de l'avion ou de son exploitant.

Transport maritime

Les sévérités pour simuler la pression d'air au-dessus des conditions ambiantes et de la pression hydrostatique doivent être indiquées dans l'exigence environnementale pour le matériel ou obtenues auprès du constructeur ou de l'autorité de conception du navire.

La représentation des ondes de choc dues aux explosions, aux coups de feu et au lancement d'armes est meilleure en soumettant le matériel à l'environnement réel.

Le matériel peut être sensible au givrage lorsqu'il est transporté sur les ponts découverts des navires de surface dans des régions froides et dans des mers agitées. L'interaction des mouvements des navires et des vagues est de nature à entraîner de la pulvérisation par embruns ou des paquets de mer qui gèlent par la suite.

Le transport aérien en charge externe peut provoquer des impacts de glace à cause de la température froide en haute altitude.

D'une manière générale la distribution et le chargement de la glace sur les surfaces extérieures seront déterminées par la forme du matériel et sa position dans le courant d'air, les conditions de givrage présentes et la durée d'exposition.

De plus amples informations sur l'impact du givrage pendant le transport aérien sont données dans les **annexes A, B et C** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapitre 3-23 Essai CL23 - Impact par givrage** - et dans la norme **DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 7-01** .

Il est possible d'avoir une exigence spécifique pour prouver que le matériel transporté ne présente aucun danger pour l'équipage ou les avions de transport. Ceci en raison des variations induites de la pression atmosphérique, durant les situations normales et d'urgence.

Pour simuler des basses pressions d'air, imposées au matériel comprenant des emballages pendant le transport aérien, la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapitre 3-23 Essai CL21 - Basse pression Air en transport aérien** - peut être utilisée.

La **Procédure A** est applicable à du matériel transporté en haute altitude terrestre ou par des aéronefs à voilure tournante ou fixe dans des conditions non pressurisées.

Les sévérités d'essai peuvent être adaptées pour une application particulière.

La **Procédure B** sert à démontrer la conformité du matériel y compris les emballages pour des conditions de transport normales et d'urgence dans les soutes des avions de transport sous pression. Dans ce cas les sévérités d'essai normalisées spécifiées dans la **Procédure B** s'appliquent. (Voir note au **Paragraphe 4.1.3** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 2-01**).

Lorsqu'il est demandé de déterminer les effets de surpression sur le matériel, la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapitre 3-15 Essai CL15 - Pression d'air supérieure à la pression atmosphérique standard** - peut être utilisée.

Des précisions au sujet des niveaux de surpression appliquée sur les véhicules terrestres, navires de surface et sous-marins doivent être obtenus à partir des caractéristiques du porteur lui-même ou des constructeurs.

Par défaut, les valeurs données au **Chapitre 3-15** de cette norme peuvent être utilisées.

3.1.1.2.2.2.3 Méthodes de test pour les effets de la glace

Pendant le transport maritime, la personnalisation des conditions atmosphériques comme la glace et le givrage sont peu aisée et représentative. Il est préférable de faire appel aux valeurs retenues par l'expérience de situations similaires.

Pour déterminer les effets du givrage sur le matériel pendant les transports maritimes sur les ponts découverts des navires de surface, La *Procédure d'essai A* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapitre 3-10 Test CL10 - Givrage* - peut être utilisée.

En l'absence d'informations concernant l'épaisseur du givrage susceptibles d'être rencontrées, la sévérité de l'essai doit être choisie parmi celles décrites dans le *Chapitre 3-10* de cette même norme.

Pour simuler l'impact du givrage pendant le transport aérien la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapitre 3-23 Test CL23 - Impact Givrage* - indique la méthode à préférer. Autrement, la procédure d'essai du *Chapitre 3-10* peut être utilisée, dans laquelle une épaisseur prédéterminée de glace est appliquée au matériel. Des précisions sur les épaisseurs de glace à appliquer doivent être recherchées auprès des fabricants et exploitants du porteur aérien.

Pour déterminer les effets du givre et de la glace affectant le matériel lorsqu'il est transporté dans des compartiments d'aéronef partiellement ou non climatisés, la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapitre 3-13 Test CL13 - basse température - basse pression - haute humidité* - peut être utilisée.

Les procédures pour les *essais A et B* sont applicables pour du matériel clos transporté dans des compartiments partiellement ou non-climatisés.

La *Procédure d'essai C* est applicable au matériel ouvert.

3.1.1.2.2.2.4 Méthodes de test pour le vent de sable et la poussière

Pour les poussières en suspension et l'atmosphère chargée de sable, le test de la « *Poussière Turbulente* » est la méthode à préférer. Le vent chargé de poussière et de sable peut être utilisé lorsqu'il est difficile de démontrer la pénétration et l'érosion par des particules à arêtes vives.

Pour déterminer les effets de la poussière sur du matériel sans emballage, la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapitre 3-25 Test CL25 - poussière et sable* - peut être utilisée.

Le matériel sous test doit être soumis à l'*essai Poussière Turbulente* conformément à la *Procédure Catégorie 2 (non-opérationnel)*. Les sévérités d'essai doivent être choisies parmi les valeurs énumérées au *Chapitre 3-25*.

3.1.1.2.2.2.5 Impact avec la grêle le sable et la poussière

La norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapitre 3-19* donne des méthodes d'essai pour la simulation de l'érosion du matériel en cas d'impact à haute vitesse avec la grêle, la pluie, la poussière et le sable pendant le transport aérien. Ces tests sont normalement limités à des échantillons de matériaux à des structures représentatives des aires frontales et des bords d'attaque. Les tests sont très spécialisés et les organismes qui ont l'expérience reconnue doivent être consultés avant de définir les conditions d'essai.

Simulation de test d'arrosage induit.

Pour simuler des entrées d'eau par projection sur le matériel, la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapitre 3-28 Test CL28 - Etanchéité par projection* - doit être utilisée. Il est peu probable que des données mesurées sur des taux de précipitations soient disponibles ; de ce fait les sévérités forfaitaires indiquées dans le *Chapitre 3-28* peuvent être appliquées.

Pour simuler l'immersion partielle, la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapitre 3-29 Test CL29 - essai d'immersion* - peut être utilisée.

La *Procédure A* s'applique aux équipements non emballés

La *procédure B* s'applique aux matériels emballés. En l'absence d'informations spécifiques pour la profondeur de test, la profondeur de 150 mm doit être utilisée.

3.1.1.2.2.2.6 Méthodes d'essai pour les attaques chimiques et bactériologiques

Le transport depuis le lieu de stockage de l'avant par des moyens de services non spécifiques, se fait probablement avec du matériel non emballé, dépourvu de couvercles de protection donc offrant un plus grand risque d'attaques chimiques et bactériologiques.

Aussi il faut se référer aux chapitres suivants de la norme *DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4*. Ces chapitres permettent d'identifier les causes et les caractéristiques des environnements chimiques induits ainsi que les attaques biologiques pendant l'utilisation ou le transport sur les différents types de plate-forme de service :

- Chapitre 6-01 pour le matériel mis en œuvre ou installés sur les véhicules,
- Chapitre 7-01 pour le matériel mis en œuvre ou installés sur les aéronefs à voilure fixe,
- Chapitre 8-01 pour le matériel mis en œuvre ou installés sur les aéronefs à voilure tournantes,
- Chapitre 9-01 pour le matériel mis en œuvre ou installés sur les navires de surface,
- Chapitre 9-02 pour le matériel mis en œuvre ou installés sur les sous-marins,
- Chapitre 10-01 pour les munitions (bombes, missiles, torpilles, etc.).

Cette norme donne respectivement des conseils sur les effets potentiellement nuisibles. L'utilisation des critères et des méthodes décrites dans la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* peut servir à évaluer la résistance du matériel aux environnements chimiques et les agressions biologiques.

3.1.1.3 Eléments de choix des essais par type de transport

3.1.1.3.1 Transport Naval

Généralement, les méthodes d'essai utilisant les cycles journaliers s'appliqueront au matériel inclus sur le pont ou sur les superstructures du navire porteur. Dans beaucoup de cas, les conditions pour le matériel installé en compartiments sur les navires porteurs peuvent être simulées suivant les procédures d'essais appliquant des conditions constantes.

La détermination de l'exposition aux basses températures dans tous les secteurs du bâtiment naval de surface sera normalement satisfaisante en suivant des procédures d'essais qui donnent des états d'équilibre.

Toutefois, en particulier, un essai cyclique peut être préféré pour un matériel de grande masse avec une constante de temps thermique comparable à un ou plusieurs cycles journaliers. Ceci afin de tester la tenue des joints et des composants de façon représentative.

3.1.1.3.2 Pression atmosphérique

3.1.1.3.2.1 AÉRIEN

Les sévérités des essais de basse pression atmosphérique peuvent être déterminées à partir des documents de définissants les conditions ambiantes et à partir des performances des avions porteurs (par exemple, l'altitude opérationnelle, le taux de montée et descente et la fourniture ou non de pressurisation à l'emplacement du matériel transporté).

Pour la simulation des essais de pression au sol, dans les compartiments pressurisés, les sévérités d'essai pour des pressions atmosphériques au-dessus de l'ambiant standard doivent être obtenues à partir des données propres à l'avion.

3.1.1.3.2.2 NAVAL

Les sévérités pour simuler la pression atmosphérique au-dessus de l'ambiant standard et la pression hydrostatique doivent être spécifiées pour définir le matériel. Ou alors être obtenues à partir des conditions propres au navire de surface.

La simulation représentative de la pression du vent, des surpressions dues aux explosions, tir et lancement d'arme est réalisée au mieux en soumettant le matériel à l'environnement réel.

3.1.1.3.3 Givrage

Pendant le transport par mer, la prise en compte des conditions environnementales telles que la formation de glace et de diverses formes d'arrosages est peu susceptible d'être représentative. Des sévérités refuges doivent être employées.

3.1.1.3.4 Sable et poussière d'origine aérienne

Pour la poussière et le sable en suspension dans l'atmosphère naturelle, la méthode de la « *Poussière Turbulente* » est à choisir. La simulation par poussière et vent de sable peut être employée quand la méthode précédente ne montre pas nettement la pénétration et l'érosion dues aux particules.

3.1.1.3.5 Transport Aérien

3.1.1.3.5.1 GENERALITES

L'AECTP 300 fournit des procédures d'essai qui peuvent être utilisé pour simuler les environnements climatiques induits. Environnements climatiques auquel le matériel peut être soumis lors son utilisation ou installation sur des aéronefs à voilure fixe.

Le choix de la méthode d'essai pour la température et l'humidité dépend de l'obligation ou non de simuler :

- les variations journalières, y compris les effets du rayonnement solaire, par exemple lorsque l'avion est stationné sur un aéroport,
- des conditions stables par exemple dans les compartiments des aéronefs au cours de sorties de vol,
- la température maximale ou minimale d'un cycle diurne.

Des recommandations sont données dans les chapitres concernant le choix de la procédure d'essai, des sévérités d'essai et d'évaluation du rendement qu'il nécessaire de vérifier.

Par préférence, les sévérités d'essai doivent être déduites de mesures spécifiques faites sur la plate-forme de vol prévue pour les conditions les plus sévères attendues.

Si ces mesures spécifiques sont indisponibles, on peut utiliser des valeurs issues de données acquises par l'expérience pour d'autres spécimens de matériels configurés dans des applications similaires.

3.1.1.3.5.2 SEVERITES PAR RETOUR D'EXPERIENCE

Si des mesures spécifiques ne sont pas disponibles, on peut se replier vers les sévérités des méthodes d'essai de la norme *AECTP 300*.

Les valeurs de température et d'humidité citées dans la norme *AECTP-230 (Edition 1) LEAFLET 2310* pour les ambiances naturelles (météorologiques) et induites (transport et stockage) peuvent être utilisées en l'absence de données mesurées. Les valeurs de cette dernière sont supposées représenter les cas les plus sévères vécus par les matériels en conditions induites.

Notamment lorsqu'ils sont installés à l'intérieur des avions alors que ceux-ci sont stationnés sur des aéroports ou sur des plates-formes navales.

Dans le cas de matériel installés dans les cockpits ou dans d'autres endroits, derrière des panneaux transparents une température de 85°C doit être appliquée.

La norme *AECTP-230 (Edition 1) LEAFLET 2311*, donne des valeurs de température et d'humidité qui sont susceptibles d'être atteinte ou dépassée dans l'endroit le plus sensible pour 1% du mois extrême de l'année (hors des zones *C3 et C4* où elles peuvent être de 20 % du mois le plus froid).

3.1.1.3.5.3 PERSONNALISATION DES SEVERITES

3.1.1.3.5.3.1 Température et humidité

Les sévérités de température utilisées dans les tests (par exemple, en simulant des conditions de température élevée pendant le transport aérien) doivent être obtenues en utilisant l'une ou l'autre des méthodes suivantes et en respectant l'ordre décroissant de préférence :

- des mesures précises de données pendant les essais par temps chaud et froid. Les mesures doivent être faites à l'endroit prévu sur la plate-forme de vol. D'autres facteurs influencent fortement la température locale, telles que les sources dissipant de la chaleur et les orifices d'air conditionné, ces facteurs doivent être correctement pris en compte. Le programme d'essais en vol doit inclure les configurations susceptibles de produire les conditions les plus sévères rencontrées (par exemple, l'échauffement aérodynamique)
- des données provenant d'une application semblable avec les corrections pour les influences liées aux facteurs évoqués ci-dessus.

Les sévérités de température utilisées dans les tests simulant les basses températures en transport aérien peuvent être déduites des températures de l'air ambiant en altitude en considérant la valeur correspondant au quantile 1%. En l'absence de données mesurées la température la plus pessimiste de $-20^{\circ}C$ doit être prise en compte pour les compartiments conditionnés.

Pour du matériel situé à l'extérieur de l'avion, les variations rapides de température durant la transition entre le sol et l'altitude de vol et vice-versa doivent être déterminées à partir des variations de température existantes entre le sol et l'altitude pour la zone considérée.

Les niveaux de l'humidité extrême lors du transport aérien sont normalement associés avec la phase de descente pour l'atterrissage. Ceci en particulier dans les régions au climat tropical chaud et humide. Le niveau d'humidité relative est proche ou atteint la saturation, en particulier pour les matériels situés dans les zones non-conditionnées. Des niveaux semblables se produisent à l'intérieur d'équipement clos par construction en raison des effets aggravants dus à la variation de la pression d'air.

3.1.1.3.5.3.2 Echauffement aérodynamique et choc thermique

Lorsque les effets d'échauffement aérodynamique et de choc thermique ne peuvent pas être calculés ou modélisés de façon probante la simulation la plus représentative, pendant le transport aérien, est celle de l'échauffement aérodynamique.

Différemment, le fait de vérifier les effets des contraintes thermiques induites par les variations rapides de température peut être plus représentatif.

3.1.1.3.5.3.3 Pression atmosphérique

Les sévérités pour les tests de basse pression peuvent être déterminées à partir des conditions d'environnement stipulées par le cahier des charges ou à partir des capacités de l'avion exemple :

- altitude de croisière,
- taux de montée et de descente,
- caractéristiques du système de pressurisation et de climatisation de l'endroit où est monté ou entreposé le matériel dans le porteur aérien.

Lors de la simulation de la pression au sol pour du matériel situé dans des compartiments pressurisés, les sévérités des tests supérieures à la pression ambiante doivent être prises en accord avec l'industriel du conditionnement d'air de l'avion ou du constructeur lui même.

La représentation des ondes de choc de pression produite par l'artillerie ou le départ de missiles est meilleure si l'on applique les contraintes réelles.

3.1.1.3.5.3.4 Sable poussières, givrage, érosion et condensation

Pour d'autres conditions de l'environnement par exemple, la poussière, le sable, le givrage, etc., il est peu probable que l'adaptation à des données spécifiquement mesurée soit la meilleure solution. Dans ces cas, les valeurs de retour d'expérience doivent être sélectionnées. Pour les poussières créées artificiellement et les atmosphères chargées de sable, la poussière en suspension est la méthode préférée.

La simulation par vent de sable et poussière peut être utilisée pour vérifier la tenue à ces agents lors d'activités humaines en vérifiant la pénétration. Les essais sur l'érosion par impact à grande vitesse sont généralement limités à des échantillons de matériel.

3.1.1.4 Sélection des essais proposée par l'AECTP 100

<i>Phase du LCEP</i>	<i>Agent d'environnement critique</i>	<i>Précision sur l'environnement</i>	<i>Méthode d'essai typique</i>
<i>Transport logistique (Empaquetage logistique)</i>	<i>Température (chaleur sèche ou chaleur humide)</i>	<i>Prendre les températures de stockage et de transport pour la zone climatique considérée</i>	302
	<i>Basse température</i>	<i>Prendre les températures de stockage et de transport pour la zone climatique considérée</i>	303, 317
	<i>Efforts thermomécaniques provoqués par les chocs thermiques ou par le cyclage diurne thermique</i>	<i>Transfert à partir de la température ambiante interne d'un véhicule à la température ambiante extérieure, par ex. A3 Storage&Transport vers A3Met (« métrologique »)</i>	304
	<i>Solaire</i>	<i>Chauffage et effets actiniques</i>	305
	<i>Glace</i>	<i>Accumulation de glace et gel-dégel</i>	311 ; 315
	<i>Eau (naturelle et induite)</i>	<i>Pluie, immersion etc.</i>	307 ; 310
	<i>Pression</i>	<i>Pression constante et décompression rapide</i>	312
	<i>Sable et poussière</i>	<i>Dépend des conditions locales et des véhicules</i>	313
	<i>Produit chimique</i>	<i>Contaminants, acide et sel</i>	309 ; 314 ; 319
	<i>Biologique</i>	<i>Moisissures</i>	-
	<i>Choc (impulsion et/ou chute)</i>	<i>Manipulation, déplacement par grue et chariot élévateur, pris vers le haut – déposé par le bas, transport (charge arrimée, route dégradée) secousses)</i>	403 ; 406 ; 414 ; 416 ; 417
	<i>Vibration</i>	<i>Véhicule à roues logistique, transport maritime aérien et maritime, chariot élévateur</i>	401
	<i>Acoustique</i>	<i>Bruit des moteurs, souffles des armes collatérales</i>	402 ; 413
<i>Autres environnements</i>	<i>Environnement induit par un autre équipement</i>		

<i>Phase du LCEP</i>	<i>Agent d'environnement critique</i>	<i>Précision sur l'environnement</i>	<i>Méthode d'essai typique</i>
<i>Stockage (conteneur logistique/ conteneur tactique)</i>	<i>Température (chaleur sèche ou chaleur humide)</i>	<i>Stockage long ; zone avancée ; stockage temporaire ; stockage permanent</i>	<i>3D2</i>
	<i>Basse température</i>	<i>Stockage long ; zone avancée ; stockage temporaire ; stockage permanent</i>	<i>303 ; 317</i>
	<i>Efforts thermomécaniques provoqués par les chocs thermiques ou par le cyclage diurne thermique</i>	<i>Effets journaliers comme A3 Met</i>	<i>302 ; 303</i>
	<i>Solaire</i>	<i>Chauffage et effets actiniques</i>	<i>305</i>
	<i>glace</i>	<i>Accumulation de glace et gel-dégel</i>	<i>311 ; 315</i>
	<i>eau (naturelle et induite)</i>	<i>Pluie, immersion etc.</i>	<i>307 ; 310</i>
	<i>Pression</i>	<i>Pression constante</i>	<i>312</i>
	<i>Sable et poussière</i>	<i>Stockage en base avancée permanent ou temporaire</i>	<i>313</i>
	<i>Produit chimique</i>	<i>Contaminants, acide et sel</i>	<i>309 ; 314 ; 319</i>
	<i>Biologique</i>	<i>Moisissures</i>	<i>-</i>
	<i>Choc (impulsion et/ou chute)</i>	<i>Manipulation, déplacement par grue et chariot élévateur, pris vers le haut – déposé par le bas</i>	<i>403 ; 406 ; 414 ; 416 ; 417</i>
	<i>Vibration</i>	<i>Chariot élévateur, véhicule à roues</i>	<i>4C 1</i>
	<i>Acoustique</i>	<i>NA</i>	<i>4C1 1</i>
<i>Autres environnements</i>	<i>Environnement induit par un autre équipement</i>		

3.1.2 Sélection des essais couvrant la manutention et le stockage

3.1.2.1 Généralité

L'AECTP 300 donne des procédures d'essais qui peuvent être utilisées pour simuler les effets induits des environnements climatiques sur les matériels lors de leur stockage.

Le choix de la procédure d'essai dépendra de la nécessité de simuler :

- des variations journalières (effets thermiques y compris du rayonnement solaire pour les stockages à ciel ouvert)
- ou de simuler seulement les valeurs maximales et/ou minimales d'un cycle journalier.

De préférence, les sévérités d'essais doivent être déclinées de mesures réalisées dans des conditions climatiques représentatives les plus contraignantes du thème d'emploi. Une alternative consisterait aussi à définir des sévérités dérivées des matériels stockés dans des conditions semblables.

3.1.2.2 Sévérités d'essais

Si aucune mesure environnementale n'est disponible, les sévérités d'essai données dans *L'AECTP 300* doivent être utilisées

3.1.2.3 Sévérités d'essais personnalisées

3.1.2.3.1 Température et Humidité

Les procédures d'essais de *L'AECTP 300* donnent des valeurs de température et d'humidité pour des conditions externes ambiantes (conditions atmosphériques) et pour des conditions induites en stockage. En l'absence des données mesurées, les valeurs définies dans *L'AECTP 300* doivent être utilisées pour couvrir les conditions induites les plus sévères éprouvées par les matériels pendant leur stockage. Les valeurs de température et d'humidité données sont celles qui sont susceptibles d'être atteintes ou dépassées dans 1% du temps du mois le plus sévère de l'année.

3.1.2.3.2 Sable et Poussière

La méthode relative au Sable et Poussière de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-25 Test CL25* est recommandée. Toutefois, lorsque cette méthode ne peut pas être utilisée pour démontrer la pénétration et l'érosion par les particules, une simulation par vent de sable peut être effectuée.

3.1.2.3.3 Températures haute et basse

Le choix de la méthode d'essai pour la température et l'humidité induites dépendra de la prise en compte ou non, dans les variations journalières, des effets indirects du chauffage solaire. Cette décision dépendra des caractéristiques du matériel en essai et du retour d'expérience sur des matériels comparables du point de vue :

- de la capacité calorifique du matériel,
- des effets des cycles thermiques sur les explosifs contenus.

La simulation des états induits de température et d'humidité doit être basée sur l'information fournie dans les documents des conditions opérationnelles et ambiantes, prenant en compte les secteurs géographiques où le matériel est susceptible d'être déployé et les caractéristiques d'un abri éventuel. Les sévérités d'essai doivent être, de préférence, dérivés de mesures spécifiques faites aux endroits de stockage prévus pour le matériel en service. Ceci pour les cas représentatifs les plus sévères des conditions réelles, y compris l'influence de toute forme d'abri conditionné ou non-conditionné. Sinon, les sévérités d'essais doivent être dérivées des données mesurées sur d'autres matériels comparables dans des situations semblables.

Pour simuler des états journaliers de chaleur sèche, la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-02 Test CL2 - Haute Temperature, Basse Humidité et Rayonnement Solaire* - avec test cyclique journalier doit être employée.

La **Procédure d'essais A** est prévue pour cas où une simulation fine des conditions de service est exigées ; elle utilise les données spécifiquement mesurées ou bien le cycle journalier de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Chapter 1-02 Température, Humidité et Rayonnement Solaire Cycles Diurnes pour chaque Catégorie Climatique** pour les matériels de la **catégorie A**.

Un essai de sévérité basée sur les données météorologiques, y compris le chauffage par rayonnement solaire, peut être appliqué au matériel sous sa couverture de stockage.

De préférence, le matériel en essai doit être placé sur une surface ayant les mêmes propriétés réfléchissantes qu'en service.

Sinon, le matériel en essai doit être soumis au cycle journalier de température dérivé des données mesurées à l'intérieur de la couverture de stockage. Ou encore du cycle journalier approprié de la catégorie A pour le transit et le stockage donné en **chapitre 1-02 de la partie 4** de la norme précédente.

La **Procédure d'essais B** est prévue pour les cas où une simulation fine des conditions de service n'est pas exigée, en soumettant le spécimen d'essai aux cycles artificiels de **24 heures** en hautes températures.

Les sévérités d'essai doivent être choisies selon les conseils donnés dans la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-02 Test CL2 - Haute Température, Basse Humidité et Rayonnement Solaire**.

En tenant compte de facteurs tels que :

- le niveau de ventilation,
- la finition de l'état de surface du matériel,
- la nature de la surface externe utilisée dans la fabrication ou la construction de la couverture de stockage.

Pour examiner le matériel aux températures induites si les variations journalières sont si faibles qu'elles ont un effet insignifiant sur le matériel, ou si l'on considère que la réponse du matériel en essai ou ses éléments ne sont pas liés à la température faisant un cycle la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-01 Test CL1 - Haute Température Constante, Basse Humidité** - peut être employée.

Les procédures d'essais sont données pour des matériels dissipant et ne dissipant pas de chaleur.

Dans beaucoup de cas, le matériel en essai pour l'exposition à de basses températures induites sera satisfait par la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-04 Test CL4 - basse température constante**.

Les procédures d'essais sont données pour des matériels dissipant et ne dissipant pas de chaleur.

Dans cas où on le considère le cyclage à basse température comme plus approprié, le **Chapitre 3-05 Essai CL5 - Basse Température** - de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** - peut être employé.

Les exemples typiques incluent le matériel contenant des explosifs ou des joints et d'autres composants qui doivent être sollicités de manière représentative.

La **Procédure d'essais A** est prévue pour les cas où une simulation fine des conditions de service est recherchée, basée sur des sévérités d'essai dérivées des données spécifiquement mesurées pour la demande particulière, ou bien un cycle journalier approprié de basse température de transit et de stockage a choisir parmi le **Chapitre 1-02** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4**.

La **Procédure d'essais B** soumet le matériel en essai aux cycles artificiels de **24 heures** de basses températures et peut être employée quand la simulation fine des conditions de service n'est pas exigée.

Pour simuler le transfert rapide du matériel entre des température extrêmes la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-14 Test CL14 - Choc Thermique et Vitesse de Changement Rapide de Température** - peut être employée.

La **Procédure d'essais A** est employée pour simuler le choc thermique air-air.

La **Procédure d'essais C** est un essai spécifique pour des batteries.

La **Procédure d'essais E** est employée pour simuler le transfert de l'air vers l'eau et vice-versa. Les extrêmes appropriés de température doivent être assortis aux conditions réelles. En l'absence d'information spécifique, le **Chapitre 3-14** de la norme ci-dessus donne des conseils sur les sévérités d'essai des transferts entre les

zones de stockage conditionnées en température et les conditions ambiantes externes, pour un transfert à partir d'air vers l'eau et vice-versa.

3.1.2.3.4 Humidité

Pour simuler les conditions d'une forte humidité journalière induite, on peut utiliser le cycle journalier de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-06 Test CL6 - haute température, humidité et rayonnement solaire**

La **Procédure d'essais A** est destinée au cas où il est nécessaire de simuler des conditions proches des conditions réelles, en utilisant des données mesurées spécifiques où le cycle journalier chaud et humide pertinent du **Chapitre 4-01** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4**.

Lorsque les capacités du moyen d'essais le permettent, les sévérités de test représentatives des conditions météorologiques, incluant les effets des radiations solaires peuvent être appliquées pour une enceinte contenant le spécimen de test.

Sinon le spécimen peut être soumis à un cycle journalier de température-humidité déduites des mesures effectuées dans l'enceinte.

Ou encore au cycle journalier pertinent pour le transit et le stockage de matériel, sélectionné par le **Chapitre 1-02** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4**.

La **Procédure d'essais B** est destinée au cas où il n'est pas nécessaire de simuler des conditions proches des conditions réelles, en soumettant le spécimen à des cycles de *24 heures* en chaleur humide, afin de représenter les conditions créées à l'intérieur de l'enceinte en régions tropicales chaudes et humides.

La **Procédure d'essais C** est destinée à simuler une installation sous abri avec peu ou pas de ventilation. Et où les effets du rayonnement solaire sur la structure formant l'enceinte peuvent aggraver les conditions induites de forte humidité. Un minimum de *10 cycles* est recommandé pour du matériel susceptible d'être stocké dans des enceintes faiblement ventilées. Le test peut être étendu à *21 cycles* s'il s'avère que le matériel peut passer des périodes longues sous couverture temporaire dans des régions tropicales chaudes et humides.

La norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-07 Test CL7** – peut être utilisée s'il est nécessaire de simuler les condition d'un matériel susceptible d'être stocké dans des conditions de chaleur humide constante par exemple dans des structures temporaires qui génèrent de l'humidité comme les cuisines, les buanderies, etc...

Cette norme peut aussi être utilisée pour du matériel qui pourrait passer des périodes dans des jungles épaisses ou dans des conditions nuageuses.

La **Sévérité A -Température et Humidité combinées** ($30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ et $93 \pm 5\%$ d'Humidité Relative) peut être appliquée pour une durée de *2, 10 ou 21 jours*. Durée basée sur une période de stockage prévisible donnée par les Conditions d'Environnement et d'Opérations.

La **Sévérité B** ($40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ et 93% d'Humidité Relative) peut être plus appropriée là où les conditions sont susceptibles d'être aggravées par des émissions de chaleur et d'humidité par les équipements en service.

3.1.2.3.5 Sable et poussières

Pour déterminer les effets d'atmosphères artificielles poussiéreuses ou sableuses sur du matériel stocké, il est possible d'utiliser la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-25 Test CL25 - Sable et poussière** – Le Test en « Poussières Turbulentes » pour des spécimens de **catégories II** s'applique à du matériel stocké et directement exposé. Ainsi qu'à du matériel stocké dans des enceintes non étanches comme des bâtiments temporaires ou sous des couvertures.

Le Test en « *Vent de poussières et sable* » peut s'appliquer à du matériel susceptible d'être confronté directement avec du sable et de la poussière soulevés, par exemple, par les jets de réacteurs.

Les essais pour démontrer la résistance du matériel à des atmosphères naturelles poussiéreuses ou sableuses, dans l'une ou l'autre des phases de sa vie, peuvent rendre ces essais non nécessaires pour le stockage seulement.

Les sévérités de test peuvent être choisies à partir de celles listées et appliquées en liaison avec les conseils et les procédures données par la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-25**.

3.1.2.3.6 Environnements induits en eau de ruissellement et en immersion

Pour déterminer la résistance du matériel stocké à une pénétration d'eau par des précipitations à partir de surfaces supérieures ou de sprinklers, on peut utiliser le **Test CL28 Ruissellement** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-28**.

Pour simuler une immersion partielle dans une eau stagnante et une immersion totale due à une mauvaise manutention, on peut utiliser **Test CL29 Immersion** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-29**.

La **Procédure A** s'applique à du matériel non emballé, et la **Procédure B**, à du matériel emballé. Les variations de test dépendant de la masse du spécimen en test.

La **Référence 8 de la norme DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 4-01 Annexe A : BS2011, part 2. IR (IEC 60068-2.18) Test R « Eau et conseils »** donne des méthodes de test qui peuvent être appropriées pour du matériel directement soumis à l'eau pulvérisée.

3.1.2.3.7 Atmosphère saline

Les mécanismes et les facteurs influençant le taux de corrosion du métal et la détérioration des substances non-métalliques soumises à des atmosphères salines et des solutions salées sont discutés plus en détail dans la **référence 2 et le chapitre 8-02 de la norme DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4 Part.4**. Des conseils précis devront être recherchés au cas par cas.

Pour déterminer les effets de l'exposition de matériel à l'atmosphère saline ou à des solutions d'eau salée, le **Chapitre 4-02 Essais CN2 - Atmosphère Saline** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** - est adapté.

Les atmosphères salées (corrosives) devront être utilisées.

L'essai au brouillard salin devra être utilisé pour déterminer l'effet sur le matériel d'une atmosphère de brouillard salé.

Le test de corrosion par le sel inclut des périodes de stockage dans des conditions chaudes et humides. Ce test devra être utilisé pour déterminer la résistance du matériel à la corrosion, du à l'exposition à une atmosphère de brouillard salé.

La durée du test et le nombre de cycles d'essai sont à déterminer pour obtenir un niveau d'exposition fonction du degré d'attaque probable.

3.1.2.3.8 Atmosphère acide

Pour déterminer les effets de l'exposition de matériel à des atmosphères acides, le **Chapitre 4-03 Essai CN3** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** - peut être utilisé.

La sévérité du **Test A (durée de 28 jours)** est pour du matériel susceptible d'être exposé à des retombées immédiates et au brouillard acide de sites industriels importants ou d'émissions d'échappement provenant de moteur à combustion interne. Ceci pour une période significative de sa vie en service.

La sévérité du **Test B (durée de 3 jours)** est pour du matériel exposé occasionnellement aux échappements de véhicule ou à la pluie acide.

3.1.2.3.9 Contamination par les fluides

La méthode de test du **Chapitre 4-04** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être utilisée pour déterminer la résistance du matériel aux fluides contaminants.

Les fluides et composants représentatifs susceptibles d'être rencontrés pendant la manutention et le stockage devront être choisis parmi ceux listés dans ce **Chapitre 4-04**.

Les contaminants énumérés sont généralement présentés comme étant des exemples des cas les plus sévères de chaque type de fluide contaminant en termes d'effets potentiellement préjudiciables.

La température de chaque fluide d'essai doit correspondre à celle susceptible d'être rencontrée en service, sinon la température spécifique du **Chapitre 4-04** est employée.

Les spécimens sont stockés pendant **96 heures** à la température régnant pendant le stockage.

3.1.2.3.10 Moisissures

Pour déterminer la potentialité du matériel à supporter la croissance de moisissures et à résister aux attaques par les spores, le **Test CNI - croissance de spores** - du **Chapitre 4-01** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être utilisé.

Des informations fiables sur la résistance du matériel sont classiquement obtenues à partir de test sur des échantillons de matériaux, de composants ou de sous-ensembles.

Les durées des périodes d'incubation dépendent de l'objectif des tests comme suit :

Procédure de test A :

- 28 jours d'exposition pour des matériels en test qui, en service, sont protégés d'une contamination directe par des matériaux nutritifs pour les spores,
- 84 jours d'exposition pour des matériels en test pour lesquels les performances fonctionnelles doivent être conservées.

Procédure de test B :

- 28 jours d'exposition lorsqu'il est prévu qu'en service, le matériel testé sera contaminé par des substances nutritives qui favoriseront la croissance des moisissures, telles que de la poussière organique, de la condensation de composés volatiles, de la graisse, etc...

Deux spécimens (ou jeux de spécimens) sont recommandés lorsque les tests sont conduits pour déterminer les effets des substances nutritives sur les performances opérationnelles et les niveaux de contamination.

Dans ce cas, le second spécimen est soumis à des conditions chaudes et humides sans inoculation afin de caractériser les effets dus seulement à l'exposition à des conditions chaudes et humides. Cependant, il peut être préférable de ne pas suivre cette recommandation si le programme de tests demande de conduire des tests sur des spécimens identiques à des niveaux d'humidité différents. Davantage de conseils peuvent être trouvés dans des laboratoires spécialisés.

3.1.2.3.11 Faune

Des informations détaillées sur l'attaque du matériel par des insectes et des rongeurs sont données au **Chapitre 11-01** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4**. Informations fournies, en particulier, pour du matériel déployé en régions tropicales.

Comme il n'y a aucune méthode standard connue d'essai, pour soumettre le matériel à la faune, des essais pratiques doivent être conduits sur le terrain. Notamment dans les secteurs marquants connus comme habitat des types de faune pouvant infliger les dégâts visés dans les **Chapitres 11-01 et 11-02** de cette même norme.

3.2 Mise en œuvre

3.2.1 Déploiement sur installations fixes

3.2.1.1 Températures haute et basse

La norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** inclut des procédures d'essais qui peuvent être utilisées pour simuler les températures induites subies par le matériel une fois déployé ou monté sur les installations immobiles et fixes. Les sévérités d'essai doivent, de préférence, être déterminées à partir de données mesurées dans une installation représentative de l'endroit où le matériel doit être placé. Les facteurs influençant les méthodes d'essai et les sévérités d'essai à appliquer sont les suivants:

- la situation géographique (catégorie climatique) de la zone de déploiement,
- les conditions climatiques à l'intérieur du bâtiment sont déterminées par les effets indirects du rayonnement solaire, la chaleur et l'humidité émises par les équipements opérationnels ou une combinaison des deux,
- l'état opérationnel de l'installation par rapport au *cycle journalier complet* ou seulement pendant *une partie du jour*,
- le niveau de ventilation et de climatisation mis en œuvre.

Généralement les méthodes d'essai simulant les cycles diurnes s'appliqueront aux matériels déployés dans des bâtiments permanents et provisoires.

Des exceptions peuvent être justifiées pour des installations dans lesquelles la chaleur et l'humidité exercent une influence dominante sur le matériel et quand il est opérationnel *24 heures sur 24*.

Les procédures d'essais qui proposent des conditions constantes peuvent être plus pertinentes pour les matériels installés dans des abris souterrains tels que les silos et les igloos.

L'avis doit être demandé aux utilisateurs des installations dans lesquelles le matériel sera installé. Des procédures d'essais similaires peuvent également être utilisées pour simuler les conditions dans des installations fixes situées en régions tropicales humides et ombragées, donc abritées du rayonnement solaire, tel que la jungle dense.

La disponibilité de moyens d'essai simulant le rayonnement solaire et ayant la capacité de tester une structure complète avec la configuration appropriée est limitée.

En conséquence il faudra choisir, avec précaution, des sévérités d'essai appropriées. Particulièrement s'il faut démontrer que le spécimen s'appuie sur l'atmosphère environnante pour maintenir une température de fonctionnement acceptable.

Les sévérités d'essai utilisées dans la simulation des conditions de température induite doivent être basées sur les informations fournies dans les documents « *Exigences opérationnelles et environnementales* », telles que les zones géographiques où les installations non mobiles doivent être placées.

De préférence, les sévérités d'essai doivent être déduites de données spécifiquement mesurées et enregistrées dans les zones de déploiement envisagées.

En l'absence de données mesurées, les valeurs de la température données au **Chapitre 1-01** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** pour le transit et le stockage dans des zones chaudes (*catégorie A*) et froides (*catégorie C*) peuvent être considérées comme représentant les conditions induites les plus sévères.

Pour simuler des conditions induites de chaleur sèche journalières, *l'Essai CL2 - Haute température, faible humidité et rayonnement solaire - Essai de cycle journalier* - du **Chapitre 3-02** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être utilisé.

La **Procédure d'essais A** est prévue pour les cas où la simulation fine des conditions de service est exigée, en utilisant spécifiquement des données mesurées ou le cycle journalier approprié de la *catégorie A* du **Chapitre 1-02** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4**. Des sévérités d'essai représentatives des conditions météorologiques, y compris la chaleur par rayonnement solaire, peuvent être appliquées à la zone ou à la structure complète contenant le matériel installé.

De préférence, l'assemblage du spécimen d'essai doit être installé sur une surface ayant les mêmes propriétés réfléchissantes que celle sur laquelle il sera placé en service.

Sinon, le matériel installé pourra être soumis au cycle journalier de température déduit de données mesurées à l'intérieur de l'installation non mobile ou fixe. Ou encore au cycle journalier approprié de la *Catégorie A* relatif au transit et au stockage.

La **Procédure B** est prévue pour les cas où la simulation fine des conditions de service n'est pas exigée. Dans ce cas on soumet le spécimen d'essai à des cycles forfaitaires de haute température de *24 heures*. Les sévérités d'essai pourront être choisies suivant les conseils donnés dans le **Chapitre 3-02** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4**, en prenant en considération des facteurs tels que :

- le niveau de la ventilation,
- les matériels,
- la nature des surfaces externes utilisées dans la fabrication ou la construction de l'installation.

Pour tester le matériel aux hautes températures induites quand les variations journalières sont suffisamment faibles pour avoir un effet insignifiant sur le matériel. Ou encore quand la réponse du spécimen d'essai ou de ses éléments n'est pas liée au cycle de température, *l'Essai CLI Haute température constante - Faible humidité* du **Chapitre 3-01** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** - peut être utilisé.

Les procédures d'essais sont données pour les spécimens à l'essai dissipant ou non de la chaleur.

Dans beaucoup de cas, l'essai du matériel à l'exposition à de basses températures induites sera suffisant si on utilise l'*Essai CL4 - Basse température constante* - du *Chapitre 3-04* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4*.

Les procédures d'essais sont données pour les spécimens d'essai dissipant ou non de la chaleur.

Dans les cas où on considère que le cyclage à basse température est plus approprié, l'*Essai CL5 - Essai de cyclage journalier à basse température* - du *Chapitre 3-05* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* peut être utilisé.

Les exemples typiques incluent les matériels contenant de l'explosif, des joints ou d'autres composants qui doivent être mis sous contrainte de manière représentative.

La *Procédure d'essais A* est prévue pour les cas où une simulation fine des conditions de service est exigée. Elle utilise des sévérités d'essai déduites de données spécifiquement mesurées pour l'application particulière, ou le cycle journalier basse température approprié pour le transit et le stockage choisi dans le *Chapitre 1-02* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4*.

La *Procédure d'essais B* soumet le spécimen d'essai à des cycles forfaitaires de basse température de 24 heures. Elle peut être utilisée quand une simulation stricte des conditions de service n'est pas exigée.

3.2.1.2 Humidités haute et basse

Pour simuler des conditions de forte humidité journalière, l'*Essai CL6 - Haute température, Humidité et Rayonnement solaire - Essai de cycle journalier* - du *Chapitre 3-06* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* peut être effectué.

La *Procédure d'essais A* est prévue pour le cas où la simulation fine des conditions à l'intérieur des installations non mobiles est exigée, en utilisant les données spécifiquement mesurées ou le cycle de chaleur humide approprié de la *Catégorie B* du *Chapitre 1-02* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4*.

Quand la capacité du moyen d'essai le permet, les sévérités d'essai représentatives des conditions météorologiques, y compris le chauffage par rayonnement solaire, peuvent être appliquées. Notamment à une enceinte représentative de l'installation non mobile contenant le spécimen d'essai.

Sinon, le spécimen d'essai peut être soumis au cycle journalier – *humidité - température* - déduit de données mesurées ou au cycle journalier approprié pour le transit et le stockage du *Chapitre 1-02* de la norme précédente.

Les *Procédures d'essais B et C* de l'*Essai CL6* peuvent être utilisées dans les cas où la simulation fine des conditions de service n'est pas exigée. Les *Procédures d'essais B et C* donnent les cycles d'essai forfaitaires qui combinent les occurrences les plus défavorables de tels environnements. Ils incluent les effets indirects du chauffage solaire dans des terrains découverts des régions tropicales humides et chaudes.

La *Procédure d'essais B* peut être employée pour simuler les déploiements à l'intérieur d'installations naturellement aérées. La sévérité inférieure (40°C) doit être employée pour représenter le déploiement dans des régions climatiques de la *Catégorie B2* et la sévérité la plus élevée (55°C) dans des régions de *Catégorie B3*.

La *Variante 1* de la *Procédure d'essais B* est à préférer pour les matériels installés qui sont eux-mêmes susceptibles de souffler de l'air dans l'air humide environnant.

La *Procédure d'essais C* peut être employée pour les matériels déployés à l'intérieur de structures préfabriquées provisoires ou sous des abris couverts provisoires où il y a peu ou pas de ventilation. Un essai comprenant un *minimum de 12 cycles* est recommandé pour couvrir les périodes où les conditions les plus mauvaises se présentent.

Une *durée de 21 cycles* peut être appropriée pour couvrir des périodes beaucoup plus longues de l'exposition aux conditions moyennes annuelles. Les sévérités d'essai doivent être basées sur les informations fournies dans des documents « *Exigences Opérationnelles et Environnementales* » telles que la durée prévue dans les zones géographiques envisagées pour le déploiement. D'autres conseils sont donnés au *Chapitre 3-06* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4*.

Pour simuler des conditions où le matériel est susceptible d'être déployé dans des installations fixes dans une ambiance de chaleur humide constante, la **Procédure d'Essais CL7 - Haute température constante - Haute humidité** - du **Chapitre 3-07** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être employée.

Les exemples incluent les structures provisoires liées aux équipements qui produisent de l'humidité telle que les cuisines roulantes, les blanchisseries, etc. Ainsi que les matériels qui pourraient séjourner dans la jungle dense ou des lieux couverts.

La sévérité A température/humidité combinée ($30^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et $93 \pm 5\%$ HR) peut s'appliquer pour une *durée de 10 ou 21 jours*, basée sur la période d'exposition prévue dans les documents « **Exigences Opérationnelles et Environnementales** ».

La sévérité B ($40^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et 93% HR) peut s'appliquer quand les conditions sont susceptibles d'être aggravées par des émissions de chaleur et d'humidité de l'équipement en fonctionnement.

3.2.1.3 Pression atmosphérique

Pour déterminer les effets d'une surpression sur le matériel, **l'Essai CL15 - Pression d'air (supérieure à la pression atmosphérique standard)** - du **Chapitre 3-15** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être utilisée. La sévérité pour simuler une pression d'air supérieure à la pression atmosphérique peut être spécifiée à partir des « **Exigences Environnementales** » du matériel ou bien être obtenue à partir du maître d'ouvrage ou du constructeur de l'installation.

3.2.1.4 Sable et poussières

Pour déterminer les effets sur le matériel de l'exposition à des atmosphères chargées de sable et de poussière, **l'essai CL25 - Sable et poussières** - du **Chapitre 3-25** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être utilisés.

L'essai au dépôt de poussière statique s'applique aux matériels situés à l'intérieur de zones de bâtiments permanents protégés de l'exposition directe aux atmosphères externes chargées de poussières.

Indépendamment d'un taux de dépôt, la sévérité d'essai est déterminée par le nombre de jours prévus à cet endroit en accord avec les directives pour les taux de dépôt données dans le **Chapitre 3-25** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4**.

Une durée d'essai basée sur la localisation dans une zone industrielle est recommandée pour les installations situées près des terrains d'aviation ou les dépôts installés dans des régions désertiques sèches.

Un essai de poussières turbulentes peut être effectué pour les essais des matériels installés :

- sur des surfaces extérieures,
- à l'intérieur de bâtiments provisoires,
- à l'intérieur de zones dans lesquelles les portes et les ouvertures communiquent avec l'extérieur.

La procédure pour les spécimens de la **Catégorie 1** s'applique aux matériels qui sont susceptibles d'être exposés à des variations de température interne due à la chaleur produite pendant leur cycle d'utilisation. Les différences de pression induites favorisent l'entrée de l'air chargé de poussières par les ouvertures et les interfaces d'équipement partiellement scellées.

La procédure pour les spécimens de la **Catégorie 2** s'applique aux matériels ne dissipant pas de chaleur.

Les matériels fixés sur une surface extérieure et susceptibles d'être exposés directement à des jets de poussière et de sable projetés artificiellement peut être soumis à l'essai de Jet de Sable et Poussières voir norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapitre 3-25 Paragraphe 2.3.3 Wind Blown Dust and Sand**

Il est peu probable que l'essai personnalisé en fonction de données spécifiquement mesurées sera représentatif et les sévérités d'essai peuvent être choisies parmi celles listées et appliqués selon les conseils donnés dans le **Chapitre 3-25** de la norme ci-dessus.

3.2.1.5 Immersion, précipitations et embruns

Pour déterminer la résistance d'un matériel à une entrée d'eau résultant d'arrosage par gouttes d'eau *l'Essai CL 28 du Chapitre 3-28 - Epreuve aux gouttes d'eau* - de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* peut être utilisé. Les sévérités d'essai spécifiées au *Chapitre 3-28* peuvent être appliquées.

Pour simuler l'immersion partielle dans de l'eau stagnante, *l'Essai CL 29 du Chapitre 3-29 - Immersion* - de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* peut être utilisé.

La *Procédure A* s'applique à l'équipement non emballé et la *Procédure B* aux emballages.

Des variantes à cet essai s'appliquent en fonction du poids et de la forme du spécimen d'essai.

La *Référence 8 de la norme DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 4-01 Annexe A : BS2011, part 2. IR (IEC 60068-2.18) Test R « Eau et conseils »* donne des méthodes d'essai qui peuvent être appropriées pour les matériels directement placés dans le jet d'eau pulvérisée issu, par exemple, d'un tuyau percé.

3.2.1.6 Atmosphère saline

Pour déterminer les effets sur les matériels de l'exposition aux atmosphères salines et aux solutions d'eau salée, *l'Essai CN2 - Atmosphères salines (corrosives) - Chapitre 4-02* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* peut être utilisé.

L'essai au brouillard salin peut être effectué pour déterminer l'impact sur le fonctionnement du matériel pendant, et à la suite, de l'exposition à une atmosphère de brouillard salin.

L'essai de corrosion saline, qui inclut des périodes de stockage dans des conditions de chaleur humide, peut être utilisé pour déterminer la résistance du matériel à la corrosion. Ceci après exposition à une atmosphère de brouillard salin.

Les durées d'essai et le nombre de cycles d'essai peuvent être choisis pour permettre un certain niveau de personnalisation en fonction de la nature l'exposition susceptible de se produire.

3.2.1.7 Atmosphère acide

Pour déterminer les effets sur le matériel de l'exposition aux atmosphères acides *l'Essai CN3 - Corrosion acide - Chapitre 4-03* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* peut être effectué.

La sévérité A (durée d'essai 28 jours) est prévue pour les matériels qui sont susceptibles d'être exposés aux retombées immédiates et au brouillard acide près des grands sites industriels ou aux gaz d'échappement des moteurs à combustion interne pendant une période significative de leur durée de vie.

La sévérité B (durée d'essai 3 jours) est prévue pour les matériels exposés occasionnellement aux gaz d'échappement des véhicules ou aux pluies acides.

3.2.1.8 Moisissures

Pour vérifier la résistance à l'attaque par des spores de moisissures *l'Essai CNI - Croissance des moisissures - Chapitre 4-01* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* peut être utilisé.

Une information fiable sur la résistance des matériels est facilement obtenue à partir d'essais sur des échantillons de matériaux, des composants et des sous-ensembles.

Les durées des périodes d'incubation dépendent du but de l'essai comme suit :

Procédure d'essais A

- exposition de *28 jours* pour le matériel en essai qui, en service, est protégé de la contamination directe par des substances servant d'aliments aux spores des moisissures,
- exposition de *84 jours* pour le matériel en essai où les effets des moisissures sur les performances fonctionnelles doivent également être évalués.

Procédure d'essais B

- exposition de *28 jours* où le spécimen d'essai sera souillé en service par des substances nutritives qui favorisent la croissance de moisissures, telle que la poussière organique, les composés volatils condensés, la graisse, etc.

Deux spécimens d'essai (ou ensembles de spécimens) sont recommandés quand les essais sont effectués pour déterminer les effets des moisissures sur la performance opérationnelle et la contamination par des substances nutritives.

Dans ces cas, le deuxième spécimen est soumis aux conditions de stockage chaudes et humides sans contamination. Ceci afin d'accentuer tous les effets résultant de l'exposition aux seules conditions de chaleur humide.

Cependant, il peut être justifié de ne pas suivre cette recommandation quand le programme d'essai exige que des essais séparés d'humidité soient effectués sur des spécimens identiques. Un avis complémentaire peut être demandé aux agences spécialisées dans les essais de croissance de moisissures.

3.2.1.9 Faune

Quand aucune méthode standard d'essai n'est connue pour soumettre le matériel à la faune, des essais doivent être effectués en environnement réel. Notamment dans les secteurs reconnus comme étant l'habitat des types de faune susceptibles d'infliger les dommages visés dans les *Chapitres 11-01 et 11-02* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4*.

3.2.1.10 Agents chimiques et biologiques

Les coûts et les exigences des essais peuvent être allégés quand des documents sont disponibles indiquant les résultats d'un essai précédent d'équipements composés de matériaux avec un état de surface similaires. Dans certains cas, l'essai peut être limité à des sous-ensembles, à des composants ou à des éléments du matériel en respectant les états de surface. Notamment si un accord a été donné par le spécificateur d'essai.

Les méthodes d'essai de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* utilisent des conditions, des procédures et des sévérités normalisées.

Dans beaucoup de cas ces méthodes fournissent une indication comparativement rapide et efficace du résultat probable de l'exposition aux environnements réels chimiques et biologiques. Elles ont l'avantage d'être effectués dans des conditions contrôlées.

Quand les méthodes d'essai pour la simulation des environnements chimiques et biologiques donnés dans cette norme s'appuient sur des essais accélérés, en particulier celles relatives aux environnements chimiques, il s'avère qu'elles fournissent un guide utile pour la résistance des matériels à ces formes d'attaque.

En conséquence, les méthodes d'essai de cette norme peuvent être considérées comme des essais généraux de robustesse, dans lesquels des conditions optimales sont créées pour favoriser l'agression, en utilisant des ensembles standards de solutions chimiques et de spores de moisissures. Les sévérités des températures et les durées de traitement préférentielles permettent un certain degré de personnalisation pour une application particulière.

Un élément particulier de matériel est susceptible d'être déployé en service pendant des périodes significatives de sa durée de vie. Notamment dans des endroits et des conditions où il peut induire et/ou subir une attaque chimique ou biologique. Dans ce cas un essai effectué dans des conditions représentatives peut être justifié.

3.2.2 **Sélection des essais pour les matériels installés sur les véhicules**

3.2.2.1 Généralités

L'AECTP 300 donne les procédures d'essais qui peuvent être utilisées pour simuler les environnements climatiques qui peuvent être rencontrés par les matériels fixés à l'extérieur ou à l'intérieur des véhicules terrestres. Le choix de la méthode d'essai pour les contraintes de température et d'humidité dépendra de l'exigence ou non de simuler :

- des variations journalières incluant les effets thermiques du rayonnement solaire,
- des conditions stabilisées.

Les caractéristiques du matériel et le retour d'expérience sur la réponse, en conditions réelles, de matériels similaires peuvent également influencer le choix de la procédure d'essais. Par exemple, les effets du cyclage thermique sur les explosifs et combustibles.

L'examen attentif de la configuration de l'objet en essai, à l'intérieur de son enveloppe le cas échéant, est nécessaire lorsqu'on veut simuler les effets de l'échauffement solaire.

Les procédures d'essais en conditions stabilisées s'appliquent, en particulier, aux matériels destinés à des zones où la température et l'humidité sont induites par :

- la chaleur dissipée par les alimentations en énergie,
- les équipements en fonctionnement.

De préférence, il convient de définir les sévérités d'essai à partir de mesures faites au point représentatif dans les conditions d'utilisation les plus sévères d'emploi. Une alternative consiste à déduire établir la sévérité à partir de celle spécifiée pour une application semblable.

3.2.2.2 Sévérités d'essais

3.2.2.2.1 Température et Humidité

Il convient de définir les sévérités d'essai, utilisées pour simuler les conditions induites de température et d'humidité, sur la base des informations données dans les documents relatifs aux exigences opérationnelles et environnementales.

Il importe que ces informations incluent les secteurs géographiques sur lesquels le matériel est susceptible d'être déployé ainsi que les exigences logistiques détaillées pour ce type de matériel.

De préférence, il est souhaitable que les sévérités d'essai soient déduites de données mesurées et prennent en compte l'influence de toute espèce d'enceinte en bon état ou non telle qu'un véhicule militaire ou un abri provisoire.

Il est nécessaire que les sévérités d'essai déduites des données mesurées couvrent les situations les plus sévères .

En l'absence des données mesurées, les sévérités d'essais peuvent être basées sur les informations fournies dans les documents relatifs aux exigences opérationnelles et environnementales telles que :

- les zones géographiques prévues pour le déploiement,
- le type de véhicule,
- l'emplacement sur le véhicule.

Les températures atmosphériques ambiantes externes indiquées dans le *Fascicule 2311/1* et dans le *Fascicule 2310/1* de la norme *AECTP-230 (Edition 1)* pour les températures induites (*transit et stockage*) dans les régions :

- chaudes et sèches (*Catégorie A*),
- humides et chaudes (*Catégorie B*),
- froides (*Catégorie C*),

sont les conditions les plus sévères susceptibles d'être rencontrées. Notamment lorsque le véhicule est en stationnement.

Les valeurs de température données sont celles qui sont susceptibles d'être atteintes ou dépassées dans les endroits les plus chauds ou froids dans la catégorie climatique ; *pour 1% du mois* le plus chaud ou froid de l'année.

Des données et des conseils complémentaires sont donnés dans le *Fascicule 2311/2* et le *Fascicule 2310/1* de cette même norme pour calculer les sévérités pour une occurrence de *5% ou de 10%*

De préférence les températures à l'intérieur du véhicule lorsque celui-ci est en fonctionnement doivent être déduites de mesures effectuées dans les conditions les plus sévères d'emploi.

Sinon, les températures doivent être évaluées en prenant en compte les effets indirects des conditions externes. Comme les caractéristiques de la ventilation et la chaleur dissipée par les équipements du véhicule tels que le moteur, les groupes électrogènes.

Les informations doivent être fournies par les concepteurs du véhicule ou les concepteurs du système. Pour un équipement donné, le positionnement au sein du véhicule peut également être pris en compte comme l'impact lié à la présence d'une circulation d'air ou non.

Lorsque le moyen d'essai le permet, des sévérités d'essai représentatives des conditions météorologiques, incluant le chauffage par rayonnement, peuvent être appliquées à une structure simulée contenant le matériel en essai.

De préférence, il est recommandé que la structure soit posée sur un support ayant les mêmes propriétés réfléchissantes que ceux rencontrés en service.

A défaut, il convient que le matériel en essai soit soumis au cycle journalier de température déduit de mesures à effectuées l'intérieur de son milieu de confinement, ou au cycle journalier approprié décrit au **Fascicule 2311** pour le transport et le stockage en **Catégorie A** (*chaleur sèche uniquement*) ou en **Catégorie B** (*chaleur et humidité*).

Pour tester le matériel à des températures induites élevées alors que :

- les variations journalières sont si faibles qu'elles n'ont pas d'effet significatif sur celui-ci,
- l'on estime que la réponse du matériel en essai ou de ses composants ne dépend pas du cyclage,

on peut mettre en œuvre un essai en isotherme à température élevée.

Dans beaucoup de cas, pour le matériel exposé à des températures induites faibles, il est suffisant de pratiquer un essai en isotherme à basse température.

Dans les cas où le cyclage à basse température est estimé plus approprié, il convient d'appliquer un test cyclique journalier à basse température.

Les exemples typiques concernent les matériels contenant des explosifs ou des joints ou d'autres composants qui doivent être contraints de façon représentative. Le cycle journalier peut être dérivé des données mesurées ou du cycle journalier approprié de la **Catégorie C** (*transit et stockage*) donné dans le **Fascicule 2310/1**.

3.2.2.2.2 Pression atmosphérique

Pour simuler les basses pressions subies par le matériel embarqué sur véhicules terrestres, on peut mettre en œuvre la procédure appropriée décrite dans la **Méthode 312 de l'AECTP 300**. Dans ce cas il faut ajuster les sévérités d'essai à l'application particulière et il convient de faire référence aux documents relatifs aux exigences opérationnelles et environnementales

3.2.2.2.3 Sable et poussière

Pour déterminer les effets de l'exposition des matériels installés sur véhicules terrestres à des atmosphères de sable et de poussières, on peut utiliser la **Méthode 313 de l'AECTP 300**. Pour les matériels directement exposés à du sable ou des poussières artificiellement dispersés, il convient de faire l'essai « **wind blown dust and sand** ».

La concentration, les vitesses d'air et la durée de l'exposition doivent être choisies parmi les sévérités énumérées dans la **Méthode 313**.

Toute tentative de personnaliser des sévérités d'essai en ayant recours à des mesures spécifiques pour l'essai de sable et poussières est susceptible d'être peu bénéfique car très onéreuse.

La méthode « **Blowing Dust** » peut être utilisée pour les matériels installés dans les compartiments partiellement scellés ou ceux qui sont susceptibles d'être ouverts pour inspection et maintenance.

Si les effets de l'électricité statique sont jugés significatifs (voir **Paragraphe 3.5** de la norme **AECTP-230 (Edition 1) LEAFLET 235/1**) une méthode et une sévérité d'essais adaptée peut être mise en place.

3.2.2.2.4 Immersion, précipitation et jet

Pour déterminer les effets de l'immersion sur les matériels la **Méthode 307 de l'AECTP 300** peut être employée.

Pour un matériel en essai la distance mesurée à partir du point le plus élevé du spécimen par rapport à la surface de l'eau et la durée de l'immersion sont fonction :

- de la position de ce matériel sur le véhicule,
- de la profondeur d'eau maximale que le véhicule est susceptible de franchir.

La détermination du comportement du matériel lorsqu'il est soumis à une aspersion ou des éclaboussures, peut être effectuée en testant les effets de précipitations naturelles avec des essais sous pluie battante ou, par exemple, de tenue au ruissellement, (*Méthode 310 de l'AECTP 300*).

L'efficacité en étanchéité des trappes et des dispositifs de couverture qui protègent les matériels fixés à l'extérieur du véhicule peut être confirmée selon la *Méthode 310 de l'AECTP 300*. Méthode qui permet de vérifier les effets d'une exposition aux précipitations.

L'essai de ruissellement peut être utilisé pour déterminer les effets d'un ruissellement d'eau sur les surfaces externes.

3.2.2.2.5 Contamination par les fluides

Les liquides de test et autres produits représentant les substances probablement rencontrés par un matériel monté sur véhicule doivent être choisis parmi ceux listés dans le *Chapitre 4-04* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4*.

Les liquides et autres produits listés sont généralement réputés comme étant ceux provoquant les cas de contamination les plus sévères. Si un type particulier de liquide n'est pas mentionné, un échantillon du liquide réel utilisé sur le véhicule ou dans l'équipement peut être utilisé. Les variations de la procédure de test dépendent de la fréquence d'exposition prévue et de sa durée comme suit :

- occasionnel : pour le matériel qui est contaminé dans des circonstances extraordinaires ou inhabituelles, par exemple une ou deux fois par an,
- intermittent : pour le matériel où le risque de contamination va vraisemblablement être plus importante que précédemment pendant les opérations normales. Par exemple près des lieux de remplissage des réservoirs et des réservoirs eux-mêmes, ou des aires où un détachant est régulièrement appliqué,
- permanent : Lorsque le matériel a un risque d'être confronté durant une longue période sans que cela face partie de sa conception. La température de l'exemplaire testé et de chaque liquide d'essai appliqué, doit reproduire ce qui est attendu au moment de la contamination dans la vie réelle.

Les spécimens sont entreposés pendant *96 heures* à la température attendue au moment de la contamination. Lorsque la température n'est pas connue, les valeurs données par le *Test CN4 - Contamination par des fluides* - de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 4-04* peuvent être utilisées.

Le *Test CN4* n'est pas applicable à l'équipement qui est destiné à avoir un contact continu avec un liquide spécifique ou des liquides divers pour réaliser sa fonction normale.

Si à la suite de l'essai il n'y a pas de réaction du matériel et que cela soit vérifié et expliqué ; alors il n'est pas nécessaire de répéter l'essai pour des composants semblables de ce même matériel.

3.2.3 Déploiement sur des bâtiments navals

3.2.3.1 Généralités

L'*AECTP 300 du STANAG 4370* inclut des procédures d'essais qui peuvent être utilisées pour simuler les environnements climatiques vus par le matériel une fois déployé sur les navires de surface et les sous-marins. De préférence les sévérités d'essai doivent être déterminées à partir de données obtenues à l'emplacement ou le matériel est installé.

Le matériel installé sur les navires de surface est susceptible d'être soumis à des températures induites hautes et basses. Ceci en raison de la réponse thermique de la plate-forme navale aux conditions ambiantes extérieures et aux émissions d'air conditionné destinées au traitement de la chaleur dissipée par les systèmes du bord dans les compartiments confinés au-dessous du pont principal.

3.2.3.2 Chaleur sèche et basse température sur et au-dessus des ponts principaux

La norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* donne les méthodes d'essai à mettre en œuvre pour déterminer les effets de la chaleur sèche et de la basse température sur le matériel installé au-dessus des plate-formes ouvertes sur les navires de surface.

Le choix de la procédure d'essais en température dépendra des variations journalières de température incluant les effets indirects du rayonnement solaire ou uniquement les valeurs maximales ou minimales attendues.

Les caractéristiques du matériel en essai et le retour d'expérience sur des matériels soumis aux conditions réelles, par exemple, les effets des cycles diurnes sur les explosifs et les propulseurs, peuvent également déterminer le type d'essai à appliquer.

L'examen attentif de la configuration du matériel en essai comparée avec la méthode d'essai est à réaliser.

Les sévérités d'essai doivent prendre en compte les secteurs géographiques où le matériel sera déployé. De préférence les sévérités d'essai doivent être déduites des données mesurées et enregistrées pour les cas les plus sévères prévus.

En l'absence de données mesurées, les valeurs de température pour le transit et le stockage indiqués au **Chapitre 1-02** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4** peut être employés en accord avec des conseils donnés dans les **Paragraphes 2.2.3 et 2.2.4 et 2.2.13** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 9-01**.

Pour simuler des situations de chaleur sèche *l'Essai CL2* - Haute température, Basse humidité, Rayonnement solaire, essai cyclique journalier - **Chapitre 3-02** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** - peut être mis en œuvre.

La Procédure d'essais A est prévue pour le cas où une bonne représentativité des conditions de service est exigée en utilisant des données spécifiquement mesurées ou à défaut la température appropriée du cycle journalier du **Chapitre 1-02** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4**.

Quand la capacité du moyen d'essais le permet, les valeurs de température déduites des conditions météorologiques, y compris le rayonnement solaire, peut être appliqué au matériel en essai ; avec la couverture protectrice ou provisoire et l'équipement protégé.

Dans ce cas, on recherchera à reproduire les conditions d'échange conductifs et radiatifs en utilisant les supports et les parois représentatifs.

Sinon, le matériel en essai devra être soumis au cycle journalier de température déduit des données mesurées à l'intérieur de l'abri, avec son dispositif de couverture protecteur ou sous couverture provisoire. Ceci avec le cycle journalier approprié pour le transit et le stockage choisis parmi le **Chapitre 1-02** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4**.

La Procédure d'essais B est prévue pour cas où une bonne représentativité des conditions de service n'est pas exigée en soumettant le matériel au cycle d'essai en température chaude forfaitaire de *24 heures*. Les sévérités de température sont choisies en tenant compte :

- de la zone géographique de déploiement,
- du niveau de ventilation,
- de l'état de surface extérieur de l'enveloppe du matériel,
- du dispositif de couverture protecteur,

en accord avec les conseils donnés dans le **chapitre 3-02** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4**.

Le nombre de cycles thermiques appliqués peut être basé sur la durée nécessaire pour produire la réponse thermique maximale de la configuration du matériel en essai. Ou encore la durée maximale à laquelle le matériel est exposé. Des conseils sont donnés dans le **chapitre 3-02** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4**.

Pour évaluer le matériel aux températures induites chaudes lorsque les variations sont petites ou ont un effet insignifiant sur le matériel, où que l'on considère que la réponse du matériel en essai ou ses éléments ne sont pas liés aux cycles de température, *l'Essai CL1 - température constante, humidité faible* - du **Chapitre 3-01** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être mis en œuvre. Les procédures d'essais sont données pour les matériels dissipant ou ne dissipant pas de la chaleur.

Dans beaucoup de cas l'exposition du matériel à des cycles de basses températures induites, sera simulée par *l'Essai CL4 - basse température constante* - du **chapitre 3-04** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4**. Les procédures d'essais sont données pour les matériels dissipant ou ne dissipant pas de la chaleur.

Lorsque le cyclage à basse température est considéré comme plus approprié, *l'Essai CL5 - basse température - essai cyclique journalier* - du *Chapitre 3-05* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* peut être mis en oeuvre. Des exemples typiques incluent les matériels contenant des explosifs ou des joints d'étanchéité et d'autres composants devant être soumis à des sollicitations représentatives :

La Procédure d'essais A est prévue pour cas où une bonne représentativité des conditions de service est recherchée, avec des sévérités d'essai dérivées de données spécifiquement mesurées pour le cas considéré, ou en utilisant le cycle journalier approprié de basse température de transit ou de stockage choisi parmi le *Chapitre 1-02* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4*.

La Procédure d'essais B est prévue pour le cas où une bonne représentativité des conditions de service n'est pas recherchée : on soumet le matériel aux cycles de basse température de *24 heures*. Les valeurs de sévérités de la température sont choisies en tenant compte :

- de la zone géographique de déploiement,
- du niveau de ventilation et
- des états de surface extérieure de l'enveloppe du matériel ou du dispositif de couverture protecteur,

en suivant les conseils donnés au chapitre *Chapitre 3-05* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4*.

Pour simuler les transferts de chaleur du matériel pour des valeurs très différentes de température ambiante, *l'Essai CL14 - choc thermique et variation rapide de température* - du *chapitre 3-14* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* peut être mis en oeuvre.

La Procédure d'essais A est mise en oeuvre pour simuler le choc thermique air-air, la *Procédure d'essais C* est un essai spécifique pour des batteries. Les valeurs extrêmes de température doivent être assorties aux conditions réelles. En l'absence d'information spécifique, le *Chapitre 3-14* donne des conseils sur les sévérités d'essai à retenir pour le transfert entre les zones de stockage conditionnées en température et les conditions ambiantes extérieures.

3.2.3.3 Chaleurs sèche et de basse température pour des matériels en compartiments à air conditionné

Les températures en compartiments conditionnés des navires de surface sont contrôlées dans la plage allant de 15°C à 40°C (*fiche technique 9 de la référence 1 de l'annexe A* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 9-01 Annex A*). Les variations dans ces limites dépendent des conditions ambiantes externes, et de la chaleur dégagée par les matériels en opération et par le personnel occupant le compartiment.

Chaque installation doit être évaluée pour déterminer si les différents équipements sont situés dans des secteurs stagnants où la température pourrait dériver en dehors de la gamme des conditions contrôlées.

Les températures éprouvées par les différentes unités et composants placés dans des coffrets, des supports et des armoires de systèmes électriques ou électroniques dépendront des niveaux locaux de la chaleur dissipée et de la disposition des fournitures en air de refroidissement.

Pour déterminer la réponse du matériel en essai à la chaleur sèche s'il est dans un compartiment à air conditionné, *l'Essai CL1 - température constante - humidité faible* - du *chapitre 3-01* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* peut être mis en oeuvre.

De préférence, la sévérité de la température peut être déterminée à partir de données mesurées.

Sinon, en l'absence de données mesurées, une température d'essai de 40°C avec une humidité relative ne dépassant pas 30% est recommandée. Les conditions d'essai doivent être appliquées pendant une durée minimale de *16 heures* après que le matériel en essai aura atteint une température d'équilibre.

Un *Essai CL14 - choc thermique et vitesse de changement rapide de température* - *chapitre 3-14* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* peut être mis en oeuvre pour déterminer les effets des taux élevés de variation température éprouvés par le matériel transféré des compartiments à air conditionné vers les plateformes à l'air libre (équivalentes aux états de *Classe 1* et de *Classe 2* défini au *Chapitre 3-14* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4*)

3.2.3.4 Dans les compartiments à air conditionné des salles de machine et de service

Pour déterminer La performance du matériel soumis à la chaleur humide rencontrée en compartiments aérés, ***l'Essai CL1 - température constante, essai d'humidité faible*** - du ***Chapitre 3-01*** de la norme ***DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4*** peut être mis en oeuvre.

De préférence, la sévérité de la température est déterminée à partir de données mesurées.

Sinon, une température d'essai de 55°C avec une humidité relative ne dépassant pas 30% est recommandée. Les conditions doivent être appliquées pendant une durée minimale de 16 heures après que le matériel en essai aura atteint sa température d'équilibre.

Les chaleurs et humidités émises par les systèmes bord des bâtiments navals dans des salles de machines et les équipements tels que des blanchisseries et les offices sont tels que les essais de chaleur humides visés au ***Paragraphe 3.3.4*** de la norme ***DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 9-01*** sont recommandés pour déterminer la performance du matériel installé dans des salles de machines et des aires de service.

Pour déterminer les performances du matériel soumis aux températures froides dans les compartiments des bâtiments navals, ***l'Essai CL4 - basse température constante*** - du ***Chapitre 3-04*** de la norme ***DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4*** peut être mise en oeuvre.

En l'absence des données spécifiquement mesurées, les températures d'essai doivent prendre en compte la zone géographique de déploiement (voir le ***Paragraphe 2.4.4*** de la norme ***DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 3-18***), et la proximité avec les secteurs frigorifiques. Le matériel en essai peut être conditionné pendant une durée minimale de 16 heures après la stabilisation à la température d'essai.

3.2.3.5 Compartiments partiellement conditionnés et non conditionnés

Pour déterminer les performances du matériel soumis aux températures basses se produisant dans les zones non aérées et non conditionnées, ***l'Essai CL4 - basse température constante*** - du ***Chapitre 3-04*** de la norme ***DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4*** peut être mis en oeuvre. En l'absence de données spécifiquement mesurées, la température de -10°C peut être appliquée pendant une durée minimale de 16 heures après stabilisation à la température d'essai.

3.2.3.6 Méthodes d'essai d'humidité

3.2.3.6.1 Sur le pont ou au dessus du pont

Pour déterminer les effets de la chaleur humide induite rencontrée dans les abris ou sous les couvertures provisoires sur les plate-formes ouvertes ou les superstructures des navires de surface, ***l'Essai CL6 - Test cyclique de haute température, humidité et rayonnement solaire*** - du ***chapitre 3-06*** de la norme ***DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4*** peut être mis en oeuvre.

La Procédure d'essais A est prévue pour le cas où une bonne représentativité des conditions réelles est recherchée, en se basant sur les données spécifiquement mesurées ou sur le cycle climatique approprié du ***Chapitre 1-02*** de la norme ***DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4*** c.-à-d. la ***Catégorie M2*** pour des conditions sur les mers ouvertes ou la ***Catégorie B3*** pour les conditions des régions côtières ou à l'intérieurs des ports.

Lorsque le moyen d'essais le permet, les sévérités représentant des conditions météorologiques comprenant le rayonnement solaire peut être appliqué à un conditionnement ou à un équipement complet comprenant son support.

Sinon, l'équipement peut être soumis au cycle journalier de température-humidité dérivé de données mesurées à l'intérieur du conditionnement, pendant l'exposition aux conditions prévues.

La Procédure d'essais C est prévue pour le cas où une bonne représentativité des conditions réelles n'est pas recherchée, en soumettant le spécimen aux cycles de chaleur humide de 24 heures, pour représenter les conditions des cas les plus sévères, dans les zones chaudes et humides des régions tropicales.

Un minimum de 21 cycles de chaleur-humide est recommandé pour représenter une campagne dans les régions tropicales chaudes et humides.

3.2.3.6.2 Compartiments conditionnés

Pour déterminer les performances du matériel en chaleur humide ***l'Essai CL7 – Haute température constante, humidité élevée*** - du ***Chapitre 3-07*** de la norme ***DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4*** peut être mis en oeuvre.

De préférence, les conditions d'essai doivent être déterminées à partir de données mesurées. En l'absence de données spécifiquement mesurées, une température de $40 \pm 2^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $70 \pm 5\%$ peut être mise en œuvre. Une durée d'essai de *10 jours* est recommandée pour représenter une durée de déploiement sur les mers ouvertes dans les secteurs tropicaux.

3.2.3.6.3 Dans les compartiments à air conditionné des salles de machine et de service

Pour déterminer les performances du matériel soumis à la chaleur humide rencontrée dans les compartiments ventilés des salles de machines et des aires de service *l'Essai CL7 - Haute température constante, humidité élevée* - du **Chapitre 3-07** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être employé.

De préférence, les conditions d'essai doivent être déterminées à partir de données mesurées. En l'absence des données spécifiquement mesurées, une température de $55 \pm 2^\circ\text{C}$ avec une humidité relative de $85 \pm 5\%$ pour le matériel en essai installé en compartiments aérés, et avec une humidité relative de $93 \pm 5\%$ pour le matériel en essai installée dans les chambres de machines et les aires de service telles que des blanchisseries et les offices. Une durée d'essai de *10 jours* est recommandée pour représenter une durée de déploiement sur les mers ouvertes dans les secteurs tropicaux.

3.2.3.6.4 Compartiments partiellement conditionnés et Non-Conditionnés

Pour déterminer les performances du matériel exposé aux conditions en compartiments non conditionnés ou non aérés, *l'Essai CL7 - Haute température constante, humidité élevée* - du **Chapitre 3-07** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être mise en œuvre.. Les conditions d'essai doivent être déterminées à partir des données mesurées. En l'absence de données mesurées, une sévérité d'essai de $55 \pm 2^\circ\text{C}$ avec une humidité relative de $85 \pm 5\%$ appliqué pendant une durée minimale de *10 jours* est recommandée.

3.2.3.7 Méthodes d'essais de surpression d'air

3.2.3.7.1 Sur et au-dessus du pont

Normalement, la pression atmosphérique supportée par le matériel sur ou au-dessus des plate-formes ouvertes sera celle des conditions météorologiques locales. Le matériel déployé sur ou au-dessus du pont principal et dans les secteurs de stockage doit survivre, ou continuer à fonctionner après avoir subi les ondes de choc des tirs, aux jets des propulseurs des armes lancées à partir de bâtiments navals, aux bang soniques etc.

Les caractéristiques de l'environnement dynamique induit par la pression du vent modulé par les tirs et les jets des propulseurs est traité dans le **Chapitre 9-01** des caractéristiques mécaniques de l'environnement de la norme **DEF STAN 00-35 Part 5 Issue 4**.

Les bangs soniques au niveau du sol sont traités dans le **Chapitre 7-01** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4**.

La susceptibilité du matériel installé ou porté sera déterminée par la résistance et la ductilité des fixations et des dispositifs protecteurs. Les systèmes transparents, optroniques et microphoniques seront particulièrement vulnérables.

3.2.3.7.2 Compartiments conditionnés

Pour déterminer l'effet de la surpression et des taux de pressurisation et de dépressurisation sur le matériel installé, *l'Essai CL15* du **Chapitre 3-15 - pression atmosphérique (au-dessus de la atmosphérique standard)** - de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être mis en œuvre. En l'absence de valeur de surpression connue, la valeur indiquée à ce **Chapitre 3-15** peut être appliquée.

3.2.3.8 Glace

Pour déterminer les effets de la glace sur le matériel, *l'Essai CL10 – glace* - du **Chapitre 3-10** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4, Procédure d'essais A** peut être employé. En l'absence d'information spécifique, les épaisseurs de glace et les taux d'augmentation spécifiques d'épaisseur de glace définis au **Chapitre 3-10** précédent doivent être appliqués.

3.2.3.9 Immersion, précipitation et brouillard

Le matériel installé dans les ateliers ou dans d'autres secteurs de réparation et de maintenance des véhicules et des machines peut être sujet à des éclaboussures occasionnelles ou à de la pulvérisation par différents types de fluide tels que des carburants, les lubrifiants et les liquides de dégivrage. L'attaque chimique résultant de ce type de contamination est traitée dans le **Paragraphe 6.4** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 9-01**.

Pour déterminer la capacité du matériel à résister à l'entrée de l'eau lorsqu'il est soumis à un égouttage provenant d'éléments situés au-dessus, **l'Essai CL28 - Etanchéité à l'eau (Dripproofness)** - du **Chapitre 3-28** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être mis en œuvre.

Le taux spécifique de précipitation de 280 litres/m²/h pendant une période de 15 minutes peut être appliquée aux surfaces concernées.

Pour déterminer la capacité du matériel à survivre ou à fonctionner après une immersion de longue durée en eau de mer, **l'Essai CN5 - essai de corrosion** - du **Chapitre 4-05** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** pour le matériel immergé dans l'eau de mer peut être employé. Les conditions opérationnelles ou ambiantes doivent préciser la durée et le modèle de l'immersion.

Pour déterminer la capacité du matériel à résister à l'entrée de l'eau une fois soumis à l'immersion partielle, **l'Essai CL29 - immersion** - du **Chapitre 3-29** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être mis en œuvre.

La Procédure d'essais A s'applique au matériel non emballé et **la Procédure B** au cas de l'équipement emballé.

Des variantes de la procédure seront fonction de la forme et le poids du matériel en essai.

Les méthodes à mettre en œuvre pour déterminer l'imperméabilité du matériel exposé à des projections directes d'eau ou à des embruns appliqués aux surfaces enveloppantes sont donnés dans la **Référence 10** de **l'Annexe A** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 9-01 (BS 2011 part 2.IR (CEI 60068 -2-18) essai R Eau et Guide)**.

3.2.3.10 Méthodes d'essais chimique et biologique

Le matériel installé sur les navires de surface peut être exposé aux environnements biologiques et/ou chimiques induits tels que :

- les atmosphères salines et acides,
- un débordement,
- une pénétration accidentelle de fluides,

aggravant souvent les effets à l'exposition normale.

Le niveau de l'attaque chimique et biologique dépendra :

- de la proximité de la source,
- de la présence de couverture protectrice,
- de la capacité des surfaces à capter et à fixer des dépôts
- de la durée de l'exposition.

La réaction à la contamination dépendra des matériaux mis en œuvre dans la fabrication du matériel et des conditions climatiques après contamination.

Les méthodes d'essai données dans la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** pour simuler les environnements chimiques et biologiques peuvent être considérées comme des essais à caractère technologiques. Essais dans lesquels des conditions optimales sont créées pour favoriser l'attaque par des ensembles standards de solutions chimiques et de moisissures. Cependant les durées conseillées du traitement peuvent être modifiées pour permettre un certain degré de personnalisation en fonction d'applications particulières.

Dans beaucoup de cas les essais de cette norme fournissent une indication comparativement rapide et efficace de la capacité du matériel à survivre et à continuer de fonctionner après une attaque chimique et biologique. Ceci avec l'avantage d'une mise en œuvre dans des conditions contrôlées.

On peut faire référence aux chapitres appropriés cette norme pour des conseils sur l'utilisation des méthodes d'essai et des sévérités d'essai.

Les méthodes d'essai pour simuler les environnements chimiques et biologiques donnés dans cette norme sont des essais accélérés, en particulier ceux pour des environnements d'attaque chimique. Aussi ils peuvent servir de guide utile pour évaluer la résistance du matériel aux conditions réelles.

S'il est prévu que le matériel soit déployés pour une proportion significative de sa durée de vie sur des bâtiments navals à un endroit pouvant induire des attaques chimique ou biologique, il est important qu'il soit essayé à haut niveau d'assemblage, puis sur le porteur dans des conditions représentatives, bien qu'une durée d'essai suffisante ne puisse pas toujours être possible.

Les coûts et les conditions pour l'essai peuvent être allégés si des résultats d'essais sont disponibles sur des matériels de conception semblable, de matériaux et d'états de surface comparables.

Dans certains cas l'essai peut être limité à des niveaux d'assemblage partiels, aux composants, ou à des échantillons de matériaux de finition de surface donnée en accord avec le spécificateur d'essai.

3.2.3.11 Solutions et atmosphère saline

Pour déterminer les effets sur le matériel à l'exposition aux atmosphères et solutions d'eau de mer, ***l'Essai CN2 - Atmosphères (corrosives) de sel*** - du ***Chapitre 4-02*** de la norme ***DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4*** peut être mis en œuvre.

L'essai de brouillard salin peut être utilisé pour déterminer l'effet sur le fonctionnement du matériel pendant, et à la suite, de l'exposition à une atmosphère de brouillard salin

L'essai de corrosion au sel peut être employé pour déterminer la résistance à la corrosion du matériel exposé au brouillard salin et inclut des périodes de stockage simulé en chaleur humides. Des durées d'essai et un nombre de cycles d'essai peuvent être choisis pour permettre un certain niveau de personnalisation, en fonction de l'importance des expositions susceptibles de se produire, comme défini en ***Chapitre 4-02*** de la norme ci dessus.

3.2.3.12 Atmosphères acides

Pour déterminer les effets sur le matériel de l'exposition aux atmosphères acides ***l'Essai CN3 - corrosion acide*** - du ***Chapitre 4-03*** de la norme ***DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4*** peut être mis en œuvre.

La Sévérité A (durée 28 jours) est prévue pour un matériel en essai qui est situé près des échappements des moteurs à combustion interne pendant une période significative de sa durée de vie.

La Sévérité B (durée 3 jours) est prévue pour un matériel exposé occasionnellement aux échappements de véhicule et à la brume acide.

3.2.3.13 Contamination par les fluides

Pour déterminer la résistance du matériel à la contamination par les fluides, ***l'Essai CN4 - Contamination par les fluides*** - du ***Chapitre 4-04*** de la norme ***DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4*** peut être utilisé.

Les fluides et produits de contamination éventuellement rencontrés en service peuvent être choisis parmi la liste donnée en ***Chapitre 4-04*** de cette norme. Les contaminants énumérés sont identifiés comme étant les exemples des cas de contamination les plus sévères en termes d'effets potentiellement préjudiciables.

Si un type particulier de fluide n'est pas énuméré au ***Chapitre 4-04***, des échantillons du fluide réel doivent être employés pour l'essai. La température de chaque fluide d'essai appliquée doit correspondre à celle de la contamination en service ; sinon la température spécifique prévue dans la norme forfaitaire devra être mis en œuvre.

Les matériels en essai sont stockés pendant 96 heures à la température de contamination.

3.2.3.14 Moisissures

Pour déterminer la capacité du matériel à supporter la croissance des moisissures et de résister à leur attaque, ***l'essai CNI - croissance fongique*** - du ***Chapitre 4-01*** de la norme ***DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4*** peut être

mis en œuvre. L'information fiable sur la résistance du matériel est aisément obtenue à partir des essais sur les matériaux, sur les composants et sur des montages partiels témoin.

Les durées des périodes d'incubation dépendent du but de l'essai comme suit :

Procédure d'essais A

- exposition de *28 jours* pour un matériel protégé en service contre la contamination par les substances qui nourrissent les moisissures.
- exposition de *84 jours* pour un matériel où les effets fonctionnels doivent également être évalués.

Procédure d'essais B

- exposition de *28 jours* si on prévoit, qu'en service, le matériel en essai sera souillé avec des substances nutritives qui favorisent la croissance fongique, comme la poussière organique, les composés volatils condensés, la graisse etc.

Deux spécimens d'essai (ou ensembles de spécimens) sont recommandés lorsque les essais sont effectués pour déterminer les effets sur les performances et la contamination opérationnelles par des substances nutritives. Dans ce cas le deuxième spécimen est soumis à un stockage chaud et humide sans inoculation afin d'accentuer tous les effets résultant de l'exposition à la chaleur humide seule.

3.2.3.15 Personnalisation des sévérités d'essais

La personnalisation des sévérités d'essais est la méthode recommandée dans le cas des essais de température. Particulièrement lorsque le spécimen est un équipement qui est localisé dans une zone où les contraintes sont déterminées par la chaleur et l'humidité dégagés par les équipements opérationnels et pour lesquels les cycles induits ne sont pas appropriés.

Idéalement les données utilisées pour établir les sévérités d'essais doivent être mesurées à l'endroit où l'équipement est installé sur le bâtiment. Ceci dans les conditions les plus sévères susceptibles d'être rencontrées lors de son cycle de vie.

Généralement, les méthodes d'essai utilisant les cycles journaliers s'appliqueront aux matériels situés dans des zones fermées ou sur le pont du bateau. Dans la plupart des cas les conditions climatiques des matériels situés en compartiments peuvent être simulées suivant des procédures d'essais appliquant des paliers de températures constantes.

Les essais de tenue à froid effectués sur les équipements situés dans toutes les zones du bateau, seront normalement réalisés en faisant des essais à paliers de température constante. Parfois, en particulier, lorsque l'équipement est important en termes de masse et que la constante thermique est comparable ou plus importante que la durée du cycle journalier, un essai cyclique peut être préféré pour s'assurer que les joints et les composants sont sollicités de manière représentative.

Les sévérités utilisées pour simuler une pression atmosphérique supérieure aux conditions ambiantes standard ainsi que la pression hydrostatique doivent être déduites des documents relatifs aux exigences opérationnelles et environnementales ou obtenues du responsable de la plateforme. La meilleure manière de simuler les effets de pressions générés par une explosion, tir et lancement d'arme est réalisée au mieux en soumettant le matériel à l'environnement réel.

Pour d'autres conditions environnementales telles que la glace et autres formes de précipitations, toute tentative de personnalisation de l'environnement serait inadaptée car beaucoup trop onéreuse. Dans ce cas, il est recommandé d'utiliser des sévérités forfaitaires.

Simulation des environnements de la chaleur sèche et de basse température sur et au-dessus des ponts principaux :

La norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** donne les méthodes d'essai qui peuvent être employées pour déterminer les effets de la chaleur sèche et des basses températures. Notamment sur le matériel en essai installé au-dessus des plateformes ouvertes sur les navires de surface.

Le choix de la procédure d'essais pour la température dépendra de l'exigence de simuler soit :

- des variations journalières comprenant les effets indirects du rayonnement solaire,
- ou juste le maximum ou le minimum des températures éprouvées.

Les caractéristiques du spécimen d'essai et les expériences précédentes de réponses semblables de matériaux soumis aux conditions réelles d'emploi ; tels que, par exemple, les effets de la chaleur sur les explosifs et les propulseurs, peuvent également déterminer le type d'essai à appliquer.

Un examen consciencieux de la configuration du spécimen d'essai par rapport à la méthode d'essai est prescrit.

3.2.4 Déploiement dans les sous-marins

3.2.4.1 Essais de température et humidité

Les essais de chaleur sèche et les essais de chaleur humide doivent être effectués sur le matériel installé dans des compartiments en air conditionné ou des compartiments et des salles de machines ventilés en air frais. En particulier, des essais de chaleur humide doivent être effectués sur le matériel installé dans des zones de service telles que des blanchisseries, les offices, et les compartiments non conditionnés ou non aérés.

L'Essai CL1 - température constante, faible humidité - du **Chapitre 3-01** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être mis en œuvre pour déterminer les effets des atmosphères de chaleur sèche sur les matériels installés dans les compartiments du sous-marin comme suit :

- Pour les matériels installés en compartiments ventilés en air conditionné avec une température d'essai de $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Pour les matériels installés en compartiments ou en salles de machines ventilés en frais-air avec une température d'essai de $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Les conditions d'essai doivent être appliquées pendant une période minimale de *16 heures* après stabilisation du matériel en essai à la température d'essai.

L'essai CL7 - Température constante, humidité élevée - du **Chapitre 3-07** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être mis en œuvre pour déterminer les effets des atmosphères de chaleur humide sur le matériel installé dans le sous-marin.

Pour le matériel installé en compartiments ventilés en air conditionné la température d'essai sera de $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ avec une hygrométrie de $70 \pm 5\%$.

- Pour les matériels installés en compartiment ventilé en air frais ou en compartiments non conditionnés ou en compartiments non aérés la température d'essai sera de $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$ avec une humidité relative de $85 \pm 5\%$.
- Pour le matériel installé dans des chambres de machines et des aires de service telles que des blanchisseries et les offices la température d'essai sera de $55 \pm 2^{\circ}\text{C}$ avec une hygrométrie de $93 \pm 5\%$.

Une durée d'essai de *10 jours* est recommandée.

Des essais de basse température doivent être effectués sur le matériel installé dans des compartiments non conditionnés ou non aérés, ou partout où le matériel est située dans ou autour des secteurs frigorifique.

L'Essai CL4 - Basse température constante - du **Chapitre 3-04** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être mis en œuvre pour déterminer les effets de la basse température sur la matériel installé en compartiments non conditionnés ou non aérés, ou partout où le matériel est susceptible d'être installé dans ou autour des secteurs frigorifiés.

En l'absence d'information spécifique une température d'essai du $-10 \pm 2^{\circ}\text{C}$ sera appliquée pendant une période minimum de *16 heures* après stabilisation du matériel en essai à la température d'essai.

Essais en température pour les matériels installés sur les surfaces externes en plongée.

Pour déterminer les effets de la température haute et basse en plongée, ***L'Essai CL29 - Immersion*** - du **Chapitre 3-29** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être mis en œuvre.

La température de l'eau pendant l'essai peut être spécifié en conséquence. Une durée de *16 heures* d'exposition après stabilisation du matériel d'essai à la température d'essai est recommandée.

3.2.4.2 Essais de précipitation, embruns et immersion

Pour déterminer la capacité du matériel à résister à la pénétration d'eau lorsqu'il est soumis à un égouttage provenant d'éléments situés au-dessus, *l'Essai CL28 - Etanchéité à l'eau (Dripproofness)* - du *Chapitre 3-28* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* peut être employé.

Le taux spécifique de précipitation de $280 \text{ litres/m}^2/\text{h}$ pendant une période de *15 minutes* peut être appliquée aux surfaces concernées.

Pour déterminer la capacité du matériel à survivre ou fonctionner à l'immersion à long terme en eau de mer, *l'Essai CN5 - essai de corrosion* - du *Chapitre 4-05* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* pour le matériel immergé dans l'eau de mer peut être employé. Les conditions opérationnelles ou ambiantes doivent préciser la période et le modèle de l'immersion.

Pour déterminer la capacité du matériel à résister à l'entrée d'eau une fois soumis à l'immersion partielle, *l'Essai CL29 - immersion* - du *Chapitre 3-29* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* peut être employé.

La Procédure d'essais A s'applique au cas de matériel non emballé et la *Procédure B* pour le cas de matériel emballé.

Des variantes des procédures peuvent intervenir en fonction de la forme et du poids du matériel en essai.

Les méthodes à mettre en œuvre pour déterminer l'imperméabilité du matériel exposé en direct à de l'eau pulvérisée sur les surfaces extérieures sont donnés dans la *Référence 7 Annexe A* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 6 Issue 4 Chapter 9-02 (BS2011 Part 2.1R (IEC 60068-2-18) Test R Water and Guidance)*

3.2.4.3 Essais aux agents chimiques et biologiques

Les méthodes d'essai pour simuler les environnements chimiques et biologiques peuvent être considérées comme des essais technologiques dans lesquels les conditions optimales sont créées pour favoriser l'attaque par les solutions chimiques standard et par les moisissures.

Cependant les durées préférentielles de traitement peuvent varier pour permettre un certain degré de personnalisation en fonction de l'application particulière.

Dans beaucoup de cas les essais de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* fournissent une indication comparativement rapide et efficace de la capacité du matériel à survivre et fonctionner. Notamment une fois déployé et soumis à l'attaque chimique et biologique. De plus on a l'avantage d'une mise en œuvre dans des conditions contrôlées.

On peut se référer aux chapitres appropriés de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* pour des conseils sur l'utilisation des méthodes d'essai et des sévérités d'essai. Les méthodes d'essai pour simuler les environnements chimiques et biologiques donnés dans cette norme sont des essais accélérés, en particulier ceux mettant en œuvre l'attaque chimique ; elles se sont avérées utiles pour fournir un guide de la résistance du matériel.

Les coûts et les conditions d'essai peuvent être allégés lorsque les résultats de l'essai précédent sur un équipement de construction similaire, de matériaux et de finitions de surface semblables n'ont pas révélé de détérioration.

Dans certains cas l'essai peut être limité à des constituants partiels, ou à des échantillons de matériaux et de finition de surface en accord avec le spécificateur d'essai.

3.2.4.4 Atmosphères et solutions salines

Pour déterminer sur le matériel les effets de l'exposition saline dus aux atmosphères et solutions d'eau de mer les *Essais CN2 - atmosphères (corrosives) de sel* - du *Chapitre 4-02* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4* doivent être mis en œuvre.

L'essai au brouillard salin peut être employé pour déterminer l'effet sur le fonctionnement du matériel pendant, et à la suite, de l'exposition à une atmosphère saline.

L'essai de corrosion au sel peut être employé pour déterminer la résistance à la corrosion du matériel exposé au brouillard salin et inclut des périodes de stockage simulé de la chaleur humide. Des durées d'essai et le nombre de cycles d'essai peuvent être choisis pour permettre un certain niveau de personnalisation en fonction la quantité d'exposition susceptible de se produire, comme défini en *Chapitre 4-02* de cette norme.

3.2.4.5 Atmosphère acide

Pour déterminer les effets des atmosphères acides sur le matériel *l'Essai CN3 - les atmosphères acides* - du **Chapitre 4-03** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** doivent être mises en œuvre. *La sévérité A (durée de 28 jours)* est recommandée pour représenter l'exposition à long terme.

3.2.4.6 Contamination par les fluides

Pour déterminer la résistance du matériel à la contamination aux fluides, *l'Essai CN4 - contamination par les fluides* - du **Chapitre 4-04** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être mise en œuvre. Les Fluides et composés représentant les produits susceptibles d'être rencontrés en service peuvent être choisis parmi la liste donnée au **Chapitre 4-04** de cette norme. Les contaminants énumérés sont identifiés en tant qu'exemple des cas les plus sévères en termes d'effets potentiellement préjudiciables sur les matériaux avec lesquels ils ne sont pas prévus pour être en contact.

Si un fluide particulier n'est pas énuméré au **Chapitre 4-04**, un échantillon du fluide réel peut être employé pour l'essai.

La température de chaque fluide d'essai appliqué doit être la température réelle à laquelle la contamination se produit en service sinon la température spécifiée au **Chapitre 4-04** peut être appliquée.

Les matériels en essai sont stockés pendant *96 heures* à une température semblable à celle où se produit la contamination sinon, à la température spécifique au **chapitre 4-04**.

3.2.4.7 Moisissures

Pour déterminer la capacité du matériel à supporter la croissance des moisissures et/ou résister à l'attaque aux moisissures, *l'Essai CNI - croissance fongique* - du **Chapitre 4-01** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être mis en œuvre. L'information fiable sur la résistance du matériel est aisément obtenue à partir d'essais sur des matériaux, des composants et/ou des sous ensemble.

Les durées des périodes d'incubation dépendent du but de l'essai comme suit :

Procédure d'essais A

- exposition de 28 jours du matériel en essai : cas du matériel en service, protégé contre la contamination par les substances qui sont des aliments pour les moisissures.
- exposition de 84 jours du matériel en essai, lorsque les effets sur les performances fonctionnelles
- sont également à évaluer.

Procédure d'essais B

- exposition de 28 jours où on le prévoit que, en service, le matériel en essai est souillé avec des substances nutritives qui supportent la croissance fongique, comme la poussière organique, composés volatils condensés, graisse etc.

Deux spécimens d'essai (ou ensembles de spécimens) sont recommandés dans le cas où les essais sont effectués pour déterminer les effets sur les performances fonctionnelles et sur la contamination par des substances nutritives pour les moisissures.

Dans ces cas le deuxième spécimen est soumis au stockage chaud et humide sans inoculation, afin d'accentuer tous les effets résultant de l'exposition à la chaleur humide seule.

Cependant, il peut être pertinent, dans certains cas, de ne pas suivre cette recommandation d'un stockage en chaleur humide pour en voir les effets séparément. Un avis peut être demandé aux agences spécialisées dans les essais de croissance fongique.

3.2.5 Déploiement sur les aéronefs

3.2.5.1 Généralités

L'AECTP 300 donne les procédures d'essais à utiliser pour simuler les environnements climatiques rencontrés par les matériels installés sur les avions. Le choix de la méthode d'essai pour les contraintes de température et d'humidité dépendra de l'exigence ou non de simuler :

- soit des variations journalières incluant les effets thermiques du rayonnement solaire,
- soit des conditions stabilisées.

De préférence, il convient de définir les sévérités d'essai à partir de mesures faites au point représentatif dans les conditions d'utilisation les plus sévères. Une alternative consiste à déduire la sévérité en utilisant celle spécifiée pour une application semblable.

3.2.5.2 Sévérités d'essai

Si des mesures spécifiques ne sont pas disponibles, les sévérités d'essais données dans *l'AECTP 300* doivent être utilisées

Des valeurs de température et d'humidité sont données dans le *Fascicule 2311* de la norme *AECTP-230 (Edition 1)* pour les conditions atmosphériques (conditions externes); et dans le *Fascicule 2310/1* de cette même norme pour les conditions induites en transit et stockage.

En l'absence des données spécifiquement mesurées, on peut s'assurer que les valeurs pour ce dernier couvrent les conditions induites des cas les plus sévères éprouvées par le matériel déployée sur des avions quand ils sont immobilisés sur des terrains d'aviation ou sur des porteurs navals. Dans le cas de matériel situé dans le cockpit ou derrière un panneau transparent, une température maximale d'au moins 85°C doit être prise en compte..

Dans le *Fascicule 2310/1*, les valeurs de température et d'humidité citées sont celles qui sont susceptibles d'être atteintes ou dépassées dans les endroits les plus chauds/froids dans la catégorie climatique pour *1% du mois le plus chaud/froid* de l'année (à l'exclusion des *zones C3* et *C4* où cela représente *20%* du mois le plus froid).

3.2.5.3 Personnalisation des sévérités d'essais

3.2.5.3.1 Température et humidité

Les sévérités d'essais, utilisées pour simuler les conditions de hautes températures pendant les transports par avion, doivent être dérivées de l'une des deux méthodes suivantes données dans l'ordre décroissant de préférence :

- De mesures spécifiques réalisées pendant les essais en vol. Les mesures doivent être faites à l'emplacement approprié sur le porteur prévu. Les autres facteurs influençant les sévérités de la température, tels que les sources de chaleur dissipées et les sources d'air conditionné, doivent être représentés correctement.
Le programme d'essai en vol doit prévoir les profils de vol ou les profils de mission susceptibles de reproduire les plus sévères conditions rencontrées lors d'une mission opérationnelle. Telle, par exemple, une mission générant un échauffement aérodynamique maximal.
- De données provenant d'une application semblable, mais ajustées pour prendre en compte les spécificités concernant les facteurs mentionnés ci-dessus.

Les sévérités d'essai simulant des basses températures pendant le transport par avion peuvent être dérivées des *1%* d'occurrences des plus basses températures de l'air ambiant en altitude. En l'absence de données mesurées, une température de - 20°C peut être retenue pour couvrir les cas les plus sévères rencontrés en compartiments conditionnés.

Pour les matériels fixés à l'extérieur des avions, les variations rapides de températures pendant les phases de montée et de descente peuvent être déterminées sur la base des vitesses de montée et de descente de l'avion et des températures respectives en altitude et au niveau du sol dans la zone géographique concernée.

Les conditions les plus sévères d'humidités vues en vol sont rencontrées lors de la phase de descente de l'avion jusqu'au sol et plus particulièrement dans les zones tropicales chaudes et humides. Les niveaux d'humidité relative seront proches de la saturation particulièrement pour les matériels situés dans les zones de l'avion non-conditionnées. Des conditions semblables peuvent se produire à l'intérieur d'un équipement à cause des effets de variation pression.

3.2.5.3.2 Échauffement aérodynamique et choc thermique

Quand les effets de la chaleur dissipée ne peuvent pas être prédits d'une manière satisfaisante par calcul ou par modélisation, effectuer un essai pour simuler les effets de l'échauffement aérodynamique généré lors d'un transport aérien peut être approprié. Une alternative, peut être encore plus adaptée, est de réaliser des essais de variations thermiques rapides pour en tester les effets induits sur les structures.

3.2.5.3.3 Pression atmosphérique

Les sévérités d'essai en basse pression peuvent être déterminées à partir :

- des documents relatifs aux exigences opérationnelles et environnementales,
- des performances connues des avions comme par exemple :
 - o les altitudes opérationnelles,
 - o les vitesses de montée et de descente
- de la connaissance des données de pression à l'endroit où est situé le matériel dans l'avion.

Pour réaliser des essais de pression sur des matériels installés dans des compartiments pressurisés, les sévérités d'essais de surpression (au-dessus du niveau de pression ambiante) doivent être données par l'avionneur. La meilleure manière de simuler les effets de pressions générés par une explosion, tir et lancement d'arme est réalisée au mieux en soumettant le matériel à l'environnement réel.

3.2.5.3.4 La poussière et sable, glaçage, érosion et mouillage induit

Pour d'autres conditions environnementales, par exemple, le sable et poussière, la glace etc. toute tentative pour personnaliser les sévérités d'essai en ayant recours à des mesures spécifiques est susceptible d'être peu bénéfique car très onéreuse.

Aussi, des sévérités forfaitaires doivent être prises en compte.

Pour simuler les effets du sable et de la poussière, la méthode « *Poussière Turbulente* » est la plus appropriée.

La simulation par poussière et vent de sable peut être employée quand la méthode précédente ne montre pas nettement la pénétration et l'érosion dues aux particules.

Les essais pour l'érosion liée à des impacts grande vitesse se font généralement sur échantillon de matériel.

3.2.6 Sélection des essais proposée par l'AECTP 100

Cette liste est un guide et n'est pas exhaustive.

Phase du LCEP	Agent d'environnement critique	Précision sur l'environnement	Méthode d'essai typique
Transport ¹ tactique (conteneur tactique /non emballé)	Température (chaleur sèche ou chaleur humide)	Prendre les températures de stockage et de transport pour la zone climatique considérée	302
	Basse température	Prendre les températures de stockage et de transport pour la zone climatique considérée	303, 317
	Efforts thermomécaniques provoqués par les chocs thermiques ou par le cyclage diurne thermique	Transfert à partir de la température ambiante interne d'un véhicule à la température ambiante d'un local.	304
	Solaire	Chauffage et effets actiniques	305
	glace	Accumulation de glace et gel-dégel	311 ; 315
	eau (naturelle et induite)	Pluie, immersion etc.	307 ; 310
	Pression	Pression constante et décompression rapide	312
	Sable et poussière	Dépend des conditions locales et des véhicules	313
	Produit chimique	Contaminants, acide et sel	309 ; 314 ; 319
	Biologique	moisissures	-
	Choc (impulsion et/ou chute)	manipulation, déplacement par grue et chariot élévateur, pris vers le haut – déposé par le bas , transport (charge arrimée, route dégradée, secousses véhicule, manœuvre en transport ferroviaire, etc.), explosion sous-marine (environnement limite)	403 ; 406 ; 414, 416 ; 417
	Vibration	Air (aéronef à voilure fixe - propulseur ou jet, et à voilure tournante), mer, rail, route, véhicules locaux spécialisés (Chariot, etc.)	401
	Acoustique	Bruit des moteurs, souffles des armes collatérales et conditions de vol	402 ; 413
Autres environnements	Environnement induit par un autre équipement		

¹ La terminologie française distingue le transport tactique de l'emport tactique , par le fait qu'en emport le matériel est en situation d'assurer sa mission (par exemple : le missile est prêt pour le tir)

Phase du LCEP	Agent d'environnement critique	Précision sur l'environnement	Méthode d'essai typique
Déploiement opérationnel (hors conteneur ou emballage tactique)	Température (chaleur sèche ou chaleur humide)	Prendre les températures de stockage et de transport pour la zone climatique considérée	302
	Basse température	Prendre les températures de stockage et de transport pour la zone climatique considérée	303, 317
	Efforts thermomécaniques provoqués par les chocs thermiques ou par le cyclage diurne thermique	Transfert à partir de la température ambiante de stockage vers une température induite, par exemple à partir d'un stockage au chaud vers le froid de la haute altitude de ta de stockage à chaud (froide) ou de l'entreposage au froid vers un vol à grande vitesse et basse altitude (chauffage cinétique).	304
	Solaire	Chauffage et effets actiniques	305
	Glace	Accrétion de glace et gel-dégel	311 ; 315
	eau (naturelle et induite)	Pluie, immersion etc.	307 ; 310
	Pression	Pression constante et décompression rapide	312
	Sable et poussière	Dépend des conditions locales et des véhicules	313
	Érosion	Substance particulaire et glace	
	Chauffage cinétique	Vol ou emport à grande vitesse	-
	Produit chimique	Contaminants, acide et sel	309 ; 314 ; 319
	Biologique	moisissures	-
	Choc (impulsion et/ou chute)	manipulation, déplacement par véhicule pour opérations (charge arrimée, chocs), effet collatéral du lancement d'une arme, explosion sous-marine (environnement normal)	403 ; 405 ; 406 ; 414 ; 415 ; 416 ; 417 ; 419
	Vibration	Air (aéronef à voilure fixe - propulseur ou jet , et à voilure tournante), mer, rail, route, véhicules locaux spécialisés (Chariot, etc.)	401
Acoustique	Bruit de moteurs et souffle	402, 413	
Autres environnements	Environnement induit par un autre équipement		

Phase du LCEP	Agent d'environnement critique	Précision sur l'environnement	Méthode d'essai typique
En utilisation (non emballé)	Efforts thermomécaniques provoqués par les chocs thermiques ou par le cyclage diurne thermique	Transfert à partir de la température ambiante interne élevée d'un véhicule à la température froide extérieure, par ex. de la température ambiante d'un véhicule à la température de l'eau de mer, ou de la température d'une soute à l'air froid extérieur	304
	eau (naturelle et induite)	immersion	307
	Pression	Pression constante et décompression rapide	312
	Érosion	Substance particulaire et glace	-
	Chauffage cinétique	Missiles rapides	-
	Choc (impulsion et/ou chute)	Chocs produits lors de l'emploi incluant chocs de lancement (environnement normal)	403, 417
	Vibration	Vibration de vol	401
	Accélération quasi statique	Accélération prolongée pendant le lancement ou le vol	404
	Acoustique	Bruit des moteurs , souffles des armes collatérales et conditions de vol	402, 413
	Autres environnements	Environnement induit par un autre équipement	
Mis à disposition (Emballé ou non emballé)	Température (chaleur sèche ou chaleur humide)	Stockage assez longtemps et normalement au moins 2 ans	Reste à évaluer
	Choc (impulsion et/ou chute)	Manipulation, choc accidentel de manipulation, chariot vers le stockage à l'emplacement de mise à disposition	Reste à évaluer
	Vibration	Transport à l'emplacement de stockage et de disposai (sûr pour le disposai).	Reste à évaluer
	Autres environnements	Pas normalement approprié parce que normalement bénin comparé à l'environnement de déploiement	Reste à évaluer

3.3 Systèmes spécifiques

3.3.1 Equipements portables ou portatifs

3.3.1.1 Généralités

L'AECTP 300 donne les procédures d'essais qui peuvent être utilisées pour simuler les environnements climatiques induits que peuvent rencontrer les matériels portatifs.

Le choix de la méthode d'essai pour les contraintes de température et d'humidité dépendra de l'exigence ou non de simuler, soit des variations journalières incluant les effets thermiques du rayonnement solaire, soit des conditions stabilisées.

Le choix de la procédure d'essais peut être influencé par les caractéristiques du matériel et le retour d'expérience sur la réponse, en exploitation, de matériels similaires. On citera, par exemple, les effets du cyclage thermique sur les explosifs et combustibles.

L'examen attentif de la configuration de l'objet en essai, à l'intérieur de son enveloppe le cas échéant, est nécessaire lorsqu'on veut simuler les effets de l'échauffement solaire.

Les procédures d'essais en conditions stabilisées s'appliquent en particulier aux matériels destinés à des zones particulières. Notamment celles où la température et l'humidité sont dues à la chaleur dissipée par les alimentations en énergie et les équipements en fonctionnement.

De préférence, il convient de définir les sévérités d'essai à partir de mesures faites au point représentatif dans les conditions les plus sévères d'emploi. Une alternative consiste à déduire la sévérité en utilisant celle spécifiée pour une application semblable.

3.3.1.2 Sévérité des essais

3.3.1.2.1 Température et humidité

Les sévérités d'essai utilisées pour simuler des conditions induites de température et d'humidité sont définies sur la base des informations données dans les documents relatifs aux exigences opérationnelles et environnementales.

Il importe que ces informations incluent les secteurs géographiques sur lesquels le matériel est susceptible d'être déployé, et les exigences logistiques détaillées pour les matériels portatifs.

De préférence, les sévérités d'essai sont déduites de données spécifiquement mesurées qui prennent en compte l'influence de tout contenant, en état ou non, tel qu'un véhicule militaire ou un abri provisoire.

Les sévérités d'essai, déduites des données mesurées, doivent couvrir les situations les plus sévères.

En l'absence de données spécifiquement mesurées, on considère que les valeurs de température données au **Chapitre 2311** de la norme *AECTP-230 (Edition 1)* pour le passage et le stockage en climat chaud (**Catégorie A**) et froid (**Catégorie C**) représentent les conditions induites les plus sévères.

Dans le cas où le matériel pourrait être installé dans une enceinte non ventilée derrière des parois transparentes directement exposées au rayonnement solaire, il convient de supposer des températures supérieures à 85°C.

Lorsque le moyen d'essai le permet, des sévérités d'essai représentatives des conditions météorologiques, incluant le chauffage par rayonnement solaire, peuvent être appliquées à une structure simulée contenant le matériel en essai.

De préférence, la structure est posée sur un support ayant les mêmes propriétés réfléchissantes que ceux rencontrés en service.

A défaut, le matériel en essai sera soumis au cycle journalier de température déduit de mesures à l'intérieur de son milieu de confinement, ou au cycle journalier approprié décrit au **Chapitre 2311** de la norme *AECTP-230 (Edition 1)* pour le transport et le stockage en **Catégorie A** (*chaleur sèche uniquement*) ou en **Catégorie B** (*chaleur et humidité*).

Lorsqu'il est demandé de tester le matériel à des températures induites élevées alors que :

- les variations journalières sont si faibles qu'elles n'ont pas d'effet significatif sur celui-ci,
- ou qu'on estime que la réponse du matériel en essai ou de ses composants ne dépend pas du cyclage,

on peut mettre en œuvre un essai en isotherme à température élevée.

Dans beaucoup de cas, pour le matériel exposé à des températures induites faibles, il est suffisant de pratiquer un essai en isotherme à basse température.

Dans les cas où le cyclage à basse température est estimé plus approprié, il convient d'appliquer un test cyclique journalier à basse température.

Les exemples typiques concernent les matériels contenant des explosifs ou des joints ou d'autres composants qui doivent être contraints de façon représentative.

Le cycle journalier de température peut être déduit de mesures spécifiques, ou construit à partir du cycle journalier approprié de la **Catégorie C** pour le transport et le stockage, décrit au **Chapitre 2311** de la norme évoquée ci-dessus.

3.3.1.2.2 Pression atmosphérique

Pour simuler les basses pressions subies par le matériel portatif déployé au-delà des bases de stockage, on peut mettre en œuvre la procédure appropriée décrite dans la **Méthode 312** de l'**AECTP 300**.

Il convient d'ajuster les sévérités d'essai à l'application particulière et de faire référence aux documents relatifs aux exigences opérationnelles et environnementales.

3.3.1.2.3 Sable et poussière

Pour déterminer les effets de l'exposition des matériels portatifs à des atmosphères de sable et de poussières, on peut utiliser la **Méthode 313** de l'**AECTP 300**. Pour les matériels directement exposés à du sable ou des poussières artificiellement dispersés, on peut faire l'essai « *Vent de poussières et sable* ».

Dans ce cas il convient de choisir la concentration en sable et en poussière, les vitesses d'air et la durée de l'exposition selon les indications données dans la **Méthode 313**.

Personnaliser les sévérités d'essai en fonction de mesures spécifiques pour l'essai de sable et poussières est peu susceptible d'être bénéfique car très onéreuse.

L'essai par « dragage, traînage » du document **D.14 OTAN C.A. 225, panneau III**, qui simule les armes de petit calibre portées ou traînées par un soldat rampant sur le sable, peut être considéré comme approprié pour d'autres matériels portatifs.

3.3.1.2.4 Immersion, pluie et aspersion

Pour déterminer les effets de l'immersion sur les matériels, on peut mettre en œuvre la **Méthode 307** de l'**AECTP 300**.

La profondeur et la durée de l'immersion pour un matériel en essai sont fonction de l'exigence du maintien du fonctionnement pendant l'immersion dans l'eau, et/ou s'il est récupérable après essai. En l'absence d'information spécifique, il convient de choisir les sévérités parmi celles mentionnées dans la **Méthode 307**.

Le comportement du matériel lorsqu'il est soumis à une aspersion ou à des éclaboussures, peut être vérifié en testant les effets avec des précipitations naturelles, par des essais sous pluie battante ou de tenue au ruissellement par exemple, (**Méthode 310** de l'**AECTP 300**).

3.3.1.2.5 Atmosphère saline

Pour déterminer les effets de l'exposition des matériels à des atmosphères salines et des solutions d'eau de mer, on peut mettre en œuvre l'**Essai CN2, chapitre 4-02** de la norme **DEF STAN 0035 Part 3 Issue 4** (ou la **Méthode 309** de l'**AECTP 300**)

La mise en œuvre de l'essai de brouillard salin permet de déterminer ses effets sur le matériel pendant et à la suite d'une exposition à une atmosphère saline.

L'utilisation de l'essai de corrosion saline, qui inclut des périodes de stockage en chaleur humide, permet de déterminer la résistance du matériel à la corrosion consécutive à l'exposition en atmosphère saline. Les durées d'essai et le nombre de cycles peuvent être choisis pour personnaliser l'essai en fonction des conditions d'exposition potentielles.

3.3.1.2.6 Atmosphère acide

Pour déterminer les effets de l'exposition des matériels à des atmosphères acides, on peut mettre en œuvre *l'Essai CN3, chapitre 4-03* de la norme *DEF STAN 0035 Part 3 Issue 4 (ou la Méthode 319 de l'AECTP 300)*.

La modalité d'essai de *Sévérité A (durée 28 jours)* est prévue pour les matériels susceptibles d'être exposés aux émissions et brouillards acides issus d'industries lourdes ou aux gaz d'échappement des moteurs à combustion interne pendant une période significative de sa durée de vie. La modalité d'essai de *Sévérité B (durée 3 jours)* est prévue pour les matériels exposés occasionnellement aux gaz d'échappements de véhicules ou aux pluies acides

3.3.1.2.7 Contamination par les fluides

Pour déterminer la résistance des matériels portatifs ou portables à une exposition à des fluides, il on peut mettre en œuvre *l'Essai CN4, partie 3, chapitre 4-04* de la norme *DEF STAN 0035 Part 3 Issue 4 (ou la méthode 314 de l'AECTP 300)*.

On choisit les fluides et composés représentatifs de ceux potentiellement rencontrés en service.

Les contaminants listés sur la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 4-04 Annex A* sont généralement reconnus comme étant potentiellement les plus endommageant parmi les différents types de fluides.

Il convient que les températures des matériels et des fluides correspondent à celles lors des expositions éventuelles.

A défaut, on peut prendre les températures indiquées sur la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 Chapter 4-04*. Les échantillons sont stockés pendant 96 heures à une température représentative de la température présumée dans la période suivant la contamination.

3.3.1.2.8 Moisissures

Pour déterminer la capacité des matériels à supporter et résister aux attaques de moisissures, il convient de mettre en œuvre *l'Essai CN1, chapitre 4-01* de la norme *DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4 (ou la méthode 308 de l'AECTP 300)*.

Des données fiables sur la résistance des matériels sont facilement obtenues à partir d'essais sur échantillons, composants et sous-ensembles.

Les durées des périodes d'incubation sont fonction des objectifs de l'essai selon la logique suivante :

Procédure A

28 jours d'exposition pour tester les matériels qui, lorsqu'ils sont en service, sont protégés d'une contamination par une source potentielle de nutriment pour les moisissures.

84 jours d'exposition pour tester les matériels pour lesquels on veut également vérifier les performances fonctionnelles.

Procédure B

28 jours d'exposition pour tester les matériels qui, lorsqu'ils sont en service, peuvent être contaminés par des nutriments qui favorisent la croissance des moisissures tels que des débris organiques, des condensations de vapeurs organiques, des graisses, etc.

Il est recommandé d'utiliser deux éprouvettes d'essai (ou deux séries d'éprouvettes) lorsqu'on souhaite déterminer les effets sur les performances opérationnelles et la contamination par les nutriments.

Dans ce cas, la seconde éprouvette est soumise à un stockage en condition de chaleur humide sans inoculation, dans le but de mettre en évidence un éventuel effet de la chaleur humide seule.

Cela étant, cette recommandation peut ne pas être suivie lorsque le programme d'essai prévoit de mettre en œuvre de manière séparée des essais en humidité sur des échantillons similaires. Il convient de prendre contact avec les laboratoires spécialisés dans ce type de test pour des conseils complémentaires.

3.3.1.2.9 Faune

Comme il n'y a pas de méthode normalisée d'essai connue dans ce domaine, on peut mettre en œuvre des essais de terrain dans les zones abritant les espèces animales à même de commettre les dégâts présentés aux *Chapitres 11-01 et 11-02*, de la norme *DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4*.

3.3.2 Armes de surface et aéroportées

3.3.2.1 Généralités

L'AECTP 300 fournit les procédures d'essais qui peuvent être utilisées pour simuler les contraintes d'environnement climatiques rencontrées par les systèmes d'armes depuis leur lancement jusqu'à l'impact sur la cible.

Le choix de la méthode d'essai pour les contraintes de température et d'humidité dépendra de l'exigence ou non de simuler, soit des variations journalières incluant les effets thermiques du rayonnement solaire, soit des conditions de températures maximales et minimales stabilisées

Référence peut être faite aux préconisations données dans les chapitres concernés pour la sélection de la procédure d'essais appropriée, les sévérités d'essais, les techniques de test et l'évaluation des performances

De préférence, les sévérités d'essai doivent être établies sur la base de mesures effectuées pendant des essais réalisés dans des conditions climatiques proche de celles attendues sur le terrain. Ou encore sur la base de données issues de système comparables.

Pour des missiles guidés et des projectiles, les sévérités doivent être établies en prenant en compte l'ensemble des trajectoires de sorte à être en mesure de retenir le cas le plus sévère susceptible d'être rencontré en opération. Une alternative consiste à utiliser des sévérités issues de système semblables.

Il est possible que la combinaison des environnements soit plus sollicitant que chacun des environnements pris séparément. Dans ce cas les procédures d'essais pour les environnements combinés (température + basse pression), sont définies pour les missiles subsoniques durant le vol jusqu'à la cible.

Des tests simulant l'échauffement cinétique sont recommandés quand les effets générés ne peuvent pas être simulés de manière satisfaisante par calcul ou modélisation.

Un guide sur les techniques de test impliquées (dont le contrôle des paramètres d'essais) est donné dans *l'AECTP 300*.

Dans certains cas, il peut être approprié de simuler les contraintes thermiques générées sur la structure en utilisant un essai de choc thermique, plus simple à mettre en œuvre.

Pour beaucoup de types de munitions, tous les effets nuisibles des environnements sont susceptibles d'être rencontrés. Tels que l'humidité, l'impact à vitesse élevée avec la grêle, la pluie, la poussière ou le sable. Les impacts de ces facteurs au cours de la phase, relativement très courte, de lancement et de vol libre vers la cible sont de peu de conséquence.

Les exceptions sont des mines terrestres et probablement quelques armes sous-marines qui, une fois positionnées et amorcées, sont susceptibles d'être sujettes à des niveaux de contraintes plus sévères. Et/ou à une durée plus longue que celles rencontrées lors des phases de vie plus précoces.

Les températures élevées, les gradients de température, les basses pressions et les variations de pression rencontrées par les missiles et les projectiles durant leur vol libre seront d'un niveau supérieur à ceux rencontrés durant les étapes précédentes de la vie en service.

Les spécimens soumis à des essais simulant les conditions climatiques subies lors du lancement et à l'étape finale du déploiement doivent d'abord, de préférence, avoir été soumis aux épreuves couvrant les environnements rencontrés pendant les étapes de vie plus en amont.

3.3.2.2 Sévérités d'essai personnalisées

3.3.2.2.1 Température et humidité

Les sévérités d'essai utilisées pour simuler les conditions de température et d'humidité lors du lancement doivent être basées sur les données fournies dans les documents spécifiant les exigences environnementales. Ces documents doivent aussi prendre en compte les zones géographiques de déploiement prévues ainsi que les caractéristiques des profils de vol.

Le *Fascicule 2311/2* de la norme *AECTP-230 (Edition 1)* donne les conditions climatiques sur terre selon trois catégories principales : *Chaude-Sèches (Cat. A)*, *Chaude-Humide (Cat. B)* et *Froide (cat. C)*.

Les sévérités définies pour chaque catégorie sont issues de données enregistrées pendant de nombreuses années. Des valeurs de température et d'humidité relative sont données pour couvrir les conditions atmosphériques (*externe*) et les conditions induites (*durant les transports et les stockages sous abri*).

En l'absence de données mesurées, ces valeurs doivent être prises en compte pour couvrir les conditions induites les plus sévères que peut rencontrer un équipement juste avant le tir depuis la plate-forme terrestre ou navale ou après avoir été mise en place sur le terrain pour le cas d'une mine

Les valeurs de température et d'humidité données sont celles qui sont susceptibles d'être atteintes ou dépassées dans *1% du temps* du mois le plus sévère de l'année dans l'emplacement le plus contraignant

Les sévérités d'essais utilisées pour simuler l'échauffement cinétique (lié à l'écoulement aérodynamique) et la combinaison Température/Basse pression doivent être dérivées de l'utilisation d'un ou deux critères ci-dessous donnés par ordre de priorité descendante.

- En utilisant des données issues de mesures d'essais réalisés dans des conditions météorologiques chaudes. Les mesures doivent être faites aux emplacements appropriés sur la munition. D'autres facteurs influençant le niveau de température tels que la configuration, la masse thermique, les sources dissipant de la chaleur, les flux d'air interne et n'importe quels autres types de protection thermique doivent être correctement représentés. Le programme d'essai en vol peut prévoir des profils de vol ou des profils de mission susceptibles de reproduire les conditions les plus sévères subies lors d'un emploi opérationnel (par exemple, mission générant l'échauffement aérodynamique maximal),
- En utilisant des données enregistrées concernant une application semblable avec quelques adaptations pour prendre en compte les différences dans les facteurs présentés ci-dessus,
- En utilisant des données issues de calculs ou de la modélisation

3.3.2.2.2 Tests de pression d'air et de pression hydrostatique

Les sévérités utilisées pour la simulation de la basse pression peuvent être déclinées des spécifications opérationnelles données pour une munition (par ex. une pression équivalente liée à l'altitude opérationnelle maximale, l'enveloppe des trajectoires et vitesses ascensionnelles et de descente). Des tables internationales d'atmosphères standards peuvent être trouvées dans des normes telles que *l'ISO 5878*.

Les sévérités des essais de haute pression et de pression hydrostatique peuvent être déterminées par :

- la pression générée lors du lancement,
- la profondeur maximale à laquelle l'arme sera lancée,
- la pression rencontrée au cours de sa trajectoire vers la cible.

Les niveaux de pression lors du lancement doivent être décrits dans des documents spécifiant les contraintes à prendre en compte pour la définition du matériel. Une fois le missile lancé, les niveaux de pressions hydrostatiques seront indexés à la profondeur de l'immersion.

3.3.2.2.3 Glace

Concevoir une spécification d'essais personnalisée en utilisant spécifiquement des données mesurées sur le terrain sera probablement peu économique. Ainsi, les sévérités forfaitaires à prendre en compte sont donnés dans la **Méthode 311 d'AECTP 300**.

3.3.2.2.4 Impact avec la pluie, la poussière et le sable

L'AECTP 300 donne une procédure d'essais pour simuler les impacts avec la pluie, la poussière et le sable. Les installations d'essais ne sont probablement pas adaptées pour simuler les vitesses élevées qui se produisent pendant le vol libre.

3.3.2.2.5 Simulation d'une contamination chimique et biologique

3.3.2.2.5.1 GENERALITES

Pour les raisons données dans le **Paragraphe 3.3.2.2 Sévérités d'essai personnalisées** ci-dessus, dans beaucoup de cas il peut s'avérer inutile de soumettre un système à un environnement chimique et biologique susceptible d'être vu durant son lancement et lors de son vol jusqu'à la cible.

La justification à une exposition de ce type peut être apportée par les essais réalisés pour couvrir les phases de vie plus amont ; tels que le transport ou les phases d'attente sur la plate-forme de lancement.

Exception peut être faite des équipements ou composants des systèmes d'arme guidées qui pourraient être mis en contact avec des fluides, vapeurs ou gaz particulièrement corrosifs émis par les alimentations de puissance lors du vol jusqu'à la cible.

Les exceptions principales sont les armes activées directement par la cible telles que les mines par exemple. Ceci spécialement lorsqu'elles sont protégées d'une exposition à de telles contraintes d'environnement par un packaging ou un conteneur jusqu'au moment de leur déploiement sur le terrain.

Selon leur application et leur lieu de déploiement, une fois positionnée, ces armes peuvent être soumises à une atmosphère acide et acide, à des solutions salines ou à des attaques biologiques pendant une très longue période.

Dans beaucoup de cas les méthodes d'essai données dans la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** utilisent des procédures et des sévérités standards. Elles fournissent des indications comparatives sur les résultats d'une exposition réelle à des environnements chimiques et biologiques et ont cet avantage d'avoir été déterminé à partir de conditions contrôlées.

Puisque les méthodes d'essais données pour couvrir les contraintes chimiques et biologiques dans cette norme sont des simulations accélérées des conditions rencontrées durant la vie réelle du système (particulièrement pour les environnements chimiques). Elles se sont révélées être un très bon guide sur la résistance des matériels à ce type d'agression.

Dans le cas de systèmes de dimension importante, la démonstration de la tenue à une atmosphère saline peut être réalisée par des essais sur des échantillons représentatifs rentrant dans la conception du matériel.

Pour les matériels prévus pour être immergés dans la mer, un essai de grandeur nature en mer peut s'avérer approprié. En effet les agressions biologiques et corrosives causées par le mouvement des vagues, la vie maritime et l'eau polluée sont correctement représentés.

Ou encore simplement pour éviter des opérations de manutention d'un gros spécimen en laboratoire.

Comme il n'y a pas de méthode de test standard pour soumettre un matériel aux agressions causées par des animaux, un descriptif d'essais sur site où vivent le type de faune susceptible de causer des dommages sont discutés dans les **Chapitres 11-01 et 11-02** dans la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4**.

Jusqu'ici aucune justification particulière n'existe pour recommander de spécifier des sévérités d'essai personnalisées au lieu des sévérités d'essai refuge définies, dans la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4**, pour les méthodes d'essais pour les environnements salins et acides, les moisissures et les fluides contaminants.

Pour les raisons évoquées dans les paragraphes ci-dessus, un essai en grandeur nature simulant les conditions de vie réelle peut s'avérer plus approprié. Notamment pour les matériels immergés dans de l'eau de mer ou susceptible d'être agressés par des animaux.

La durée possible d'exposition à de telles contraintes doit être donnée dans les documents spécifiant les exigences environnementales.

3.3.2.2.5.2 LES ATMOSPHERES SALINES

Pour démontrer la tenue d'un matériel à une atmosphère saline, la procédure *d'Essai CN2* définie **Chapitre 4-02** dans la norme **DEF STAN 00-35 Part 4 Issue 4** peut être utilisée.

L'essai de brouillard salin permet de révéler les effets d'une exposition à une atmosphère saline sur l'utilisation opérationnelle du matériel. La durée des essais ainsi que le nombre de cycles doivent être choisis en fonction du degré d'exposition réel.

3.3.2.2.5.3 IMMERSION DANS L'EAU SALEE

Pour démontrer la capacité d'un matériel à tenir ou à fonctionner pendant ou après une longue période d'immersion dans de l'eau de mer, *l'Essai CN5 du Chapitre 4-05* de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être utilisé. Les utilisateurs finaux du matériel ou les spécifications d'exigences environnementales doivent définir la durée d'immersion ainsi que la manière dont est immergé le matériel.

3.3.2.2.5.4 LES ATMOSPHERES ACIDES

Pour déterminer les effets d'une atmosphère acide sur les mines terrestres ou autre système déployé sur un terrain souillé par de l'acide, susceptible d'être exposé à un brouillard acide ou à des pluies acides, la méthode *d'Essai CN3* définie dans le **Chapitre 4-03** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être utilisée.

3.3.2.2.5.5 CONTAMINATION PAR LES FLUIDES

Les procédures du **Chapitre 4-04** de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peuvent être utilisées pour démontrer la résistance des matériaux et des composants à une attaque chimique par les fluides. L'essai doit être effectué avec le spécimen et les fluides à des températures représentatives des conditions d'utilisation opérationnelle.

3.3.2.2.5.6 MOISSURES

Pour démontrer la capacité du matériel à résister aux moisissures, *l'Essai CNI du Chapitre 4-01* de la norme **DEF STAN 00-35 Part 3 Issue 4** peut être utilisé. Les essais réalisés sur des sous-ensembles, composants et échantillons de matière donnent des indications fiables quant à la tenue du matériel aux moisissures.

Les durées d'incubation dépendent du but de l'essai :

Procédure d'essais A :

- 28 jours d'essai sur les matériels qui, lorsqu'ils sont en service, sont protégés contre une contamination directe par les substances qui constituent les aliments nécessaires au développement des moisissures.
- 84 jours d'essai sur les matériels, lorsque les effets sur les performances fonctionnelles doivent être évalués

Procédure d'essais B :

- 28 jours d'essai lorsqu'il est avéré que, lors de sa vie opérationnelle, le matériel sera contaminé par des substances favorables au développement des moisissures, comme par exemple des poussières organiques, des graisses etc...
- 28 jours d'essai lorsqu'il est avéré que, lors de sa vie opérationnelle, le matériel sera contaminé par des substances favorables au développement des moisissures. Deux spécimens d'essai (ou jeux de spécimens) sont recommandés pour conduire des essais de sorte à déterminer les effets d'une contamination.

Dans ces cas, le deuxième spécimen est soumis aux conditions de stockage chaudes et humides sans inoculation, afin d'accentuer les effets résultant de l'exposition à une atmosphère chaude et humide. Cependant, il peut être approprié de ne pas suivre cette recommandation lorsque le programme d'essais le programme demande de dissocier les essais d'humidité et de les réaliser sur un spécimen dédié. D'autres avis doivent être sollicités auprès de spécialiste sur les essais de moisissures.

4 LES SUPPORTS DU MATERIEL EN ESSAI

4.1 Généralités

On appellera support d'essai toute structure porteuse permettant de relier le spécimen en essai au moyen d'essai utilisé.

Afin d'obtenir les informations les plus pertinentes sur le spécimen testé et pour une condition d'essai donnée, il est nécessaire d'envisager les différents types d'influence que peut avoir le support sur les résultats obtenus.

Comme type d'influence, nous pouvons citer de manière non exhaustive :

- l'influence de type thermique, avec modification des champs de température du spécimen en raison des échanges thermiques avec le support
- l'influence de type aérodynamique avec modification du champ aérodynamique de contournement du spécimen en essai
- l'influence de type biphasique avec modification des mécanismes de ruissellement (pluie) ou de déposition (poussières, sable, neige, verglas ...) sur ou au voisinage des supports
- l'influence de type mécanique avec modification des modes de vibration du spécimen par le couplage avec ceux du support d'essai pour les études de comportement au vent par exemple
- l'influence de type électrochimique par modification des couples galvaniques éventuels entre le spécimen et le support.

Suivant le type de spécimen en essais (échantillon composant ou système complet), de son encombrement et du type d'essai réalisé, des supports spécifiques peuvent ou doivent être envisagés :

- essais de corrosion au brouillard salin ou développement de moisissures, tests de vieillissement en température et rayonnement solaire, tenue en conditions de température et humidité extrêmes, ... sur des échantillons et des composants
- comportement à des conditions climatiques particulières de systèmes complets.

Dans certains cas, principalement sur des systèmes complets (matériels roulants ou shelters par exemple) le sol du moyen d'essai est le support du spécimen en essai.

4.2 Influence de type thermique

4.2.1 Précautions à prendre

Pour des essais en température (stockage, fonctionnement, variations de température ...) il faut garder à l'esprit que le spécimen en essais interagit avec son environnement. Celui-ci est constitué de trois paramètres :

- Le moyen d'essais proprement dit dont l'influence et les limitations sont décrits au § 6 de ce document
- Les raccordements fluides et instrumentation (§ 9)
- Les supports du spécimen en essai

D'un point de vue thermique les échanges peuvent être des 3 types classiques : conduction, convection, rayonnement. Il est ainsi nécessaire de vérifier que les charges thermiques :

- Sous forme de conduction entre le matériel et le support qui peuvent entraîner une modification du champ de température au voisinage de celui-ci et de flux thermique échangé (pertes ou gains).
- Sous forme de convection entre le matériel et l'air ambiant si le voisinage du matériel testé n'est pas conforme aérauliquement au cas réel, dans le cas particulièrement de tests de composants ou de sous-systèmes.
- Sous forme de rayonnement par modification du flux rayonné entre le spécimen en essai et le support en fonction du facteur de forme entre ces deux éléments.

Dans le cas de matériels roulants ou en contact direct avec le sol, il est nécessaire d'envisager :

- L'influence de la température du sol et son albédo (influencés par exemple par le rayonnement solaire) en comparaison avec la température du sol du moyen d'essai. Par exemple une route bitumée ou une piste désertique présentent par le jeu du rayonnement solaire une température de surface ainsi que des températures d'air en proche voisinage supérieures à la température ambiante, ce qui influe évidemment sur les températures en sous-caisse.
- L'influence des échanges par convection entre le matériel testé et le sol. Le sol réel se présente comme un puits ou une source de chaleur en milieu semi-infini caractérisé par ses caractéristiques thermophysiques, (conductivité thermique, capacité calorifique, masse volumique). Le sol du moyen d'essai est par nature fini (épaisseur donnée) avec ses propres caractéristiques thermophysiques et ses échanges thermiques avec le milieu extérieur. Ces différences de comportement, que ce soit en essais transitoires ou périodiques (variation cyclique de température) ou en régime permanent influent sur les flux échangés et sur les températures intérieures (cas des shelters, des abris souples, des conteneurs ...).

4.2.2 Influence du support : exemple d'un essai en chambre climatique

Ce paragraphe a pour but de voir quelles peuvent être les différences entre un cas réel et un cas expérimental en chambre climatique au niveau de la prise en compte du type de support de l'objet étudié.

Considérons les deux cas suivants correspondant à :

- Un conteneur de stockage de dimensions 6 m x 1 m x 1 m, épaisseur de tôle 10 mm.
- Un shelter isolé de dimensions 6 m x 2.5 m x 2.5 m, épaisseur de tôle 10 mm avec un ajout d'une couche interne de laine de verre d'épaisseur 5 cm.

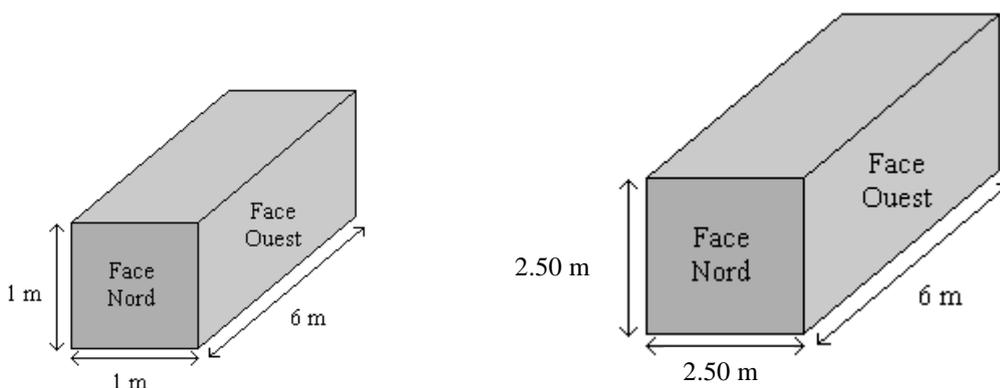


Figure 1 : Dimensions des 2 systèmes

Pour la simulation du comportement thermique de ces deux systèmes, nous considérerons les caractéristiques suivantes :

	Acier	Laine de verre
Conductivité thermique	40 W (m.k)	0.037 W (m.k)
Capacité calorifique	0.48 kJ/(kg.k)	0.84 kJ/(kg.k)
Masse volumique	7880 kg/m ³	12 kg/m ³

Tableau 2 : Caractéristiques des 2 systèmes

Le cycle simulé est celui correspondant à la catégorie A1 (STANAG 2895) représenté par la figure 2 :

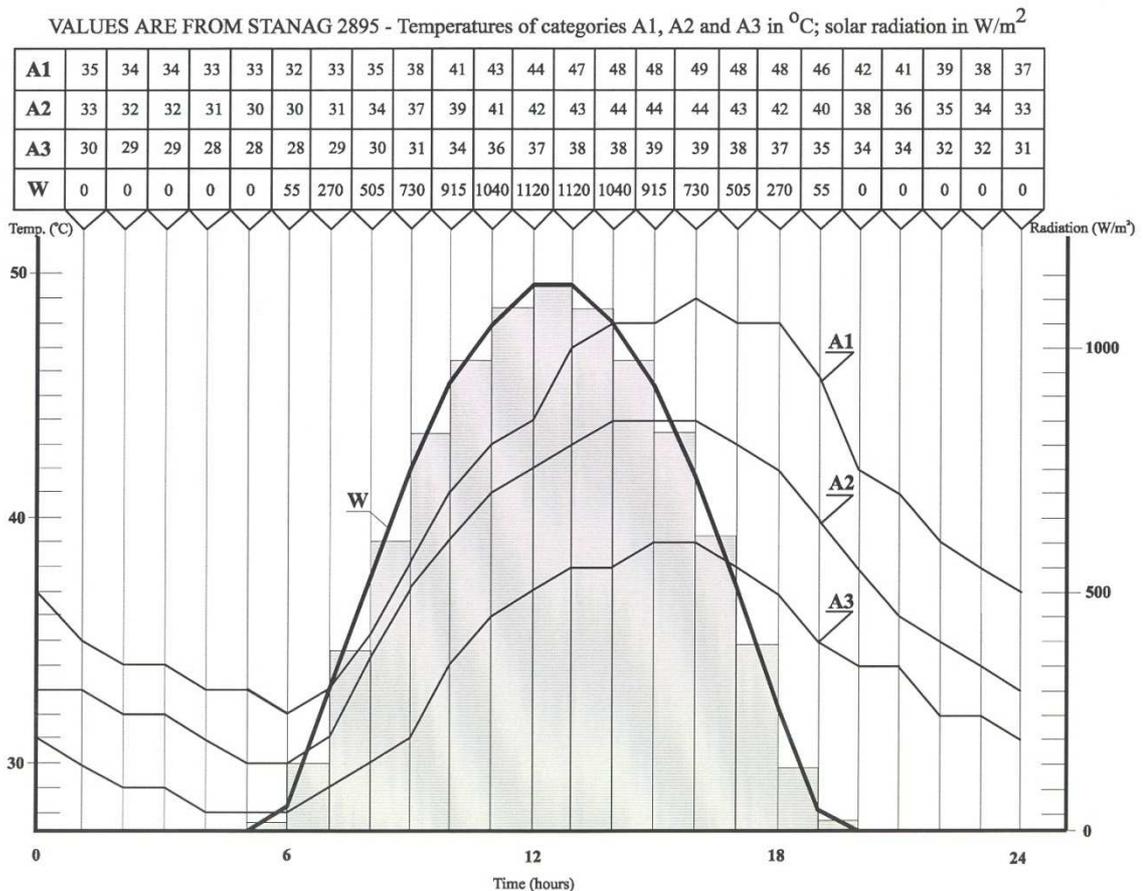


Figure 2 : Températures de la catégorie A1

Afin d'étudier l'influence du support de l'objet sur la température intérieure moyenne du conteneur ou du shelter, trois hypothèses distinctes seront envisagées :

- 1ère hypothèse : la face inférieure de l'objet sera considérée comme parfaitement isolée. Cas extrême d'un objet en contact étroit avec une paroi de chambre parfaitement isolée,
- 2nde hypothèse : on considérera comme conditions sur la face inférieure les mêmes échanges convectifs que les autres faces de l'objet. Cas extrême correspondant à un objet dégagé du sol de la chambre, en étant posé sur des plots de faibles dimensions,

- 3ème hypothèse : la température de la face inférieure sera imposée, elle sera la même que la température de l'air ambiant. Cas extrême d'une condition aux limites isotherme.

4.2.2.1 Conteneur

Les résultats obtenus en ce qui concerne les simulations pour un conteneur sont présentés par la figure 3.

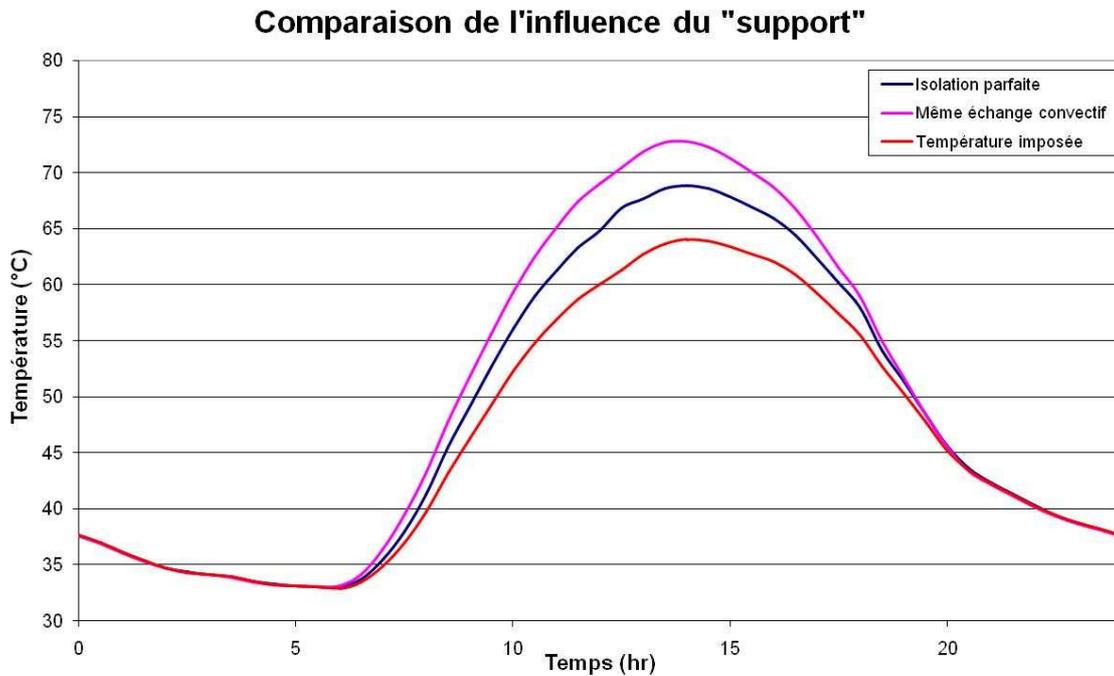


Figure 3 : Cas du conteneur en chambre climatique

4.2.2.2 Shelter

Les résultats obtenus pour la simulation en chambre climatique sont présentés sur la figure 4.

Comparaison de l'influence du "support"

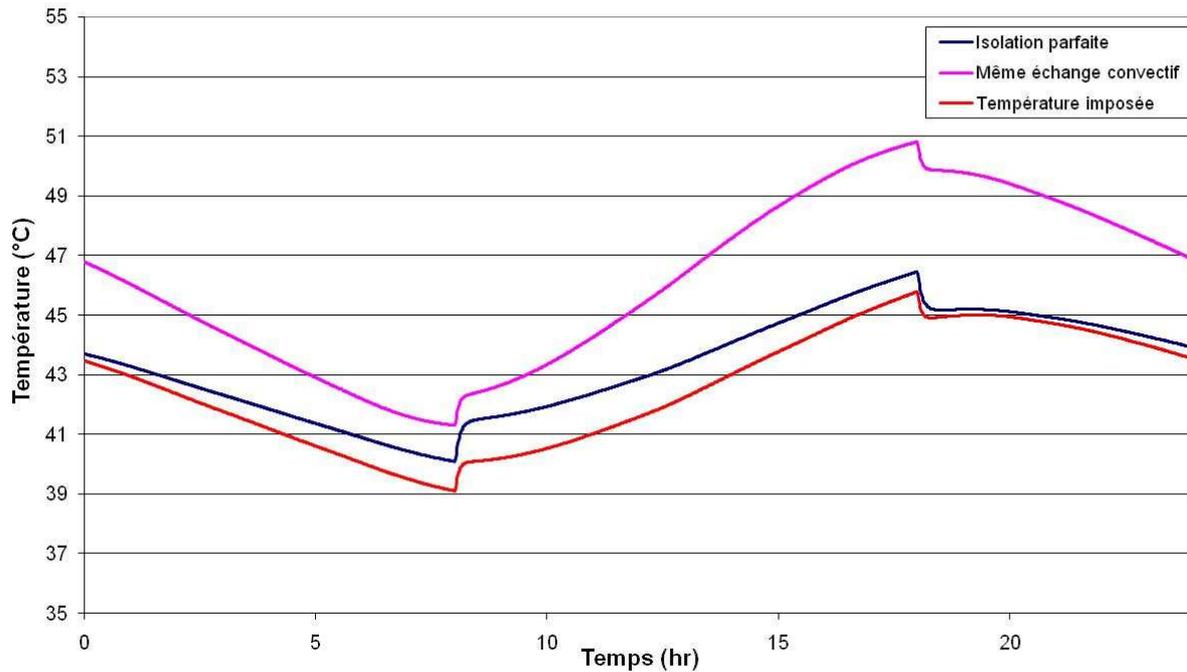


Figure 4 : Cas du shelter en chambre climatique

On constate, suivant les hypothèses considérées (face inférieure isolée, en convection naturelle ou à température imposée), que les résultats obtenus sur la température à l'intérieur du conteneur ou du shelter peuvent varier jusqu'à une dizaine de degrés en fonction de l'isolation thermique de l'objet. La disposition de ce dernier dans son environnement (sur cale, sur le sol...) joue donc un rôle quant aux résultats sur la température intérieure. Il est donc indispensable de reproduire la bonne disposition afin d'obtenir des résultats qui soient les plus proches de la réalité.

Le cas des abris légers ou des tentes de campagne installées à même le sol avec ou sans isolation thermique légère doit être traité avec précaution. Le sol est en effet un puits ou une source thermique (suivant son niveau de température par rapport à l'ambiance intérieure souhaitée) infinie. Idéalement, il serait nécessaire de reproduire des conditions de flux transitoires à l'interface identiques à la réalité pour ne pas trop s'éloigner d'une simulation réaliste. A tout le moins, la mesure de ces flux à l'interface dans une simulation en chambre climatique doit être envisagée afin de pouvoir corriger les résultats obtenus.

4.3 Influence de type aérodynamique

Lorsque le vent est un paramètre influant de l'essai réalisé sur un composant, un sous-système ou un système complet, il est nécessaire d'envisager l'influence aérodynamique du support sur le champ aérodynamique de contournement du spécimen en essai. Ce champ est caractérisé par ses lignes de courant, les zones de recirculation éventuelles, les gradients de vitesse, le taux et le spectre de turbulence associé.

Nota : Dans le cadre de l'essai d'un composant ou d'un sous-système, une simulation réaliste nécessite au minimum une représentation géométrique du voisinage du spécimen afin d'obtenir cette simulation;

En dehors même de l'influence du support par modification du champ aérodynamique, le support peut servir lui-même d'interface entre le spécimen testé et un dispositif de mesure associé à l'essai. C'est le cas par exemple de la mesure des coefficients aérodynamiques (C_x , C_y , C_z , CM_x , CM_y , CM_z respectivement pour les coefficients de forces et les moments associés) de pesée aérodynamique. Il est nécessaire alors d'estimer ou de mesurer cette influence pour en tenir compte dans l'expression des résultats.

4.4 Influence de type biphasique

Lors des essais de pluie (avec ou sans vent), de verglas, de neige (chute de neige ou blizzard), et de vent de sable ou poussières, il peut se produire des mécanismes de déposition (zones de recirculation) ou d'accumulation sur des points d'arrêt aérauliques ou par cohésion des particules solides ou liquides entre elles (comme la neige collante ou le verglas). Les influences aérodynamiques et thermiques des supports du spécimen en essai influent sur ces mécanismes.

Nota : comme pour les essais purement aérodynamiques, il est nécessaire de représenter au mieux le voisinage réaliste du spécimen testé, mais ici se rajoute également les aspects thermiques de ce dernier pour les aspects changement de phase (pluie/verglas, neige sèche/neige collante, condensation/givrage).

Exemple 1 :

- Simulation d'un véhicule roulant sous la neige : le sol est ici le support.

Les obstacles générés par le soubassement du véhicule, les échanges thermiques dus au moteur et aux parties chaudes (échangeurs, circuit d'échappement des gaz, freins ...) entraînent des mécanismes de dégel/gel et de disposition sur le sol du moyen d'essai et d'accrétion non représentatifs, suivant la durée d'essai avec le cas réel où le support (route) est renouvelé continuellement.

Exemple 2 :

- Vent de sable ou de poussières sur un équipement ou d'un sous-système

Les supports de fixation du spécimen dans le moyen d'essai entraînent des mécanismes de déposition et modifient éventuellement le champ aérodynamique de contournement (cas par exemple d'un conteneur et d'un shelter placé ou non sur cales de mise à niveau) particulièrement en sous face, bloquant ou non les phénomènes de saltation ou niveau du sol.

Pour des raisons régulièrement d'encombrement, les essais vent de sable ou poussières sont menés souvent sur des sous-systèmes d'un équipement.

Les programmes d'essai spécifient souvent 6 expositions correspondant aux différentes faces du sous-système. Il est nécessaire de se poser alors la question de la significativité de ces expositions. En tout état de cause, le support devrait intégrer la simulation géométrique de l'entourage du sous-système en essai et son positionnement réaliste par rapport à la gravité.

4.5 Influence de type mécanique

Les essais de tenue au vent sont réalisés pour étudier la tenue mécanique de systèmes à des vents extrêmes (essais de type éventuellement destructif) ou pour étudier leur comportement vibratoire (aéroélasticité de structures, suspension, ...) par analyse des modes propres de la structure et de leur sollicitation sous l'effet du vent.

Le support du spécimen a lui-même ses modes propres de vibration fonction de sa rigidité. Afin d'éviter toute interaction entre les modes de vibration de ce dernier avec le système, il doit être de technologie beaucoup plus "raide" que le spécimen (modes propres de vibration de fréquences très supérieure à celles du spécimen).

En règle générale, c'est le cas de figure lorsque le sol est le support du matériel en essai. Pour des essais de pesée sur balance aérodynamique, la présence de découpleurs sur les axes influe sur les fréquences des modes propres du système de mesure.

4.6 Influence de type électrochimique

Les essais de brouillard salin sont réalisés afin de vérifier la tenue d'un matériel en milieu corrosif choisi conventionnellement (tome 2B, § 1.17). Les mécanismes de corrosion humide se développent par l'apparition de circuits électrolytiques à la surface du métal. La présence de métaux de nature différente engendre des différences de potentiel entre des zones de type cathodes et anodes.

Il est nécessaire d'apprécier la nature des réactions électrochimiques éventuelles entre le support et le spécimen en essai et de prendre toutes les précautions pour éviter la mise en œuvre de ces réactions.

5 REPRESENTATIVITE ET REPRODUCTIVITE DES ESSAIS

La reproductibilité d'un essai est la faculté de celui-ci de pouvoir être de nouveau réalisé fidèlement dans le temps et dans l'espace. Un essai doit conduire aux mêmes résultats quel que soit le lieu, les moyens mis en œuvre, l'opérateur et la période dans le temps. La clef d'une bonne reproductibilité est l'application stricte de la méthode d'essai normalisée en référence.

Il est de la responsabilité du laboratoire d'essai de s'assurer, lors de la revue de contrat, que cette méthode de référence est bien précisée par le client. Dans le cas contraire, le laboratoire d'essais doit palier à la carence du client en choisissant la méthode qui lui paraît la plus appropriée. L'identification de la méthode d'essai normalisée figure obligatoirement dans le rapport d'essai.

La représentativité d'un essai est la faculté de celui-ci de reproduire en laboratoire d'essais les modes de défaillance qui seraient observés en utilisation opérationnelle, de façon à les corriger. La représentativité, contrairement à la reproductibilité, n'est pas un objectif en soi. Le juste nécessaire de représentativité est à rechercher.

Les paramètres déterminant cette représentativité sont :

- les conditions d'installation ou d'interface avec le moyen d'essai : distribution des points d'interface, nature des éléments de liaison,
- les aspects multi-entrées
- le degré de représentativité des grandeurs climatiques simulées par rapport à l'environnement réel (évolution temporelle, phasage ou corrélation des entrées, etc.).

Les facteurs influents sur le choix du niveau de représentativité à assurer sont :

- la proximité des contraintes d'environnement appliquées avec les limites de conception du matériel : plus on s'approche de ces limites et meilleure devra être la représentativité de l'essai,
- le niveau d'assemblage auquel la défaillance est attendue : en principe, un essai d'environnement climatique ne doit pas remettre en cause le haut niveau d'assemblage (la structure d'ensemble), mais plutôt le bas niveau d'assemblage (un composant monté sur une carte dans un équipement). Plus la défaillance porte sur un haut niveau d'assemblage et meilleure en devra être la représentativité de l'essai.

6 LIMITATIONS DES MOYENS D'ESSAIS

6.1 Introduction

Les moyens d'essais doivent être prévus pour tester les dispositifs dans des conditions climatiques représentatives des conditions réelles –moyennes ou extrêmes- auxquelles ceux-ci seraient susceptibles d'être soumis. Les dimensions des échantillons testés vont toutefois de quelques cm³ (par exemple dispositifs électroniques portables) à des dimensions nettement supérieures (engins roulants ou volants, matériels de terrain, ...). Même si les plages de variations de chacun des paramètres climatiques sont à priori connues, leur simulation peut se révéler contraignante, d'autant plus qu'il serait nécessaire d'envisager les aspects transitoires d'une situation climatique particulière à une autre situation. De plus certaines situations qui combinent plusieurs paramètres (pluie battante, vent de sable et poussières, verglas, givrage ...) demandent des moyens d'essais sophistiqués.

6.2 Limitations pour les simulations en température

6.2.1 Conditions sur les températures de parois

Les essais de simulation en température seule (températures froides ou chaudes, cycles en température ...) sont à priori réalisés en évitant tout effet dû aux échanges de chaleur par rayonnement afin de privilégier les effets convectifs sur les parois du dispositif testé et la conduction de la chaleur à travers ces dernières. Ainsi il sera nécessaire de s'assurer que les températures moyennes des parois de la chambre ou de l'enceinte climatique utilisée soient relativement proches de la température simulée pour éviter des échanges radiatifs. Pour les dispositifs testés possédant des sources thermiques internes à température élevée (moteurs thermiques par exemple) les transferts par rayonnement peuvent être importants. Une attention particulière devra être portée sur la représentativité de l'émissivité des parois proches par rapport aux cas réels simulés.

6.2.2 Conditions sur le ratio de volume occupé dans la chambre ou enceinte climatique

Les essais en température traitant de dispositifs immobiles doivent être menés dans des conditions aérauliques proches de celles menant à des échanges thermiques par convection naturelle. Les moyens de régulation en température de la chambre ou de l'enceinte climatique doivent pouvoir aboutir à des vitesses d'air de brassage faibles ($< 1.5 \text{ m/s}$). Des informations complémentaires sont données en [?] qui traite de la caractérisation des enceintes climatiques.

Afin d'éviter également des interactions aérauliques sur les débits air générés éventuellement par le dispositif testé (admission air ou soufflage par exemple), les parois de la chambre en vis-à-vis des équipements concernés devront être suffisamment éloignés.

Les essais en température sur véhicules se déplaçant, réalisés en soufflerie, nécessitent enfin une simulation réaliste du champ aérodynamique de contournement pour s'assurer de la représentativité des échanges convectifs sur les parois du dispositif.

L'ensemble de ces raisons amènent à considérer un ratio maximal entre le volume du dispositif testé et le volume de la chambre ou de l'enceinte *de l'ordre de 10 %*.

6.2.3 Conditions sur les variations de températures

Certains essais en température demandent la simulation de cycles ou des variations rapides entre deux niveaux de température (endurance, cycles journaliers, chocs thermiques ...). Les moyens d'essais, particulièrement ceux dédiés aux études de systèmes imposants (plusieurs centaines de kilogrammes à plusieurs dizaines de tonnes peuvent être limités par les puissances frigorifiques ou de chauffage à mettre en jeu, par les contraintes mécaniques dues aux dilatations différentielles pour des gradients de montée ou descente en température trop fortes, ainsi que par les moyens de manutention rapide des équipements testés (cas de chocs thermiques entre deux enceintes à températures différentes).

6.3 Limitations pour les essais incluant la simulation du rayonnement solaire direct ou du rayonnement diffus

Du point de vue des conditions climatiques, les échanges par rayonnement peuvent être de différents types :

- Echange par rayonnement direct (soleil),
- Echange par rayonnement diffus (voûte céleste),
- Echange radiatifs provenant du sol (albedo du sol) ou réflexions sur parois.

Nota: Ce paragraphe ne traite pas des sources de rayonnement dues à des équipements générant des températures élevées (moteurs à explosion, réacteurs ...)

6.3.1 Limitations sur la simulation du rayonnement direct (soleil)

Pour une simulation complète du rayonnement solaire, il serait nécessaire de reproduire à la fois le flux et le spectre solaire. La température du corps noir équivalent au soleil étant de 6000 K, la mise à disposition de lampes permettant cette simulation est forcément délicate, même si certains équipements s'en rapprochent (lampes ou xénon, aux iodures métalliques ...). De plus, il serait également nécessaire de tenir compte des raies d'absorption de certaines longueurs d'onde dues à la présence de composés chimiques dans l'atmosphère (*vapeur d'eau, CO₂, ...*). Toutefois en fonction des effets observés (actiniques, vieillissement thermique) un choix délibéré peut être fait sur la nécessité ou non de la simulation du spectre solaire.

La simulation réaliste du rayonnement direct peut inclure également, du moins pour les essais en cycle journalier température-rayonnement, l'évolution de la position du soleil (azimut, déclinaison) en cours de journée. La simulation de cette évolution étant rarement envisagée dans les installations d'essais, il sera nécessaire de mener une réflexion sur les biais obtenus sur les résultats d'essais (champ de température dissymétrique et contraintes mécaniques associées, rayonnement solaire à travers des parois vitrées en direction du rayonnement solaire direct et températures locales de surface induites ...).

6.3.2 Limitation sur le rayonnement diffus atmosphérique

Les installations sont limitées par la nature de leurs parois dont en général on ne peut faire varier leurs propriétés optiques (couleur, réflectivité) et sauf cas particulier leurs propriétés thermiques (température de surface). Ces contraintes limitent la simulation du rayonnement diffus à celui généré naturellement par les parois.

6.3.3 Limitation sur la simulation du rayonnement nocturne

Le givre ou la rosée obtenue en fin de nuit sont dus principalement à des effets de rayonnement entre les surfaces et la voûte céleste dont la température peut descendre largement en-dessous de 0°C (*jusqu'à plusieurs dizaine de degrés en-dessous de 0°C*). Le bilan thermique au niveau des structures induit des températures surface inférieures à celle ambiante et dans certaines conditions en-dessous du point de rosée. Afin de pouvoir simuler les conditions de condensation ou de givrage résultats, il faudrait disposer de parois dont les températures de surface pourraient être ajustables à des valeurs conduisant à une simulation réaliste de ces phénomènes.

6.4 Limitation pour les simulations de neige

Les simulations de chute de neige à pleine échelle peuvent être réalisées dans une chambre climatique ou une soufflerie climatique. Ce type d'installation, où la température est contrôlée à des valeurs négatives, permet de reproduire un large éventail d'événement de chute de neige ou de tempête de neige si la simulation inclus un écoulement d'air de *quelques dizaines de km/h*. La neige artificielle est généralement produite par des canons similaires à ceux qui équipent certaines pistes de ski. Ils projettent de fines gouttelettes d'eau dans un jet d'air comprimé. Celles-ci se congèlent et cristallisent avant de tomber sur le sol où elles forment le manteau neigeux.

Dans certains cas les variations de la pression et du rapport eau/air à la sortie du canon peuvent être contrôlées pour obtenir différentes qualités de neige que l'on peut relier à la teneur en eau liquide (neige humide à neige sèche). La fabrication de la neige impose une température négative de l'air de la chambre climatique et est favorisée par une faible humidité relative. Ces conditions peuvent être obtenues par un système de climatisation ou spécifique (ex: batteries d'échangeurs chaud et froid) qui sert à diminuer l'humidité absolue sans modifier la température de l'air.

La neige artificielle produite par des canons à neige correspond à un type de neige naturelle à grains fins ou partiellement érodés. Selon la qualité de la neige choisie et la distance par rapport au canon, la densité de la neige varie de 320 à 460 kg/m³ et le diamètre des particules de 150 à 400 μm.

Ces conditions limitent les possibilités de simulation d'averse de neige de faible densité (neige fraîche, particules reconnaissables) mais correspondent à des simulations réalistes des événements de type blizzard.

6.5 Limitations liées à la complexité de l'environnement climatique réel qui fait intervenir 3 modes d'échange simultanés (convectif, radiatif, conductif)

Limitations liées :

- à la complexité de l'environnement réel, exemple : équipement stocké à l'air libre,
- aux performances des moyens d'essais,
- aux performances des moyens de pilotage,
- aux non représentativités des conditions aux limites,
- aux difficultés de mise en œuvre.

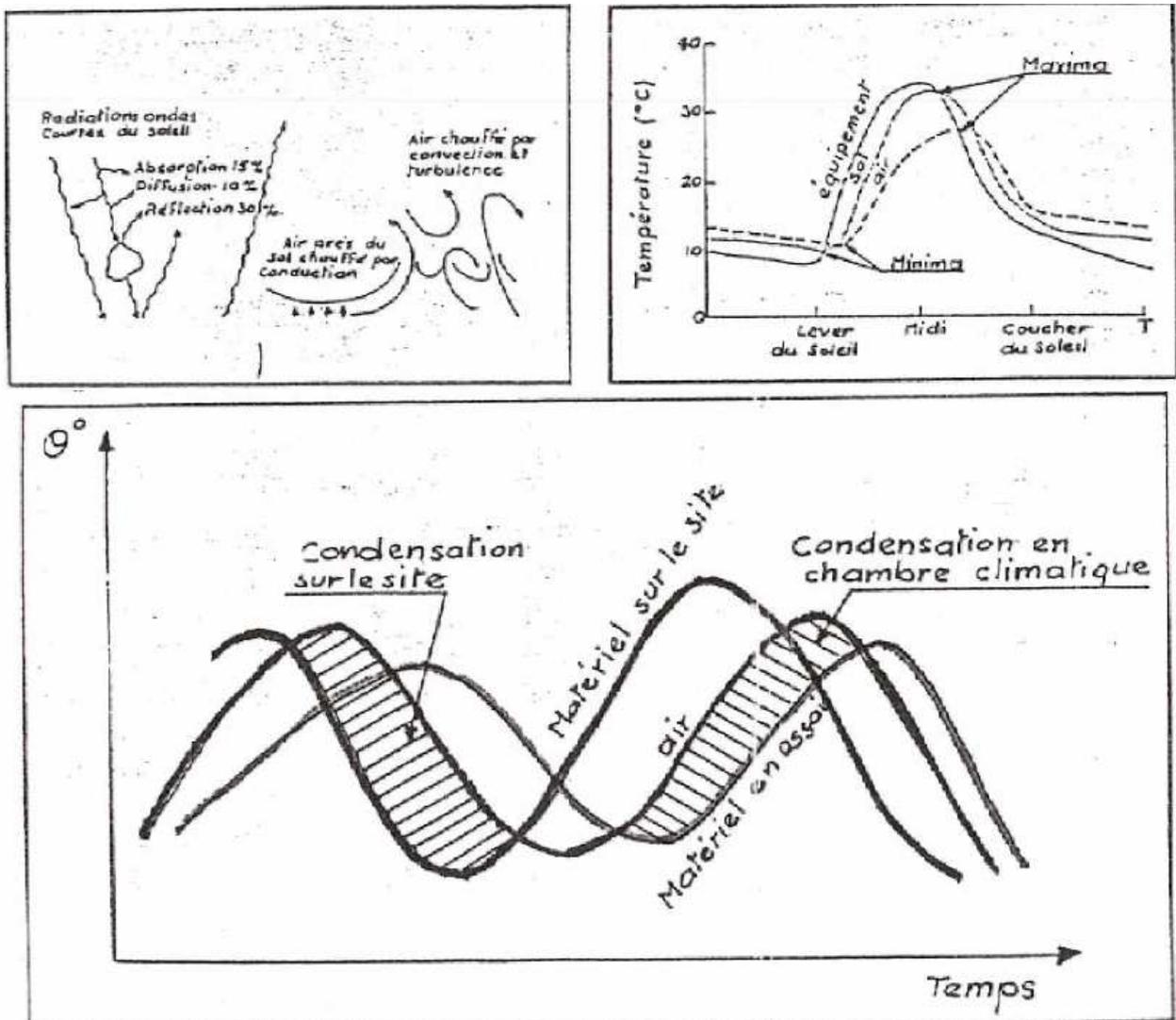


Figure 5 : Comparaison de la température en fonction du temps sur site et dans une chambre climatique

La figure 5 illustre également les limitations décrites dans les alinéas précédents en intégrant de manière complémentaire les mécanismes de condensation.

Le rayonnement reçu du soleil est en partie absorbé ou diffusé par l'atmosphère, en partie réfléchi par les nuages et en partie absorbé et réémis par le sol en fonction de son albédo (Tome 2B §1.3). L'air au voisinage du sol est réchauffé par échange de chaleur au niveau du sol à température plus élevée dans la partie diurne de la journée et de manière inverse dans celle nocturne. Le sol est ainsi à une température plus élevée que l'air en journée, de manière d'autant plus sensible que le rayonnement solaire est important, et la tendance s'inverse pendant la nuit pour des raisons d'échange convectif et de rayonnement nocturne.

Lorsque les températures de surface du matériel en essai descendent en dessous de la température de rosée de l'air ambiant, il y a condensation sur le matériel. En site réel, ces mécanismes sont obtenus pendant ou en fin de nuit, par le jeu des échanges par rayonnement avec la voûte céleste à basse température en phase descendante de la température du matériel et de l'air ambiant. En chambre climatique, ces mécanismes d'apparition de condensation sont plutôt observés en phase de remontée de la température et de l'humidité relative de l'air ambiant de la chambre alors que les températures de surface du matériel peuvent se trouver en-dessous de la température de rosée correspondante pour des raisons de conduction et d'inertie thermique du matériel.

6.6 Limitations liées aux performances des moyens d'essais en chaleur humide :

- tolérances : $\pm 2^{\circ}\text{C}$ et 5 % HR soit une incertitude de mesure de 1,25 % à $T_s = 40^{\circ}\text{C}$, cela nécessite une *connaissance de T_s et T_h de mieux que $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$* : cela n'est pas possible dans le cas des enceintes climatiques standard,
- si une précision de 0,5 à 1 % HR est recherchée, il faut réaliser une homogénéité de température de $+ 0,2^{\circ}\text{C}$: donc soit thermostatier ou ventiler les parois, piloter en point de rosée,
- risques de condensation en essai de chaleur humide :
 - o pour un écart de température de 1°C entre le matériel et l'air, il y a condensation sur le matériel pour 95 % HR avec $T_s = 40^{\circ}\text{C}$
 - o on peut limiter les risques en diminuant les vitesses de variation de la température

6.7 Limitations liées aux moyens de pilotage :

- les régulateurs sont de type proportionnel avec une adaptation proposée par chaque constructeur (*d'ou erreur de précision en général inférieure à 0.5°C*) : en effet les régulateurs *P.I.D.* ne peuvent pas fonctionner correctement dans toute la plage de température,

Limitations liées à la non représentativité des échanges interactifs matériel - milieu environnant :

- conductif via le support du matériel en essai
- radiatif avec écrans divers ou parois de l'enceinte
- convectif avec air ventilé dans l'enceinte

Si dans les conditions réelles d'emploi :

- le matériel est dissipatif
- les effets transitoires dominant
- les modes d'échange ne peuvent être simulés dans l'enceinte

Alors développer un modèle de comportement thermique et spécifier pour l'essai :

- la vitesse d'air autour du matériel
- le support et les conditions de liaison
- la position par rapport aux écrans ou parois
- le point de pilotage
- le profil de la grandeur à réaliser au point de pilotage

Limitations dues aux difficultés de mise en œuvre, par exemple :

- mise en activation par operateur pas toujours possible dans une

- chambre climatique
- visée optique perturbée par les imperfections du hublot

7 CHOIX DES MOYENS D'ESSAIS

7.1 Enceintes climatiques

7.1.1 Généralités

Les transferts de chaleur entre le matériel à essayer et l'atmosphère contenue dans l'enceinte climatique s'effectuent selon trois mécanismes distincts : convection, rayonnement, conduction.

Il existe cependant deux types d'échanges convectifs :

- la convection naturelle (dite en air calme),
- la convection forcée (cas le plus souvent rencontré dans les enceintes climatiques).

Dans une enceinte climatique la convection en air calme se rencontre rarement et n'est utilisée que lorsque la vitesse de circulation d'air risque de fausser les résultats de l'essai. Dans ce cas, le contrôle de la température de l'air doit être obtenu en chauffant ou refroidissant les parois de l'enceinte. Si le moyen d'essai ne le permet pas, on peut, pour mieux reconstituer les conditions d'air calme, protéger le matériel à essayer par des écrans, voire le placer dans une boîte jouant le rôle d'enceinte intermédiaire entre lui-même et le moyen d'essai dont on dispose.

Dans une enceinte climatique avec circulation forcée de l'air, la vitesse de circulation de l'air doit être suffisante pour éviter que le matériel à essayer soit soumis à des conditions trop sévères, sans être, cependant, trop rapide car un refroidissement excessif du matériel à essayer pourrait se produire.

Les effets de la circulation d'air sont décrits dans *l'annexe B* de la norme **UTE C 20-401 (CEI 68.3.1)**.

Pour procéder à des essais en environnement climatique sur des matériels dissipant de l'énergie, *le tableau 3 ci-après* donne les paramètres d'une enceinte climatique. Ces paramètres influent considérablement les résultats de l'essai et doivent donc être pris en considération.

Mécanisme de transfert	Convection		Rayonnement	Conduction
	Naturelle	Forcée		
Paramètres de l'enceinte climatique	<ul style="list-style-type: none"> • dimensions • température de l'air • composition de l'air 	<ul style="list-style-type: none"> • vitesse de l'air • température de l'air • composition de l'air • direction du flux d'air 	<ul style="list-style-type: none"> • température des parois • pouvoir émissif des parois • facteur d'angle 	<ul style="list-style-type: none"> • caractéristiques thermiques du montage d'essai

Tableau 3 : Paramètres d'une enceinte climatique

7.1.2 Critères de choix

Il est recommandé de choisir les enceintes climatiques à partir des critères suivants :

7.1.2.1 Critères liés au matériel à essayer

7.1.2.1.1 Volume délimité par les surfaces enveloppes

Pour obtenir une vitesse d'échange convectif suffisante, il est souhaitable que le rapport du volume de l'enceinte au volume délimité par les surfaces enveloppes du matériel à essayer soit supérieur ou au moins égal à 10.

Cette règle ne s'applique donc pas aux enceintes à vide.

7.1.2.1.2 Surfaces et états de surface

Pour les matériels dissipatifs, il importe de prendre en considération les échanges conductifs, convectifs et radiatifs, entre le matériel à essayer et son environnement dans l'enceinte d'essai (supports; parois; etc.).

7.1.2.1.3 Pouvoir de dissipation

La distance minimale entre la surface du matériel à essayer et la paroi correspondante de l'enceinte doit être de 10 cm.

A moins que la relation entre le volume du matériel et son pouvoir de dissipation par unité de surface soit telle que la figure 6 *ci-dessous* indiquent qu'une plus grande distance est requise.

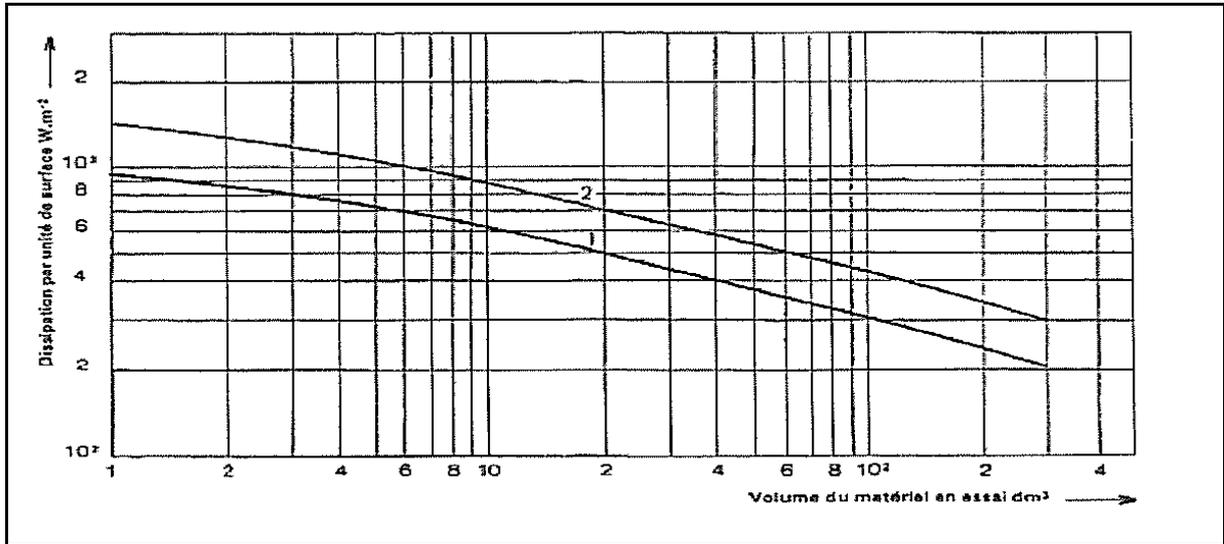


Figure 6 : Relation entre volume du matériel et pouvoir de dissipation

La courbe 1 donne la dissipation maximale tolérée par unité de surface en fonction du volume du matériel à essayer lorsque la distance entre la surface du matériel et l'enceinte est de 10 cm.

La courbe 2 donne la même relation lorsque la distance est de 20 cm.

Le matériel à essayer doit être placé aussi près que possible du centre de l'enceinte afin qu'entre chacun de ses points et les parois il existe un espace aussi grand que possible, la distance minimale entre la surface du matériel et la paroi correspondante ne devant pas être inférieure à 10 cm, tout en respectant le rapport des volumes entre celui du matériel à essayer et celui de l'enceinte.

7.1.2.1.4 Capacité calorifique

Dans le cas d'un matériel à forte inertie thermique, prévoir s'il y a lieu, des dispositions particulières pour la détermination du point initial d'application de la sévérité et de la durée de l'essai.

7.1.2.2 Critères liés à l'enceinte climatique

Lorsque l'on a des doutes sur les possibilités offertes par une enceinte climatique pour respecter les tolérances et autres spécifications demandées relatives aux paramètres à maîtriser, il est recommandé d'effectuer un essai préliminaire dont les résultats sont portés à la connaissance du demandeur d'essai, dans le cadre d'une étude de faisabilité, ceci conduit soit :

- à spécifier des tolérances mieux adaptées,
- à choisir un autre moyen d'essai.

Les critères à considérer sont notamment les suivants :

7.1.2.2.1 Rayonnement des parois

Si les échanges thermiques par rayonnement risquent de jouer un rôle important dans l'équilibre thermique du matériel à essayer :

- la température des parois internes de l'enceinte climatique ne doit pas s'écarter de plus de 8 % de la température spécifiée (*exprimée en degrés K*),
- le pouvoir émissif de ces parois doit être aussi proche que possible de celui du corps noir.

En pratique, un *coefficient de 0,7* doit pouvoir être facilement obtenu.

7.1.2.2.2 Circulation de l'air

A l'intérieur de l'enceinte climatique la circulation de l'air doit permettre :

- dans le cas d'un matériel non dissipatif, de maintenir la température de l'air dans l'espace de travail à 2 °C de la température spécifiée,
- dans le cas d'un matériel dissipatif, de reproduire de manière suffisamment représentative les conditions d'échange thermique demandées.

Il importe dans ce cas que la vitesse de l'air soit suffisamment faible pour ne pas modifier les températures de surface du matériel essayé, de plus de 2 °C par rapport à ce qu'elles seraient en air calme, Pour cela l'emploi de dispositifs particuliers (écrans par exemple) peut être nécessaire. En outre, si le matériel à essayer comporte lui-même une circulation d'air forcée, des précautions particulières doivent être prises.

7.1.2.2.3 Dispositifs de sécurité

Il importe que l'enceinte climatique soit munie des dispositifs de sécurité suivants :

- un dispositif manuel d'arrêt d'urgence;
- un dispositif automatique d'arrêt en cas de dépassement d'une limite donnée.

Il peut en outre être nécessaire de prévoir dans certains cas 2 dispositifs complémentaires :

- un dispositif de sauvegarde du matériel à essayer, en cas de défaillance du moyen d'essai ou de comportement anormal du matériel soumis à l'essai,
- un dispositif de protection du moyen d'essai contre les dangers provenant du matériel à essayer.

7.1.2.2.4 Propreté des enceintes

La conception de l'équipement et l'entretien des enceintes doivent permettre d'assurer un niveau de propreté en adéquation avec le matériel à essayer.

Cette propriété doit être vérifiée avant chaque essai, notamment en ce qui concerne les capteurs.

Des dispositifs particuliers peuvent permettre :

- de se prémunir contre des pollutions permanentes (ou accidentelles provenant de l'environnement général de l'enceinte elle-même (filtres ; vannes ; pièges à huile ; pièges à humidité).
- de traiter l'atmosphère intérieure contre les pollutions provenant du matériel à essayer (dégagement de vapeur, de solvant, etc.).

7.1.2.2.5 Autres critères

L'enceinte climatique étant vide :

- le gradient de température dans l'espace de travail doit être inférieur à 1 °C *par mètre* (excepté pour l'essai de vide thermique),
- la vitesse de l'air dans l'espace de travail ne doit pas excéder 2 *mètres par seconde* en prévision d'essais sur des matériels non ou faiblement dissipatifs. Dans les autres cas une vitesse plus faible doit être recherchée et l'influence du brassage prise en considération. (La vitesse de l'air est sans objet pour l'essai de vide thermique et sa valeur notablement réduite pour l'essai de rayonnement solaire; la valeur moyenne des vitesses de variation de température doit être comprise *entre 0,7 et 2 °C par minute*, la vitesse maximale restant *inférieure à 3 °C par minute* (excepte pour les essais de variation de température, de choc thermique et de vide thermique, pour lesquels la vitesse de variation de température doit être définie dans le programme d'essai),
- la simulation de l'environnement réel doit être respectée notamment pour ce qui concerne les phénomènes de conduction.

7.1.3 Vérification des performances et des dispositifs de sécurité

7.1.3.1 Réglage de l'instrumentation

D'une manière générale, les tolérances spécifiées ne doivent en aucun cas laisser de latitude pour le réglage des paramètres dans l'espace de travail.

En conséquence le réglage ne doit pas être fait de manière à atteindre une limite de la zone de tolérance. Ceci même si les qualités métrologiques de l'instrumentation utilisée permettent de garantir que l'on ne dépassera jamais cette valeur limite.

La stabilité de température est atteinte :

- lorsque l'élément de plus grande inertie thermique (à préciser dans le programme d'essai) du matériel à essayer en fonctionnement atteint une température dont la variation reste *inférieure à 2 °C par heure* au voisinage de la température finale,
- ou encore lorsque la partie de plus forte inertie thermique (à préciser dans le programme d'essai) atteint la température demandée, à 2 °C près.

7.1.3.2 Stabilité de température

La stabilité de température est atteinte :

- lorsque l'élément de plus grande inertie thermique (à préciser dans le programme d'essai) du matériel à essayer en fonctionnement atteint une température dont la variation dépasse plus *2 °C par heure* au voisinage de la température finale,
- ou bien lorsque la partie de plus forte inertie thermique (à préciser dans le programme d'essai) atteint la température demandée, à 2 °C près.

7.1.3.3 Tolérances sur les paramètres à maîtriser

Le respect des tolérances spécifiées sur les paramètres à maîtriser est vérifié grâce aux valeurs restituées par les témoins de l'environnement réalisés sauf spécifications contraires précisées dans le programme d'essai, les tolérances généralement admises sont :

- sur la température :
 - o $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dans l'espace de travail ($\pm 3^{\circ}\text{C}$ au dessus de + 150 °C).
- sur l'humidité relative :
 - o $\pm 5\%$ (cette tolérance, compatible avec les moyens classiques de mesure de l'humidité, est suffisante pour assurer une bonne reproductibilité de l'essai).

7.1.4 **Contraintes mécaniques**

- Prendre en considération les dimensions et le poids du matériel à essayer ainsi que son orientation et l'excentration de son centre de gravité.
- Laisser disponible le volume d'essai sans créer d'ombre portée sur le matériel à essayer.
- Permettre le cheminement et la fixation des câblages et des circuits d'alimentation, de commande, de mesure, etc.

7.1.5 **Contraintes thermiques**

Tenir compte de la stratégie spécifique de l'essai à effectuer en utilisant une interface qui, selon les cas, peut être :

- passive (non régulée en température)
- active (régulée en température)
- isolée thermiquement (ou non)
- isolée électriquement (ou non).

Tenir compte des températures des fluides et de leur influence sur l'environnement à réaliser.

Le montage d'adaptation devra permettre un positionnement relatif du matériel à essayer par rapport aux parois de l'enceinte de telle façon que les échanges thermiques par rayonnement soient minimisés (facteur d'angle), sauf pour les essais de vide thermique où les échanges par rayonnement sont au contraire recherchés.

Dans le cas de matériels dissipatifs, l'impédance thermique du montage d'adaptation peut avoir une influence significative sur les échanges par conduction. Aussi, il est recommandé de se rapprocher autant que possible de celle des supports réels.

Veiller à ce que tous les matériaux constituant les montages d'adaptation soient qualifiés aux températures extrêmes. (Pour information, le bois peut s'enflammer spontanément à 100°C).

7.1.6 Contraintes de propreté

Manipuler les matériels avec des précautions et des équipements adaptés (gants : flux laminaires, etc.)
Procéder éventuellement à des contrôles de contamination.

7.1.7 Contraintes optiques

Tenir compte de la stratégie spécifique de l'essai à effectuer pour déterminer les protections des montages d'adaptation. (Réflectivité proche de celle du matériel en essai dans le cas d'un adaptateur passif, *proche de 1* dans le cas contraire).

Eviter les réflexions parasites vers le matériel en essai.

Limiter les réflexions vers les écrans compte-tenu des performances de l'enceinte climatique utilisée.

Eviter les condensations sur les optiques en utilisant des puits thermiques placés à des températures inférieures à celle du matériel en essai.

7.1.8 Contraintes liées aux raccordements électriques

Contrôler la capacité et la bande passante des lignes de commande et de mesure basse et haute fréquence.

Vérifier la compatibilité des connexions, embases et traversées avec les câblages de mesure.

S'assurer de la compatibilité électromagnétique de ces câblages.

7.2 Chaleur humide

7.2.1 Raccordements des fluides

S'assurer de l'étanchéité des raccords fixes et/ou mobiles

Procéder éventuellement à une détection de fuite.

7.2.2 Paramètres intervenant sur le comportement du matériel à essayer

Dans chaque annexe relative à un essai spécifique en environnement climatique, les paramètres susceptibles d'intervenir sur le comportement du matériel à essayer sont présentés.

Ces paramètres sont classés comme suit :

- paramètres caractérisant la sévérité de l'essai :
Ce sont les paramètres pris en considération par la norme **GAM EG 13** dans les fascicules relatifs aux divers essais en environnement pour déterminer la sévérité de l'essai considéré.
Il appartient au demandeur de l'essai de fixer dans le programme d'essai, la valeur de ces paramètres.
- autres paramètres à maîtriser :
Ce sont les paramètres généralement non spécifiés dans la sévérité de l'essai, mais qui néanmoins ont une influence sur :
 - o le comportement du matériel à essayer
 - o la reproductibilité de l'essai en environnement
- Paramètres à connaître :
Ce sont tous les autres paramètres que l'on ne peut pas forcément maîtriser, mais dont la connaissance permet de mieux appréhender les relations d'équilibre et/ou d'échange entre le matériel à essayer et son milieu environnant (parois de l'enceinte : supports et montages d'essai, etc. ...) dans le cas où soit le laboratoire d'essai, soit le demandeur d'essai juge cette connaissance nécessaire.

Cette connaissance peut notamment conduire à un choix plus optimal du moyen d'essai à mettre en œuvre.

- après avoir maintenu ouverte la porte de l'enceinte climatique pendant 1 minute, les conditions prescrites pour l'essai doivent pouvoir de nouveau être obtenues en moins de 20 minutes (Temps de récupération).
- le matériel en essai ne doit pas être soumis au rayonnement de chaleur provenant des dispositifs de mise en température de l'enceinte climatique.
- des précautions doivent être prises pour que la capacité thermique du matériel en essai ne perturbe pas de façon appréciable les conditions climatiques à l'intérieur de l'enceinte.
- les gouttelettes d'eau provenant soit de la condensation sur les parois, soit des bouches d'admission de la vapeur ne doivent pas pénétrer dans l'espace de travail (prévoir un système de drainage).

7.2.3 Choix des moyens d'essais

Se reporter au § 4.2 de la recommandation **RE.Aéro 601.12**, tout en prenant en considération les éléments suivants :

- la température doit pouvoir varier entre +20°C et +70°C en un temps compris entre 90 et 250 minutes quel que soit le sens de la variation de la température
- la plage d'humidité relative doit être comprise entre X% et 95%, le taux minimum X% étant déterminé en fonction du besoin exprimé par le demandeur d'essai
- l'écart de régulation doit pouvoir être maintenu à, $\pm 5\%$ autour de la valeur affichée (en valeur constante) d'un taux d'humidité relative compris entre 60% et 95% à température constante.
A noter que cet écart peut être plus important pendant les phases de variation de la température
- la vitesse de réchauffement doit être telle que les conditions climatiques suivantes puissent être atteintes en moins de 120 minutes :
 - o Température : +60°C
 - o Humidité relative : 95%
- les conditions climatiques régnant en tout point de l'espace de travail doivent être uniformes et aussi proches que possible de celles régnant au voisinage immédiat des capteurs de température et d'humidité
- la vitesse de circulation de l'air nécessaire et suffisante pour maintenir les conditions climatiques spécifiées, on ne doit cependant pas perturber le fonctionnement des psychromètres (placer des écrans le cas échéant).

7.3 Variation de température :

Les variations de température prises en considération dans le fascicule **08 du GAM 06 de la GAM EG-13 (1^{ère} partie)** qui n'excèdent pas 10°C/min, ne permettent pas de couvrir les variations rapides de température auxquelles sont soumis les avions de combat (et leur armement extérieur) dans les montées ou les descentes rapides.

En revanche, cet essai permet de simuler les évolutions journalières de température dont la vitesse est généralement inférieure à 1°C/min.

A noter que l'on ne cherche pas dans cet essai à provoquer de la condensation sur le matériel en essai. Ni à provoquer des phénomènes de pompage d'humidité dans les craquelures ou les fissures, suivis de givrage.

7.4 Choc thermique

Aucun consensus n'existe actuellement au plan international comme au plan national sur la définition du choc thermique par rapport à la variation de température.

Les différentes tendances recensées sont :

- de considérer qu'il y a choc thermique lorsque la variation de la température dans l'air est plus rapide que 10°C par minute (approche GAM EG. 13) :
- de considérer qu'il y a choc thermique lorsque le passage d'une température à l'autre se fait brutalement (échelon) et qu'il y a variation de température lorsque ce passage se fait progressivement (rampe).

Quelque soit le moyen d'essai à utiliser, l'essai de choc thermique n'est pas destiné à reproduire exactement les conditions réelles.

Les vérifications de fonctionnement du matériel à essayer peuvent être effectuées pendant la variation de température ou après un nombre spécifié de cycles de variation.

Deux moyens d'essais permettent de répondre au mode opératoire décrit au *fascicule 07 de la GAM EG.13 (1^{ère} partie)* :

- l'un est constitué d'une enceinte à deux compartiments portés à des températures différentes, dans laquelle le matériel à essayer transite d'un compartiment à l'autre à l'aide d'un dispositif approprié (ascenseur ; nacelle ; chariot ; ...) sans entrer en contact avec l'atmosphère ambiante du laboratoire,
- l'autre est constitué de deux enceintes différentes, plus ou moins espacées, le transfert de matériel à essayer s'effectuant de l'une à l'autre en passant par le laboratoire.

Le choix de l'un de ces moyens d'essais s'effectuera à partir des critères suivants :

- niveau de représentativité recherché,
- volume et masse du matériel à essayer.

Nota:

- les enceintes ne comportant qu'un seul compartiment capable de faire de façon autonome, des variations de température supérieures à 10°C par minute ou bien d'assurer le passage d'une température à l'autre en 2 ou 3 minutes peuvent être utilisées pour des variations rapides de température
- la norme NF C 20 714 décrit un mode opératoire spécifique aux composants électroniques et aux petits matériels étanches, qui met en œuvre un moyen d'essais particulier comportant deux bains de liquides portés à des températures différentes.

7.5 Essai de brouillard salin

Se reporter aux prescriptions de la norme *NF X 41-002* en tenant compte notamment des considérations suivantes :

- les supports doivent être conçus de telle sorte qu'ils ne modifient pas les caractéristiques de la solution saline. Tous les éléments de l'enceinte d'essai et des supports devant être en contact avec le matériel à essayer seront construits dans un matériau ou revêtus d'une matière ne provoquant pas de corrosion électrique,
- le réservoir contenant la solution saline doit être fait d'un matériau ne réagissant pas avec la solution,
- les pulvérisateurs destinés à injecter la solution saline à l'intérieur de l'enceinte d'essai seront conçus et fabriqués de telle sorte qu'ils produisent un brouillard dense composé de fines particules. Les buses de pulvérisation et les tuyauteries doivent être fabriquées dans une matière ne réagissant pas avec la solution,
- le liquide de condensation ne doit pas goutter sur le matériel en essai,
- le liquide entrant en contact soit avec l'enceinte d'essai, soit avec le matériel en essai, ne doit pas retourner au réservoir de solution saline,
- l'enceinte d'essai doit posséder une mise à l'air libre de manière à éviter toute surpression,
- l'utilisation de résistances immergées à l'intérieur de l'espace de travail en vue d'y stabiliser la température est interdite.

7.6 Essai de moisissures

Le laboratoire doit être équipé de matériels adaptés à la réalisation des essais, en particulier, d'enceintes climatiques régulées en température et hygrométrie, pouvant éventuellement permettre la réalisation de cycles. Les dimensions de ces enceintes conditionnent celles des matériels à mettre en essai.

Ces enceintes sont de 2 types :

- enceintes dans lesquelles les essais sont exécutés dans des récipients fermés (boîtes de Pétri, boîtes de Roux, cristallisoirs ou cuves en pyrex), c'est le cas de :
 - o toutes les enceintes de faibles dimensions (au maximum 1 dm³ utile), qui ne sont que des enceintes climatiques simplifiées (une température, une humidité, avec air filtré, recyclé ou non),
 - o certaines chambres en maçonnerie, qui ne se distinguent des précédentes que par leur volume beaucoup plus important (de 10 à 23 m³).
- enceintes climatiques dans lesquelles les micro-organismesensemencent l'atmosphère de la chambre elle-même et où les matériaux et matériels en essai sont disposés sur des étagères, à l'abri d'un ruissellement éventuel. Le développement des micro-organismes est assuré par l'introduction de bacs de terreau de feuilles mortes et des ensemencements réguliers par pulvérisations à l'air comprimé de suspensions de spores de moisissures et de bactéries. Ces enceintes dites chambres tropicales présentent, le plus souvent, un cycle journalier des températures.

Une chambre de grandes dimensions permet la réalisation de différents essais sur des matériels de grandes dimensions, à condition que tous les essais impliquent les mêmes contraintes climatiques et que chaque matériel soit placé dans un conteneur spécifique, inerte vis-à-vis des moisissures, *non hermétique* (fermeture par couvercle simplement posé, par bourre de coton cardé, par filtre de textile synthétique ...) ce qui nécessite pour le laboratoire de posséder toute une gamme de conteneurs et/ou de réaliser des protections adaptées par thermo-soudage (polychlorure de vinyle soudé par exemple).

Cependant, il faut signaler la difficulté de maintenir une humidité importante dans de tels conteneurs quand les échanges avec l'enceinte ne sont pas suffisants, surtout pour des durées d'essai supérieures à 2 mois. Le moyen de palier cet inconvénient est de placer à côté du matériel une capsule remplie d'eau distillée stérile ou d'eau gélosée stérile à 1.2 ou 1.4 % dont le volume est fonction de celui du conteneur.

Il est inutile d'ouvrir les couvercles en cours d'incubation pour renouveler l'air ambiant ; dans le cas d'observation d'un matériel à différentes durées d'essai, il est souhaitable soit de pratiquer l'examen au travers du conteneur transparent, soit de mettre un matériel en essai pour chacune des durées envisagées.

Le conteneur utilisé doit être stérilisable, soit à usage unique.

7.6.1 Souches

7.6.1.1 Choix

Le choix des souches (c'est-à-dire des espèces pures de moisissures constituées de mycélium et de spores) destinées à infecter le matériel, est très important. De ce choix dépend l'efficacité de l'essai et sa reproductibilité.

Si les souches de mycothèque, répertoriées d'origine connue, assurent la reproductibilité des essais, elles peuvent s'avérer moins efficaces. C'est-à-dire, ne pas avoir un aussi fort pouvoir de détérioration, que des souches dites *sauvages* collectées sur un matériel moisi et dûment identifiées. Aussi, est-il indispensable que le laboratoire d'essai s'assure périodiquement de la capacité de détérioration des espèces qu'il utilise.

Les normes imposent l'inoculation des matériaux et des matériels par des mélanges de spores de différentes moisissures, chaque espèce particulièrement adaptée à la nature des éléments à essayer : textiles, matières plastiques ...

Les normes ayant le même objet peuvent proposer des inocula différents, par exemple : **MIL STD 810D (méthode 508.3)** ; **GAM EGI3 (fascicule 13)**; le choix correspond davantage à une pratique des laboratoires ayant participé à l'élaboration des méthodes d'essais qu'à des résultats plus probants dans un cas que dans l'autre, il est nécessaire de se limiter à quelques espèces choisies en fonction de leur spécificité et de leur faculté à se multiplier facilement *in vitro*.

7.6.1.2 Obtention-Préparation

Les laboratoires d'essais se procurent les souches dans les mycothèques ou bien disposent de leur propre élevage.

Les souches provenant des mycothèques sont dites à 2% de la concentration du constituant majeur du milieu (malt ou avoine) et doivent être repiquées sur des milieux à 4% pour pouvoir être utilisées.

Certaines mycothèques fournissent des moisissures dites *prêtes à l'emploi*, mais les souches sont, de plus en plus proposées lyophilisées ou congelées, ce qui implique leur repiquage sur milieu approprié.

Après tout repiquage, les souches sont mises à incuber à 22 ±1°C et utilisées à partir du 14^{ème} jour correspondant à la maturation d'un maximum de spores. Après le 28^{ème} jour, les cultures sont estimées trop âgées et insuffisamment virulentes pour être utilisées.

7.6.1.3 Disposition de sécurité

Après chaque étape de manipulation, le matériel, la verrerie, les milieux et d'une manière générale tout ce qui a pu être contaminé par les moisissures, doit être stérilisé, même si cela doit être jeté.

Les moyens de stérilisation sont variés et doivent être adaptés à la nature de l'élément concerné :

- chaleur sèche à +200°C (four) : verrerie, inox
- chaleur humide (autoclave) : milieu d'essais, tubes ayant contenu des moisissures
- gaz (oxyde d'éthylène) : matériels complexes ...
- solvant organique ou liquide aseptique (éthanol 60%, eau de javel) : surface de travail, mains

7.6.1.4 Résistance aux moisissures

Pour déterminer la capacité de la matière de résister à l'attaque par des spores de moisissure, voir la PART 3 du chapitre 401 essai CN1 - la croissance de la moisissure doit être employée. L'information fiable sur la résistance de la matière est plus aisément obtenue à partir des essais sur des matériaux, des composants et des montages partiels témoin.

- Les durées des périodes d'incubation dépendent du but de l'essai comme suit :
 - o Procédure d'essais A
Exposition de 28 jours pour la matière d'essai qui en service est protégée contre la contamination directe par les substances qui sont des nutriments pour alimenter des spores.
Exposition de 84 jours pour la matière d'essai où les effets sur l'exécution fonctionnelle doivent également être évalués.
 - o Procédure d'essais B
Exposition de 28 jours où comme le prévoit, le spécimen d'essai en service sera contaminé avec les substances nutritives qui supportent la croissance de moisissure, 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 l'aliment des substances. Dans ces cas le deuxième spécimen est soumis au stockage chaud et humide sans inoculation, afin d'accentuer tous effets résultant de l'exposition à la chaleur humide seul. Cependant, il peut être approprié de ne pas suivre la recommandation où le programme d'essai exige l'humidité séparée pour être fait sur des spécimens identiques. D'autres avis devraient être demandés aux laboratoires spécialisés dans l'essai de développement de moisissure.

7.7 Altitude

7.7.1 **Choix des moyens d'essais**

Tenir compte des recommandations suivantes :

- éviter la contamination du matériel en essai susceptible d'être provoquée par les dispositifs auxiliaires et par l'introduction de l'air dans l'enceinte lorsque la pression est ramenée à la valeur normale, en isolant les pompes par des dispositifs appropriés (vannes).
- l'essai pouvant entraîner une pénétration d'humidité (que l'on détecte fréquemment par une diminution de la résistance d'isolement), il est nécessaire que les connexions qui traversent les parois de l'enceinte soient assurées par des passages étanches aux variations de pression
- la vitesse de brassage de l'air dans l'enceinte peut être augmentée (automatiquement ou non), lorsque la pression décroît en dessous d'une certaine valeur (de l'ordre de 300 hPa absolus) dans le but d'améliorer l'homogénéité de la température de l'atmosphère dans l'espace de travail.
- si le matériel à essayer comporte des petits mobiles dont le mouvement peut être gêné par la formation de glace à l'intérieur du matériel, des mesures doivent être prévues dans l'enceinte pour commander ces mouvements par un dispositif mécanique ou électrique.
- la composition de l'air dans l'enceinte n'est généralement pas représentative des conditions naturelles. La cause en est :
 - o la pollution de l'atmosphère de l'enceinte par les vapeurs provenant du fluide de fonctionnement de la pompe et par les vapeurs libérées par les accessoires (soupapes ; isolants, etc.)
 - o la pollution due à la poussière ou à l'eau introduite par l'air pendant la remontée de la pression.

Les conséquences :

- un risque de contamination du matériel en essai (voir alinéa a),
- une influence sur le coefficient de convection, indépendante de la densité et de la vitesse de l'air dans l'enceinte,
- une influence sur les propriétés de transmission de l'air dans l'enceinte,
- un phénomène de condensation si le taux d'humidité relative est trop fort.

7.8 Variation de température

7.8.1 **Choix des moyens d'essais**

Se reporter *au paragraphe 4.2 de la recommandation RE.Aéro 601.12.*

Tenir compte de la masse et de la chaleur spécifique du matériel à essayer, ces paramètres étant très importants pour les essais avec variations rapides de température.

L'air dans l'enceinte devra cependant être suffisamment sec afin d'éviter les phénomènes de condensation.

Prévoir à cet effet un système de dessiccation de l'air admis :

- soit par passage de l'air sur un absorbant,
- soit par condensation de l'eau qu'il contient, sur un échangeur froid.

Les tableaux 4 et 5 présentent en fonction de la température dans l'enceinte d'essai et de l'écart de température entre celle de l'enceinte et celle du matériel, les taux d'humidité relative provoquant le phénomène de condensation.

Écart matériel/ enceinte	Température de l'enceinte en °C										
	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0
— 0,5	96	97	97	97	97	97	97	97	97	97	98
— 1,0	93	93	93	94	94	94	94	95	95	95	95
— 1,5	90	90	90	91	91	91	92	92	92	93	93
— 2,0	86	87	87	88	88	89	89	89	90	90	90
— 2,5	83	84	84	85	86	86	87	87	87	88	88
— 3,0	80	81	82	82	83	83	84	85	85	86	86
— 3,5	77	78	79	80	80	81	82	82	83	83	84
— 4,0	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82
— 4,5	72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80
— 5,0	69	70	71	72	73	74	75	75	76	77	78
— 5,5	66	68	69	70	71	72	72	73	74	75	76
— 6,0	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
— 6,5	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
— 7,0	59	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
— 7,5	57	58	60	61	62	63	64	65	66	67	68
— 8,0	55	56	57	59	60	61	62	63	64	65	66
— 8,5	53	54	55	57	58	59	60	62	63	64	65
— 9,0	51	52	54	55	56	57	59	60	61	62	63
— 9,5	49	50	52	53	54	56	57	58	59	60	61
— 10,0	47	48	50	51	53	54	55	56	58	59	60
— 10,5	45	47	48	49	51	52	53	55	56	57	58
— 11,0	43	45	46	48	49	50	52	53	54	55	57
— 11,5	42	43	45	46	47	49	50	51	54	54	55
— 12,0	40	41	43	44	46	47	49	50	51	52	54
— 12,5	38	39	41	43	44	46	47	48	50	51	52
— 13,0	37	38	40	41	43	44	46	47	48	50	51
— 13,5	35	37	38	40	41	43	44	46	47	48	49
— 14,0	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	48
— 14,5	33	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47
— 15,0	31	33	34	36	37	39	40	42	43	44	46
— 15,5	30	32	33	35	36	37	39	40	42	43	44
— 16,0	29	30	32	33	35	36	38	39	40	42	43
— 16,5	28	29	31	32	34	35	36	38	39	41	42
— 17,0	26	28	29	31	32	34	35	37	38	39	41
— 17,5	25	27	28	30	31	33	34	36	37	38	40
— 18,0	24	26	27	29	30	32	33	34	36	37	39
— 18,5	23	25	26	28	29	31	32	33	35	36	37
— 19,0	22	24	25	27	28	30	31	32	34	35	36
— 19,5	21	23	24	26	27	29	30	31	33	34	35
— 20,0	21	22	23	25	26	28	29	30	32	33	34

Humidité relative en %

Tableau 4 : Tableau des humidités provoquant la condensation

Écart matériel/ enceinte	Température de l'enceinte en °C										
	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0	95,0	100,0
– 0,5	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
– 1,0	95	95	95	96	96	96	96	96	96	96	96
– 1,5	93	93	93	93	94	94	94	94	94	95	95
– 2,0	90	91	91	91	92	92	92	92	93	93	93
– 2,5	88	89	89	89	90	90	90	91	91	91	91
– 3,0	86	86	87	87	88	88	88	89	89	89	90
– 3,5	84	84	85	85	86	86	87	87	87	88	88
– 4,0	82	82	83	83	84	84	85	85	86	86	87
– 4,5	80	80	81	82	82	83	83	84	84	85	85
– 5,0	78	78	79	80	80	81	81	82	82	83	83
– 5,5	76	76	77	78	78	79	80	80	81	81	82
– 6,0	74	75	75	76	77	77	78	79	79	80	80
– 6,5	72	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79
– 7,0	70	71	72	73	73	74	75	76	76	77	77
– 7,5	68	69	70	71	72	72	73	74	75	75	76
– 8,0	66	67	68	69	70	71	72	72	73	74	75
– 8,5	65	66	67	68	68	69	70	71	72	73	73
– 9,0	63	64	65	66	67	68	69	70	70	71	72
– 9,5	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
– 10,0	60	61	62	63	64	65	66	67	68	68	69
– 10,5	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
– 11,0	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
– 11,5	55	56	57	59	60	61	62	63	64	64	65
– 12,0	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
– 12,5	52	53	55	56	57	58	59	60	61	62	63
– 13,0	51	52	53	54	56	57	58	59	60	61	62
– 13,5	49	51	52	53	54	55	56	58	59	60	60
– 14,0	48	49	51	52	53	54	55	56	57	58	59
– 14,5	47	48	49	51	52	53	54	55	56	57	58
– 15,0	46	47	48	49	51	52	53	54	55	56	57
– 15,5	44	46	47	48	49	50	52	53	54	55	56
– 16,0	43	44	46	47	48	49	50	52	53	54	55
– 16,5	42	43	45	46	47	48	49	51	52	53	54
– 17,0	41	42	43	45	46	47	48	49	51	52	53
– 17,5	40	41	42	44	45	46	47	48	49	51	52
– 18,0	39	40	41	42	44	45	46	47	48	50	51
– 18,5	37	39	40	41	43	44	45	46	47	49	50
– 19,0	36	38	39	40	42	43	44	45	46	48	49
– 19,5	35	37	38	39	41	42	43	44	45	47	48
– 20,0	34	36	37	38	40	41	42	43	44	46	47

Humidité relative %

Tableau 5 : Tableau des humidités provoquant la condensation (suite)

7.9 Rayonnement solaire

7.9.1 Choix des moyens d'essais

Le moyen d'essai recommandé est constitué d'une enceinte aux parois non réfléchissantes, capable d'assurer les diverses conditions spécifiées pour le rayonnement solaire, la température et le brassage de l'air.

Le pouvoir émissif des parois de l'enceinte doit être aussi faible que possible et se rapprocher de celui du corps noir. Le tableau 6 présente le pouvoir émissif de certains matériaux.

En outre, le volume de l'enceinte doit être nettement supérieur au volume-enveloppe du matériel à essayer (théoriquement *10 fois supérieur*).

Les batteries de lampe doivent être alimentées à partir d'une alimentation stabilisée afin d'obtenir un rayonnement constant.

Les lampes au xénon à arc long et avec filtre, qui émettent un rayonnement proche du spectre solaire, sont préférables à toutes autres.

Surface	t °C	ϵ_n	ϵ		
Or poli	130	0,018	0,725		
	400	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			
Aluminium brillant laminé	170	0,039	0,049		
	500	0,050			
	Aluminium, peinture au bronze	100		0,20 - 0,40	
	Silicium fondu poli	150		0,186	
	Nickel mat nettoyé	100		0,041	
	Nickel poli	100		0,045	
	Manganèse brillant laminé	118		0,048	
	Chrome poli	150		0,058	
Fer nettoyé décapé	150	0,128	0,158		
	20	0,24			
	20	0,61			
	20	0,77			
	130	0,60			
	100	0,80			
	20	0,85			
	80	0,613			
	200	0,639			
Acier non étamé (X5CrNi 18 9)	— poli	50	0,11	0,11	
		115	0,12		
		180	0,13		
	— sablé	70	0,44		0,43
		+ 40	0,46		
		+ 150	0,48		
Rugosité (écart moyen arithmétique $R_a = 2,1 \mu\text{m}$ (ISO R 468))					
Zinc oxydé gris	20	0,23 - 0,28	0,366		
	20	0,28			
	80	0,340			
	80	0,855			
	80	0,84			
	70	0,91			
Émeri à gros grain	70	0,91	0,86		
	Argile cuit au four				
	Vernis pour radiateur	100		0,925	
		100		0,93	
		20		0,85 - 0,95	
		80		0,970	
80		0,935			
80					
Laque noire mate	80	0,970	0,89		
	80	0,935			
	80	0,93			
	20	0,93			
	90	0,940			
	0	0,966			
	0	0,985			
	20	0,96			
	95	0,92			
	70	0,935			
20	0,93				
Feutre pour toiture	20	0,93	0,91		
	20	0,93			
	20	0,93			
	20	0,93			
	20	0,93			
	20	0,93			
	20	0,93			
	20	0,93			

Tableau 6 : Pouvoir émissif de certains matériaux à la température

7.10 Surpression

7.10.1 Choix des moyens d'essais

Il importe que l'enceinte d'essais soit munie de traversées (électriques, hydrauliques, pneumatiques) *étanches* et en nombre suffisant pour pouvoir :

- alimenter en énergie le matériel à essayer,
- vérifier son comportement pendant l'essai,
- effectuer l'environnement réalisé.

Si nécessaire, prévoir des hublots permettant l'observation visuelle du matériel en essai.

7.11 Poussières

L'essai aux poussières, préconisé par la **GAM EG13 (1ère partie)** résulte d'une remise en cause profonde des essais aux poussières précédemment connus. Cet essai est maintenant défini en fonction de critères scientifiques et techniques rigoureux qui permettent de garantir une reproductibilité suffisante.

Orienté vers l'étude du colmatage dû aux poussières, cet essai n'est pas destiné à simuler des phénomènes d'érosion. Il importe de remarquer que les conditions de l'essai sont telles que les effets d'abrasion superficielle lors de l'impact des poussières sur le matériel en essai sont négligeables.

Les conditions de reproductibilité de l'essai conduisent à préconiser un écoulement laminaire, à une vitesse contrôlée ne dépassant pas *10 mètres par seconde*, d'un mélange gazeux uniformément empoussiéré. Bien adapté pour juger de l'étanchéité d'un matériel en air calme mais empoussiéré, cet essai ne convient pas pour simuler des sollicitations de vents forts ou de rafales (vent de sable ; mesures de surpression locales en écoulement turbulent : tenue aux rafales ; érosion éolienne ; etc ...).

7.12 Essais d'étanchéité aux gaz

Deux cas peuvent se présenter pour lesquels le **fascicule 19 de la GAM EG-13** prévoit deux modes opératoires :

- le matériel est en surpression dans un environnement atmosphérique normal (**voir mode opératoire 1 : étanchéité en surpression interne**)
- le matériel est à la pression atmosphérique dans un environnement en dépression (**voir mode opératoire 2 : étanchéité en dépression externe**).

Ces deux modes opératoires s'appliquent à la détection de fuites franches pour lesquelles le taux de fuite normalisé équivalent est *supérieur à 1 Pa.cm³/s* (ou $1 \times 10^{-5}.cm^3/s$).

L'essai **en dépression externe (mode opératoire 2)** ne permet aucune quantification du taux de fuite mais permet de localiser la fuite selon les facultés d'observation de l'opérateur).

Il existe cependant d'autres méthodes de détection de fuites :

- le matériel étant en surpression interne :
 - o essai d'immersion,
 - o essais dits à la bulle ou à la bombe,
 - o essai au gaz traceur.
- le matériel étant en dépression externe :
 - o essai au gaz traceur,

A noter que les essais au gaz traceur, surtout utilisés pour détecter les fuites fines, permettent de quantifier les taux de fuite mais ne permettent pas leur localisation.

Choix des moyens d'essais

Se conformer aux prescriptions du **fascicule 19 de la GAM EG13**.

Pour les essais en dépression externe, l'enceinte d'essai doit permettre une excellente observation visuelle. En outre, elle doit permettre avant de *casser le vide* :

- soit l'évacuation du liquide utilisé pour le bain,
- soit l'enlèvement du matériel hors du bain.

Les liquides à utiliser devront être stables pendant toute la durée de l'essai.

7.13 Jet d'eau

Cet essai se différencie de l'essai de pluie par le fait qu'il simule l'exposition d'un matériel à de fortes projections d'eau dans toutes les directions mais pendant un temps relativement bref. (Par exemple : atterrissage sur une piste inondée)

Choix des moyens d'essais

La configuration géométrique de la buse d'arrosage devra être conforme au modèle présenté en *figure 7*. Pour le site d'essai, se conformer aux conditions de montage et d'installation pouvant justifier l'utilisation d'accessoires artificiels tels que toit, planches ou murs.

Dimensions en millimètres

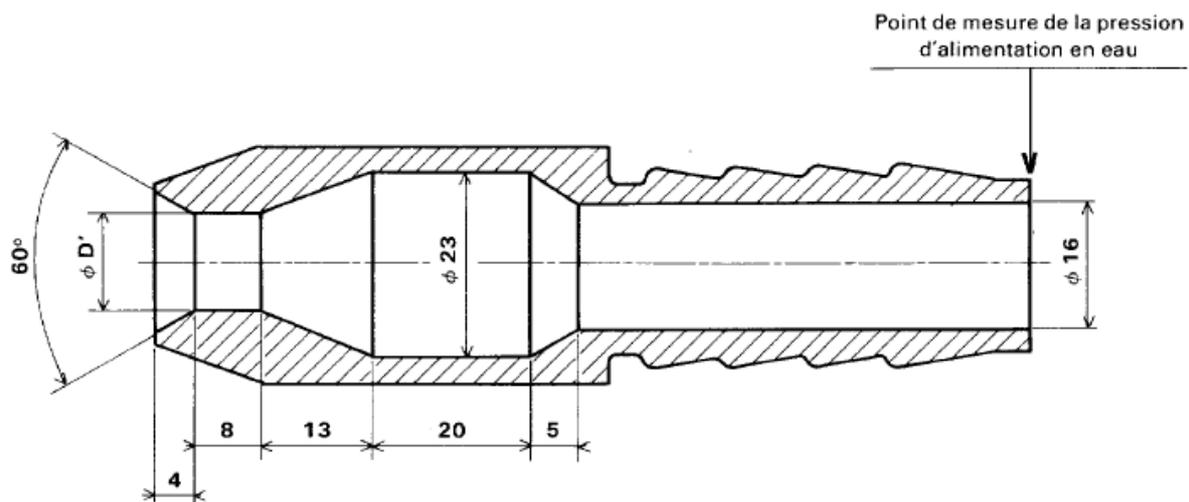


Figure 7 : Buse à utiliser pour les essais de jet d'eau

8 CHOIX DES MOYENS DE MESURE

8.1 Chaleur humide

La chaîne de mesure doit permettre de mesurer le taux d'humidité relative :

- soit directement au moyen de capteurs capacitifs,
- soit par le traitement des données fournies par les psychromètres.

Se reporter pour cela à la recommandation *RM. Aéro 80801*.

Il est néanmoins recommandé de tenir compte des éléments suivants :

- la cadence des mesurages doit être supérieure à 2 points par minute
- la constante de temps du capteur de température au point de pilotage doit être inférieure à 30 secondes en air calme
- la constante de temps de l'hygromètre doit être égale à celle du capteur de température.

Les calculs seront effectués en utilisant les formules, tables et diagrammes joints en *appendices 1 à 4 de l'annexe 3 de la recommandation RE.Aéro 601.12*.

8.2 Moisissures

8.2.1 Observations visuelles

Les normes préconisent une échelle de cotation qui permet de lier l'envahissement des moisissures (exprimé en pourcentage de la surface envahie) au risque de détérioration présenté par le matériel. Dans la réalité, seul un personnel qualifié, habitué à ce type d'essais, peut évaluer les risques réels en fonction de l'importance du développement, de sa localisation et de la fructification (présence ou non de spores).

A cette cotation, complétée par l'appréciation du développement, doit être obligatoirement associée une description des dommages pour chaque élément du matériel.

Les observations doivent être faites immédiatement après la sortie de l'enceinte d'essai, de préférence en présence du demandeur de l'essai.

Lors d'un essai aux moisissures, la corrosion observée en sortie d'essai est généralement due à l'action de la chaleur et de l'humidité, les moisissures aggravant généralement ce phénomène.

8.2.2 Mesures des caractéristiques

Il est également possible d'évaluer les dommages causés par les moisissures sur le matériel par la mesure des caractéristiques spécifiques résiduelles (physiques, mécaniques, électriques, voire chimiques).

8.2.3 Témoins de viabilité

Les témoins de viabilité, disposés à proximité du matériel en essai, renseignent sur l'agressivité des souches et permettent de vérifier le bon déroulement de l'essai, en particulier le maintien du taux d'humidité.

A ces témoins de fiabilité seront associés les témoins de l'environnement réalisé dans les enceintes d'essai.

8.3 Brouillard salin

Les moyens de mesure recommandés sont :

- des densimètres à plongeur pour la masse volumique de la solution,
- du papier indicateur pour le pH de la solution saline,
- des sondes thermométriques pour la température de l'enceinte et celle de la solution,
- des réceptacles collecteurs de brouillard, de *10 cm de diamètre (80 cm² de section collectrice horizontale)*,
- des éprouvettes graduées pour mesurer la quantité des condensats recueillis.

8.4 Variation de température

En général se reporter au *paragraphe 4.1.1 de la recommandation RE.Aéro 601.12*

Pour les mesures de température et de vitesse de circulation de l'air, se reporter aux *annexes G et H* de la norme *UTE-C 20 401*.

8.5 Chocs thermiques

Les capteurs de température doivent être choisis de telle sorte que leur temps de réponse (inertie thermique) soit compatible avec les vitesses spécifiées pour les variations de température.

8.6 Altitude

8.6.1 Mesure de la pression

Dans la gamme de pression considérée par les essais en altitude, la pression à l'intérieur de l'enceinte est généralement mesurée avec des capteurs reliés à l'espace de travail par des tubes.

Dans des conditions stationnaires, ces tubes ne provoquent pas d'erreurs significatives même pour de grandes différences de température, entre la température dans l'espace de travail et celle du capteur. Des erreurs peuvent néanmoins être introduites par des variations des caractéristiques de l'élément sensible du capteur dues à l'échauffement ou au refroidissement de l'air dans l'enceinte, si la température du capteur devient trop différente de celle à laquelle il a été étalonné.

Des tubes gros et/ou courts sont préférables car un retard dans les indications du capteur peut être introduit pendant des variations de pression dans le cas d'utilisation de tubes longs et/ou fins.

8.6.2 Mesure de la température

L'efficacité de l'échange thermique entre l'air dans l'enceinte et les éléments sensibles de la chaîne de mesure de température utilisée est réduite par la diminution du coefficient de convection.

En conséquence :

- le temps de réponse du capteur de température aux variations de température est plus grand qu'à la pression normale,
- les erreurs dues à la conduction thermique entre le capteur et l'extérieur de l'enceinte peuvent devenir importantes,

L'essai en altitude de matériels dissipatifs peut présenter une autre source d'erreur due à la diminution du coefficient de convection, qui peut être plus importante à basse pression atmosphérique qu'à la pression normale ; le capteur peut donner une réponse incorrecte s'il est perturbé par l'énergie rayonnée par le matériel en essai. L'utilisation d'écrans anti-rayonnement autour du capteur de température peut diminuer cette erreur.

8.7 Rayonnement solaire

Il importe que les chaînes de mesure et les chaînes de régulation (température ; éclairage énergétique ; pression ; etc.) soient distinctes et que leurs caractéristiques métrologiques permettent d'obtenir des incertitudes de mesure inférieures au quart de la tolérance admise sur les paramètres à mesurer.

Les capteurs de mesure ou de pilotage doivent être protégés contre la chaleur rayonnée et ne pas être soumis à des effets de confinement.

Les capteurs de température placés dans l'enceinte, doivent être ventilés et à l'abri des rayonnements directs des sources lumineuses. Une solution acceptable consiste à utiliser un thermocouple moulé au centre d'un écran circulaire (tube de cupro-nickel vertical, de *1.5 cm de diamètre et long de 7 cm*). Son extrémité est masquée par un disque métallique légèrement écarté de l'extrémité, poli à l'intérieur et peint en blanc à l'extérieur.

A noter que les capteurs de température qui seraient disposés à l'intérieur du matériel à essayer, aux points d'implantation spécifiés par le programme d'essai, mesurent :

- la température atteinte par le matériel sous l'effet combiné de la chaleur transmise par le rayonnement solaire artificiel,
- et celle éventuellement dégagée par le fonctionnement du matériel.

Les mesures de l'éclairement concernent toutes les radiations : celles provenant des sources d'éclairement, directement reçues par le matériel en essai et les radiations réfléchies par les parois de l'enceinte ou par le matériel lui-même.

L'angle de mesure de la cellule doit être équivalent à l'angle de divergence du faisceau.

A noter que la mesure de l'éclairement énergétique était jusqu'alors réalisée en mesurant la température d'équilibre d'un corps noir placé dans le champ du rayonnement.

Toutefois la difficulté est de maîtriser le modèle physique permettant de déduire l'éclairement énergétique à partir de la température d'équilibre de ce corps. Cette difficulté est liée à l'absence d'un corps noir parfait et aux conditions non maîtrisables d'échange thermique entre le corps noir et son environnement. Aussi cette façon de procéder conduisait couramment à des incertitudes de mesure allant jusqu'à 30%.

Il est possible, maintenant, de réduire ces incertitudes jusqu'à 10% en utilisant des pyranomètres ou des thermopiles adaptées.

La mesure de la répartition spectrale s'effectue au moyen d'un radiomètre équipé d'une fenêtre d'intégration pour les longueurs d'onde comprises *entre 0.2 μm et 5 μm*.

Il est conseillé d'effectuer la mesure de la vitesse de l'air dans l'enceinte à l'aide d'un anémomètre à sphère chaude.

8.8 Immersion :

Selon la nature du moyen d'essai retenu, il y aura lieu d'utiliser :

- soit un dispositif gradué permettant de mesurer directement la profondeur d'immersion du point le plus haut du matériel en essai :
- soit un moyen de mesure de pressions dont les capteurs seront positionnés :
 - o d'une part, dans l'atmosphère de l'enceinte
 - o d'autre part, au point le plus haut du matériel en essai.

Pour faciliter l'examen visuel du matériel en cours d'essai, il est recommandé de disposer celui-ci devant un fond sombre, mat ou réfléchissant, sous un éclairage direct réglé de façon à donner un maximum de visibilité au niveau du matériel en essai.

L'observation des bulles provenant du matériel immergé peut se faire en utilisant une loupe 3X ou une binoculaire à focale variable.

Si la quantification des pénétrations d'eau est spécifiée dans le programme d'essai, il est nécessaire d'utiliser une balance.

8.9 Poussières

Sauf spécification particulière, les **prescriptions du paragraphe 4.1 de la recommandation RE Aéro. 601.12** sont applicables.

La mesure de la concentration pondérale en poussière implique cependant l'usage d'un opacimètre concurremment avec des prélèvements (discontinus ou continus) en certains points, ce qui suppose l'établissement préalable d'une courbe de corrélation (*cf. norme NF X 44-052*).

La mesure des paramètres aérauliques (vitesse de l'écoulement d'air et taux de turbulence) nécessite l'usage d'un anémomètre adapté à la nature du mélange air/poussière.

8.10 Etanchéité aux gaz :

Mesures des pressions : se reporter à la recommandation **RM Aéro. 801-01A Mesurage des températures : instructions générales**.

8.11 Jet d'eau

D'une manière générale **se reporter au paragraphe 4.1.1 de la recommandation RE.Aéro 601.12**.

Pour la mesure de la pression de l'eau, un manomètre d'usage courant suffit, il importe toutefois que le point de mesure se situe le plus près possible de l'entrée de la buse.

8.12 Surpression

Les prescriptions générales du *paragraphe 4.1 de la recommandation RE.Aéro 601.12* sont applicables avec d'autant plus de rigueur qu'elles peuvent avoir une incidence sur la sécurité.

Les moyens de mesure à utiliser doivent permettre :

- d'une part, de mesurer les paramètres relatifs à l'environnement réalisé,
- d'autre part, si le programme d'essai le spécifie :
 - o de surveiller le comportement du matériel en essai, qu'il soit ou non en fonctionnement,
 - o d'effectuer certaines mesures particulières telles que : déformations, déplacements, vibrations, échauffement, degré hygrométrique, etc.

9 PARAMETRES INTERVENANT SUR LE COMPORTEMENT DU MATERIEL EN ESSAI

9.1 Enceintes climatiques en général

9.1.1 Raccordements des fluides

- S'assurer de l'étanchéité des raccords fixes et/ou mobiles.
- Procéder éventuellement à une détection de fuite.

9.1.2 Paramètres intervenant sur le comportement du matériel à essayer

Les paramètres susceptibles d'intervenir sur le comportement du matériel à essayer sont présentés dans chaque annexe relative à un essai spécifique en environnement climatique.

Ces paramètres sont classés comme suit :

- Paramètres caractérisant la sévérité de l'essai :

Ce sont les paramètres pris en considération par la norme **GAM EG-13** dans les fascicules relatifs aux divers essais en environnement pour déterminer la sévérité de l'essai considéré.

Il appartient au demandeur de l'essai de fixer dans le programme d'essai, la valeur de ces paramètres.

- Autres paramètres à maîtriser :

Ce sont les paramètres généralement non spécifiés dans la sévérité de l'essai, mais qui, néanmoins, ont une influence sur :

- o le comportement du matériel à essayer;
- o la reproductibilité de l'essai en environnement.

- Paramètres à connaître :

Ce sont tous les autres paramètres que l'on ne peut pas forcément maîtriser, mais dont la connaissance permet de mieux appréhender les relations d'équilibre et/ou d'échange entre le matériel à essayer et son milieu environnant (parois de l'enceinte ; supports et montages d'essai, etc.), dans le cas où cette connaissance est jugée indispensable par le laboratoire d'essai et/ou le demandeur d'essai

Cette connaissance peut, notamment, conduire à un choix plus optimal du moyen d'essai à mettre en œuvre.

9.2 Essai de chaleur humide

9.2.1 Paramètres à maîtriser

9.2.1.1 Paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

- température dans l'espace de travail,
- humidité relative,
- vitesse de variation de température,
- durée de l'essai.

9.2.1.2 Autres paramètres à maîtriser

- taux d'humidité relative pendant les variations de température (cf. normes **NFC 20-703**, **NFC 20-730** et **NF X15-016**),
- pression dans l'enceinte climatique (respecter la pression ambiante du laboratoire),
- taux d'impureté de l'eau utilisée,
- résistivité et pH de l'eau utilisée.

9.2.2 Paramètres à connaître

- degré de pollution de l'air utilisé (si nécessaire)
- dissipation calorifique du matériel à essayer.

9.2.3 Tolérances

- taux d'impureté de l'eau inférieur à 0.02%,
- résistivité de l'eau supérieure à 500 Ωm ,
- *pH compris entre 6.5 et 7.5* pour une température de +25°C.

Pour les autres paramètres, se reporter, sauf spécifications particulières, au *paragraphe 4.2.2.3 de la recommandation RE.A2RO 601-12*.

9.3 Essai de brouillard salin

9.3.1 Paramètres à maîtriser

9.3.1.1 Paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

- masse volumique de la solution à une température donnée ,
- pH de la solution saline,
- volume du condensat à recueillir journallement,
- température dans l'espace de travail,
- durée de l'essai ou nombre de cycles et durée des paliers.

9.3.1.2 Autres paramètres à maîtriser

- taux d'impureté de l'eau utilisée,
- résistivité de l'eau utilisée,
- pression de l'air comprimé.

9.3.2 Paramètres à connaître

Température de la solution près de l'aspiration.

9.3.3 Tolérances

9.3.3.1 Pour les paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

Il est recommandé de maintenir la valeur des paramètres dans les tolérances suivantes :

- masse volumique de la solution : *comprise entre 1,026 et 1,033* pour une température de + 35 °C,
- pH de la solution saline : 7 à + 35 °C,
- volume du condensat : *compris entre 0,3 ml et 0,9 ml par centimètre carré et par jour*,
- température dans l'espace de travail : + 35 °C \pm 2 °C.

9.3.3.2 Pour les autres paramètres à maîtriser

- taux d'impureté : *inférieur à 0,02 %*,
- résistivité : *supérieure à 500 Ωm* .

9.3.3.3 Pour les paramètres à connaître

- température de la solution : ± 1 °C *pour une température de + 35 °C*.

9.4 Variation de température

9.4.1 Paramètres à maîtriser

9.4.1.1 Paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

Cas de l'évolution de température par palier :

- températures (*T*, et *T2*) des paliers,
- durées des paliers,
- vitesses de variation des températures d'un palier à l'autre,
- nombre de cycles.

Cas d'évolution cyclique de température :

- température maximale (T_1) et minimale (T_2),
- forme du cycle,
- durée du cycle,
- nombre de cycles.

9.4.1.2 Autres paramètres à maîtriser

Néant.

9.4.2 Paramètres à connaître

- dimensions de l'enceinte d'essai,
- vitesse de circulation de l'air dans l'enceinte,
- température des parois de l'enceinte,
- pouvoir émissif des parois,
- facteur d'angle entre le matériel à essayer et l'enceinte,
- caractéristiques thermiques du montage d'adaptation,
- températures des points froids du matériel en essai,
- humidité dans l'enceinte d'essai,
- dissipation calorifique du matériel à essayer.

9.4.3 Tolérances

9.4.3.1 Pour les paramètres à maîtriser

Sauf spécification particulière, se reporter aux *paragraphes 4.2.0 et 4.2.2.3 de la recommandation RE.Aéro 601 12*.

9.4.3.2 Pour les paramètres à connaître

- dimensions de l'enceinte : à 5 % près,
- vitesse de l'air autour du matériel en essai : à 20 % près,
- température des parois de l'enceinte 1 à 2 °C près,
- pouvoir émissif des parois : à 20 % près,
- facteur d'angle 1 à 20 % près,
- caractéristiques thermiques du montage d'adaptation 1 à 10 % près.

9.5 Choc thermique

9.5.1 Paramètres à maîtriser

9.5.1.1 Paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

- les températures haute et basse (d'arrivée et de départ) dans l'espace de travail,
- la durée du transfert (ou du passage) d'une enceinte à l'autre,
- les durées pendant lesquelles le matériel à essayer est maintenu dans les enceintes aux différentes températures spécifiées,
- le nombre de cycles,
- la nature du gaz à utiliser dans les enceintes.

9.5.1.2 Autres paramètres à maîtriser

- la température ambiante du laboratoire (paramètre important dans le cas où le transfert d'une enceinte à l'autre s'effectue en passant par le laboratoire)
- le taux d'humidité relative dans chaque enceinte et dans le laboratoire

9.5.2 Paramètres à connaître

- dissipation calorifique du matériel à essayer.

9.5.3 Tolérances

9.5.3.1 Pour les paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

- température : $\pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$,
 - durée du transfert : entre 2 et 3 minutes pour un essai *avec 2 enceintes séparées et inférieure à 30 secondes* avec une *installation automatique à 2 chambres*,
- Nota :** Pour les gros matériels, voir *paragraphe 9.5.3.2* ci-après,
- durée de l'essai 1 : Voir ***paragraphe 4.2.2.3 de la recommandation RE.Aéro 601 12***

9.5.3.2 Pour les autres paramètres à maîtriser

- température ambiante du laboratoire comprise entre $+ 15 \text{ }^\circ\text{C}$ et $+ 35 \text{ }^\circ\text{C}$
- humidité relative dans les enceintes et dans le laboratoire telle qu'aucun phénomène de condensation sur le matériel en essai ne puisse apparaître
- humidité absolue inférieure à 20 g/m^3 .

9.6 Essai d'altitude

9.6.1 Paramètres à maîtriser

9.6.1.1 Paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

Pour chaque palier de pression :

- valeur de la pression,
- température correspondante dans l'espace de travail,
- durée du palier.

9.6.1.2 Autres paramètres à maîtriser

Pour chaque transition de pression :

- vitesse de variation de pression,
- vitesse de variation de température.

9.6.2 Paramètres à connaître

Pour chaque palier de pression :

- vitesse de l'air dans l'enceinte,
- humidité relative.
- température des parois; pouvoir émissif des parois; facteur d'angle,
- caractéristiques thermiques du montage d'adaptation,
- dissipation calorifique du matériel à essayer,
- etc.

9.6.3 Tolérances

Sauf spécifications particulières, se reporter aux ***paragraphes 4.2.0 et 4.2.2.3 de la recommandation RE.Aéro 601 12.***

9.7 Rayonnement solaire

9.7.1 Paramètres à maîtriser

9.7.1.1 Paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

- éclairage énergétique global,
- répartition spectrale du rayonnement,

- température de l'air,
- durée de l'essai ou nombre de cycles.

9.7.1.2 Autres paramètres à maîtriser

- uniformité d'éclairement,
- surface irradiée (dimensions; orientation par rapport au faisceau 1 etc.),
- pouvoir émissif des parois de l'enceinte.

9.7.2 Paramètres à connaître

- divergence du faisceau,
- vitesse de l'air,
- humidité relative,
- caractéristiques thermiques du montage d'essai.

9.7.3 Tolérances

9.7.3.1 Pour les paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

L'éclairement énergétique global doit être maintenu sur la surface utile de l'espace de travail à 10 % de la valeur spécifiée.

Dans le cas où les effets actiniques sont importants, la tolérance sur la répartition spectrale est donnée en **appendice 3 de l'annexe 9 de la recommandation RE.Aéro 601 12**.

La température de l'air à faible distance du matériel en essai doit être à ± 2 °C de la température spécifiée.

9.7.3.2 Pour les autres paramètres à maîtriser

La tolérance pour l'uniformité d'éclairement sur la section utile est de : ± 10 % de la valeur désirée.

9.7.3.3 Pour les paramètres à connaître

La tolérance sur la divergence du faisceau est de ± 10 % de la valeur spécifiée.

La vitesse de l'air dans l'espace de travail doit être comprise entre 0,5 et 1,5 m/s.

9.8 Immersion

9.8.1 Paramètres à connaître

Dissipation calorifique du matériel à essayer.

9.8.2 Tolérances

Les tolérances associées à ces paramètres sont normalement de ± 5 %.

Cependant, pour ce qui concerne les immersions à faible profondeur (de 5 cm à 20 cm), la tolérance à retenir sur la profondeur d'immersion est de ± 1 cm.

9.9 Poussières

9.9.1 Paramètres à maîtriser

9.9.1.1 Paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

- nature de la poussière,
- concentration pondérale en poussière,
- uniformité de la répartition pondérale,
- distribution granulométrique pondérale de la poussière,
- température,
- nombre de cycles,
- durées d'exposition pour chaque phase.

9.9.1.2 Autres paramètres à maîtriser

- humidité relative,
- vitesse de l'écoulement de l'air,
- orientation du matériel.

9.9.2 **Paramètres à connaître**

- vitesse de variation de température entre les diverses phases de l'essai (*généralement comprise entre 0,8 et 2 °C/minute*)
- taux de turbulence de l'écoulement (veine vide).

9.9.3 **Tolérances**

9.9.3.1 Pour les paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

La concentration pondérale en poussière est généralement de *10 g/ma à 20 % près*.

La carte des empoussièrtements ne doit pas présenter de valeurs *s'éloignant de plus de 25 %* de la moyenne arithmétique calculée sur l'ensemble des points de mesure.

La température instantanée doit se maintenir à $\pm 5^{\circ}\text{C}$ de la température de consigne, celle-ci étant de préférence de *+ 30 °C et de + 65 °C* selon les phases de l'essai.

9.9.3.2 Pour les autres paramètres à maîtriser

L'humidité relative doit être *inférieure à 30 %*.

La vitesse de l'écoulement de l'air (*généralement de 5 m/s*) ne doit pas varier de plus de *10 %* pendant la durée de l'essai.

9.9.3.3 Pour les paramètres à connaître

La vitesse de variation de température ne doit pas dépasser *3 °C/minute*,

Le taux de turbulence de l'écoulement doit rester inférieur à *15 %* en tout point de la veine d'air.

Il importe en tout état de cause que l'enceinte d'essai :

- soit munie de traversées étanches (électriques, hydrauliques, pneumatiques) et en nombre suffisant pour pouvoir :
 - o alimenter en énergie le matériel à essayer,
 - o vérifier son comportement pendant l'essai,
 - o effectuer les mesures prescrites,
- permettre sans l'ouvrir, de faire varier (en continu ou non) l'orientation du matériel en essai.

9.10 **Essais d'étanchéité aux gaz**

9.10.1 **Paramètres à maîtriser**

9.10.1.1 Paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

Pour les essais en surpression interne :

- la pression relative initiale,
- la durée de l'observation.

Pour les essais en dépression externe :

- la nature du liquide utilisé,
- la température du liquide.

9.10.1.2 Autres paramètres à maîtriser

Pour les essais en surpression interne :

- l'homogénéité spatiale des conditions atmosphériques (température; pression; humidité relative) entre le volume de référence et le matériel en essai,
- le temps de pré conditionnement (24 heures),
- le temps de stabilisation thermique.

Pour les essais en dépression externe :

- la pression dans l'enceinte d'essai,
- la vitesse de variation de pression dans l'enceinte d'essai,
- la profondeur d'immersion.

9.10.2 Paramètres à connaître

Pour les essais en surpression interne :

- la nature du gaz,
- le taux d'humidité relative et/ou le taux d'impureté du gaz,
- les conditions atmosphériques initiales et finales,
- les variations des conditions atmosphériques,
- le volume de la chambre de référence,
- la pression dans la chambre de référence,
- le taux de fuite (éventuel) de la chambre de référence,
- le taux de fuite de la chaîne de mesure de pression.

Pour les essais en dépression externe :

- le temps de stabilisation thermique

9.10.3 Tolérances

9.10.3.1 Pour les paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

En surpression interne :

- pression $\pm 5 \%$ de la valeur spécifiée,
- durée : se reporter au *paragraphe 4.2.2.3 de la recommandation RE.Aéro 601 12.*

En dépression externe :

- température du liquide : $\pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ de la valeur spécifiée.

9.10.3.2 Pour les autres paramètres à maîtriser

En surpression interne :

- température du laboratoire comprise entre $+ 15 \text{ }^\circ\text{C}$ et $+ 35 \text{ }^\circ\text{C}$,
- pression atmosphérique comprise entre 850 hPa et 1060 hPa,
- durées : se reporter au *paragraphe 4.2.2.3 de la recommandation RE.Aéro 601 12.*

En dépression externe :

- pression dans l'enceinte d'essai $\pm 10 \%$ de la pression spécifiée,
- vitesse de variation de la pression inférieure à 35 hPa/min sauf pendant le retour aux conditions initiales où la variation de pression doit être inférieure à 200 hPa/min.

9.11 Jet d'eau

9.11.1 Paramètres à maîtriser

9.11.1.1 Paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

- écart de température entre celle du matériel à essayer et celle de l'eau à utiliser,
- diamètre de la buse à utiliser,
- pression d'alimentation de la buse,
- distance entre la buse et le matériel à essayer,

- durée de l'exposition du matériel à la projection d'eau.

9.11.1.2 Autres paramètres à maîtriser

- volume de l'enceinte d'essai (s'il y a lieu),
- temps du pré conditionnement du matériel nécessaire pour atteindre son équilibre thermique pour essais en fonctionnement,
- temps séparant l'instant où le matériel a atteint sa température d'équilibre et le moment du début des essais en fonctionnement.

9.11.2 Paramètres à connaître

- nature de l'eau utilisée (colorant éventuel),
- température ambiante,
- qualité de l'eau utilisée (si nécessaire, en fonction de l'objectif de l'essai).

9.11.3 Tolérances

9.11.3.1 Pour les paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

- sur l'écart de température spécifié : 0 ; - 5 °C,
- sur la distance entre la buse et le matériel : + 0,5 m,
- pour la pression d'alimentation de la buse : 1000 hPa ± 10 %.

9.11.3.2 Pour les autres paramètres à maîtriser ou à connaître

Se reporter aux *paragraphes 4.2.0 et 4.2.2.3 de la recommandation RE.Aéro 601 12.*

9.12 Surpression

9.12.1 Paramètres à maîtriser

9.12.1.1 Paramètres caractérisant la sévérité de l'essai

- pressions (Maximale ; Paliers intermédiaires)
- vitesse de variation de la pression
- durée des paliers
- nombre de cycles

9.12.1.2 Autres paramètres à maîtriser

- nature du gaz (Air, Azote, Hélium, Gaz carbonique)
- durée des phases transitoires (ce qui implique d'effectuer préalablement des essais de réglage sur une maquette de même volume que celui du matériel à essayer)

9.12.2 Paramètres à connaître

- température dans l'espace de travail
- humidité relative

9.12.3 Tolérances

Les tolérances générales figurant au *paragraphe 4.2.2.3 de la recommandation RE Aéro 501 12* sont applicables en ce qui concerne les paliers stabilisés.

Cependant il importe de tenir compte du fait que lors des phases transitoires de compression, l'échauffement inévitable qui en résulte implique soit :

- de dépasser légèrement, enfin de phase transitoire, la valeur nominale requise; le retour aux conditions initiales de température permet de revenir progressivement à la pression nominale en cours de palier. A titre indicatif ce dépassement peut atteindre $0.5 \cdot 10^5$ Pa (soit 0,5 bar) pour des paliers nominaux de l'ordre de 4 à $5 \cdot 10^5$ Pa (soit 4 à 5 bar) atteints en 3 minutes,

- de se limiter strictement à la valeur nominale en ajustant progressivement la pression au cours du palier au fur et à mesure du retour aux conditions initiales de température.

La température dans l'espace de travail se situe généralement *entre + 15 °C et + 30 °C*.

10 INFORMATIONS PARTICULIERES

10.1 Essais avec enceintes climatiques

10.1.1 Justification de l'environnement réalisé

La justification de l'environnement réalisé nécessite la mise en œuvre de témoins appropriés. Ces témoins de l'environnement réalisé sont indiqués au *paragraphe 9 dans les rubriques paramètres à maîtriser et à connaître*.

Tout non-respect des tolérances sur les valeurs des paramètres rapportées par les témoins de l'environnement réalisé doit être noté au procès-verbal d'essai.

Les témoins de l'environnement peuvent être des enregistrements continus ou échantillonnés selon une fréquence adaptée à la rapidité d'évolution du paramètre considéré.

Ces témoins de l'environnement devront cependant répondre aux conditions suivantes:

- indépendance de la chaîne de mesure témoin de l'environnement vis à vis de la chaîne de pilotage,
- compatibilité de l'étendue de mesure et de la classe de précision de la chaîne témoin avec les tolérances spécifiées pour les grandeurs mesurées.
- utilisation des unités de mesure spécifiées pour les différents paramètres.
- fonctionnement autonome et assuré pendant les arrêts intempestifs de fonctionnement du moyen d'essai.

10.1.2 Justification du fonctionnement des moyens utilisés

Il est recommandé que le laboratoire fournisse en outre des informations relatives au fonctionnement des moyens d'essais utilisés pendant l'essai, des difficultés rencontrées (pannes, incidents, non respect des tolérances, etc.) et des mesures prises pour y remédier.

10.2 Chaleur humide

Se reporter au *paragraphe 5 du fascicule 03 de la GAM-EG-13 1^{ère} partie et aux paragraphes 4.1.4 et 4.5 de la recommandation RE.Aéro 601 12*.

Il est rappelé que le témoin de l'environnement réalisé doit être fourni obligatoirement pour :

- la température dans l'espace de travail,
- l'humidité relative,
- la durée de l'essai,

et si nécessaire (besoin spécifique du demandeur de l'essai) pour :

- le taux d'humidité relative pendant les variations de température,
- la pression dans l'enceinte,
- le degré de pollution de l'air utilisé.

Il est recommandé de fournir le témoin de l'environnement réalisé sous la forme de courbes continues pour les paramètres température et humidité relative. Ceci depuis le moment de la mise en place du matériel à essayer jusqu'à sa sortie de l'enceinte climatique.

Les échelles devront permettre de détecter aisément tout dépassement des tolérances spécifiées sur la sévérité de l'épreuve.

10.3 Variation rapide de température

10.3.1 Informations utiles au demandeur d'essai

A l'intérieur d'un matériel, la vitesse de variation de la température dépend :

- de la conduction thermique,
- des matériaux qui le constituent,
- de la répartition dans l'espace des différentes capacités calorifiques et de ses dimensions.

La variation de température en un point de la surface d'un matériel suit approximativement une loi exponentielle.

A l'intérieur d'un matériel volumineux, la superposition de ces augmentations et de ces diminutions exponentielles peut conduire à des variations de température périodiques et approximativement sinusoïdales, d'amplitudes beaucoup plus faibles que les variations de température appliquées.

Le mécanisme du transfert de la chaleur entre le matériel à essayer et le milieu dans lequel doit se dérouler l'essai est à prendre en considération. Les liquides mobiles conduisent à des vitesses de variation de température très importantes à la surface du matériel, tandis que l'air calme conduit à des vitesses très lentes. Les paramètres qui influenceront les résultats de l'essai sont notamment les suivants :

- capacité calorifique du matériel à essayer,
- quantité de chaleur transférée à la surface du matériel et sa répartition,
- conductivité calorifique à l'intérieur du matériel à essayer (elle peut être non homogène),
- coefficients de dilatation thermique des matériaux constituant le matériel à essayer et ses composants,
- dimensions et tolérances,
- caractéristiques mécaniques (élasticité; résistance à la traction ; . . .) des matériaux constituant le matériel à essayer et ses composants.

La durée de l'exposition doit être liée à la constante thermique du matériel à essayer (ou de ses parties critiques). Ceci de telle manière qu'elle permette au matériel d'atteindre la température prescrite pour l'essai. La constante thermique dépend de la nature et du mouvement du milieu environnant ; il est donc recommandé de déterminer expérimentalement la constante thermique dans les conditions ambiantes réelles de l'essai. Le choix pour la durée de l'exposition doit être effectué comme suit :

$$\text{Si } t_1 > 5r ; d < 0,01 D$$

$$\text{Si } t_1 > 2,5r ; d < 0,1 D$$

où :

$$t_1 = \text{durée de l'exposition}$$

$$r = \text{constante thermique du matériel à essayer}$$

$$d = \text{différence de température entre le milieu ambiant et le matériel}$$

$$D = \text{différence des températures haute et basse prescrites pour l'essai}$$

Si du fait des dimensions importantes du matériel à essayer, le transfert d'une enceinte à l'autre ne peut se faire en 2 ou 3 minutes, la durée du transfert peut être prolongée sans avoir d'influence appréciable sur les résultats de l'essai, selon la formule :

$$t_2 = 0,05 \tau$$

où :

$$t_2 = \text{durée maximale du transfert}$$

$$\tau = \text{constante thermique du matériel à essayer}$$

Dans le cas où il n'est retenu qu'un seul cycle, le choix des conditions initiales du cycle peut avoir une certaine importance (Risques de condensation, givrage,...).

10.3.2 Informations utiles au laboratoire

Si plusieurs matériels doivent être essayés simultanément, leur emplacement doit permettre à l'air de circuler normalement, d'une part entre les matériels en essai et d'autre part, entre ces matériels et les parois de l'enceinte.

Au début de l'essai, le matériel à essayer doit être à la température ambiante du laboratoire.

Les effets sur le matériel à essayer et sur ses composants, d'une élévation de température et d'une chute de température, peuvent être différents lorsque de la rosée ou du givre apparaissent sur le matériel ou sur ses composants.

Rosée ou givre peuvent provoquer des contraintes thermiques supplémentaires. Si l'on désire les éviter, il importe de contrôler l'humidité des enceintes et du laboratoire.

Pour limiter les risques de condensation sur le matériel en essai, veiller à maintenir dans l'enceinte un taux d'humidité relative inférieur au taux provoquant le phénomène (voir tableaux 3 et 4).

10.3.3 Résultats et informations à présenter

Se reporter au *paragraphe 5 du fascicule 06 de la GAM EG 13 (1^{ère} partie)* et aux *paragraphes 4.1.4 et 4.5 de la recommandation RE.Aéro 601 12*,

Il est rappelé que le témoin de l'environnement réalisé doit être fourni obligatoirement pour l'évolution dans le temps de la température dans l'espace de travail et si nécessaire (besoin spécifique du demandeur de l'essai) pour les autres paramètres à maîtriser ou à connaître (voir paragraphes 3.1 et 3.2).

Il est recommandé de fournir le témoin de l'environnement dans l'espace de travail sous la forme d'une courbe, établie depuis l'instant de l'installation du matériel à essayer dans l'enceinte d'essai jusqu'à sa sortie. L'échelle devra permettre de déceler aisément tout dépassement des tolérances spécifiées pour la sévérité de l'essai.

10.4 Choc thermique

10.4.1 Informations utiles au demandeur d'essai

A l'intérieur d'un matériel, la vitesse de variation de la température dépend :

- de la conduction thermique,
- des matériaux qui le constituent,
- de la répartition dans l'espace des différentes capacités calorifiques,
- de ses dimensions.

La variation de température en un point de la surface d'un matériel suit approximativement une loi exponentielle.

A l'intérieur d'un matériel volumineux, la superposition de ces augmentations et de ces diminutions exponentielles peut conduire à des variations de température périodiques. Ces variations sont approximativement sinusoïdales, d'amplitudes beaucoup plus faibles que les variations de température appliquées.

Le mécanisme du transfert de la chaleur entre le matériel à essayer et le milieu dans lequel doit se dérouler l'essai est à prendre en considération. Les liquides mobiles conduisent à des vitesses de variation de température très importantes à la surface du matériel, tandis que l'air calme conduit à des vitesses très lentes.

Les paramètres qui influenceront les résultats de l'essai sont notamment les suivants:

- capacité calorifique du matériel à essayer,
- quantité de chaleur transférée à la surface du matériel et sa répartition,
- conductivité calorifique à l'intérieur du matériel à essayer (elle peut être non homogène),
- coefficients de dilatation thermique des matériaux constituant le matériel à essayer et ses composants,
- dimensions et tolérances,
- caractéristiques mécaniques (élasticité ; résistance à la traction ; etc.) des matériaux constituant le matériel à essayer et ses composants.

La durée de l'exposition doit être liée à la constante thermique du matériel à essayer (ou de ses parties critiques). Ceci de telle manière qu'elle permette au matériel d'atteindre la température prescrite pour l'essai.

La constante thermique dépend de la nature et du mouvement du milieu environnant ; il est donc recommandé de déterminer expérimentalement la constante thermique dans les conditions ambiantes réelles de l'essai. Le choix pour la durée de l'exposition doit être effectué comme suit :

$$\text{Si } t_1 > 5\tau ; d < 0,01 D$$

$$\text{Si } t_1 > 2,5\tau ; d < 0,1 D$$

où :

t_1 = durée de l'exposition

τ = constante thermique du matériel à essayer

d = différence de température entre le milieu ambiant et le matériel

D = différence des températures haute et basse prescrites pour l'essai

Si du fait des dimensions importantes du matériel à essayer, le transfert d'une enceinte à l'autre ne peut se faire en 2 ou 3 minutes, la durée du transfert peut être prolongée sans avoir d'influence appréciable sur les résultats de l'essai, selon la formule :

$$t_2 = 0,05 \tau$$

où :

t_2 = durée maximale du transfert

τ = constante thermique du matériel à essayer

10.4.2 Informations utiles au laboratoire

Si plusieurs matériels doivent être essayés simultanément, leur emplacement doit permettre à l'air de circuler normalement, d'une part entre les matériels en essai et d'autre part, entre ces matériels et les parois de l'enceinte.

Au début de l'essai, le matériel à essayer doit être à la température ambiante du laboratoire.

Les effets sur le matériel à essayer et sur ses composants, d'une élévation de température et d'une chute de température, peuvent être différents lorsque de la rosée ou du givre apparaissent sur le matériel ou sur ses composants. Rosée ou givre peuvent provoquer des contraintes thermiques supplémentaires. Si l'on désire les éviter, il importe de contrôler l'humidité des enceintes et du laboratoire.

10.4.3 Résultats et informations à présenter

Se reporter au **paragraphe 5 du fascicule 07 de la GAM EG 1 3 (1^{ère} partie)** et aux **paragraphe 4.1 .4. et 4.5. de la recommandation RE.Aéro 601 12.**

Il est rappelé que le témoin de l'environnement réalisé doit être fourni obligatoirement pour :

- les températures dans l'espace de travail,
- le nombre de cycles,
- les durées,

et si nécessaire (besoin spécifique du demandeur de l'essai) pour :

- la nature du gaz utilisé,
- la température ambiante du laboratoire,
- les taux d'humidité relative dans les enceintes et dans le laboratoire.

10.5 Brouillard salin

10.5.1 Informations utiles au demandeur de l'essai

Les effets de la corrosion sont décrits en **appendice 1 de l'annexe 4 de la recommandation RE.Aéro 601 12.**

10.5.2 Informations utiles au laboratoire d'essais

- nettoyer soigneusement l'enceinte d'essai avant d'y placer le matériel à essayer
- placer le matériel à essayer dans une position permettant à la solution saline de s'écouler le long des parois.
- les réceptacles doivent pouvoir collecter *de 1 ml à 3 ml* de solution par heure *pendant 16 heures au moins*.
- ces réceptacles (*au nombre minimum de 2*) seront répartis sur la surface utile du moyen d'essais, au même niveau que le matériel en essai, de telle sorte que ce matériel ne leur fasse pas écran et qu'ils ne reçoivent aucune goutte provenant soit du matériel en essai, soit de toute autre source.
- **l'appendice 2 de l'annexe 4 de la recommandation RE.Aéro 601 12**, permet de vérifier ou calculer la densité de la solution saline.
- ne pas utiliser les circuits d'air comprimé qui sont lubrifiés, ni les compresseurs à huile,

10.5.3 Résultats et informations à présenter

Se reporter au *paragraphe 5 du fascicule 04 de la GAM EG 13 (1^{ère} partie)* et aux *paragraphes 4.1 .4 et 4.5 de la recommandation RE.Aéro 601 12*.

Il est rappelé que le témoin de l'environnement réalisé doit être fourni obligatoirement pour :

- la température dans l'espace de travail,
- la masse volumique de la solution utilisée et la température correspondante,
- le pH de la solution saline utilisée,
- le volume des condensats recueillis.

Et si nécessaire (besoin spécifique du demandeur de l'essai) pour la température de la solution utilisée.

En plus du compte rendu des inspections visuelles et des photographies réalisées sur le matériel avant et après l'essai, il est recommandé de préciser:

- la position du matériel dans l'enceinte d'essai,
- la position des réceptacles collecteurs de brouillard.

10.6 Moisissures

10.6.1 Informations utiles au demandeur de l'essai

Tout matériel d'armement est susceptible de se trouver, au cours de sa vie (stockage ou en service), dans des conditions climatiques propices à sa détérioration par les moisissures. La période la plus sensible étant le stockage en moyenne ou en longue durée. L'enfouissement et/ou le contact avec la terre sont également très favorables à ce type de dégradation.

Pour obtenir un développement de moisissures sur un matériel qui n'est ni naturellement résistant, ni protégé, il faut que la température ambiante se situe dans un domaine optimal de températures pour le développement des germes présents dans l'atmosphère, généralement *entre + 20 °C et + 37 °C* et un taux d'humidité relative *compris entre 70 % et 95 %*, ces conditions étant aggravées par la présence de poussière, des dépôts organiques sur le matériel, ou les agressions diverses provoquées par des rongeurs ou insectes, par une atmosphère confinée et par l'obscurité (voir note).

Nota : Ne pas oublier que certaines moisissures résistent à de très fortes températures ($t > 100$ °C), tandis que d'autres se développent dans les chambres froides.

De telles conditions climatiques et d'environnement peuvent surgir accidentellement : panne de climatisation, dégradation d'emballage spécifique.

Il est très important pour le demandeur d'essai afin de pouvoir évaluer le risque environnement moisissures de préciser :

- le lieu de stockage et d'utilisation,
- les conditions climatiques habituelles,
- les risques occasionnels,

en tenant compte du coût du matériel et des risques de dommages fonctionnels.

Un moyen de se prémunir contre tout développement de moisissures est la propreté du matériel, la ventilation des locaux et un environnement climatique maintenu hors des domaines de température et d'humidité à haut risque.

Le *fascicule 13*, (*paragraphe 1.3 Principe*) de la *GAM EG,13 (1^{ère} partie)* propose deux méthodes d'essais correspondant à deux types d'actions de moisissures.

Pour une bonne connaissance de la résistance d'un matériel, il est nécessaire d'effectuer les deux méthodes. Cependant, dans le cas peu courant où tous les matériaux constitutifs d'un matériel ont été préalablement essayés aux moisissures et dont le comportement est connu, seule la méthode A est à réaliser.

Elle permet alors, sur un ensemble ou sous-ensemble, d'apprécier l'interaction entre les différents matériaux en présence quant à leur comportement vis à vis des moisissures.

Le nombre souhaitable de matériels à essayer est :

- 2 matériels par méthode d'essai,
- 2 matériels témoins en essai,
- 1 matériel témoin de laboratoire.

Pour information, la sensibilité des matériaux à l'action des moisissures est donnée en **appendice 2 de l'annexe 13 de la recommandation RE.Aéro 601 12**.

10.6.2 Informations utiles au laboratoire d'essais

10.6.2.1 Personnel qualifié

La manipulation des moisissures présente un risque potentiel important pour le personnel (*cf. paragraphe 2.1.4 du fascicule 13 de la GAM EG 13*), aussi ne doit-elle être effectuée que dans des conditions d'hygiène très strictes, par un personnel averti et disposant des équipements appropriés tels que masques, gants, vêtements à usage unique, hotte à flux laminaire, autoclaves,...

Outre le risque pour le personnel, ces précautions sont indispensables pour la non-propagation des spores dans l'environnement, c'est à dire la non-contamination des locaux évitant tout risque de contamination accidentelle des matériels en essai par d'autres germes présents de façon endémique dans l'atmosphère : bactéries, levures, autres moisissures, acariens,...

10.6.2.2 Matériels en essai

Quand existe la possibilité d'obtenir pour les essais la quantité de matériel précisée au paragraphe 10.6.1, leur affectation sera la suivante :

- Le témoin de laboratoire, conservé au laboratoire dans des conditions normales et dans l'état du matériel exposé (stockage, en service . . .), sert de témoin de référence.
- Les témoins en essai subissent, en même temps que les matériels en essai, les agressions occasionnées par la température et l'humidité. Ils servent à identifier ces effets parmi tous ceux observés sur le matériel.

Il est probable que, préalablement à l'essai, un matériel ait été contaminé, soit lors de sa fabrication, soit lors de son transport ou de sa préparation. S'il est admis que cette contamination est préjudiciable aux résultats de l'essai, le matériel devra être décontaminé.

Dans tous les cas, une inspection minutieuse du matériel, préalablement à la mise en essai, permettra d'en déterminer l'état.

10.6.3 Présentation des résultats

Les informations spécifiées au *paragraphe 5 du fascicule 13 de la GAM EG 13 (1^{ère} partie)*, sont à renseigner rigoureusement en ce qui concerne les 9^{ème} et 10^{ème} alinéas : *cotation et examen visuel*.

Tous les éléments constitutifs d'un matériel doivent être détaillés (y compris le plus petit) dûment dénommés, référencés, décrits (nature, forme, dimensions, couleur. . .), repérés (par un indice) sur le plan de masse et examinés un à un ; une cotation ou étendue du développement étant attribuée pour chaque élément.

Selon le matériel, les vérifications de bon fonctionnement peuvent être réalisées, soit en sortie d'essai, soit après nettoyage et reprise.

Il est rappelé que le témoin de l'environnement réalisé doit être obligatoirement fourni et qu'il s'agit dans ce cas du témoin de viabilité des souches et si nécessaire (besoin spécifique du demandeur) pour tout ou partie des paramètres.

10.7 Altitude

10.7.1 Informations utiles au demandeur d'essai

Un véhicule se déplaçant dans l'atmosphère terrestre est soumis d'une part à la diminution de la pression avec l'accroissement de l'altitude à laquelle il se trouve et d'autre part à la variation de pression lors des changements d'altitude (en montée ou en descente).

La gamme des valeurs de pression atmosphérique retenue pour les essais en altitude décrits dans le *fascicule 05 de la GAM EG 13*, couvre les applications au sol et à l'aéronautique. Les pressions *inférieures à 10 hPa* ne font donc pas l'objet de ces essais. Dans la gamme des densités de l'atmosphère considérée, le parcours libre moyen des molécules d'air est toujours une petite fraction de millimètre, La conductivité thermique et la viscosité absolue de l'air sont donc pratiquement indépendants de la pression. Le flux d'air est en général du type à écoulement laminaire ou turbulent et donc soumis aux lois applicables à pression normale.

Les lois fondamentales de transmission de chaleur par convection d'air libre ou forcé sont donc les mêmes qu'à pression normale. En conséquence, toutes les informations concernant la convection données par le *document UTE C 20-401* peuvent être appliquées.

La diminution de la densité de l'air affecte néanmoins considérablement la valeur du coefficient de convection.

Dans un essai appliqué aux matériels dissipatifs, une circulation forcée de l'air peut réduire considérablement la température de surface du matériel par rapport à la valeur dans des conditions d'air calme (*voir appendice 1 de l'annexe 5 de la recommandation RE.Aéro 601 12*). En conséquence il convient de procéder à ces essais sur des matériels dissipatifs sans circulation forcée d'air ou bien avec une vitesse de brassage de l'air suffisamment faible pour que l'effet de refroidissement supplémentaire soit négligeable.

La diminution du coefficient de convection liée à la diminution de la densité de l'air accroît l'importance de la dissipation thermique par rayonnement, particulièrement aux basses pressions ; néanmoins la transmission de chaleur par convection ne doit pas être négligée.

L'accroissement de la température de surface et les vitesses de variations de température des matériels dissipatifs par rapport aux valeurs atteintes lors des essais de froid et de chaleur sèche, sont dus à la diminution du coefficient de convection à basse pression atmosphérique.

Bien qu'à la pression atmosphérique normale cet accroissement de la température de surface puisse être atteint en utilisant une température d'essai plus élevée, lors d'un essai en altitude la température d'essai, la vitesse de variation de température et les gradients de température sur le matériel en essai ne peuvent pas être obtenus sans appliquer réellement la valeur de la basse pression atmosphérique correspondant à l'altitude choisie (*voir appendice 3 de l'annexe 5 de la recommandation RE.Aéro 601 12*).

10.7.2 Informations utiles au laboratoire d'essais

L'importance croissante du rayonnement rend nécessaire un contrôle serré des caractéristiques d'émissivité et de la température des parois de l'enceinte particulièrement aux basses pressions atmosphériques.

Étant donné l'importance du rayonnement thermique aux basses pressions, l'influence réciproque de plusieurs matériels dissipatifs placés dans la même enceinte peut être grande et affecter la reproductibilité de l'essai.

Compte tenu de ces inconvénients, les essais de matériels dissipatifs, fondés sur le contrôle de la température de l'air dans l'enceinte, ne sont effectués que sur un seul matériel à la fois.

Les conditions relatives aux dimensions de l'enceinte en air calme qui doivent être utilisées pour essayer des matériels dissipatifs sont fondées sur le diagramme prévu pour l'essai à pression atmosphérique normale parce que le parcours moléculaire moyen est encore une très petite fraction des dimensions.

Vu l'importance des échanges par rayonnement dans le cas de matériels dissipatifs, le laboratoire veillera particulièrement à connaître :

- les températures des parois de l'enceinte,
- le pouvoir émissif de ces parois,
- l'influence du facteur d'angle entre le matériel en essai et les parois,
- les caractéristiques thermiques du montage d'essai.

Dans tous les cas, le laboratoire veillera au maintien de la propreté de l'air dans l'enceinte.

10.7.3 Résultats et informations à présenter

Se reporter au *paragraphe 5 du fascicule 05 de la GAM EG 13 (1^{ère} partie)* et aux *paragraphes 4.1 .4 et 4.5 de la recommandation RE.Aéro 601 12.*

Il est rappelé que le témoin de l'environnement réalisé doit être fourni obligatoirement pour :

- la pression des différents paliers,
- la température correspondante,
- la durée des paliers.

et si nécessaire (besoin spécifique du demandeur de l'essai) pour tout paramètre non spécifié (voir paragraphe 9.6.2) ou à connaître (voir paragraphe 9.6.2).

Il est recommandé de fournir le témoin de l'environnement sous forme d'une courbe, établie depuis l'instant de la mise en place du matériel à essayer jusqu'à sa sortie de l'enceinte.

L'échelle devra permettre de déceler aisément tout dépassement des tolérances spécifiées sur la sévérité de l'essai.

10.8 Rayonnement solaire

10.8.1 Informations utiles au demandeur d'essai

Il importe que le programme d'essai précise:

- la nature de la liaison thermique entre le support du matériel à essayer et le moyen d'essai proprement dit,
- les orientations successives éventuelles du matériel à essayer et la définition des surfaces de référence associées pour la mesure de l'éclairement énergétique.

En effet, le mode de fixation du matériel dans l'enceinte et son aspect auront une influence déterminante sur les effets thermiques subis par le matériel à essayer. Celui-ci devra être généralement surélevé par un support ou bien posé sur un socle ayant des propriétés particulières (conductivité notamment) comme une plaque de béton ou une couche de sable.

Toutes ces informations ainsi que l'orientation du matériel à essayer par rapport au rayonnement, doivent être définies dans le programme d'essai,

Deux types d'essais peuvent être proposés :

- l'essai cyclique qui permet de simuler le cycle solaire réel pour mettre en évidence les effets thermiques du rayonnement sur le matériel à essayer;
- l'essai continu qui permet d'accélérer dans un rapport de 2,5 environ l'apparition des phénomènes liés à la quantité d'énergie reçue.

Après avoir choisi le type d'essai le mieux adapté au but recherché, le demandeur d'essai doit définir :

- la température maximale de l'air dans l'enceinte (*par exemple* : + 49 °C ; + 44 °C ; + 39 °C),

- la durée de l'essai exprimée en nombre de cycles pour les essais cycliques ou en nombre d'heures pour les essais continus,
- la répartition spectrale à obtenir selon que l'on se propose de reproduire le spectre solaire ou uniquement son rayonnement thermique.

Les effets thermiques et actiniques des radiations solaires sont présentés en **appendice 1 de l'annexe 9 de la recommandation RE.Aéro 601 12.**

10.8.2 Informations utiles au laboratoire d'essais

Les batteries de lampes de la source de radiation doivent être soigneusement nettoyées avant d'être mises en place dans l'enceinte d'essai.

La répartition spectrale du rayonnement sera vérifiée avant et après chaque essai et, au moins, tous les quarts de durée de vie des lampes. L'éclairement énergétique d'un rayonnement *compris entre 0,2 µm et 5 µm* doit être mesuré :

- en l'absence du matériel à essayer
- au niveau de la section utile précisée par le demandeur de l'essai.

Lorsque le programme d'essai prévoit que soient effectuées des mesures de la température du matériel en essai, les capteurs seront autant que possible situés sur la surface interne de la paroi exposée au rayonnement.

Un risque sérieux présenté par l'utilisation des lampes au xénon et autres arcs est la formation locale possible de concentrations toxiques d'ozone pendant la période d'essai. Cependant, la production maximale d'ozone se produit à l'allumage de la lampe, ensuite l'enveloppe chaude de la lampe tend à retransformer l'ozone en oxygène.

Dans le cas où un refroidissement par air pulsé est utilisé, celui-ci doit être aspiré, chassé du bâtiment et ne pas être envoyé dans le logement de la lampe. De cette manière, le danger créé par l'ozone est éliminé en grande partie.

Il est connu que *1 à 10 ppm (parties par million)* par volume causent des maux de tête, une irritation du nez et de la gorge et un larmoiement. Cependant, il faut penser que la concentration toxique d'ozone *est plus faible que 0,1 ppm*, valeur inférieure au niveau de détection aisée par l'odorat (*0,5 à 1 ppm*). Un appareil de détection et de mesure approprié est commercialisé.

Les effets combinés de la chaleur et du rayonnement ultraviolet sur certains plastiques (par exemple les stratifiés de mélanine) peuvent aussi produire des émanations toxiques. Une attention particulière doit, pour cette raison, être apportée au choix des matériaux de construction d'un appareillage d'essai.

10.8.3 Résultats et informations à présenter

Se reporter au **paragraphe 5 du fascicule 09 de la GAM EG 13 (1^{ère} partie)** et aux **paragraphes 4.1 .4 et 4.5 de la recommandation RE.Aéro 601 12.**

Il est rappelé que le témoin de l'environnement réalisé doit être fourni obligatoirement pour :

- l'éclairement énergétique,
- la répartition spectrale du rayonnement,
- la température dans l'espace de travail.

Et si nécessaire (besoin spécifique du demandeur de l'essai) pour :

- l'uniformité d'éclairement.

10.9 Immersion

10.9.1 Informations utiles au demandeur de l'essai

L'attention des demandeurs d'essai d'immersion est attirée sur le fait que des matériels étanches sous des pressions élevées (plusieurs bars) peuvent ne pas l'être sous quelques centimètres d'eau, car le

dimensionnement des joints hautes pressions ne leur permet pas de s'écraser suffisamment et de remplir leur fonction sous des pressions plus faibles.

En outre, le temps de réaction des joints n'est pas nul et, quel que soit le type de joints, il importe de prendre en considération la vitesse d'immersion et la profondeur à atteindre.

Les additifs (colorants, émulsifiants,...) à incorporer dans l'eau pour faciliter l'observation du comportement du matériel en essai peuvent avoir une action néfaste sur les revêtements et les joints du matériel à essayer.

10.9.2 Informations utiles au laboratoire d'essais

Lorsque le matériel à essayer présente sur plusieurs faces des scellements, joints, liaisons diverses, susceptibles d'être des sources de fuites, chaque face doit être essayée séparément (immersion partielle du matériel). Il peut alors être nécessaire de prévoir un temps de reprise avant l'essai de la face suivante. Surtout si de petits volumes internes au matériel sont susceptibles de se vider ou de se remplir lors de l'essai sur une face.

Des précautions doivent être prises s'il s'avère nécessaire de modifier le mode de fixation du matériel afin de le manipuler ou le maintenir dans la cuve selon une orientation particulière, car des infiltrations peuvent se produire par ces points de fixation.

Les liquides à utiliser pour les essais d'immersion doivent rester stables pendant toute la durée de l'essai. De plus les liquides détecteurs de fuites doivent être strictement inertes vis à vis des matériaux constitutifs du matériel à essayer et ne pas se comporter en générateurs de fuites.

Une certaine habitude est nécessaire aux opérateurs pour savoir distinguer les fuites réelles (pénétrations d'eau) des fuites virtuelles (libérations de poches d'air superficielles ; bulles provenant de matériaux protecteurs alvéolés, en fonction de la capacité de rétention des gaz du matériau). Dans la plupart des cas, la cadence des bulles et la vitesse de croissance d'une bulle provenant d'une fuite virtuelle décroissent au fur et à mesure de l'épuisement de la source de gaz.

En cas de doute, il est possible de faire une comparaison avec un matériel factice (bloc massif du même matériau, ou maquette de géométrie comparable, notamment si le matériel à essayer présente des surfaces concaves ou des profils à redans).

Une immersion peut entraîner des amorces de corrosion. Ce phénomène évoluant lentement, il est recommandé de procéder à des vérifications du matériel, plusieurs semaines voire plusieurs mois après l'essai.

Sauf exigences particulières spécifiées au programme d'essai, les matériels soumis aux essais d'immersion doivent être propres et leurs surfaces (y compris les marquages et étiquetages) exemptes de corps étrangers susceptibles d'être la cause de résultats erronés.

Pour les mêmes raisons, les matériels à essayer doivent être manipulés avec précautions en évitant le contact des doigts nus avec les parties critiques du matériel.

10.9.3 Résultats et informations à présenter

Se reporter au *paragraphe 5 du fascicule 15 de la GAM EG 13 (1^{ère} partie)* et aux *paragraphes 4.1.4 et 4.5 de la recommandation RE.Aéro 601 12*.

Il est rappelé que le témoin de l'environnement réalisé doit être fourni obligatoirement pour :

- la pression exercée par le liquide sur les parois externes du matériel essayé ou la profondeur d'immersion,
- la température du matériel avant et pendant l'essai,
- la température du liquide,
- la durée de l'épreuve,

et si nécessaire (besoin spécifique du demandeur de l'essai) pour l'identification du liquide et des additifs éventuellement utilisés.

10.10 Poussières

10.10.1 Informations utiles au demandeur d'essai

Il importe que le demandeur d'un essai aux poussières s'assure préalablement de l'existence d'un moyen d'essai adapté à son besoin (voir paragraphe 7.11).

Cette question étant résolue, il lui incombe ;

- de se faire préciser par le laboratoire d'essais, les possibilités d'effectuer un essai personnalisé (type de poussière ; températures; changements d'orientation du matériel ; matériel en fonctionnement ou non ; etc.)
- d'évaluer les conséquences possibles d'un tel essai sur le comportement de son matériel (risques liés aux phénomènes électrostatiques).

Il est dans tous les cas recommandé de prescrire pour certains matériels (équipements électriques par exemple), des essais de continuité de masse avant et après l'essai aux poussières.

10.10.2 Informations utiles au laboratoire d'essais

Il importe que le laboratoire se fasse préciser les choix nécessaires à la personnalisation de l'essai.

Comme pour les essais effectués conformément aux normes antérieures à la **GAM EG 13**, les particules de taille *inférieure à 45 µm* constituent les trois quarts de la poussière utilisée. L'innovation consiste maintenant en ce que la norme **GAM EG 13** précise la répartition de ces fines particules, étant donné leur incidence significative sur la reproductibilité de l'essai.

Du fait des risques que ferait courir aux opérateurs l'utilisation de farines de silice, il est maintenant préconisé d'utiliser d'autres poussières sans pour cela exclure formellement la silice pour le cas où un essai personnalisé la nécessiterait.

A noter cependant que les granulométries siliceuses spécifiées dans les normes antérieures à la **GAM EG 13** sont peu représentatives des environnements siliceux susceptibles d'être réellement rencontrés. A noter également que des poussières d'origine végétale ou industrielle, ou bien que d'autres poussières (argile par exemple) sont sensiblement plus fréquentes que la poussière de silice; la personnalisation des essais autorise, s'il y a lieu, leur utilisation.

10.10.3 Résultats et informations à présenter

Se reporter au **paragraphe 5 du fascicule 18 de la GAM EG 13 (1^{ère} partie)** et aux **paragraphe 4.1.4 et 4.5 de la recommandation RE.Aéro 601 12**.

Il est rappelé que le témoin de l'environnement réalisé doit être fourni obligatoirement pour:

- la nature de la poussière,
- la granulométrie,
- la concentration pondérale en poussière,
- la vitesse d'écoulement de l'air,
- les températures,

et si nécessaire (besoin spécifique du demandeur de l'essai) pour :

- l'humidité relative,
- la vitesse de variation des températures,
- le taux de turbulence,
- les orientations du matériel.

10.11 Etanchéité aux gaz

10.11.1 Informations utiles au demandeur de l'essai

L'attention du demandeur de l'essai est attirée sur :

- les effets possibles de l'essai sur le matériel à essayer :
 - o perte de la charge de gaz contenue dans le matériel (matériel non étanche),
 - o modification des échanges thermiques,
 - o déformation mécanique des enveloppes (matériel étanche),
 - o grippages mécaniques,
 - o altération des propriétés électriques,

- o corrosion des éléments internes,
- o condensation,
- o risque d'explosion,
- la nécessité de disposer sur le matériel à essayer d'une entrée permettant de le mettre en surpression (interne, le fait que certains matériaux peuvent être étanches à un gaz et poreux à un autre.

Des transferts de gaz peuvent donc se produire dans une enceinte d'essai sans que les pressions de part et d'autre des cloisons ne changent. (Influence de la nature du gaz sur le comportement du matériau constitutif du matériel à essayer).

En outre il est recommandé d'effectuer les essais d'étanchéité aux gaz sur des matériels au repos. S'il est nécessaire d'étudier pendant l'essai, le comportement du matériel en fonctionnement, il conviendra préalablement d'établir à cet effet une procédure particulière.

10.11.2 Informations utiles au laboratoire d'essais

10.11.2.1 Essai en surpression interne

Pour les essais en surpression interne, il importe que l'installation du moyen d'essai permette d'homogénéiser les conditions atmosphériques auxquelles sont simultanément soumis le volume de référence et le matériel à essayer. Ainsi une *différence de 1 °C* entre la température du volume de référence et la température du matériel en essai induit une *incertitude de mesure de 3,5 hPa* par degré Celsius pour un essai effectué dans une température *ambiante d'environ 20 °C*.

Tenir compte de l'inertie thermique de volume de référence et du matériel à essayer.

Avant l'épreuve, procéder à un contrôle d'étanchéité du circuit de référence (volume de référence et chaîne de mesure associée) et du circuit d'essai (matériel à essayer et chaîne de mesure associée), notamment au niveau des liaisons démontables.

Les durées spécifiées pour l'observation (*de l'ordre d'une dizaine de jours*) peuvent entraîner une dérive du système électronique des chaînes de mesure, due à l'échauffement progressif des composants. Pour limiter cette dérive, il est recommandé d'alimenter les chaînes de mesure *48 heures au moins* avant le début de l'épreuve.

La durée de pré conditionnement du matériel à essayer (matériel laissé au repos dans les conditions atmosphériques normales) devra, dans toute la mesure du possible, être *supérieure à 24 heures*.

10.11.2.2 Essai en dépression externe

L'essai en dépression externe comportant l'examen visuel du matériel en essai, il importe de prendre les précautions suivantes :

- lorsque le matériel à essayer présente sur plusieurs faces des scellements, joints, liaisons diverses, susceptibles d'être autant de sources de fuites, chaque face doit être essayée séparément. Il peut alors être nécessaire de prévoir un temps de reprise avant l'essai de la face suivante, surtout si de petits volumes internes au matériel sont susceptibles de se vider lors de l'essai sur une face,
- l'examen sera effectué devant un fond sombre, mat et non réfléchissant, sous un éclairage direct réglé de façon à donner un maximum de visibilité au niveau du matériel en essai. L'observation des bulles provenant du matériel immergé peut se faire en utilisant une loupe 3X ou une binoculaire à focale variable.
- une certaine habitude est nécessaire aux opérateurs pour savoir distinguer les fuites réelles des fuites virtuelles, en fonction de la capacité de rétention des gaz qu'a le matériau constitutif du matériel essayé. Dans la plupart des cas, la cadence des bulles et la vitesse de croissance d'une bulle issue d'une fuite virtuelle décroissent au fur et à mesure de l'épuisement de la source de gaz. En cas de doute, il est possible de faire une comparaison avec un matériel factice (bloc massif du même matériau ou maquette de géométrie comparable, notamment si le matériel à essayer présente des surfaces concaves ou des profils à redans).
- le matériel à essayer doit être aussi propre que possible et sa surface exempte de matériaux étrangers, y compris les revêtements et toute sorte de marquage, car il peut en découler des résultats

erronés. Il importe également de manipuler le matériel avec précaution en évitant tout contact des doigts nus avec les parties critiques.

10.11.3 Résultats et informations à présenter

Se reporter au *paragraphe 5 du fascicule 19 de la GAM EG 13 (1 ère partie)* et aux *paragraphe 4.1 .4 et 4,5 de la recommandation RE.Aéro 601 12.*

Il est rappelé que le témoin de l'environnement réalisé doit être fourni obligatoirement pour:

- les pressions,
- les températures,
- les conditions ambiantes (température ; pression ; humidité relative).

Et si nécessaire (besoin spécifique du demandeur de l'essai) pour tout paramètre à connaître.

10.12 Jet d'eau

10.12.1 Informations utiles au demandeur d'essai

Il peut être nécessaire d'immobiliser les matériels risquant de se déplacer sous l'effet du jet d'eau. Il importe dans ce cas de veiller à ce que les systèmes de fixation préconisés:

- ne soient pas cause de pénétration d'eau à l'intérieur du matériel,
- ne fassent pas obstacle à la projection d'eau.

L'attention du demandeur d'essai est attirée sur le fait que toutes les liaisons (câblages électriques ; transmissions mécaniques; conduites de fluides) reliées au matériel en essai, doivent avoir leur autre extrémité située à l'extérieur de l'enceinte d'essai. Les connecteurs libres en utilisation normale doivent également rester libres pour l'essai au jet d'eau.

10.12.2 Informations utiles au laboratoire d'essais

Le matériel à essayer doit être placé dans sa position normale d'utilisation.

L'inspection des dégâts éventuels effectuée après l'essai ne doit pas introduire de l'eau dans le matériel.

10.12.3 Résultats et informations à présenter

Se reporter au *paragraphe 5 du fascicule 20 de la GAM EG 13 (1 ère partie)* et aux *paragraphe 4.1.4 et/1.5 de la recommandation RE.Aéro 601 12.*

Il est rappelé que le témoin de l'environnement réalisé doit être fourni obligatoirement pour :

- les températures respectives de l'eau et du matériel,
- la pression d'alimentation en eau,
- la durée de l'exposition du matériel à la projection d'eau.

10.13 Suppression externe

10.13.1 Informations utiles au demandeur d'essai

Il importe que le demandeur précise:

- La nature du gaz à utiliser,
- la valeur maximale de la pression et, si nécessaire la valeur des paliers intermédiaires,
- le taux d'humidité acceptable,
- les mesures de sécurité liées au matériel à essayer,
- les points de fixation du matériel.

Les variations de pression à volume constant peuvent faire fluctuer la température dans l'enceinte d'une manière non négligeable susceptible d'entraîner lors des phases de décompression si le gaz utilisé est humide, des phénomènes parasites de condensation ou de givrage.

Les variations brutales de pression peuvent aussi susciter des vibrations et des chocs sur le matériel à essayer.

Il importe que le laboratoire précise au demandeur de l'essai les dimensions utiles de l'enceinte d'essai (côtes intérieures ; dimensions de la porte ; volumes disponibles ;...), les caractéristiques des traversées étanches utilisables et les conditions préconisées de fixation du matériel à essayer pour éviter qu'il ne soit projeté lors des chocs de pression.

10.13.2 Informations utiles au laboratoire

La variation de pression recherchée peut-être obtenue par différents moyens tels que :

- Compresseur ou pompe à vide de fort débit par rapport au volume de l'enceinte ;
- Mise en communication quasi-instantanée de 2 enceintes de volume et pression différents déterminés en première approximation par application de la loi de Mariotte.

La mise en communication des deux enceintes peut s'opérer par :

- Percussion électro-mécanique d'une membrane
- Ouverture selon une vitesse programmée, de vannes télécommandées, électromagnétiques ou électropneumatiques (attention aux éventuels parasites électromagnétiques susceptibles d'influer sur le matériel à essayer).
- Vannes fonctionnant par explosion d'un mélange détonnant, ou par un moyen pyrotechnique.

Le retour à la pression atmosphérique peut s'effectuer par vidange à l'extérieur, mais prendre garde aux graves nuisances que cette vidange peut occasionner dans le voisinage.

La durée de transition indiquée au catalogue fourni par le constructeur de l'enceinte correspond à celle d'une enceinte vide ; il importe de tenir compte du fait qu'elle diminue en fonction inverse du volume du matériel à essayer.

Les variations brutales de pression peuvent être dimensionnantes pour les câblages et canalisations situées dans l'enceinte.

Eviter de modifier les traversées, toute modification étant susceptible d'être source de fuite ou même d'accident.

ANNEXE A : COMPLEMENTS SUR L'ORGANISATION DU PROGRAMME D'ESSAI

1 Travaux relatifs au procédé d'essai

1.1 Représentativité du procédé d'essai

La représentativité d'un procédé d'essai dépend de plusieurs facteurs, pouvant participer à l'identification des composantes de l'incertitude, parmi lesquels on peut citer :

- le degré d'adéquation des conditions d'essais réalisables par rapport aux conditions réelles d'utilisation, notamment vis à vis des spécifications relatives à l'environnement réel,
- le degré d'adéquation de l'essai effectué par rapport aux conditions d'essais spécifiées,
- le degré de prise en compte du cumul des contraintes, s'il y a lieu,
- le degré de prise en compte de la chronologie et de l'enchaînement de l'application des contraintes,
- le degré de couverture des résultats attendus vis à vis du domaine d'utilisation spécifié,
- l'opportunité d'un essai en conditions accélérées simulant un fonctionnement réel,
- le choix adéquat du nombre de spécimens à essayer dans le cas où l'on a des valeurs probabilistes à démontrer (cas des essais de fiabilité),
- l'aptitude du dispositif d'essai à ne pas engendrer de perturbations sur l'essai ni sur le spécimen,
- le degré de représentativité d'un plan d'expérience utilisé par rapport à une démarche qui consisterait à réaliser l'ensemble des essais,
- l'influence du comportement humain soit en tant qu'opérateur, soit en tant que partie prenante du procédé d'essai.

Tous ces éléments sont en fait relatifs à la construction de la représentativité du procédé d'essai, ils peuvent être complétés par d'autres éléments permettant de donner l'assurance de cette représentativité. Cette assurance que l'on a de la représentativité dépend aussi du degré d'expérience antérieure sur l'adéquation de l'essai vis-à-vis du fonctionnement réel et des apports des connaissances acquises lors d'autres démonstrations.

La représentativité du procédé d'essai est examinée au cours de sa conception (adéquation entre le besoin d'essai et la définition du procédé), au cours de la réalisation de la procédure d'exécution de l'essai et au cours du traitement des résultats (adéquation entre les résultats obtenus et ceux espérés sur le produit). Le traitement des données (surtout lorsqu'il fait appel à des relations théoriques) doit être prévu dès la conception du procédé d'essai.

1.2 Conception du procédé d'essai

1.2.1 Éléments d'entrée du procédé d'essai

Pour la réalisation de l'essai, il est nécessaire de considérer simultanément :

- la méthode d'essai,
- le moyen d'essai,
- les critères de qualification du personnel impliqué,
- le spécimen et les interfaces avec le dispositif d'essai.

En effet, pour un même résultat, on peut choisir un banc rudimentaire fiable avec un personnel très qualifié ou un banc entièrement automatisé avec des opérateurs moins qualifiés.

De même, la méthode d'essai dépend de la représentativité du spécimen (représentation partielle ou totale, échelle, etc.).

La méthode et le moyen d'essai peuvent :

- être définis par une norme ou imposés par le client,

- être créé pour les besoins de l'essai (conception spécifique ou adaptation de procédés existants).

La méthode d'essai retenue sera fonction :

- du type d'essai à réaliser (par exemple destructif ou non destructif, contrôle du produit ou du processus de fabrication),
- de la liste des contraintes de toute nature (technique, financière, calendaire, etc.), d'une sévérité et d'une simultanéité éventuelle,
- du niveau de sécurité nécessaire,
- des critères de performance (répétabilité, reproductibilité, seuil de détection, ...),
- des incertitudes de mesure désirées sur le résultat de l'essai.

Une fois la méthode d'essai déterminée, le moyen d'essai sera choisi en fonction des mêmes critères que ceux énoncés pour le choix de la méthode, mais aussi des critères suivants :

- existence et disponibilité du moyen d'essai,
- performances du moyen d'essai,
- couverture du domaine,
- capacités des moyens de mesure et informatique,
- productivité,
- influence du moyen d'essai sur les performances du spécimen.

L'absence d'un moyen d'essai adapté entraîne, s'il n'est pas possible d'en réaliser un nouveau, le choix d'une autre méthode d'essai. Dans ce cas on évaluera les risques que l'on prend à ne pas réaliser la démonstration telle qu'on l'avait préalablement définie.

Le concepteur de l'essai détermine les conditions d'essai, au vu des données collectées ci-dessus et en exploitant les expériences acquises sur des produits similaires.

1.2.2 Éléments complémentaires

Les données relatives aux conditions réelles d'utilisation que l'on cherche à recueillir sont :

- les paramètres de l'environnement réel : climatique, thermique, mécanique, électromagnétique, poussières, etc.,
- les interfaces avec le spécimen : mécaniques, électriques, logicielles, humaines, etc.,
- l'environnement «physique» (quels autres constituants du produit sont présents au voisinage du spécimen),
- les caractéristiques d'usage : temps d'utilisation, de stockage, durée de vie envisagée, le profil de vie du produit,
- les contraintes de sécurité : tenue au feu, sécurité électrique, écotoxicité, etc.,
- les contraintes de recyclage.

Selon que l'essai porte sur un spécimen représentatif d'un composant, d'un sous-ensemble ou d'un système complet, il est plus ou moins facile de définir les contraintes d'environnement auxquelles il sera soumis.

Le concepteur du procédé d'essai doit également prendre en compte un certain nombre de données qui sont :

- la définition du nombre d'essais et de spécimens,
- l'existence éventuelle de prises d'essai,
- la définition du nombre de mesures, le choix des capteurs, la prise en compte d'un impact sur la mesure,
- la définition ou l'adaptation des moyens d'essai :
 - o conception, réalisation, installation des montages d'essai,
 - o conception, réalisation, installation des dispositifs de simulation de l'environnement,
 - o prise en compte de la sécurité des personnes et des biens,
 - o prise en compte des contraintes liées à la manutention du spécimen ; la définition des incertitudes sur les mesures,

- l'élaboration ou le choix des matériels et programmes informatiques d'acquisition et de dépouillement,
- les critères de qualification des opérateurs,
- la planification et la coordination de la réalisation (étapes, chronologie, etc.), y compris, s'il y a lieu, la confirmation du plan d'expériences,
- la définition des responsabilités et des ressources pendant la réalisation de l'essai.

1.2.3 Éléments de sortie de la conception du procédé d'essai

Le processus de conception du procédé d'essai s'achève par la description de la méthode d'essai choisie, dûment validée, et l'élaboration du dossier de définition du dispositif d'essai.

Ce dossier de définition contient les informations nécessaires et suffisantes pour fabriquer, instrumenter et contrôler les différents éléments du dispositif d'essai incluant les interfaces avec le spécimen.

Ces éléments de sortie doivent prendre en compte les contraintes de coûts et de délais.

1.2.4 Revue de conception du procédé d'essai

Le but de cette revue est d'examiner et fournir les éléments permettant au prestataire d'essai de s'assurer que :

- la méthode d'essai retenue satisfait le besoin de l'essai.
- le dispositif d'essai est réalisable et possède les propriétés nécessaires et suffisantes pour atteindre les objectifs de l'essai.

Cette revue doit permettre également d'assurer l'adéquation entre la méthode d'essai retenue, le dispositif d'essai réalisé et le spécimen soumis à l'essai.

Il convient préalablement à cette revue de faire un examen des éléments d'entrée de la conception. En effet, pendant les travaux de conception du spécimen, le besoin d'essai peut avoir évolué pour des raisons indépendantes de l'essai envisagé (apparition de faits techniques sur le produit, regroupement de plusieurs essais, évolution de la réglementation, exigences nouvelles du client, contraintes du prestataire d'essai).

1.2.5 Justification du choix de la méthode d'essai

Un mauvais choix de la méthode d'essai peut conduire à ne pas satisfaire la totalité des objectifs de l'essai. À ce stade, les causes possibles peuvent être :

- mauvais choix du type (principe physique) de l'essai,
- application séparée dans le temps de contraintes appliquées simultanément dans la réalité,
- Représentativité insuffisante des conditions réelles d'utilisation du produit (environnement, facteur d'échelle, essai de vieillissement accéléré),
- mauvais enchaînement des essais,
- mauvaise sélection des paramètres à reproduire (déterminés, par exemple, au travers d'un plan d'expérience,
- difficulté ou impossibilité de réalisation du dispositif d'essai associé,
- contraintes économiques,

L'examen de ces paramètres doit conduire à la validation de la méthode d'essai retenue.

1.2.6 Justification de la conception du dispositif d'essai

Cette action vise à démontrer la conformité du dossier de définition du dispositif d'essai aux conditions d'essais spécifiées.

En effet, la définition détaillée des moyens d'essai peut conduire à dégrader la représentativité de l'essai.

A ce stade, les causes possibles peuvent être :

- impact de l'environnement d'essai mal apprécié (autre que les conditions à réaliser),
- indisponibilité des moyens matériels (génération des conditions, mesure et enregistrement),
- insuffisance des ressources humaines (disponibilité, quantité, compétence, ...),
- incidence des interfaces et de l'instrumentation sur les mesures,
- contraintes économiques.

1.3 Réalisation du dispositif d'essai

Les éléments d'entrée sont constitués du dossier de définition préalablement validé sur lequel s'appuie le réalisateur pour établir ses documents de fabrication et de contrôle.

Les éléments matériels du dispositif d'essai (moyens d'essai, interfaces avec le spécimen, ...) ainsi fabriqué : constituent les éléments de sortie de la réalisation. Les modes opératoires nécessaires à la mise en œuvre du dispositif sont élaborés.

L'ensemble de ces éléments doit permettre d'effectuer les contrôles prévus par le concepteur afin de s'assurer de la capacité du procédé d'essai à répondre aux objectifs de l'essai.

En cas de non-conformité avec la définition prévue, il met en œuvre une procédure de traitement spécifique préalablement définie en fonction de ses conséquences sur les objectifs de l'essai.

1.4 Validation de la conception de l'essai

Le but de cette validation est d'examiner tous les éléments relatifs au spécimen ou à l'échantillonnage et ai, procédé d'essai permettent de justifier que l'objectif de l'essai peut être atteint. Elle doit être faite par l'ensemble des parties prenantes et aboutir à la finalisation du protocole technique de réalisation.

1.5 Coûts et délais

Le protocole technique de réalisation doit comprendre les informations sur le coût de la réalisation de l'essai et les délais associés (durée et créneaux disponibles).

Pour mémoire, le programme d'essais est ensuite réalisé et fait l'objet d'une revue de contrat, présentées succinctement ci après.

1.6 Réalisation de l'essai

Après engagement contractuel entre les deux parties, matérialisé par la signature du «*contrat de réalisation*» ou du «*protocole technique de réalisation*» (*voir NF X 50 141-I*), le prestataire réalise l'essai en se conformant aux exigences de son système de management de la qualité, conforme à la norme *NF EN ISO/CEI 17025* ou à un référentiel équivalent. Une attention particulière est portée à la compétence des personnes qui réalisent l'essai.

1.7 Revue de contrat d'exécution

Avant l'engagement contractuel qui déclenche les travaux, le prestataire et le demandeur peuvent être amenés à faire une revue de contrat. Dans ce cas, elle se fera selon les dispositions décrites dans la *Norme NF EN ISO/CEI 17025* ou un référentiel équivalent.

La revue de contrat porte en premier lieu sur l'examen des réponses apportées aux différents points du protocole technique ; les éléments non mentionnés, par exemple pour des raisons de protection du savoir-faire du prestataire, font l'objet d'un examen particulier.

ANNEXE B : AIDE AU CHOIX DES SANCTIONS

CRITERE	EXIGENCE	REPERE
ETAT APPARENT DU MATERIEL	Aucune modification ou dégradation de l'état du matériel n'est tolérée pour ce qui concerne : <ul style="list-style-type: none"> • L'aspect : géométrie des surfaces et des structures, peintures, états de surface, fixation des éléments, etc. • Les conditions de démontage, de remontage et d'accès aux éléments constitutifs, • Les connexions et les liaisons, • Le confort d'exploitation : souplesse des commandes, fonctionnement, lisibilité et protection des affichages, etc. 	e1
	Quelques modifications ou dégradations de l'état du matériel sont tolérées pour ce qui concerne : <ul style="list-style-type: none"> • L'aspect : quelques dégradations superficielles et limitées des peintures et états de surface avec des déformations limitées des géométries, des surfaces et des structures ne mettant pas en cause la solidité de l'ensemble, • Les ruptures, sans autres conséquences, des fixations des accessoires, • Les connexions et les liaisons, • L'accès aux éléments constitutifs, les démontages et remontages qui doivent rester possibles par les moyens normaux, • Le confort d'exploitation : légères altérations n'engendrant que des difficultés mineures. 	e2
	Certaines dégradations du matériel sont admises à condition que : <ul style="list-style-type: none"> • La solidité du matériel ne soit pas mise en cause, • L'accès aux éléments constitutifs, les démontages et les remontages restent possibles par les moyens normaux, • L'exploitation reste possible. 	e3
SECURITE	Pas de modification des paramètres déterminant la sécurité.	s1
	La variation des paramètres déterminant la sécurité est admise dans les limites qui ne conduisent pas à l'apparition d'un risque de sinistre.	s2
FONCTIONNEMENT SPECIFIQUE	Fonctionnement spécifique normal.	f1
	Fonctionnement spécifique perturbé permettant néanmoins l'exploitation du matériel dans les conditions du service courant.	f2
	Fonctionnement spécifique très perturbé ne permettant pas l'exploitation, mais ne conduisant pas au déclenchement intempestif d'autres fonctions ou à la destruction du matériel.	f3

Tableau 7: Aide au choix des sanctions

1. Code de sanction

Le code de sanction est formalisé par un *chiffre de 0 à 3* :

- les *chiffres de 1 à 3* regroupent un repère de chaque critère défini et sont explicités dans chaque fascicule d'essai,
- le *chiffre 0* correspond à des critères différents. Ces critères sont donc à préciser dans le programme d'essais.

Conduite à tenir en cas d'incidents pendant les essais :

Le demandeur d'essais doit préciser la conduite à tenir en cas d'incidents pendant les essais.

Ces incidents peuvent provenir soit du matériel en essai, soit du moyen d'essai. Il importe de les analyser pour les classer dans l'une ou l'autre catégorie :

- en cas d'incident dû au matériel en essai, la conduite à tenir est spécifique de ce matériel et n'est pas traitée dans le présent document,
- en cas d'incident dû au moyen d'essai, la conduite à tenir est détaillée ci-après (*cf. figure 8*).

Le programme d'essais peut modifier cette conduite en fonction des impératifs propres au matériel en essai. En outre, une conduite à tenir particulière peut être indiquée dans le fascicule d'essai correspondant.

- le moyen d'essai est perturbé et délivre une sévérité hors tolérance par défaut :
Sauf indication particulière spécifiée dans le fascicule d'essai, l'essai doit être repris à partir du début constaté de l'état hors tolérance pour compléter la durée de l'essai prévue,
- le moyen d'essai s'arrête ou est perturbé et délivre une sévérité hors tolérance par excès :
Sauf indication particulière spécifiée dans le fascicule d'essai, il est préférable d'interrompre l'essai et de reprendre dans sa totalité avec un nouvel exemplaire du matériel ; cela doit être fait en particulier s'il se pose un problème de sécurité ou de criticité.
- Toutefois, si le matériel ne paraît pas endommagé ou si une réparation est admise, l'essai peut être repris et poursuivi. Mais en cas de défaillance du matériel en essai, l'essai n'est pas valable et doit être repris dans sa totalité avec un nouveau matériel.

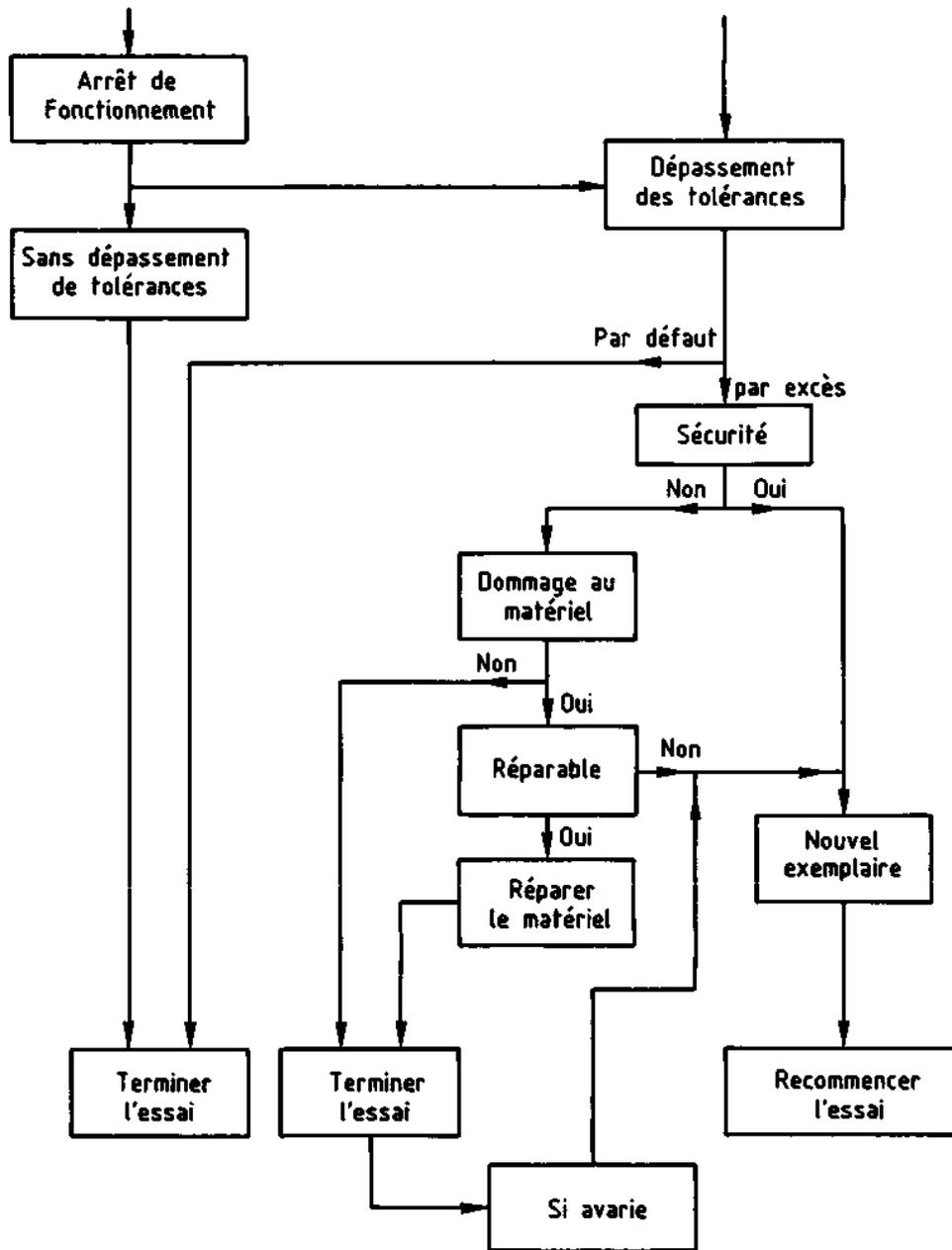


Figure 8: Traitement des incidents dus au moyen d'essai

ANNEXE C : COMPARAISON DES SEVERITES REFUGES ET/OU FORFAITAIRES

Bien que le présent guide recommande la mise en œuvre de la personnalisation des essais, une bonne partie des sévérités des essais climatiques des programmes récents et en cours sont constitués d'essais forfaitaires, pour les raisons évoquées au paragraphe 2 du document d'application.

On rappelle que les guides de choix de la GAM EG 13 à savoir :

- GAM EG 13A guide de choix pour les matériels bords des véhicules à roues et à chenilles,
- GAM EG 13B guide de choix pour les matériels bords des avions et des hélicoptères
- GAM EG 13C guide de choix pour les matériels bords des bâtiments navals,
- GAM EG 13D guide de choix pour les matériels bords des missiles
- GAM EG 13E guide de choix pour les matériels sols

n'ont plus cours actuellement mais ont un contenu qui peut inspirer le spécificateur en mal d'inspirations pour le choix des essais et des sévérités d'essai. Ces documents ne sont pas à utiliser en aveugle et toute utilisation inspirée par ces documents devra trouver une justification dans leur cadre d'emploi.

La comparaison qualitative de la sévérité de deux essais climatiques est un exercice aisé uniquement lorsque seul le niveau d'une des modalités des deux essais diffère. Dès que les valeurs d'au moins deux modalités sont distinctes, cet exercice est très complexe. Dans ce cas, cette comparaison doit se baser sur l'évaluation des niveaux de dommages générés par ces deux essais sur un matériel donné. Comme les types d'endommagement et les niveaux associés dépendent aussi du matériel considéré, il apparaît évident qu'une comparaison de sévérité n'a de sens que pour des associations « matériel / essai ». Ceci étant dit, on peut légitimement se demander quel est l'intérêt d'engager une comparaison des modalités de familles d'essais climatiques décrites dans des documents normalisés. Les normes couvrent des domaines plus ou moins étendus tant en variétés d'environnements d'utilisation qu'en types de matériels concernés (normes de la défense, normes du domaine électrotechnique, normes pour matériels électrotechniques exploités sur véhicules automobiles, normes spécifiques à des matériels pour une utilisation domestique, ...). Ces documents font l'objet d'un consensus de la plupart des acteurs d'un domaine et sont régulièrement mis à jour de manière à prendre en compte efficacement la majorité des endommagements observés sur les matériels du domaine au cours de leurs divers profils de vie. Ainsi, il peut être opportun de rapprocher les modalités de divers documents normatifs pour éventuellement identifier des tendances qui seraient communes à un grand nombre de matériels ou à de larges domaines d'utilisation de matériels. C'est dans cet esprit que sont comparées les modalités de différentes familles d'essais climatiques à savoir les essais de chaleur sèche, les essais au froid, les essais avec cycles thermiques, les essais de chaleur humide et les essais de brouillard salin décrit dans les documents normatifs suivants :

- du domaine de la défense : les normes AECTP 300, MIL STD 810G, DEF STAN 0035 et GAM EG 13,
- du domaine électrotechnique civil : les normes d'essais climatiques du domaine électrotechnique référencées CEI 60068-2-2, 2-30, 2-38, 2-67, 2-78, 2-1, 2-11, 2-14 et 2-52,
- des matériels électriques et électroniques du domaine automobile civil : les spécifications environnementales des sociétés PSA, Renault et GM référencées respectivement B21 7130 indice A, 36-00-802/--E et GMW3172.

Tout d'abord, les principales sévérités refuges des essais considérés sont synthétisées dans des tableaux. Par la suite, elles sont exploitées de manière à souligner les points principaux (convergences, écarts, ...). Enfin, les sévérités refuges de quelques essais sont comparées en utilisant, si possible, des modèles de dégradation pour analyser de manière critique les points issus de l'exploitation directe.

CHALEUR HUMIDE

	Domaine militaire				Domaine électrotechnique civil	Domaine automobile		
	AECTP 300	DEF STAN 0035	MIL STD 810G	GAM EG 13	CEI 60068-2	PSA B21 7130 Indice A	Renault 36-00-802/--E	General Motors GMW3172
<p>CHALEUR HUMIDE</p> <p>Essai avec paliers continus</p>	<p>Température et humidité relative constantes</p> <p>T/HR : valeurs issues de mesures ou à défaut 55°C/95%</p> <p>Durées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - comportement à court terme (matériels normalement protégés et exposés occasionnellement) : 6j - matériels semi-protégés : 12j - matériels usuellement exposés sous atmosphères humides : 21j - comportement à long terme : 56j 	<p>Température et humidité relative constantes (conditions d'essai de la CEI 60068-2-78)</p> <p>En mode Qualification Températures: B1:32 °C - 88%RH B2:63°C - 75%RH B3:71°C - 80%RH M1:69°C - 64%RH Durée :</p> <p>3/6/12 j pour effet à court/moyen/long terme pour équipement protégé Minimum 28 j pour équipement non protégé et une exposition > à 3 mois, et 56j pour une exposition > à 6 mois)</p> <p>En mode Robustesse :</p> <p>HR = 93 % T = 30 à 71 °C Durées : 2,16, 72 ou 96h voire + (jusqu'à 56j)</p>	<p>Pas d'essai spécifié</p>	<p>Température et humidité relative constantes</p> <p>T/HR : 40°C/93%</p> <p>Durées : 16h, 4j, 10j, 21j ou 56j</p>	<p>CEI 60068-2-78 Température et humidité relative constantes</p> <p>T/HR : 30°C/85%, 30°C/95%, 40°C/85% et 40°C/95%</p> <p>Durées : 12h, 16h, 24h, 2j, 4j, 10j, 21j ou 56j</p> <p>CEI 60068-2-67 Température et humidité relative constantes Essai applicable en premier lieu aux composants électroniques</p> <p>T/HR : 85°C/85%</p> <p>Durées : 168h, 504h, 1 000h ou 2 000h</p>	<p>Pas d'essai spécifié</p>	<p>(LT02) avec activation (ON/OFF)</p> <p>Palier à 85°C et 85%HR sauf contre indication (hors spécification du produit), auquel cas un coefficient de réajustement est prescrit</p> <p>Durée : les durées (jusqu'à 1 500h environ) sont définies en fonction de la criticité du matériel en essai, de son implantation sur véhicule, du nombre de pièces en essai en simultané.</p>	<p>Réf CEI 60068-2-56 Cb §5.6.2 p 43 "Humid heat constant » avec activation (ON/OFF)</p> <p>7 jours à 65±3°C avec HR entre 95% et 100%</p> <p>Matériel alimenté (sous 11V).</p> <p>Possibilité de raccourcir la durée en ajustant Tmax et l'humidité : calcul selon la formule d'Arrhénius-Peck avec une valeur moyenne conservatrice de Ea = 0,8 eV et un coefficient HR de 2,66.</p>
<p>CHALEUR HUMIDE</p> <p>Essai avec cycle diurne</p>	<p>Cycle : cycle diurne le plus contraignant selon zone climatique (zones B2 ou B3)</p> <p>T/HR : cycles de 24h entre 30°C/70% et 60°C/20% ou entre 35°C/75% et 70°C/15%</p> <p>Durée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Equipement protégé : 6 cycles - Equipement partiellement protégé : 12 cycles - Equipement exposé normalement : 21 cycles - Exposition longue : 56 cycles 	<p>En mode Qualification :</p> <p>Cycle : cycle diurne le plus contraignant selon zone climatique (zones B1, B2, B3 en condition de stockage ou transit)</p> <p>Durée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Equipement protégé ou partiellement protégé : 3/6/12 cycles pour effets à court, moyen et long terme - Equipements non protégés : 28 cycles (exposition de 3 mois) et 56 cycles (exposition > à 6mois) <p>En mode Robustesse :</p> <p>Cycle :</p> <p>4h à 30°C (HR >= 95 %), montée à 70 °C en 5h, 10h à 70 °C (HR = 10 à 15 %), descente à 30 °C en 5h</p> <p>Durée : 4j minimum</p>	<p>Cycle : cycle diurne le plus contraignant selon zone climatique (zones B1, B2 or B3)</p> <p>(B1 : 24<T<27°C, 95<HR<100%)</p> <p>Durée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 15 à 90 jours pour équipements non pyrotechniques - 30 to 180 jours pour équipements pyrotechniques 	<p>Pas d'essai spécifié</p>	<p>Pas d'essai spécifié</p>	<p>Pas d'essai spécifié</p>	<p>Pas d'essai spécifié</p>	<p>Pas d'essai spécifié</p>
<p>CHALEUR HUMIDE</p>	<p>Température cyclée sous haute humidité relative</p>	<p>Pas d'essai spécifié</p>	<p>Température cyclée sous haute</p>	<p>Pas d'essai spécifié</p>	<p>CEI 60068-2-30 Température cyclée et humidité</p>	<p>Pas d'essai spécifié</p>	<p>Réf CEI 60068-2-38 Z/AD</p>	<p>Réf CEI 60068-2-38 Z/AD §5.6.1 p 42 "Humid heat</p>

Cycles aggravés	T : entre 30°C et 60°C HR : 95% Durée : 6, 12, 21 ou 56 cycles (Idem essai continu, cycles de 24h)		humidité relative T : entre 30°C et 60°C HR : 95% Durée : minimum 10 cycles (cycles de 24h)		relative constante T : cycles journaliers entre 25°C et 40°C ou 55°C Cycle journalier : palier de 9h, rampe de 3h HR : >93% Durées : . Pour T maximum de 40°C : 2, 6, 12, 21 à 56 cycles journaliers . Pour T maximum de 55°C : 1, 2 à 6 cycles journaliers CEI 60068-2-38 Température cyclée sous haute humidité relative T : entre au maximum 65°C et au minimum -10°C HR : >88% hors périodes de gel Durée : 10j		(CL06) avec activation (ON/OFF) 10 cycles de 24h entre -10 et +65 °C, 93 % HR.	cycle » avec activation (ON/OFF) 10 cycles de 24h entre -10 et +65 °C, 93 % HR. Matériel alimenté.(sous 11V)
CHALEUR HUMIDE Essai de condensation	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié L'essai de chaleur du fascicule 2 avec cycle pourrait être approprié (en particulier pour les matériels à forte inertie thermique) pour apprécier les effets de la condensation	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié. Mais essai qui va être intégré dans la nouvelle version du document	Pas d'essai spécifié	§5.6.4 p43 "Dew test" 10 cycles de 24h avec 2h à 0°C (HR indifférent), puis 22h à 40°C-98 % HR. Matériel alimenté.(sous 11V)

BROUILLARD SALIN

	Domaine militaire				Domaine électrotechnique civil	Domaine automobile civil		
	AECTP 300	DEF STAN 0035	MIL STD 810G	GAM EG 13	CEI 60068-2	PSA B21 7130 Indice A	Renault 36-00-802/--E	General Motors GMW3172
<p>BROUILLARD SALIN</p> <p>Essai avec paliers continus</p>	<p>Pas d'essai spécifié</p>	<p>Aspersion en continu d'une solution saline NaCl 5% T : 35°C Durées : - comportement à court terme : 24h - comportement à long terme : 28j</p>	<p>Pas d'essai spécifié</p>	<p>Aspersion en continu d'une solution saline NaCl 5% T : 35°C Durées : 1h, 3h, 9h, 48h, 96h, 144h, 240h, 500h ou 720h</p>	<p>CEI 60068-2-11 Aspersion en continu d'une solution saline NaCl 5% T : 35°C Durées : 16h, 24h, 48h, 96h, 168h, 336h, et 672h</p>	<p>Pas d'essai spécifié</p>	<p>(CH10) Essai inspiré de la CEI 60068-2-11. Durée : jusqu'à 900 h de brouillard salin</p>	<p>Pas d'essai spécifié</p>
<p>BROUILLARD SALIN</p> <p>Essai avec cycles de brouillard salin suivi d'une exposition sous atmosphère chaleur humide</p>	<p>Aspersion d'une solution saline NaCl 5% à 35°C alternée avec des expositions à température ambiante et 50% d'humidité relative Durées : Minimum 2 cycles de 48h</p>	<p>Aspersion d'une solution saline NaCl 5% à 35°C alternée avec des expositions en chaleur humide à 40 °C et 93% HR Sévérités : - comportement à court terme : 3 cycles journaliers constitués de 2h de brouillard salin puis d'une exposition en chaleur humide (22h) - comportement à long terme : 4 cycles hebdomadaires constitués de 2h de brouillard salin puis d'une exposition en chaleur humide (7 jours)</p>	<p>Aspersion d'une solution saline NaCl 5% à 35°C alternée (24h) avec des expositions à température ambiante et 50% d'humidité relative (24h) Durées : Minimum 2 cycles de 48h</p>	<p>Aspersion (24h) d'une solution saline NaCl 5% à 35°C alternée avec des expositions sous atmosphère normale (24h) Atmosphère normale : Température ambiante et 50% d'humidité relative Durées : 1,2, 4, 6, 10 ou 20 cycles de 48h</p>	<p>CEI 60068-2-52 Aspersion d'une solution saline NaCl 5% alternée à 35°C avec des expositions en chaleur humide ou sous atmosphère normale Chaleur humide : 40°C/93% Atmosphère normale : 23°C/50% Sévérités fonction du profil de vie du matériel : - Présence en continu en bord de mer : 4 cycles hebdomadaires constitués de 2h de brouillard salin puis d'une exposition en chaleur humide (146h) - Présence occasionnelle en bord de mer : 3 cycles journaliers constitués de 2h de brouillard salin puis d'une exposition de 22h en chaleur humide - Exposition à des changements fréquents entre atmosphères salines et atmosphères sèches (organes automobiles par exemple) : 1, 2, 4 ou 8 cycles hebdomadaires constitués d'une succession de 4j avec 2h de brouillard salin suivies de 22h de chaleur humide puis de 3j de maintien sous atmosphère normale</p>	<p>Essai climatique cyclique suivi d'un essai cyclique de brouillard salin : Sévérité : 10 cycles climatiques journaliers dont les cinq premiers avec phase de froid suivant CEI 60068-2-38 (-10°C/+65°C) puis 10 cycles journaliers de brouillard salin alterné avec 8h d'aspersion suivant CEI 60068-2-11 et 16 heures de maintien sans contrôle de l'humidité dans l'enceinte d'essai. Aspersion d'une solution saline acide à température ambiante alternée avec un essai cyclique de chaleur humide : Sévérités : - 2h de pulvérisation suivies de 17 cycles climatiques journaliers suivant CEI 60068-2-30 (25°C/55°C) - 3h de pulvérisation suivies de 9 cycles climatiques journaliers avec phase de froid suivant CEI 60068-2-38 (-10°C/55°C) puis 3h de pulvérisation suivies de 9 cycles climatiques journaliers suivant CEI 60068-2-30 (25°C/55°C)</p>	<p>Réf CEI 60068-2-52 Kb (CH09) Aspersion d'une solution saline (NaCl 5%) à température ambiante alternée avec un essai de chaleur humide. 1 cycle de 168h (7 j) = (2h d'aspersion saline + 22h à 40°C et 93%HR)*4 + 72h à 23°C et 50%HR. Nombre de cycles recommandé : - 1 cycle pour les équipements internes - 4 cycles pour les équipements externes.</p>	<p>§5.7 procédure 1 page 44 « Salt mist » Cycles journaliers : 8h d'aspersion + 16h de maintien sans contrôle de l'humidité Aspersion selon CEI 60068-2-11 Durées : 7 cycles (habitacle) § 5.7 procédure 2 page 44 « Salt spray » Cycle de 24h = 3*(1h à 70°C + 1h à 35°C avec 5% NaCl en mode alimenté+ 1h à 25°C) +15h de séchage à 25 °C Durées : 10 cycles (intérieurs de porte) à 40 cycles (bas de caisse)</p>

FROID

		Domaine militaire				Domaine électrotechnique civil	Domaine automobile civil		
Types de situation du profil de vie		AECTP 300	DEF STAN 0 035	MIL STD 810G	GAME EG 13	CEI 60068-2	PSA B21 7130 Indice A	Renault 36-00-802/--E	General Motors GMW3172
FROID Essai avec paliers continus	Stockage	T : température min de la situation considérée Durées : . verres et matériaux polymères : 72h à partir de la stabilisation thermique . autres matériaux : 4h à partir de la stabilisation thermique	T : température min de la situation considérée Durée : jusqu'à stabilisation ou 24h si nouveau matériel	T : température min de la situation considérée Durées : . matériels sans fonction spécifique : 4h ou jusqu'à stabilisation . Verres, explosifs, munitions, matériaux organiques, ... : 72 h à partir de la stabilisation thermique	T : température min de la situation considérée Durées : . 16 h pour matériel à faible inertie . 72 h pour matériel à forte inertie	CEI 60068-2-1 Procédures d'essai pour matériel dissipatif et matériel non dissipatif T : entre -65°C et 5°C Durées : . comportement à court terme : 16h, 72h ou 96h . comportement à long terme : pas d'indication de durée	Procédure d'essai pour matériel non dissipatif avec variation lente de la température suivant CEI 60068-2-1 T : -40°C / personnalisé Durée : 24h	Procédure d'essai suivant CEI 60068-2-1 (CL04) Température: -30°C à -40°C (-55°C pour aérotransport) Durée : 24h	Pas d'essai spécifié
	Opération	T : température min de la situation considérée Durée : jusqu'à la stabilisation thermique			T : température min de la situation considérée Durées : . 2 h pour matériel à faible inertie . 16 h pour matériel à faible inertie		Procédure d'essai suivant CEI 60068-2-1 Température: valeur minimale en fonctionnement; Durée : 24h	Procédure d'essai suivant CEI 60068-2-1 (CL09) Température: -25°C à -40°C ; Durée : 24h	§5.5.1 page 39 « low temperature wakeup test » 24h à -40°C
FROID Essai avec cycle diurne	Stockage	Essai de cyclage recommandé. Nombre de cycle non spécifié.	T : cycle diurne suivant zone climatique Durées : . jusqu'à stabilisation soit 4 cycles journaliers mini . matériaux plastiques, caoutchoucs ou explosifs: 7 cycles journaliers ou 14 cycles journaliers si le matériel est mal connu	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié
	Opération	Essai par palier à stabilisation recommandé. Si choix essai par cyclage alors : T : cycle diurne suivant zone climatique Durée : Minimum 3 cycles journaliers		Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié

CHALEUR SECHE

		Domaine militaire				Domaine électrotechnique civil	Domaine automobile civil		
Types de situation du profil de vie		AECTP 300	DEF STAN 0035	MIL STD 810G	GAM EG 13	CEI 60068-2	PSA B21 7130 Indice A	Renault 36-00-802/--E	General Motors GMW3172
CHALEUR SECHE Température constante	Stockage	T : entre 30°C et 65°C Durées : . comportement à court terme : au moins 16 h . comportement à long terme : Arrhenius	Conditions d'essai de la CEI 60068-2-2 Qualification : Températures : A1 : 71 °C A2 (ou M2) : 63 °C A3 : 58 °C M1 : 69 °C Durées : . 24h mini . Essai à température fixe, non adapté pour faire du vieillissement. Préférer les essais cycliques	T : température max de la situation considérée Durées : . comportement à court terme : 2 h après stabilisation thermique . comportement à long terme : Arrhenius	T : jusqu'à 200°C Durées : . 16 h pour matériel à faible inertie . 96 h pour matériel à forte inertie	CEI 60068-2-2 Procédures d'essai pour matériel dissipatif et matériel non dissipatif T : entre 30°C et 200°C Durées : . comportement à court terme : 2h, 16h, 72h ou 96h . comportement à long terme : pas d'indication de durée	Procédures d'essai pour matériel non dissipatif avec variation lente de la température suivant CEI 60068-2-2 Stockage : +85°C / 48h Hors utilisation : T maximale / 21 jours	Procédure d'essai suivant CEI 60068-2-2 (CL03) Stockage : 48 h à +70°C ou +85°C	Pas d'essai spécifié
	Opération	T : entre 30°C et 65°C Durées : . comportement à court terme : au moins jusqu'à stabilisation thermique	Robustesse : Températures : entre 30 et 200 °C typiquement, voire jusqu'à 1000 °C Durées : . 2h, 16h, 72h ou 96h	T : température max de la situation considérée Durées : 2 h après stabilisation thermique	T : jusqu'à 200°C Durées : . 2 h pour matériel à faible inertie . 16 h pour matériel à forte inertie		Sévérité (T et durée) personnalisée (Arrhenius) avec une durée minimale de 20 jours Essai de fonctionnement à froid ou à chaud Procédure d'essai suivant CEI 60068-2-2 Température: valeur maximale en fonctionnement; Durée : 24h	Essai de fonctionnement à froid ou à chaud Essai de fonctionnement à froid ou à chaud Procédure d'essai suivant CEI 60068-2-2 (CL08) 1h à 8h à +70°C ou +85°C	§5.5.2 page 40 « High temperature durability test » 500h à 2000h avec palier à Tmax (Habitacle :70°C à 105°C ; compartiment moteur : 105 à 140 °C, autres : 70 à 120 °C). Matériel alimenté Possibilité de raccourcir la durée en augmentant Tmax : calcul selon Arrhenius avec une valeur moyenne conservatrice de Ea = 0,8 eV
CHALEUR SECHE Cycles de température diurne	Stockage	T : cycle diurne le plus contraignant selon zone climatique Durées : . comportement à court terme : au moins 7 cycles journaliers . comportement à long terme : Arrhenius	Qualification : Température : cycle diurne selon zone climatique (A1, A2, A3 en conditions de stockage ou transit) Durées : . comportement à court terme : jusqu'à	T : cycle diurne le plus contraignant selon zone climatique Durées : . comportement à court terme : au moins 7 cycles journaliers . comportement à long terme : Arrhenius	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié

	Opération	<p>T : cycle diurne suivant zone climatique (entre 30°C et 70°C) Durées : . comportement à court terme : entre 3 et 7 cycles journaliers</p>	<p>stabilisation soit 3 cycles journaliers . comportement à long terme : 28 cycles journaliers ou 56 cycles journaliers si nouveau produit</p> <p>Robustesse : Température : Cycle diurne arbitraire (10h à Tmin 30 °C, montée à Tmax en 6h puis 4h à Tmax avec Tmax = 55, 70 ou 85 °C, descente à Tmin 30 °C en 10h) Durée : . 4 cycles mini</p>	<p>T : cycle diurne le plus contraignant selon zone climatique Durées : entre 3 et 7 cycles journaliers</p>	Pas d'essai spécifié				
--	-----------	--	---	--	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

CYCLES THERMIQUES CHAUD / FROID

	Domaine militaire				Domaine électrotechnique civil	Domaine automobile civil		
	AECTP 300	DEF STAN 0035	MIL STD 810G	GAM EG 13	CEI 60068-2	PSA B21 7130 Indice A	Renault 36-00-802/--E	General Motors GMW3172
<p>CYCLES THERMIQUES</p> <p>Essai de cyclage thermique</p>	<p>Pas d'essai de variation thermique chaud/froid précisé.</p> <p>Essai de cycles diurnes chaud ou froid (cf. essai à chaud ou au froid)</p>	<p>Pas d'essai de variation thermique chaud/froid précisé.</p> <p>Essai de cycles diurnes chaud ou froid (cf. essai à chaud ou au froid)</p>	<p>Pas d'essai de variation thermique chaud/froid précisé.</p> <p>Essai de cycles diurnes chaud (cf. essai à chaud)</p>	<p>1) Variation de température par paliers Fasc06 T : palier chaud entre 30°C et 200°C / palier froid entre -65°C et +5°C Durée des paliers : 3h Vitesse de variation de T : 2 à 5°C/min Nombre de cycles : non précisé</p> <p>2) Variation sinusoïdale de température T : entre -65°C mini à +200°C maxi Durée du cycle : 24h Nombre de cycles : non précisé</p>	<p>CEI 60028-2-14</p> <p><i>Essai à vitesse de variation spécifiée (« cyclage » thermique)</i></p> <p>T : palier chaud suivant CEI 60068-2-2 et palier froid CEI 60068-2-1 Durées des paliers : 3 h (entre 3 h et 10 minutes) Vitesse de variation de T : 1 à 5 °C/min Nombres de cycles : 2</p>	<p>T : palier chaud et palier froid suivant utilisation</p> <p>Durées des paliers : 40 min pour le chaud et 20 min pour le froid</p> <p>Vitesse de variation de T : suivant utilisation</p> <p>Nombres de cycles : 700</p>	<p>LT01 Durées des paliers : 15 min pour le chaud et 15 min pour le froid, au minimum Les températures hautes et basses (jusqu'à +150°C et -55 °C) Nombre de cycles (jusqu'à 7000 environ) dépendent de la criticité du matériel en essai, de son implantation sur véhicule, de sa capacité d'auto-échauffement, du nombre de pièces en essai en simultané. Essais en mode ON ou OFF selon les cas</p>	<p>§5.5.6 page 41 « Power temperature cycle test » Minimum de 100 cycles de 1h avec 10min à Tmin (-40°C) et 10min à Tmax (entre 70°C et 140°C). Possibilité d'adapter le nombre de cycles selon une démarche de type Coffin-Manson. Matériel alimenté.</p>
<p>CYCLES THERMIQUES</p> <p>Essai de choc thermique ou variation rapide de température</p>	<p>1/ Choc thermique palier Tmin/Tmax/Tmin (procédure recommandée car c'est la plus sévère)</p> <p>1 cycle = Tmin/Tmax/Tmin</p> <p>Tmin (mini du cycle diurne) à stabilisation Tmax (maxi du cycle diurne) à stabilisation</p> <p>Cycle peut être</p>	<p>Cinq procédures de tests : A : Air/Air Thermal Shock with Stepped Change of Temperature B: Air/Air Thermal Shock with Controlled Rapid Rate of Change of Temperature C: Thermal Shock for Secondary Batteries D: High temperature Air to Water E: Low Temperature Air to Water</p> <p>Pour Procédure A et B, plusieurs classes (C1 à C4) PrA&B-C1: transfert en région froide entre bâtiment / avion / extérieur</p>	<p>1) Single shock – ½ cycle Introduire le matériel dans une enceinte, porter la température à Tmin (programme) Durée du palier Tmin : jusqu'à stabilisation Transfert à Tmax <1min, dans une enceinte déjà portée à Tmax (programme) Durée du palier Tmax : jusqu'à stabilisation Retour à la température ambiante Le choc peut-être répété N fois</p> <p>2) Single cycle shocks Introduire le matériel dans une enceinte,</p>	<p>1) Essai de choc thermique unique T : palier chaud entre 30°C et 200°C / palier froid entre -65°C et +5°C Durée du palier à Tmax : >5h si volume du matériel <20dm³ ou >10h si volume du matériel >20dm³ Transfert <1min, dans une enceinte déjà portée à Tmin Durée du palier à Tmin : suivant programme d'essai Le choc peut-être répété N fois</p> <p>2) Essai de chocs thermiques alternés T : palier chaud entre 30°C et 200°C / palier</p>	<p>CEI 60068-2-14</p> <p><i>Essai à variation rapide dans l'air (« chocs » thermique air)</i></p> <p>T : palier chaud suivant CEI 60068-2-2 et palier froid CEI 60068-2-1 Durées : . paliers : 3 h (entre 3 h et 10 minutes) . transfert : de l'ordre de la minute Nombres de cycles : 5</p> <p><i>Essai à variation rapide dans un bain (« chocs » thermique liquide)</i></p> <p>T : palier chaud 100°C et palier froid 0°C Durées : . paliers : de l'ordre de quelques minutes (entre</p>	<p>T : palier chaud et palier froid suivant utilisation</p> <p>Durées : . paliers : 30 minutes . transfert : inférieure à 30 s Nombres de cycles : 300 ou 500</p>	<p>Réf CEI 60068-2-14 Na §5.5.5 page 41 "thermal shock air to air"</p> <p>Durées : . paliers : 10 min pour le chaud et 10 min pour le froid, au minimum . transfert : inférieure à 30 s Nombres de cycles : min 300 à 500 (possibilité d'adapter le nombre de cycles selon une démarche de type Coffin-Manson)</p>	

<p>répété.</p> <p>2/Choc thermique palier Tmin/Tmax+ cycle diurne/Tmin (procédure moins sévère)</p> <p>1 cycle = Tmin/Tmax+ cycle/Tmin</p> <p>Tmin (mini du cycle diurne) à stabilisation Tmax (maxi du cycle diurne) pendant 1 minute</p> <p>Cycle peut être répété.</p>	<p>(21°C/Tmin/21°C): Choc thermique entre palier à 21°C et palier au mini du cycle diurne (C0;C4). Durée des paliers stabilisation +1h ou 3h maxi. Réaliser 5 cycles</p> <p>PA&B-C2: transfert en région chaude entre bâtiment / avion / extérieur (21°C/Tmax/21°C) : Choc thermique entre palier à 21°C et palier au maxi du cycle diurne (régions A). Durée des paliers stabilisation +1h ou 3h maxi. Réaliser 5 cycles</p> <p>PrA&B-C3: évolution entre sol/vol (Tmax/Tmin/Tmax) : Choc thermique entre palier Tmax de la zone climatique et palier Tmin en fonction de l'altitude (à 10%). Durée des paliers stabilisation +1h ou 3h maxi. Réaliser 3 à 5 cycles</p> <p>PrA&B-C4a/4b: effets thermique en emport avion et vol libre Choc thermique entre palier Tmax et palier Tmin. Durée des paliers stabilisation +1h ou 3h maxi. Réaliser 1 cycle et 10 cycles pour les matériels qui vont voir beaucoup de vol d'emport</p> <p>PrC: en accord avec DEF STAN 61-21 ou réaliser palier à -40°C pendant 24h puis palier à +65°C pendant 24h</p>	<p>porter la température à Tmin Durée du palier : jusqu'à stabilisation Transfert à Tmax <1min, dans une enceinte déjà portée à Tmax Durée du palier : jusqu'à stabilisation Transfert à Tmin <1min,dans une enceinte déjà portée à Tmin Retour à la température ambiante 1 cycle</p> <p>3) <i>Multi-cycle shocks</i> Idem procedure « Single cycle shocks »,mais minimum 3 cycles</p> <p>4) <i>Shocks to & from controlled ambient</i> Idem « Multi-cycle shocks » avec Tmax = température ambiante.</p>	<p>froid entre -65°C et +5°C Tmin : palier 3h Transfert à Tmax <1min, Tmax : palier 30mn Transfert à Tmin <1min, Tmin : palier 3h mini Nombre de cycles : non précisé</p>	<p>1 et 15 minutes) . transfert : de l'ordre de quelques secondes (entre 1 et 8 secondes) Nombres de cycles : 10</p>				
--	---	--	---	---	--	--	--	--

		<p>PrD: matériel porté à stabilisation à Tmax (40°C ou 60°C) puis immergé dans une eau à 25°C pendant 10min</p> <p>PrE: matériel porté à stabilisation à Tmin (-10°C ou -20°C) puis immergé dans une eau à 25°C pendant 10min</p>						
<p>CYCLES THERMIQUES</p> <p>Essai d'activation (ON/OFF) sous contrainte thermique</p>	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	Pas d'essai spécifié	<p>T : minimale, moyenne et maximale</p> <p>Durée : personnalisée de l'ordre de 60 j (1440 h)</p>	<p>Modalités personnalisées : les données de l'essai - températures en modes ON et OFF (entre 85 et 150 °C), durées (jusqu'à 5 000h environ) - sont définies en fonction de la criticité du matériel en essai, de son implantation sur véhicule, de sa capacité d'auto-échauffement, du nombre de pièces en essai en simultané.</p>	Pas d'essai spécifié

SYNTHESE

Domaine militaire				Domaine électrotechnique civil	Domaine automobile		
STANAG 4370 Ed3 AECTP 300	DEF STAN 0035 Part 3 Issu 4	MIL STD 810G	GAM EG 13	CEI 60068-2	PSA B21 7130 Ind. A	Renault 36-00-802/--E	Genera 1 Motors GMW 3172

SEVERITES REFUGE / CHALEUR SECHE

<p>Principaux points ressortant de la comparaison des normes militaires/CEI/automobiles</p>	<p>Aussi bien les normes du domaine de la défense que celles du domaine civil automobile et CEI, proposent des essais avec un ou plusieurs paliers de températures dont les valeurs sont généralement les températures maximales des zones climatiques susceptibles d'être rencontrées par le matériel au cours de son cycle de vie. Pour le domaine de la Défense, les essais de chaleur sèche comprennent des modalités avec cycles de température diurnes représentatifs de zones climatiques données alors que dans le domaine civil Automobile et CEI, les essais avec cycles de paliers thermiques sont, d'une part, répertoriés dans une famille d'essai distincte bien spécifique, d'autre part, constitués de variations avec écarts thermiques assez importants, sans lien avec des cycles thermiques naturels (cycles thermiques de type « aggravés » suivant la terminaison des normes militaires). Les normes militaires donnent la possibilité d'utiliser des données de mesures réelles pour personnaliser la spécification d'essai si nécessaire. Seule la DEF STAN 00-35 propose des sévérités dédiées à la qualification mais aussi des sévérités dédiées à la conception (essai dits de « robustesse »)</p>
<p>Bilan sur les essais par PALIER ou CYCLIQUES (diurnes)</p>	<p>Par rapport à un essai de chaleur sèche continu, les cycles thermiques peuvent, en fonction du matériel considéré, donner lieu à l'apparition de contraintes thermomécaniques. Seules les normes militaires font apparaître des essais forfaitaires faisant appel à des cycles diurnes. Les cycles diurnes ne sont pas utilisés dans le domaine automobile civil et CEI. Aussi bien pour simuler les effets à court terme que les effets à long terme, les normes du domaine militaire proposent des sévérités d'essais définies soit avec des paliers de température, soit avec des cycles diurnes. Dans le paysage militaire, seule la DEF-STAN 00-35 vient nuancer ce qui est dit dans les autres normes de défense, en précisant qu'il est préférable d'utiliser des cycles diurnes pour simuler les effets à long terme. Dans le domaine automobile civil et CEI, les essais avec cycles diurnes n'étant pas utilisés, les effets thermomécaniques sont appréhendés par des essais de chocs thermiques ou de variations de température avec écarts thermiques assez importants (souvent entre températures positives et négatives) en regard du profil de mission ;</p>
<p>Etat des sévérités forfaitaires à prendre en compte pour simuler les phases de vie HORS FONCTIONNEMENT COURT TERME</p>	<p>Les normes du domaine de la défense proposent des essais avec palier de température ou des essais utilisant des cycles diurnes. Les essais conduits avec des paliers de températures sont préconisés pour être appliqués jusqu'à stabilisation ou 24h minimum selon DEF-STAN 00-35. Les essais conduits avec des cycles diurnes sont préconisés pour être appliqués pendant au moins 7j (soit au moins 7 cycles de 24h). Dans le domaine automobile civil et CEI, les essais sont conduits avec des paliers de température. Les durées maximales des essais forfaitaires varient de 2 j (automobile civil) à 4 j (CEI) pour l'évaluation du comportement à court terme.</p>
<p>Etat des sévérités forfaitaires à prendre en compte pour simuler les phases de vie HORS FONCTIONNEMENT LONG TERME</p>	<p>Pour les normes du domaine automobile civil, les modalités des essais associés aux phases de stockage sont généralement moins contraignantes que celles des essais associés aux phases d'exploitation, contrairement aux normes du domaine de la Défense. Cet écart s'explique car pour le domaine automobile, la phase de stockage correspond exclusivement à la période de stockage entre la sortie de l'usine et la livraison du véhicule à l'utilisateur, c'est-à-dire une période relativement faible en regard de la durée de vie utile d'un véhicule. Le document PSA est le seul document à préconiser un essai de vieillissement de 21 jours pour simuler les phases d'exploitation hors fonctionnement. Aussi bien dans le domaine militaire que civil, la loi d'Arrhenius est le seul modèle cité pour simuler sur une durée d'essai raisonnable les effets longs terme d'un vieillissement thermique. Au sein du domaine de la défense, les essais sont spécifiés soit sous forme de paliers de température soit sous forme de cycles diurnes. Seule la DEF-STAN 00-35 préconise l'utilisation de cycles diurnes plutôt que des paliers de température pour simuler les effets longs terme et limite leur nombre à 56 cycles diurnes. On notera que les domaines automobile et électrotechnique précisent bien que les essais de stockage sont réalisés avec un matériel en condition représentative de la phase de stockage sur site (possibilité de contamination par dégazage à chaud de matériaux constitutifs de l'emballage, génération de contraintes thermomécaniques endommageantes au niveau d'un élément de maintien, ...).</p>
<p>Etat des sévérités forfaitaires à prendre en compte</p>	<p>Les normes du domaine de la défense proposent des essais avec palier de température ou des essais utilisant des cycles diurnes. Les essais conduits avec des paliers de températures sont préconisés pour être appliqués jusqu'à stabilisation ou 24h minimum selon DEF-STAN 00-35. Les essais conduits avec des cycles diurnes sont préconisés pour être appliqués pendant au moins 7j (soit au moins 7 cycles de 24h).</p>

<p>pour simuler les phases de vie EN OPERATION (en fonctionnement)</p>	<p>Dans le domaine automobile civil et CEI, les essais visant à activer les vieillissements thermiques sont conduits avec des paliers de température.</p> <p>Dans le domaine automobile civil, le document PSA² [B21 7130] spécifie un essai de chaleur sèche à 110°C de 80 j pouvant représenter le vieillissement thermique d'un matériel électronique siège en fonctionnement d'un auto échauffement de 10 K à 80°C, utilisé pendant 9 500 h sur 15 ans sous une température moyenne de 80°C. Les essais de chaleur sèche du domaine civil automobile visant à simuler le vieillissement en fonctionnement des organes électriques et électroniques sont réalisés, d'une part, sous alimentation électrique (continue et cycles ON/OFF), d'autre part, ont des durées de l'ordre du mois (de l'ordre d'un mois pour PSA et jusqu'à trois mois pour GM). Les modalités « température// durée » peuvent être pondérées via le calcul d'un facteur d'accélération par la loi d'Arrhenius. Le domaine CEI spécifie une durée maximale d'essai de 4 j pour évaluer le comportement à court terme mais ne donne pas de modalités forfaitaires pour vérifier le comportement à long terme.</p>
<p>BILAN</p>	<p>Globalement, on note une certaine cohérence entre les différentes sévérités des essais forfaitaires des trois domaines avec des modalités de l'ordre de quelques jours pour des évaluations du comportement à court terme (2 à 7 jours) et de l'ordre de quelques mois pour des évaluations du comportement à long terme (21 à 83 jours). La pertinence de la mise en œuvre d'essais à hautes températures avec cycles thermiques, activant simultanément des mécanismes de vieillissements thermiques et thermomécaniques, se pose compte tenu, d'une part, de la préconisation de cycles diurnes thermiques pour l'évaluation du vieillissement dans le domaine de la défense, et d'autre part, de l'absence d'essai de vieillissement purement thermique dans le document Renault (essais de vieillissement associant toujours au moins un couple de contraintes environnementales). Généralement, les essais de vieillissements thermiques sont dissociés des essais de vieillissements thermomécaniques principalement pour faciliter l'exploitation des résultats des essais par des modèles de vieillissement. Ainsi, les contraintes hautes températures et cycles thermiques ne sont combinées que lorsqu'il est avéré que leur association donne lieu à un gain sur la représentativité de l'essai de vieillissement (par exemple, la fragilisation thermomécanique provoque une perte d'étanchéité d'un matériel qui permet l'obtention d'une dégradation thermique spécifique).</p>

² Loi d'Arrhenius avec une énergie d'activation de 0,7 eV.

SYNTHESE

Domaine militaire				Domaine électrotechnique civil	Domaine automobile		
STANAG 4370 Ed3 AECTP 300	DEF STAN 0035 Part 3 Issu 4	MIL STD 810G	GAM EG 13	CEI 60068-2	PSA B21 7130 Ind. A	Renault 36-00-802/--E	General Motors GMW317 2

SEVERITES REFUGE / FROID

<p>Principaux points ressortant de la comparaison des normes militaires/CEI/automobiles</p>	<p>Aussi bien les normes du domaine de la défense que celles du domaine civil automobile et CEI, proposent des essais avec un ou plusieurs paliers de températures dont les valeurs sont généralement les températures minimales des zones climatiques susceptibles d'être rencontrées par le matériel au cours de son cycle de vie. Pour le domaine de la Défense, les essais froid comprennent des modalités avec cycles de température diurnes représentatifs de zones climatiques données alors que dans le domaine civil Automobile et CEI, les essais avec cycles de paliers thermiques sont, d'une part, répertoriés dans une famille d'essai distincte bien spécifique, d'autre part, constitués de variations avec écarts thermiques assez importants, sans lien avec des cycles thermiques naturels. Les normes militaires donnent la possibilité d'utiliser des données de mesures réelles pour personnaliser la spécification d'essai si nécessaire. Les essais au froid des trois domaines (militaires, automobile et CEI) apparaissent équivalents dans ce sens qu'ils préconisent tous les températures les plus basses du profil de vie des matériels (soit le cycle diurne le plus contraignant, soit la valeur mini du cycle diurne le plus contraignant) et des durées suffisantes, de quelques heures à quelques jours, pour obtenir la stabilité thermique des matériels.</p>
<p>Bilan sur les essais par PALIER ou CYCLIQUES (diurnes)</p>	<p>Par rapport à un essai au froid continu, les cycles thermiques peuvent, en fonction du matériel considéré, donner lieu à l'apparition de contraintes thermomécaniques. Les normes du domaine militaire proposent des sévérités d'essais définies soit avec des paliers de température, soit avec des cycles diurnes. Seules les normes militaires (STANAG 4370 et DEF-STAN 00-35) font apparaître des essais forfaitaires utilisant des cycles diurnes : les essais par cycles diurnes ne sont pas utilisés dans le domaine automobile civil et CEI. Dans le domaine automobile civil et CEI, les essais avec cycles diurnes n'étant pas utilisés, les effets thermomécaniques sont appréhendés par des essais de chocs thermiques ou de variations de température avec écarts thermiques assez importants (souvent entre températures positives et négatives) en regard du profil de mission. La STANAG 4370 préconise des essais avec paliers de température, plutôt que des essais avec cycles diurnes. Seul le référentiel militaire DEF STAN 00-35 se singularise des autres normes de défense en préconisant 7 à 14 cycles thermiques diurnes sans justification détaillée. En première approche, les spécifications d'essai utilisant des cycles diurnes apparaissent : présenter peu d'intérêt en terme de fragilisation thermomécanique induite par l'essai car le nombre de cycles et la variation de température sont assez faibles (sauf pour un matériel très sensible aux contraintes thermomécaniques normalement exploité sous température pratiquement constante), devoir être réservées à un matériel siège de mécanismes de dégradation spécifiques lorsqu'il est en opération à froid (usures de pièces mobiles, échauffements locaux exacerbés à basse température, ...). Par exemple, le référentiel PSA intègre des activations ON/OFF de matériel électronique à la température minimale du profil de vie de manière à générer des contraintes thermomécaniques maximales au niveau des jonctions des composants électroniques (cf. essai de cycles thermiques avec activations électriques). Quoi qu'il en soit, même dans ce cas, il n'apparaît pas nécessaire de préconiser des cycles thermiques diurnes au lieu d'un palier à basse température.</p>
<p>Etat des sévérités forfaitaires à prendre en compte pour simuler les phases de vie HORS FONCTIONNEMENT COURT TERME</p>	<p>Pour ces essais, les notions d'évaluation du comportement à court ou à long terme ne sont pas évoquées, ni dans les normes militaires, ni dans celles de l'automobile civile et CEI. L'objectif est plutôt de déterminer si le matériel résiste à basse température sans réelle notion d'évolution avec la durée d'exposition au froid. Les phénomènes générés sont des changements de phase (gel d'un liquide), des augmentations de la viscosité d'un lubrifiant ou des révélations de fragilité mécanique. Dans ce contexte, la durée de l'essai au froid doit surtout être suffisante pour que l'ensemble du matériel atteigne bien la température de consigne. Si tel est le cas, les sévérités des essais ne dépendent alors seulement que de la valeur de leur température. Sous cet angle, les essais au froid des trois domaines apparaissent bien équivalents puisqu'ils préconisent tous les températures les plus basses du profil de vie des matériels et des durées suffisantes, de quelques heures à quelques jours, pour obtenir la stabilité thermique des matériels. Quelques grandeurs :</p>
<p>Etat des sévérités forfaitaires à prendre en compte pour simuler les phases de vie HORS FONCTIONNEMENT LONG TERME</p>	<p>les durées des essais par palier préconisées dans les normes militaires sont de : 72h après stabilisation, pour les verres et matériaux polymères, organiques, explosifs 4h après la stabilisation pour les autres matériaux les durées des essais par palier préconisés dans le domaine automobile civil et militaire sont de l'ordre de 24h. Seule la CEI pousse plus loin la durée de l'essai jusqu'à 96 h maximum (16h, 72h et 96h). les durées des essais avec cycles diurnes préconisés dans les normes militaires sont de : 7 cycles de 24h pour les matériaux plastiques, caoutchoucs ou explosifs, 14 cycles de 24h si le matériel est mal connu,</p>
<p>Etat des sévérités forfaitaires à prendre en compte pour simuler les phases de vie EN OPERATION (en fonctionnement)</p>	<p>les documents du domaine automobile civil et CEI ne préconise pas de cycles diurnes.</p>

<p>BILAN</p>	<p>Aussi bien dans les normes militaires que civiles étudiées, l'objectif des essais à froid est plutôt de déterminer si le matériel résiste à basse température sans réelle notion d'évolution avec la durée d'exposition au froid, l'idée étant plutôt d'atteindre au moins la stabilité thermique du matériel en essai pour valider son comportement aux températures les plus basses. La STANAG 4370 préconise des essais avec paliers de température plutôt que des essais avec cycle diurne. Cette recommandation apparait justifiée car le nombre de cycles diurnes ainsi que les variations de températures spécifiés dans les normes militaires étudiées semblent trop limités pour générer une réelle fragilisation thermomécanique (sauf pour un matériel très sensible aux contraintes thermomécaniques normalement exploité sous température pratiquement constante). Ainsi, il n'apparait pas nécessaire de préconiser des cycles thermiques diurnes au lieu d'un palier à basse température pour ce qui concerne les essais à froid, sauf si des mécanismes de dégradation spécifiques sont mis en jeu.</p> <p>Aussi bien pour les phases de vie long terme que court terme, les durées adéquates des essais par palier préconisés seraient alors de :</p> <ul style="list-style-type: none"> 72h après stabilisation, pour les verres et matériaux polymères, organiques, explosifs, 4h après la stabilisation pour les autres matériaux.
---------------------	---

La famille des essais de chaleur humide est celle qui comprend la plus grande variété de modalités d'essai (chaleurs humides continues ou cyclées éventuellement associées à des phases d'aspersion d'aérosol³). Cette famille est donc celle qui regroupe le plus grand nombre de valeurs refuges. Avant analyse des valeurs refuges, quelques généralités concernant les effets visés par différentes modalités d'essais de chaleur humide peuvent s'avérer utiles. La chaleur humide continue combine température et humidité relative élevées. Cette association de contrainte active principalement les phénomènes de corrosion des métaux et la diffusion de vapeur d'eau au sein des matériaux polymères (gonflement, plastification, hydrolyse, ...). La chaleur humide cyclée peut, en plus, suivant les modalités spécifiques des cycles, donner lieu à :

- de la condensation de la vapeur d'eau,
- de la formation de givre,
- des variations de la pression interne au sein de cavités étanches susceptibles d'affecter leur étanchéité.

L'ajout de phases d'aspersion d'aérosol a souvent pour but l'apport de réactifs (polluants atmosphériques, produits de nettoyage, polluants issus du procédé de fabrication,...) susceptibles d'aggraver les effets de la chaleur humide (espèces ioniques solubles dans l'eau, oxydants, agents mouillants, sels hygroscopiques, ...).

SYNTHESE							
Domaine militaire				Domaine électrotechnique civil	Domaine automobile		
STANAG 4370 Ed3 AECTP 300	DEF STAN 0035 Part 3 Issu 4	MIL STD 810G	GAM EG 13	CEI 60068-2	PSA B21 7130 Indice A	Renault 36-00-802/--E	General Motors GMW317 2
SEVERITES REFUGE / CHALEUR HUMIDE							

Principaux points ressortant de la comparaison des normes militaires/civiles/automobiles	<p>Les normes du domaine militaire proposent des sévérités d'essais définies soit avec des paliers de température, soit avec des cycles diurnes. Seules les normes militaires font apparaître des essais forfaitaires faisant appel à des cycles diurnes : les spécifications d'essais forfaitaires des normes civiles (automobile et CEI) sont plutôt définies sur la base de cycles en palier de température et d'humidité relative. Ce type d'essai est aussi défini dans les normes militaires.</p> <p>On notera par ailleurs que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aussi bien les normes civiles que militaires proposent des essais utilisant des cycles aggravés (avec niveaux de température / humidité relative importants) - Les normes militaires donnent la possibilité d'utiliser des données de mesures réelles pour personnaliser la spécification d'essai si nécessaire. - Seule la DEF STAN 00-35 propose des sévérités dédiées non seulement à la qualification mais aussi à la conception (essais dits de robustesse). - Seul GM propose des essais de condensation. Ce type d'essai ne se retrouve pas dans les autres normes étudiées qu'elles soient civiles ou militaires.
Bilan sur les essais par PALIER ou CYCLIQUES (diurnes)	<p>Cycles diurnes : seules les normes militaires proposent ce type d'essai. Les cycles utilisés sont ceux des zones climatiques les plus contraignantes (température et humidité relative combinée)</p> <p>Paliers de température/HR : les normes militaires, automobile et CEI proposent ce type d'essai. Les valeurs refuge des couples de températures/humidité relative lorsqu'elles sont proposées peuvent être assez différentes d'une norme à une autre. Seule la DEF STAN 00-35 propose de retenir les valeurs de température/humidité relative maximales de la zone géographique la plus pénalisante du profil de mission.</p>

³ Les essais cycliques de brouillard salin pourraient tout à fait être intégrés dans la famille des essais de chaleur humide.

<p>Etat des sévérités forfaitaires à prendre en compte pour simuler les phases de vie HORS FONCTIONNEMENT COURT TERME</p>	<p>Cas des normes militaires : Les durées forfaitaires des essais avec palier de chaleur humide ou cycles diurnes dépendent du type et des occurrences d'exposition de l'équipement à l'humidité (court terme, long terme). La durée des paliers (ou le nombre de cycles diurne) préconisée est (selon DEF STAN 00-35 ; comparable à STANAG 4370) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - exposition à court terme pour un matériel protégé : 3 jours ; ou 3 cycles de 24h - exposition à moyen terme pour un matériel protégé : 6 jours ; ou 6 cycles de 24h - exposition à long terme pour un matériel protégé : 12 jours ; ou 12 cycles de 24h - exposition supérieure à 3 mois pour un matériel non protégé : 21 jours ; ou 21 cycles de 24h - exposition supérieure à 6 mois pour un matériel non protégé : 56 jours ; ou 56 cycles de 24h
<p>Etat des sévérités forfaitaires à prendre en compte pour simuler les phases de vie HORS FONCTIONNEMENT LONG TERME</p>	<p>Cas du domaine automobile civil et CEI :</p> <ul style="list-style-type: none"> - il n'y a que des essais réalisés avec des paliers de températures/humidité relative ou des cycles aggravés (pas de cycles diurnes), - les durées des essais avec palier de chaleur humide définis dans le document CEI sont comparables aux normes militaires (hormis les essais composants mentionnés ci-dessous) - cas des essais dédiés aux composants : on notera l'utilisation d'essai sous très fortes température (85°C) et humidité relative (85%) pour estimer la résistance à la diffusion d'humidité des composants enrobés plastiques (CEI 60068-2-67) ou comme essai au limite pour des organes électroniques tropicalisés (essai LT02 Renault). Ces essais sont susceptible de durer plus de 1000h <p>Cycles aggravés (avec paliers) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les seules normes militaires qui proposent des essais utilisant des cycles aggravés avec paliers de température/humidité (30°C à 60°C avec 95%HR) sont la STANAG 4370 et la MIL STD 810G. Les durées des essais utilisant ce type de cycle de 24h sont, a priori, les mêmes que celles rappelées juste auparavant pour le cas des normes militaires. Ainsi, la durée la plus longue est de 56 jours d'essai. - on retrouve aussi des cycles aggravés avec paliers de température/humidité dans le domaine CEI. Avec une humidité relative supérieure à 93%, si la température maximale d'essai est de 40°C alors le nombre de cycles maximum peut aller jusqu'à 56j et pour une température maximale de 55°C, le nombre maximum de cycle est au plus égal à 6. - on notera aussi que les documents CEI, GM et Renault proposent aussi des essais cycliques par paliers de température/humidité avec une humidité relative supérieure à 88% et une température qui évolue entre +65°C et -10°C. Les trois documents CEI, Renault et GM propose le même cycle de 24h, sans équivalent dans le domaine de la défense, qui est à appliquer 10 fois.
<p>Etat des sévérités forfaitaires à prendre en compte pour simuler les phases de vie EN OPERATION (en fonctionnement)</p>	<p>La durée des essais de chaleur humide, qu'ils soient continus, diurnes ou cycliques aggravés sur des gammes de température/humidité non extrêmes (température haute au maximum égale à 40°C sous haute humidité relative) peut varier entre 3 jours et 56 jours d'essai. Pour des essais avec des cycles aggravés extrêmes (températures hautes supérieures à 40°C sous hautes humidités relatives), la tendance est plutôt à limiter la durée d'essai à maximum 10 jours (CEI et normes automobiles civiles). Seules la STANAG 4370 et la MIL STD 810G restent sur des durées d'essais importantes (jusqu'à 56 jours) mêmes avec des cycles aggravés extrêmes.</p> <p>Les normes militaires donnent la possibilité de personnaliser la spécification d'essai. Le mécanisme de diffusion d'humidité dans des matériaux polymères peut être modélisé par une loi de forme « PECK » (mentionnée par GM ; combinaison d'une loi d'Arrhenius pour le facteur température et d'une loi de puissance inverse pour le facteur humidité relative) établi pour exploiter des résultats d'essai de chaleur humide sur des composants encapsulés avec des résines époxydes [PEC-01 et PEC-02]. Les valeurs respectivement de l'énergie d'activation et du paramètre d'humidité sont de l'ordre de respectivement 0,70 eV et 2,8 [AECTP 600-01, PEC-01 et PEC-02]. Avec ses paramètres, on obtient :</p> <ul style="list-style-type: none"> • un facteur d'accélération de 10 entre un essai sous forte humidité relative à 55°C et un essai sous la même humidité relative à 27°C, • un facteur d'accélération de 61 entre un essai à 30°C / 85% d'humidité relative et un essai à 85°C / 85% d'humidité relative, • un facteur d'accélération de 52 entre un essai à 30°C / 90% d'humidité relative et un essai à 85°C / 85% d'humidité relative, • un facteur d'accélération de 26 entre un essai à 40°C / 85% d'humidité relative et un essai à 85°C / 85% d'humidité relative, • un facteur d'accélération de 19 entre un essai à 40°C / 95% d'humidité relative et un essai à 85°C / 85% d'humidité relative, • un facteur d'accélération de 8 entre un essai à 55°C / 85% d'humidité relative et un essai à 85°C / 85% d'humidité relative, • un facteur d'accélération de 6 entre un essai à 55°C / 95% d'humidité relative et un essai à 85°C / 85% d'humidité relative. <p>La présence de phases d'aspersion d'aérosol, toute autre chose étant égale par ailleurs, conduit à une diminution des durées refuges des essais (d'un facteur de l'ordre de 2). Cette observation est en accord avec des résultats d'évaluation de la corrosivité sur du cuivre et du zinc d'essais climatiques cycliques avec phases d'aspersion par une solution saline acide qui montre un accroissement de la perte de masse d'un facteur 2 lors du passage de une phase d'aspersion à deux phases d'aspersion pour un essai climatique d'une durée totale de 17 jours [ALQ-01].</p> <p>Enfin, on peut souligner que le domaine automobile a tendance à réintégrer des essais de condensation par transferts d'une enceinte climatique froide à une enceinte sous chaleur humide pour évaluer le comportement des organes électriques ou électroniques non étanches soumis à des phases de condensation d'eau. Des essais de chaleur humide cyclée avaient été préconisés pour provoquer, de manière plus automatisée et donc plus économique, des phases de condensation mais cette solution n'a pas donnée satisfaction pour ces matériels de faibles inerties thermiques.</p>
<p>BILAN</p>	

SYNTHESE							
Domaine militaire				Domaine électrotechnique civil		Domaine automobile	
STANAG 4370 Ed3 AECTP 300	DEF STAN 0035 Part 3 Issu 4	MIL STD 810G	GAM EG 13	CEI 60068-2	PSA B21 7130 Indice A	Renault 36-00-802/- -E	General Motors GMW3172
SEVERITES REFUGE / BROUILLARD SALIN							
Principaux points ressortant de la comparaison des normes militaires/civiles/automobiles	Les normes des domaines militaire, automobile civil et CEI reprennent deux types de méthodes d'essais :						
Bilan sur les essais par PALIER ou CYCLIQUES	1/ des essais avec palier continu : aspersion continu à 35°C d'une solution 5% NaCl sur une durée variable suivant le type d'exposition du matériel (court ou long terme). 2/ des essais avec aspersion de solution saline suivie d'exposition sous chaleur humide.						
Etat des sévérités forfaitaires à prendre en compte pour simuler les phases de vie HORS FONCTIONNEMENT COURT TERME	<p>1/ Cas des essais avec palier continu (35°C et 5% NaCl) : Remarque préliminaire : Le brouillard salin neutre continu est l'essai de corrosion normalisé le plus ancien. Cet essai a fait l'objet de nombreux travaux qui ont démontrés le manque de représentativité, même par rapport à des expositions sur sites naturels sous forte influence marine, d'une aspersion continu par une solution chargée en chlorure de sodium [TI-01]. Ainsi, les essais de brouillard salin neutre continu sont considérés comme étant des essais technologiques, souvent décolérés du cycle de vie et dont l'objectif est de révéler les points faibles dans la conception des matériels.</p>						
Etat des sévérités forfaitaires à prendre en compte pour simuler les phases de vie HORS FONCTIONNEMENT LONG TERME	<p>Cas du domaine militaire : Seule la DEF STAN 00-35 spécifie 24h d'essai pour une exposition à court terme et 28 jours pour une exposition long terme ; les autres normes militaires sont beaucoup moins précises sur la durée d'essai laissant souvent le choix au spécificateur. Cas des domaines automobile civil et CEI : PSA et GM ne spécifient pas ce type d'essai contrairement à Renault et au domaine CEI. Les durées d'essais varient de 16h à 28 jours pour la norme CEI et jusqu'à presque 38 jours chez Renault. Bilan : l'examen des normes militaires et civiles montrent que les durées d'essai sont de l'ordre du jour pour une exposition à court terme et de quelques semaines pour une exposition à long terme. La norme DEF STAN 00-35 semble être un bon compromis avec 24h d'essai pour une exposition court terme et 28 jours d'essai pour une exposition long terme.</p>						
Etat des sévérités forfaitaires à prendre en compte pour simuler les phases de vie EN OPERATION (en fonctionnement)	<p>2/ Cas des essais avec aspersion de solution saline suivie d'exposition sous chaleur humide : Remarque préliminaire : Les essais avec palier continu (35°C et 5% NaCl) ont fait preuve de manque de représentativité, même par rapport à des expositions sur sites naturels sous forte influence marine. Ce constat a conduit au développement de séquences constituées d'une phase d'aspersion de brouillard salin neutre suivie d'une phase de chaleur humide désignées sous le terme d'essais cycliques de brouillard salin. Cas du domaine militaire : La norme DEF STAN 00-35 semble être plus sévère que la STANAG 4370, la MIL STD 810G et la GAM EG 13. En effet, la phase de chaleur humide qui suit l'aspersion à un brouillard salin de 5% NaCl, est de 93% à 40°C contre 50% à température ambiante pour les autres. Aussi, par mesure conservatrice, la procédure définie dans la DEF STAN 00-35 est à mettre en avant. Cette norme préconise de réaliser :</p> <ul style="list-style-type: none"> - dans le cas d'une exposition à court terme : 3 cycles journaliers, chaque cycle étant constitué de 2h de brouillard salin suivi de 22h de chaleur humide à 93%/40°C - dans le cas d'une exposition à long terme : 4 cycles hebdomadaires, chaque cycle étant constitué de 2h de brouillard salin suivi de 7 jours de chaleur humide à 93%/40°C <p>Cas des domaines automobile civil et CEI : la norme CEI préconise deux types d'essais selon que le matériel est exposé à une atmosphère occasionnellement en bord de mer saline ou lorsqu'il est sujet à une exposition en continu toujours en bord de mer :</p> <ul style="list-style-type: none"> - dans le cas d'une présence occasionnelle (exposition court terme) : 3 cycles, chaque cycle étant constitué de 2h de brouillard salin suivi de 22h de chaleur humide à 93%/40°C (comparable à DEF STAN 00-35) - dans le cas d'une présence continue (exposition long terme) : 4 cycles, chaque cycle étant constitué de 2h de brouillard salin suivi de 6 jours de chaleur humide à 93%/40°C (comparable à DEF STAN 00-35) <p>Les autres procédures d'essais de PSA, Renault et GM sont très différentes les unes des autres, « très spécifiques », et ne sont pas comparables ni aux normes militaires, ni à la norme CEI. On notera cependant les durées d'essais suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Renault : 7j d'essai pour les équipements de l'habitacle, 28 jours d'essais pour les équipements externes. - GM : 10j d'essai pour les équipements de l'habitacle, 40 jours d'essais pour les équipements externes. <p>Bilan : les procédures d'essais des normes automobiles civiles étudiées semblent trop spécifiques pour constituer une base générale. Les procédures d'essai spécifiées dans la DEF-STAN, en</p>						

	<p>partie reprises par le domaine CEI, semblent constituer un bon compromis.</p>
<p>BILAN</p>	<p>Les essais de brouillard salin neutre avec aspersion continue ou alternée avec une phase de chaleur humide sont exclusivement des essais visant à accélérer la corrosion par voie humide ou corrosion atmosphérique des métaux sous une influence marine. Le brouillard salin neutre continu est l'essai de corrosion normalisé le plus ancien. Cet essai a fait l'objet de nombreux travaux qui ont démontrés le manque de représentativité, même par rapport à des expositions sur sites naturels sous forte influence marine, d'une aspersion continu par une solution chargée en chlorure de sodium [TI-01]. Ces constats ont conduits au développement de séquences constituées d'une phase d'aspersion de brouillard salin neutre suivie d'une phase de chaleur humide désignées sous le terme d'essais cycliques de brouillard salin. La norme CEI 60068-2-52 fixe des sévérités forfaitaires représentatives de la corrosivité d'exposition sous atmosphères naturelles plus ou moins sous influence marine. Ce document doit donc faire office de référence pour définir des modalités représentatives de la corrosivité lors d'une utilisation dans une atmosphère naturelle sous influence marine. Pour les normes du domaine de la défense, cette prise en compte est effectivement réalisée pour partie dans la DEF STAN 0035. Pour le domaine automobile, la tenue corrosion atmosphérique est une préoccupation ancienne et primordiale de sorte que les documents de ce domaine font souvent appel à des valeurs refuges ou des modalités d'essai plus sévères que celles de la CEI 60068-2-52.</p> <p>Aussi bien pour « simuler » une exposition court terme ou long terme sous forte influence marine, les procédures d'essai préconisées par la DEF STAN 00-35 (aspersion de solution saline suivie d'expositions sous ambiance chaleur humide) apparaissent les plus légitimes dans les applications militaires.</p>

Comparaison des essais avec cycles thermiques :

Les essais avec cycles thermiques forment une famille d'essais bien spécifique regroupant les essais de cyclages thermiques (essai à vitesse de variation de température spécifiée) et les essais de chocs thermiques (essai à durée maximale de transition entre deux températures spécifiée). La singularité d'un cycle thermique, par rapport à un maintien sous température continue, est de générer des contraintes thermomécaniques au niveau des interfaces des assemblages de matériaux ayant des coefficients de dilatations distincts, ou entre la surface et le cœur d'un matériau homogène si la vitesse de variation de la température est suffisante pour donner lieu à des différences significatives de température au sein de ce matériau. Le niveau de d'endommagement thermomécanique induit par un cycle thermique est principalement fonction de l'écart de température entre le palier chaud et le palier froid, de la température du palier chaud, de la durée du palier chaud et éventuellement de la vitesse de variation de la température. Les essais accélérés visant à générer des endommagements par accumulation de contraintes thermomécaniques sont souvent réalisés avec des vitesses de variation de température similaires aux vitesses de variation de température maximales rencontrées en service réel du matériel de manière à obtenir une dégradation au maximum représentative de la réalité. Les matériels qui ne sont pas directement soumis à des chocs thermiques dans leur vie opérationnelle, peuvent être soumis à des essais de chocs thermiques. Dans ce cas, cet essai est dit de robustesse car il va solliciter les matériels avec des contraintes pouvant être non représentative de celles rencontrées dans la réalité. Pour un essai visant à être représentatif d'un endommagement par fatigue thermomécanique, le pouvoir accélérateur de l'essai est obtenu en augmentant, par rapport aux cycles thermiques réels, la fréquence des cycles et/ou l'écart entre la température haute et la température basse. Avec un modèle d'accélération de type Coffin-Manson basé sur le seul écart de température entre le palier chaud et le palier froid et affecté d'un paramètre de sensibilité de 2,5⁴, un cycle thermique avec un écart de température de 100 K donne lieu aux mêmes dommages thermomécaniques que 10 cycles thermiques avec un écart de température de 40 K.

La MIL STD 810G est le seul référentiel du domaine de la défense qui ne donne pas d'essai de cyclages thermiques. Les référentiels AECTP 300 et MIL STD 810 G préconisent des essais avec cycles thermiques diurnes qui sont associés aux essais de chaleur sèche et aux essais au froid. Les écarts de température de ces cycles diurnes (au maximum 30 K) sont inférieurs aux écarts de températures des cycles thermiques des autres référentiels GAM EG 13, CEI, PSA, Renault et GM qui correspondent aux écarts entre la température maximale et la température minimale du matériel au cours de l'étape du profil de vie prise en compte (de l'ordre de 100 K pour le domaine automobile civil). Le modèle de Coffin-Manson est le seul modèle cité par le document GM pour personnaliser la sévérité des essais de cyclages thermiques. Les sévérités forfaitaires des essais de cyclages thermiques indiquées sont les suivantes :

- Simulation du comportement hors fonctionnement :
 - Stockage : 2 cycles avec écart de température égal à la différence entre la température maximale et la température minimale (CEI), au moins 7 cycles diurnes chauds du domaine de la défense (écart de température maximal de 30 K) pour l'évaluation du comportement à court terme et 28 ou 56 j cycles diurnes chauds du domaine de la défense pour l'évaluation du comportement à long terme (écart de température maximal de 30 K). Le domaine automobile civil ne préconise pas d'essai de cyclages thermiques dans le cadre d'une phase de stockage.
- Simulation du comportement en fonctionnement : 2 cycles avec écart de température égal à la différence entre la température maximale et la température minimale (CEI), au moins 7 cycles diurnes chauds du domaine de la défense (écart de température maximal de 30 K) pour l'évaluation du comportement à court terme, 28 ou 56 j cycles diurnes chauds du domaine de la

⁴ Valeur pour des joints de brasure au plomb suivant document GMW3172 [GMW-01].

défense pour l'évaluation du comportement à long terme (écart de température maximal de 30 K) et d'au minimum 100 à 7 000 cycles avec écart de température égal à la différence entre la température maximale et la température minimale (de l'ordre de 100 K) pour le domaine automobile civil.

En première approche, pour comparer les sévérités forfaitaires des essais de cyclages thermiques, seul l'écart de température entre le palier chaud et le palier froid ainsi que le nombre de cycles sont considérés. Les sévérités forfaitaires de loin les plus fortes sont issues de référentiels automobiles qui concernent principalement des matériels électroniques comprenant de nombreux assemblages potentiellement sensibles à la fatigue thermomécanique soumis à de nombreux cycles thermiques liés aux phases de démarrages du moteur thermique. Elles peuvent donc apparaître comme des sévérités adaptées à l'évaluation du comportement à long terme en fatigue thermomécanique d'un matériel générique exploité sous des conditions sévères. Alors, les sévérités refuges prescrites dans le domaine CEI et dans le domaine de la défense apparaissent assez peu contraignantes même pour une évaluation d'un comportement à court terme à la fatigue thermomécanique.

L'ensemble des référentiels étudiés préconisent des essais de chocs thermiques. Les modalités de ces essais sont très variables en fonction de la spécificité des matériels et des domaines considérés (cf. DEF STAN 0035 et domaine automobile civil). Le modèle de Coffin-Manson est le seul modèle cité par le document GM pour personnaliser la sévérité des essais de chocs thermiques. En première approche, pour comparer les sévérités forfaitaires de ces essais de chocs thermiques, seule la valeur de l'écart de température entre le palier chaud et le palier froid est considérée. Les écarts de température spécifiés dans les trois domaines correspondent, d'une manière globale, aux différences entre les températures maximales et les températures minimales auxquelles est soumis le matériel au cours de l'étape du profil de vie prise en compte. La comparaison des sévérités refuges ne repose alors que sur la comparaison des nombres de chocs thermiques spécifiés. Les valeurs de nombres de chocs thermiques refuges sont d'au maximum 10 chocs pour le domaine militaire et CEI et d'au minimum 200 à 2 000 chocs pour le domaine automobile civil. La comparaison des sévérités forfaitaires des chocs thermiques donne lieu aux mêmes commentaires que celle des essais de cyclages thermiques. Par ailleurs, il faut aussi souligner que :

- les référentiels automobiles combinent souvent contraintes thermomécaniques générées par l'environnement d'exploitation du matériel et contraintes thermomécaniques liées aux cycles d'activation du matériel,
- les essais de chocs thermiques air chaud/liquide aqueux froid qui avaient été progressivement remplacés par des chocs thermiques air/air (souvent moins onéreux car automatisés) refont leur apparition notamment pour tester la tenue thermomécanique des organes étanches présents en bas de caisse (zone soumise à des aspersion directes d'électrolytes aqueux).

Familles		Fluides spécifiés dans la STANAG 4370	Liste de fluides usuellement spécifiés (Code OTAN)	Fluides à utiliser pour les justifications par essais (Code OTAN) Et mode opératoire		Remarques
				Cas d'une exposition occasionnelle ou intermittente	Cas d'une exposition prolongée	
Carburants ou combustibles	Kerosene	Aviation turbine fuel (JP-4 (NATO F-40), JP-5 (NATO F-44), JP-8 (NATO F-34), etc.)	F-40 F-44 F34/35	F-44 -- Procédure A	F-44 -- Procédure E	En général, les carburants sont des coupes pétrolières plus ou moins lourdes (mélange d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques). Le carburant représentatif, le plus couramment utilisé pour les systèmes de défense, est le F-44. On ne retrouve plus de F-40 en France
	Diesel	DL-A, DL-1, DL-2 (ASTM D975)	F-54 F-75/76	F-44 -- Procédure A	F-54 (cas appli terrestre) F75/76 (cas appli navale) F-44 (cas appli air) -- Procédure E	Les références STANAG DL-A, DL-1, DL-2 sont introuvables dans l'ASTM D 975-9 actuelle.
	Gasoline (Piston engine)	ISO 1817, Test liquid B; ASTM 4814, Automotive spark ignition engine	∅		Le liquide B de l'ISO 1817 est un mélange à 70% de triméthyle pentane et de 30% de toluène. Le toluène est un aromatique dont les phrases de risques sont les suivantes: R 11, R20, R38, R48, R63, R65, R67. L'utilisation de ce produit (à 40°C) comme fluide de test, n'est pas conseillée., Fluide pratiquement interdit.	
Huiles et fluides hydrauliques	Mineral oil based	NATO H-520/NATO H-515; U.S. MIL-H-5606	H-515 H-520 H-537 (PAO)	H-515 -- Procédure A	H-515 -- Procédure E	Pour information, les huiles synthétiques (PAO= Poly Alpha Oléfine) sont des huiles ramifiées qui ont un impact équivalent aux huiles minérales. Le liquide hydraulique H-515 constitué d'huile minérale légère et d'aryle phosphate est choisi comme représentatif des huiles minérales. Le H-515 est plus agressif que le H-537 sauf pour les joints composés de nitrile.
	Phosphate ester based (synthetic)	ISO 1817, test liquid 103; U.S. MIL-H-46170 (FRH); NATO H-544	H-544	Skydrol 500B -- Procédure A Voir remarque	Skydrol 500B -- Procédure A Voir remarque	Le fluide spécifié dans la STANAG est très pénalisant. Son utilisation doit être justifiée. Ester phosphorique repris dans le Skydrol 500B mais ce type de fluide n'est plus dutout couramment spécifié.
	Silicone based	Dimethyl silicone (ZX42; NATO S1714)	∅			Les huiles silicones sont souvent utilisées dans des ensembles fermés comme fluides thermostatiques, diélectriques ou d'amortissement. Ils sont peu dommageables pour les matériaux et sont une source de pollution difficile à éliminer (fluides antiadhérents). En règle générale, ce fluide n'est pas retenu comme fluide contaminant.
	Fluides hydraulique aqueux résistant à l'inflammation	∅	FHARI	FHARI -- Procédure A	FHARI -- Procédure F	
Huiles	Mineral based	NATO 0-1176 (OMD 80); NATO Stock #4210 99 224 8369	O-135 O-192	H-515 -- Procédure A	H-515 -- Procédure E	O-1176 utilisée pour les moteurs diesel H-515 = Composé d'huile à base minérale et d'additifs H-515 = huile légère donc plus pénétrante
	Internal combustion engines	MIL-PRF-2104, 15W40; NATO D-1236	O-238 (DCSEA 212/A)			
	Ester based (synthetic)	ISO 1817, test liquid 101	O-150 O-152 O-156 O-163	O-150 -- Procédure B	O-150 -- Procédure E	Fluide STANAG pas communément utilisé. Doit être remplacé par le OTAN 0 150
Lubrifiant pour Câble		∅	XS-68	H-515 Procédure A		XS-68 est un produit volatil De manière générale, il est plutôt proposé de tester le lubrifiant pour câble spécifié.

				S-752 Procédure B		Cependant, si dans le plan de test il est retenu de réaliser des essais avec H-515 et H-752 pour couvrir d'autres contaminants, alors il est considéré qu'il n'est pas nécessaire de réaliser des essais complémentaires (seul les traces de bitume ne seront pas prises e compte dans la justification).
Graisse	Type ester	∅	G-354	O-150 -- Procédure B	O-150 -- Procédure E	
	Type Minérale ou PAO	∅	G-395	H-515 -- Procédure A	H-515 -- Procédure A	
		∅	G-414 G-450 (GRUM) G-460 GAI	G-414 (appli Terre, Air) G-460 (appli Mer) -- Procédure B	G-414 (appli Terre, Air) G-460 (appli Mer) -- Procédure B	G-450 et GAI sont remplacés par G-460
Protection huileuse Lubrifiant multifonctionnel pour armes	∅	S-758	Ardrox 3965 -- Procédure B		Exposition prolongée pas possible car le Ardrox 3965 est volatil	

Familles		Fluides spécifiés dans la STANAG 4370	Liste de fluides usuellement spécifiés (Code OTAN)	Fluides à utiliser pour les justifications par essais (Code OTAN) Et mode opératoire		Remarques
				Cas d'une exposition occasionnelle ou intermittente	Cas d'une exposition prolongée	
Produits de nettoyage	alcoolique	Propan-2-ol (isopropyl alcohol)	S-737 S-747	Isopropanol S-737 -- Procédure B		S-737 = Alcool Isopropilique dénaturé Exposition prolongée non possible car produit volatil
		Denatured alcohol	S-738			Le trichloroethane (NATO D-1236) est interdit A remplacer par le White spirit désaromatisé (léger et pénétrant, NATO S 752)
	pétrolier	∅	S-752 XS-853 Altupol 1	S-752 -- Procédure B		Exposition prolongée non possible car produit volatil
	aqueux	∅	Eau + Teepol XS-78	Eau + Teepol -- Procédure C		Exposition prolongée non possible car produit volatil
	cétonique	∅	MEC XS-850	MEC -- Procédure D		Exposition prolongée non possible car produit volatil
	Liquide lave-glace	∅	S-762 (XS-762)	Isopropanol S-737 -- Procédure B		
	Insecticides	Insecticides	∅	Isopropanol S-737 -- Procédure B		Les insecticides et désinfectants sont surtout dédiés pour des matériels en aviation civile (non présents anciennement dans les normes AIR 7304 et 7306, puis GAMEG 13) L'utilisation d'insecticides (dont la nature reste à préciser) est réservée à la suppression des insectes, acariens, larves, etc. dans les cabines de pilotage et de voyageurs pour l'aviation civile. Nous ne retenons pas ces fluides comme fluide contaminant. Par rapport à la législation actuelle, le phénol (produit mutagène de catégorie 3 (R-68), emballage à tête de mort), paraît peu utilisable pour de la désinfection de locaux, ou de cabines. L'alcool isopropylique (Propanol-2 S-737) semble suffisant pour cette application.
	Désinfectants	Clear, soluble phenolics, e.g., phenol or its derivatives dissolved in a surfactant and diluted with water to give a clear solution	∅			
Black fluids, e.g., refined tar products dissolved in a carrier oil and emulsified with detergent		∅				
Liquide de dégivrage et déverglaçant	Dégivrants de piste	25% urea/25% ethylene glycol in water (v/v)	∅			Les produits de dégivrages sont le plus généralement à base d'acétate. Il y a donc peu d'urée. Cette contamination serait plutôt couverte par un test avec XS-76.

	Dégivrant et déverglaçant	Inhibited ethylene glycol (BS 6580) 80% and 50% solution in water (v/v); U.S. antifreeze MIL-A-46153 (NATO S-750)	S-742	S-742 -- Procédure B	S-742 -- Procédure E	Produit à base de glycol. Le produit STANAG S-750 est un antigel pour moteur automobile
	Déverglaçant	∅	XS-76	XS-76 -- Procédure C		Produit à base de sel (acetate ou formiate). Exposition prolongée à éviter dans la vie opérationnelle car cela risque de générer de la corrosion
Fluides caloporteurs		Coolanol 25R (DTD 900/4931)	Coolanol 25R	Coolanol 25R -- Procédure A		Liquide de refroidissement pour moteurs. Une exposition prolongée dans la vie opérationnelle n'est pas possible.
Extincteur		Protein: NATO Stock #4210 99 224 6855	BCF	CO ₂ -- Procédure D		Les plus utilisés sont les extincteurs à eau (avec additif A3F) et les extincteurs à dioxyde de carbone (sur feux électriques). Il est utilisé pour l'instant les extincteurs à dioxyde de carbone. Mais la tendance va vers l'utilisation de mousse extinctrice anti-feu: mélange d'eau douce ou d'eau de mer avec 3% d'additif AFFF. Ce dernier fluide pourra être proposé comme fluide de test ultérieurement en mode opératoire D.
		Fluoroprotein: NATO Stock #4210 99 224 6854				
Produit de protection temporaire		∅	C-620 C-634 Ardrox 397/1 Ardrox 3140 Ardrox 3965	Ardrox 3965 -- Procédure B		Exposition prolongée non possible car produit volatil
Vaseline minérale		∅	S-743	H-515 -- Procédure A	H-515 -- Procédure E	
Dégraissage à sec des tissus, solvants de graisses, cires, vernis et caoutchouc		∅	FXS-71	Essence F -- Procédure A	Essence F -- Procédure E	A noter que la référence FXS-71 n'est plus vraiment utilisée

Les procédures sont définies ci-dessous :

Procédure A :

- Etape 1 : Aspersion ou badigeonnage pendant 30min du matériel à la température spécifiée selon le cas d'emploi,
- Etape 2 : Egouttage naturel
- Etape 3 : Observations
- Etape 4 : Etuvage à 65°C pendant une semaine.
- Etape 5 : Refroidissement du matériel et examen final.

Procédure B :

- Etape 1 : Aspersion (3 aspersion de 8h si le produit est volatil) ou badigeonnages du matériel répartis sur 24h à température ambiante
- Etape 2 : Egouttage naturel
- Etape 3 : Observations
- Etape 4 : Etuvage à 65°C pendant une semaine.
- Etape 5 : Refroidissement du matériel et examen final.

Procédure C :

- Etape 1 : Immersion totale de l'éprouvette d'essai ;
Appliquer 5 cycles selon la procédure suivante :
 - immersion pendant 10 min
 - rinçage à l'eau et séchage

Procédure D :

- Etape 1 : Simple aspersion
- Etape 2 :
 - Si produit volatil : séchage
 - Si produit non volatil : temps de contact 30min suivi d'un essuyage et d'un nettoyage (Propanol 2 ou Méthyléthylcétone) si nécessaire
- Etape 3 : Examen final

Procédure E :

- Etape 1 : Immersion totale de l'éprouvette d'essai pendant 24h à température ambiante
- Etape 2 : Etuvage à 65°C pendant 1 semaine
- Etape 3 : Refroidissement du matériel et examen final.

Procédure F :

- Etape 1 : Immersion totale de l'éprouvette d'essai pendant 8h à 60°C
- Etape 2 : Rinçage à l'eau, séchage et examen final

ANNEXE D : COMPARAISON DES METHODES AECTP300 PAR RAPPORT AUX AUTRES NORMES

La France, représentée par son Responsable ministériel à la normalisation, a choisi de subordonner les normes défense nationales à celles de l'OTAN : les *STANAG* . Pour les domaines couverts par celles-ci, les normes nationales ont donc été abandonnées : c'est le cas en particulier de la *GAM EG 13* qui n'apparaît plus dans le référentiel normatif du ministère de la défense. Seules sont maintenues certaines parties de la *GAM EG 13* non couvertes au même niveau dans les *STANAG* : c'est le cas précisément du présent « *guide de Prise en Compte de l'Environnement Climatique* » (et de son homologue « *guide de Prise en Compte de l'Environnement Mécanique* ») qui auront le statut de Norme Défense.

Dans ce cadre, il semblerait tout à fait logique de s'appuyer en totalité sur les méthodes d'essais de la *STANAG 4370* pour les essais climatiques, à savoir l'*AECTP 300*. Mais on se trouve ici en présence d'une distorsion d'intérêt entre les USA, le Royaume Uni (*UK*) et la France : en effet, *USA et UK* ont maintenu le développement de leurs normes nationales : dans leurs programmes de défense en cours et à venir, ce sont leurs normes nationales respectives qui continuent à être utilisées, les normes *STANAG* jouant un rôle mineur. Pour la France, les programmes en coopération avec *UK* se réfèrent plutôt aux normes *UK* (la *DEF STAN 0035*). Cela met donc la France dans la situation unique de devoir s'appuyer exclusivement sur les méthodes d'essais de la *STANAG 4370* dans ses programmes nationaux. Dans le cas des matériels de l'armement vendus en dehors du périmètre de l'OTAN, c'est la *MIL STD 810* qui prévaut.

Pour les raisons présentées ci-avant il est donc important d'examiner dans ce guide les éventuelles insuffisances des méthodes d'essais de l'*AECTP 300* par rapport à celles la *MIL STD 810* et de la *DEF STAN 0035* ; la *GAM EG 13* sera également considérée dans cette comparaison au titre de la valeur technique de son contenu.

Cela constituera aussi pour nos représentants aux groupes de travaux en charge de l'avancement de l'*AECTP* de la *STANAG 4370* des bases pour des propositions d'amélioration des ces *AECTP*.

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent la contrainte d'humidité relative – commentaires par rapport à la méthode 302 de l'AECTP 300

Contrainte type	Objet	Références et principales caractéristiques des méthodes correspondantes dans les normes			
		DEF STAN 0035 – édition 4	STANAG 4370 – AECTP 300 – édition 4	MIL STD 810 G	GAM EG 13
Haute température constante – faible humidité	Pour les matériels stockés ou exposés en conditions chaudes et sèches, relativement constantes.	<p>Part 3 – test CL1 – <i>Constant high temperature , low humidity test (renvoit à la méthode CL2)</i></p> <p>Pour les matériels en environnement ne subissant pas de variations diurnes, ou conçus de telle sorte qu'ils sont insensibles aux variations de l'environnement.</p> <p>La méthodologie est celle de la norme CEI 60068-2-2.</p> <p>La méthode CL2 distingue et propose :</p> <ul style="list-style-type: none"> les essais destinés à qualifier le matériel (sécurité et aptitude à la fonction), censés être le plus représentatifs possible des conditions en service, les essais destinés à vérifier la conception et la fiabilité des matériels, non adaptés pour la qualification. <p>En qualification : L'essai est généralement réalisé à la température la plus élevée à 1% (température rencontrée 7h par an, soit 1% de un mois, sur le mois le plus chaud), en mode stockage ou transit (sauf s'il existe des écrans de protection particuliers), pour les catégories climatiques A1 (71 °C), A2 (63 °C), A3 (58 °C), M1 (69 °C) et M2 (63 °C). Des températures plus élevées peuvent être appliquées si l'on veut prendre en compte, par exemple, l'échauffement induit par un effet de serre (cockpit d'avion). Des températures différentes peuvent être appliquées si l'on veut prendre en compte l'effet de l'altitude. S'il s'agit de tester un matériel en mode opérationnel qui peut modifier l'environnement (dissipateur de chaleur), il convient d'en tenir compte pour la mise en œuvre de l'essai (prendre garde en particulier à la recirculation d'air dans l'enceinte)</p>	<p>Method 302 – <i>High temperature (including radiative heating)- procedures I et II</i></p> <p>Le document présente 3 procédures, la procédure III étant plus spécifiquement dédiée à l'échauffement par effet radiatif :</p> <ul style="list-style-type: none"> Procédure I : pour les matériels <u>stockés</u> à haute température L'essai à température constante est prévu (il existe un protocole en mode cyclage) Procédure II : pour les matériels <u>fonctionnant</u> à haute température L'essai à température constante est prévu (il existe un protocole en mode cyclage). <p>Seuls trois niveaux de température sont proposés, qui correspondent aux catégories climatiques A1, A2 et A3 définies dans l'AECTP 230, reprises au tableau 1, qui donne une gamme de valeurs entre 30 et 65°C environ, ce qui n'apparaît pas très étendu, par rapport à DEF STAN ou GAM EG13. Le document précise toutefois qu'on peut rencontrer des valeurs plus élevées et laisse la possibilité d'effectuer des mesures en configuration réelle. (A noter qu'il ne prend pas en compte les forts gradients de température pouvant survenir lors de phénomènes transitoires- § 1.3). Noter par ailleurs que seuls les climats A1 et A2 rentrent dans la cadre défini par « haute température- faible humidité »</p> <p>En mode « température constante », les procédures I et II sont similaires si ce n'est que le matériel est supposé fonctionner dans la procédure II (ce n'est pas très clair à la lecture du document).</p> <p>La durée minimale recommandée est de 16h pour l'essai selon la procédure I. Pour la procédure II, la durée minimale est celle qui permet d'atteindre une stabilisation de la température de surface du matériel à 2°C.h⁻¹.</p> <p>La durée doit être adaptée en fonction des objectifs visés : il peut s'agir de reproduire les effets à long terme de la contrainte, auquel cas une démarche arrhénienne est envisageable</p>	<p>Method 501.5 -<i>High temperature</i></p> <p>Trois procédures qui peuvent être appliquées en mode « température constante » ou en mode « cyclage » :</p> <ul style="list-style-type: none"> Procédure I : pour le matériel en stockage Procédure II : pour le matériel en opération Procédure III : pour le matériel « en veille opérationnelle » (qui inclue la composante échauffement par rayonnement solaire que subit généralement ce type de matériel) <p>(on retrouve donc ici le découpage de l'AECTP 300-method 302)</p> <p>Concernant les domaines de température à simuler, le document ne cite que les climats A1 et A2 définis dans l'AECP 230. Il évoque également le cas des températures qui peuvent être rencontrées en conditions spécifiques : « effet de rayonnement aggravé » par une enveloppe ou une toiture... sources artificielles de chaleur à proximité ...</p> <p>Le document précise que le mode « température constante » est utilisé uniquement pour le cas des matériels situés à proximité d'équipements produisant de la chaleur, ou quand il est nécessaire de vérifier le fonctionnement d'un matériel à température constante (§2.3.3.1). La durée d'exposition minimale dans ce mode n'est pas spécifiée : il convient de la déterminer d'après le profil de mission.</p> <p>§ 2.3.5 En général, le contrôle de HR pendant ces essais n'est pas nécessaire, sauf si les matériels peuvent être sensibles aux effets de faibles HR, auxquels cas on se réfère aux valeurs indiquées aux tableaux 501.5-II and -III.</p>	<p>Fascicule 02 - <i>Chaleur sèche</i></p> <p>Deux types d'essai :</p> <ul style="list-style-type: none"> n fonctionnement (la spéc. Technique définit les conditions de fonctionnement) n condition de stockage (hors fonctionnement) <p>8 sévérités en température entre 40 et 200 °C (les valeurs à 30 et 175 °C de la DEF STAN ne sont pas reprises)</p> <p>4 niveaux de sévérité en durée :</p> <ul style="list-style-type: none"> h ou 16h en fonctionnement 6h ou 96 h en stockage <p>L'humidité absolue doit être inférieure à 20 g d'eau par mètre cube d'air (50 % d'humidité relative à 35 °C)</p> <p>Code sanction en fin d'essai établi en fonction de critères sur l'état, la sécurité et le fonctionnement.</p>

		<p>La durée minimale prescrite est de 24h..L'essai à température fixe n'est pas adapté pour faire du vieillissement (préférer les essais cycliques)</p> <p>En « robustesse » : Températures : entre 30 et 200 °C typiquement, voire jusqu'à 1000 °C (CEI 60068-2-2), Durées : . 2h, 16h, 72h ou 96h typiquement, ou bien à définir la spécification d'essai.</p>	<p>(§2.4.2.1).</p> <p>\$2.4.3 : HR n'est pas imposée. Elle peut être contrôlée en cas de besoin (cas des essais sur matériels pour lesquels certaines propriétés physiques ou électrostatiques peuvent être influencées par de faibles HR, typiquement <10 %)</p>		
--	--	--	--	--	--

Commentaires de premier niveau :

- La GAM EG 13 et la DEF STAN 0035 correspondent typiquement à des essais de chaleur sèche à température constante
- La DEF STAN 0035 couvre le domaine de températures le plus large
- L'AECTP 300 et la MIL STD 810 sont assez similaires en termes de durées d'essai et de niveaux de températures, lesquelles sont moins élevées que dans la DEF STAN
- Les quatre méthodes traitent du cas des matériels en fonctionnement pendant les essais, ou en simple stockage

Synthèse des essais d’environnement des différents documents normatifs qui intègrent la contrainte d’humidité relative – commentaires par rapport à la méthode 302 de l’AECTP 300 (Suite)

Contrainte type	Objet	Références et principales caractéristiques des méthodes correspondantes dans les normes			
		DEF STAN 0035 – édition 4	STANAG 4370 – AECTP 300 – édition 4	MIL STD 810 G	GAMEG 13
<p>Cyclage journalier haute température, faible humidité et échauffement solaire</p>	<p>Pour les matériels stockés ou exposés en conditions chaudes et sèches, avec simulation de l’effet des échauffements dus à l’exposition aux rayons solaires (pas la photo-dégradation)</p>	<p>Part 3- test CL2 – <i>High temperature, low humidity, solar heating test</i></p> <p>Pour les matériels en environnement soumis aux variations diurnes,</p> <p>La méthode CL2 distingue et propose :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les essais destinés à qualifier le matériel (sécurité et aptitude à la fonction), censés être le plus représentatifs possible des conditions en service, - les essais destinés à vérifier la conception et la fiabilité des matériels, non adaptés pour la qualification. <p>En qualification : Si l’environnement a été caractérisé, l’essai peut être personnalisé (Cf AECTP 230-2310). A défaut, les cyclages thermiques (cycles de 24h) devront respecter les variations diurnes des catégories climatiques A1, A2, A3, M1 ou M2 (absence de contrainte HR), en conditions de stockage ou transit. Des températures plus élevées peuvent être appliquées si l’on veut prendre en compte, par exemple, l’échauffement induit par un effet de serre (cockpit d’avion). Des températures différentes peuvent être appliquées si l’on veut prendre en compte l’effet de l’altitude. Pour « simuler » la température induite sur les pièces non protégées, il peut être fait usage de lampes solaires. S’il s’agit de tester un matériel en mode opérationnel qui peut modifier l’environnement (dissipateur de chaleur), il convient d’en tenir compte pour la mise en œuvre de l’essai (prendre garde en particulier à la recirculation d’air dans l’enceinte) La durée minimale prescrite, à défaut de personnalisation, est de 3 cycles pour au moins atteindre un état d’équilibre, 28 cycles s’il s’agit d’une démarche de</p>	<p>Method 302 – <i>High temperature (including radiative heating)</i></p> <p>La méthode inclue trois procédures qui peuvent être conduites soit à température constante (Cf ci-dessus), soit selon des cyclages thermiques.</p> <p>La procédure III du document vise plus spécifiquement à inclure les effets de l’échauffement dû au rayonnement solaire, et plus largement les autres échauffements radiatifs susceptibles d’être rencontrés</p> <p>§2.4.3 : HR n’est pas imposée. Elle peut être contrôlée en cas de besoin (cas des essais sur matériels pour lesquels certaines propriétés physiques ou électrostatiques peuvent être influencées par de faibles HR, typiquement <10 %)</p>	<p>Method 501.5 -<i>High temperature</i></p> <p>Trois procédures qui peuvent être appliquées en mode « température constante » (Cf ci-dessus) ou en mode « cyclage » :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Procédure I : pour le matériel en stockage • Procédure II : pour le matériel en opération • Procédure III : pour le matériel « en veille opérationnelle » (qui inclue la composante échauffement par rayonnement solaire que subit généralement ce type de matériel) <p>(on retrouve donc ici le découpage de l’AECTP 300-method 302).</p> <p>Concernant les domaines de température à simuler, le document ne cite que les climats A1 et A2 définis dans l’AECp 230. Il évoque également le cas des températures qui peuvent être rencontrées en conditions spécifiques : « effet de rayonnement aggravé » par une enveloppe ou une toiture... sources artificielles de chaleur à proximité ...</p> <p>En mode « cyclage », la durée d’un cycle est de 24 heures et les variations journalière de température et d’humidité selon le type de climat considéré (A1 ou A2) sont données (tableaux 501-5-II et 501-5-III).</p> <p>§ 2.3.5 En général, le contrôle de HR pendant ces essais n’est pas nécessaire, sauf si les matériels peuvent être sensibles aux effets de faibles HR, auxquels cas on se réfère aux valeurs indiquées aux tableaux 501.5-II and -III.</p> <p>Method 505.5 - <i>Solar radiation (sunshine) – procedure I</i></p> <p>Cette méthode peut être utilisée en alternative dans certains cas de figures (Cf §2.3.2 de la méthode 501.5 et §2.2.2.a de la méthode 505.5) :</p>	<p>ND</p>

		<p>vieillessement thermique, voire 56 cycles s'il s'agit d'un produit nouveau.</p> <p>En « robustesse » : Par défaut, les cyclages thermiques (cycles de 24h) devront respecter les variations diurnes des catégories climatiques A1, A2, A3, M1 ou M2 (absence de contrainte HR), en conditions de stockage ou transit. La durée minimale prescrite est de 4 cycles.</p>			
--	--	--	--	--	--

Commentaires de premier niveau :

- Documents en cours d'analyse

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent la basse température – commentaires par rapport à la méthode 303 de l'AECTP 300

Comparaison entre :

AECTP 300	: méthode 303, Low température
Def STAN 0035 PART 3 Chapitre 3.04	: test CL4, Constant Low Temperature
	: test CL5, Low temperature diurnal cycle
MIL STD 810 G	: méthode 502,5, Low temperature
GAM EG	: fascicule 01, Froid.

L'AECTP 300 : méthode 303.

But : concerne les matériels stockés, utilisés, dans les régions froides.

Limitations : sont exclus les effets combinés de l'altitude et de la température, et les variations autour de 0°C.

Procédures : Il y a 3 procédures :

- Stockage,
- Fonctionnement :
 - température constante,
 - température cyclique,
- Manutention,

Valeurs refuges : Il n'y a pas de valeur refuge.

Données de calcul : Un tableau rappelle les données météorologiques des zones froides du Stanag 2895.

La DEF STAN 0035 : test CL4

But : concerne les matériels stockés, utilisés dans les régions froides.

Limitations : ne s'applique pas au matériel de forte masse sensible aux variations journalières

Procédures : Il y a une prise en compte pour les matériels dissipatifs.

Il y a 3 procédures :

- Matériel non dissipatif température constante,
- Matériel non dissipatif température cyclique,
- Matériel dissipatif température cyclique,

Valeurs refuges : Il y a un tableau de valeurs refuges.

Données de calcul : Pas de données.

La DEF STAN 0035 : test CL5

But : concerne les matériels stockés, utilisés dans les régions froides sensibles aux variations journalières avec une constante thermique importante.

Limitations : Pas de limitations spécifiées.

Procédures : Il y a 2 procédures :

- Représentation précise des conditions de service,
- Procédure simplifiée,

Valeurs refuges : Il y a un tableau de valeurs refuges pour la procédure simplifiée.

Données de calcul : Pas de données mais renvoi à la catégorie climatique C

La MIL STD 810 G : la méthode 502.5 :

But : concerne les matériels stockés, utilisés, à basse température la notion de manutention est présente.

Limitations : Sont exclus les équipements installés et fonctionnant en soute non pressurisée. Le test de sécurité des munitions est renvoyé à la Mil Std 2105C.

Procédures : Il y a 3 procédures :

- Stockage,
- Fonctionnement :
 - température constante,
 - température cyclique,
- Manutention,

Valeurs refuges : Il n'y a pas de valeur refuge.

Données de calcul : Un tableau rappel les données météorologiques des zones froides du Stanag 2895.

GAM EG 13 : fascicule 05 :

But : concerne le stockage, démarrage et fonctionnement des matériels.

Limitations : sans influence de l'altitude.

Procédures : Il y a 2 procédures :

- Stockage,
- Fonctionnement,

Valeurs refuges : Il y a un tableau de sévérités refuges.

Données de calcul : Il n'y a pas de données de calculs.

Conclusions : les méthodes du Stanag et de la Mil sont très proches. Seule la Def Stan fait le partage des matériels dissipatifs ou non.

Propositions :

Ce point est à rajouté dans l'évolution du Stanag 4370.

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent la basse température – commentaires par rapport à la méthode 303 de l'AECTP 300 (suite)

AECTP 300 :	méthode 303 : Basse température (dite ci-après méthode STANAG),
Def STAN 0035 PART 3 Chapitre 3.04	Test CL4 (dite ci-après méthode DEF STAN),
MIL STD 810 G : méthode 502	Basse température (dite ci-après méthode 810G),
GAM EG 13	fascicule 01 Froid (dite ci-après méthode EG13).

La méthode 303 de l'AECTP 300 : concerne les matériels stockés, utilisés, dans les régions froides, sont exclus les effets combinés de l'altitude et de la température, et les variations autour de 0°C.

Il y a 3 procédures :

- Stockage,
- Fonctionnement :
 - température constante,
 - température cyclique,
- Manutention,

Il n'y a pas de valeur refuge.

Un tableau rappel les données météorologiques des zones froides du Stanag 2895.

La DEF STAN 0035 : concerne les matériels stockés, utilisés dans les régions froides, il n'y a pas de paragraphe de limitation.

Il y a une prise en compte pour les matériels dissipatifs

Il y a 3 procédures :

- Matériel non dissipatif température constante,
- Matériel non dissipatif température cyclique,
- Matériel dissipatif température cyclique,

Il y a un tableau de sévérités refuges.

La MIL STD 810 G : la méthode 520.3 ,concerne les matériels stockés, utilisés à basse température la notion de manutention est présente. Sont exclus les équipements installés et fonctionnant en soute non pressurisée, Le teste de sécurité des munitions est renvoyé à la Mil Std 2105C.

Il y a 3 procédures :

- Stockage,
- Fonctionnement :
 - température constante,
 - température cyclique,
- Manutention,

Il n'y a pas de valeur refuge.

Un tableau rappel les données météorologiques des zones froides du Stanag 2895.

GAM EG 13 : Le fascicule 05 : concerne le stockage, démarrage et fonctionnement des matériels sans influence de l'altitude

Il y a 2 procédures :

- Stockage,
- Fonctionnement,

Il y a un tableau de sévérités refuges.

Conclusions : les méthodes du Stanag et de la Mil sont très proches. Seule la Def fait le partage des matériels dissipatifs ou non.

Ce point est à rajouter dans l'évolution du Stanag

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent le rayonnement solaire – commentaires par rapport à la méthode 305 de l'AECTP 300

Contrainte type	Objet	Références et principales caractéristiques des méthodes correspondantes dans les normes			
		DEF STAN 0035 – édition 4	STANAG 4370 – AECTP 300 – édition 4	MIL STD 810 G	GAM EG 13
Rayonnement solaire	Pour les matériels exposés au rayonnement solaire, susceptibles d'être affectés par la photodégradation	Part 3 – test CL3 – <i>Solar radiation test</i> §2.7 : les effets de la photodégradation peuvent être influencés par des différences de conditions d'humidité relative, mais aucune recommandation n'est faite concernant des valeurs de HR à appliquer pour ce type d'essai. Cela étant, des indications peuvent être mentionnées dans le dossier de spécification technique, telles que, par exemple, une exposition de 4h en forte humidité avant un cyclage type 20h irradiation à pleine puissance + 4h d'obscurité (procédure G)	Method 305 – <i>Solar radiation</i> Pas de mention précise relative à l'humidité	Method 505.5 – <i>Solar radiation (sunshine) – procedure II</i> §2.3.3 : il est recommandé de spécifier une contrainte en HR dans le cahier des charges des essais s'il est établi que la photodégradation est influencée significativement par l'exposition à l'humidité. En fonction de la zone géographique d'utilisation considérée, des valeurs type de HR peuvent être extraites de l'AECTP 230-section 2311.	Fascicule 09 – <i>Rayonnement solaire</i> Pas de mention relative à l'humidité

Commentaires de premier niveau :

- La note de la MIL STD 810 et/ou de la DEF STAN 0035, relative aux effets de l'humidité relative est à reprendre dans l'AECTP

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent le rayonnement solaire – commentaires par rapport à la méthode 306 essai cyclique de l'AECTP 300

Contrainte type	Objet	Références et principales caractéristiques des méthodes correspondantes dans les normes			
		DEF STAN 0035 – édition 4	STANAG 4370 – AECTP 300 – édition 4	MIL STD 810 G	GAM EG 13
Cyclage haute température, humidité (et échauffement solaire)	Pour les matériels exposés en ambiance naturelle humide et chaude des régions tropicales, avec des variations journalières. Il s'agit typiquement des environnements B2 et B3 tels que décrits dans l'AECTP 230-section 2311	<p>Part 3 – test CL6 – <i>High temperature, humidity and solar heating diurnal cycle test</i></p> <p>Pour les matériels en environnement soumis aux variations diurnes,</p> <p>La méthode CL2 distingue et propose :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les essais destinés à qualifier le matériel (sécurité et aptitude à la fonction), censés être le plus représentatifs possible des conditions en service, - les essais destinés à vérifier la conception et la fiabilité des matériels, non adaptés pour la qualification. <p>En qualification : Si l'environnement a été caractérisé, l'essai peut être personnalisé (Cf AECTP 230-2310). A défaut, les cyclages en température et humidité devront respecter les variations diurnes des catégories climatiques B1, B2 et B3 en conditions de stockage ou transit. Des températures différentes peuvent être appliquées si l'on veut prendre en compte l'effet de l'altitude. Pour « simuler » la température induite sur les pièces non protégées, il peut être fait usage de lampes solaires. Par ailleurs, il est admis de procéder pendant l'essai à des aspersions d'aérosol, pour simuler un mode de contrainte en humidité. S'il s'agit de tester un matériel en mode opérationnel qui peut modifier l'environnement (dissipateur de chaleur), il convient d'en tenir compte pour la mise en œuvre de l'essai (prendre garde en particulier à la recirculation d'air dans l'enceinte) La durée minimale prescrite, à défaut de personnalisation, est de 3 cycles pour au moins atteindre un état d'équilibre, 28</p>	<p>Method 306 – <i>Humid heat</i> – §2.3.1 <i>test type 1 (cyclic)</i></p> <p>3 formes de cycle de variation de T et HR :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les deux premiers simulent les variations journalières induites dans les environnements B2 (chaud-humide : passage progressif de 30°C-70% HR à 60°C-20% HR en 12h environ et retour) et B3 (humide-chaud type désert côtier c'est à dire en tout et pour tout la bordure du Golfe Persique et de la Mer Rouge : passage progressif de 35°C-75% HR à 70°C-15% HR en 12h environ et retour), tels que définis dans l'AECTP 230-section 2311 - Le troisième, dit aggravé, n'est pas censé simuler un quelconque environnement ; il vise à accélérer les effets combinés des deux paramètres : montée de 30 à 60 °C en 2h, 6h à 60°C, descente à 30°C en 8h, 8h à 30°C, avec 95 % HR (85 % HR toléré en température décroissante) <p>La durée de l'essai peut être calculée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soit en déterminant et appliquant un facteur d'accélération tel que décrit dans le document (à défaut de données, une valeur d'énergie d'activation de 70000 J.mol⁻¹ est indiquée dans le cas d'un vieillissement gouverné par le mécanisme de pénétration d'humidité) - Soit en appliquant un facteur d'accélération entre 2 et 5, en considérant que les conditions d'essais sont représentatives des pires conditions d'exposition naturelle et accélérées par rapport aux conditions moyennes sur une année (NdR : d'après la valeur de l'énergie d'activation et du facteur d'accélération, cela signifie que les contraintes thermiques moyennes en conditions naturelles sont inférieures d'au moins 10 °C à celles de l'essai) ; ce facteur peut être choisi plus élevé si l'on considère que les conditions d'exposition naturelles sont significativement moins contraignantes. - Soit, en l'absence de données permettant l'une des démarches précédentes, en appliquant les nombres de cycles définis pour les sévérités A 	<p>Method 507.5 – <i>Humidity</i></p> <p>Deux procédures de cyclage en température et humidité sont présentées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procédure I : Elle combine des cycles de 24 heures d'exposition « en conditions naturelles » en situation d'utilisation, à des cycles de 24 heures d'exposition « en conditions induites » en situation de stockage ou de transport. Les conditions induites sont plus sévères que les conditions naturelles. Pour les environnements B2 et B3, les « conditions induites » sont équivalentes à celles décrites dans l'AECTP 300 méthode 306 pour les deux premiers types de cyclage. Les « conditions naturelles » sont les suivantes : pour B2, sur 24 heures, passage progressif de 26°C-100% HR environ à 35°C-75 % HR environ en 12 heures et retour ; pour B3, sur 24 heures, passage progressif de 31°C-88% HR environ à 41°C-60% HR environ en 12 heures et retour. La procédure I est également appliquée à la simulation du vieillissement sous climat de type B1. Les cycles de 24 heures correspondent dans ce cas là à des conditions constantes de température (24 °C en « naturel », 27°C en « induit ») et quasi constantes d'humidité (variations entre 95 et 100 % HR). La durée d'essai, définie par le nombre total de cycles en « conditions naturelles » et « conditions induites », est deux fois plus élevée pour les matériels à risque (pour lesquels une dégradation lors du vieillissement à des conséquences irréversibles voire dangereuses), que pour le matériel sans risque particulier. Les durées minimales indiquées sont les suivantes - en « conditions naturelles » pour matériels à risques : <ul style="list-style-type: none"> 90 jours en B1 90 jours en B2 30 jours en B3 - en « conditions induites » pour matériels à risques : 	<p>Fascicule 03 – <i>Chaleur humide</i></p> <p>Essais cycliques : 4 types de cycle sont définis</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le cycle n° 4 correspond au cycle aggravé décrit dans l'AECTP 300 méthode 306 ou la procédure II de la MIL STD 810 G - Cycle 1 : <ul style="list-style-type: none"> 20 à 40 °C en 2h 6h à 40°C 40 à 20 °C en 8h 8h à 20°C 93% HR (85% HR toléré dans les pentes de température) - Cycle 2 : <ul style="list-style-type: none"> 20 à 55 °C en 2h 6h à 55°C 55 à 20 °C en 8h 8h à 20°C 93% HR (85% HR toléré dans les pentes de température) - Cycle 3 : <ul style="list-style-type: none"> 20 à 70 °C en 2h 6h à 70°C 70 à 20 °C en 8h 8h à 20°C 93% HR (85% HR toléré dans les pentes de température) <p>Les nombres de cycle définissant la sévérité de l'essai en durée sont de 1, 2, 7, 12, 21 ou 56.</p>

Contrainte type	Objet	Références et principales caractéristiques des méthodes correspondantes dans les normes			
		DEF STAN 0035 – édition 4	STANAG 4370 – AECTP 300 – édition 4	MIL STD 810 G	GAM EG 13
		<p>cycles s'il s'agit d'une démarche de vieillissement thermique, voire 56 cycles s'il s'agit d'un produit nouveau.. Par ailleurs les durées minimales en fonction du mode de protection et des durées d'exposition attendues sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3/6/12 j pour effet à court/moyen/long terme pour équipement protégé - Minimum 28 j pour équipement non protégé et une exposition > à 3 mois, et 56j pour une exposition > à 6 mois) <p>En « robustesse » : Par défaut, les cyclages en température et humidité devront respecter les variations diurnes des catégories climatiques B1, B2 et B3 en conditions de stockage ou transit.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La durée minimale prescrite est de 4 cycles. 	<p>à D :</p> <ul style="list-style-type: none"> - A : 6 cycles Pour simuler les effets à court terme, y compris ceux dus à la condensation, sur matériel normalement protégés et exposés occasionnellement - B : 12 cycles Pour simuler les effets sur matériels semi protégés - C : 21 cycles <p>Pour simuler les effets sur matériels normalement exposés aux atmosphères simulées (équipements sur véhicules blindés ou installés en cabine non climatisée</p> <ul style="list-style-type: none"> - D : 56 cycles Stockage à long terme (le nombre de cycles peut être augmenté si on cherche à approcher la durée de vie) 	<p>180 jours en B1 180 jours en B2 30 jours en B3</p> <p>La réalisation de ces essais n'est pas censée donner lieu à un facteur d'accélération.</p> <p>- Procédure II dite aggravée : Elle vise à accélérer le vieillissement par une augmentation de la contrainte en température-humidité relative. Le cycle type est le même que le cycle aggravé décrit dans l'AECTP 300 méthode 306. Le nombre minimal de cycles de ce type est de 10. Il doit être augmenté pour tester les matériels équipés de joints d'étanchéité protégeant des parties sensibles (déclencheurs pyrotechniques par exemple).</p>	

Commentaires de premier niveau :

- La DEF STAN 0035 et la GAM EG13 sont assez similaires pour les méthodes de cyclages à forte humidité relative (HR>93 %), mais la GAM EG13 n'a pas d'équivalent à la méthode C de la DEF STAN qui inclue une phase de faible HR.
- En mode « non aggravé », la contrainte HR de l'AECTP 300 est plus faible que dans la DEF STAN et la GAM EG13 : de ce fait, le risque de condensation est amoindri.
- En mode « non aggravé », la MIL STD 810 reprend les mêmes cycles que l'AECTP 300, représentatifs de conditions dites « induites » sur les matériels et y ajoute des cycles « en conditions naturelles », les essais de la MIL sont significativement plus longs et en sont pas censés faire intervenir de facteur d'accélération
- En mode aggravé, les essais MIL STD 810 et AECTP 300 sont similaires.

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent le rayonnement solaire – commentaires par rapport à la méthode 306 (température fixe) de l'AECTP 300

Contrainte type	Objet	Références et principales caractéristiques des méthodes correspondantes dans les normes			
		DEF STAN 0035 – édition 4	STANAG 4370 – AECTP 300 – édition 4	MIL STD 810 G	GAME EG 13
Haute température constante, forte humidité	<p>Pour les matériels exposés en atmosphères où la température ambiante et l'humidité sont élevées et relativement constantes (par exemples espaces clos tels que salles des machines sur navires, ou milieux naturels type jungle dense). Ce type d'essai est également recommandé lorsqu'on cherche à observer les effets des phénomènes d'adsorption/absorption d'eau sur les matériaux. Il s'agit typiquement de l'environnement B1 tel que décrit dans l'AECTP 230-section 2311</p>	<p>Part 3 test CL7 – <i>Constant high temperature, high humidity test</i>, qui renvoit à la CL6</p> <p>Pour les matériels en environnement ne subissant pas de variations diurnes, ou conçus de telle sorte qu'ils sont insensibles aux variations de l'environnement. La méthodologie est celle de la norme CEI 60068-2-78.</p> <p>La méthode CL6 distingue et propose :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les essais destinés à qualifier le matériel (sécurité et aptitude à la fonction), censés être le plus représentatifs possible des conditions en service, - les essais destinés à vérifier la conception et la fiabilité des matériels, non adaptés pour la qualification. <p>En qualification : L'essai est généralement réalisé aux valeurs de température et HR les plus élevées à 1% (valeurs rencontrées 7h par an, soit 1% de un mois, sur le mois le plus chaud et humide), en mode stockage ou transit (sauf s'il existe des écrans de protection particuliers), pour les catégories climatiques B1 (32 °C, 88% HR), B2 (63 °C, 75% HR), B3 (71°C, 80% HR), M1 (69 °C, 64 % HR). Des températures différentes peuvent être appliquées si l'on veut prendre en compte l'effet de l'altitude. S'il s'agit de tester un matériel en mode opérationnel qui peut modifier l'environnement (dissipateur de chaleur), il convient d'en tenir compte pour la mise en œuvre de l'essai (prendre garde en particulier à la recirculation d'air dans l'enceinte)</p>	<p>Method 306 –<i>Humid heat _ §2.3.2 test type 2 (steady state)</i></p> <p>Conditions de température et HR :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pour les matériels installés dans des espaces clos, il est recommandé d'utiliser les données issues de mesures - En l'absence de données issues de mesures, les valeurs recommandées sont 55 °C pour la température et 95% pour l'humidité relative (valeurs issues des normes CEI) <p>La durée d'essai est déterminée comme indiqué pour la méthode 306 en mode « cyclage » (Cf ci-dessus)</p>	<p>Method 507.5 – <i>Humidity</i></p> <p>Voir le vieillissement type B1 décrit dans la procédure I en mode cyclage</p>	<p>Fascicule 03 – <i>Chaleur humide</i></p> <p>Essai continu :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 20 à 40 °C en 2h - Plateau à 40°C-93% HR de durée 16h, 4j, 10j, 21j, ou 56j - 40 à 20°C en 2h

		<p>La durée minimale prescrite est de 24h. Les durées conseillées sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3/6/12 j pour effet à court/moyen/long terme pour équipement protégé - Minimum 28 j pour équipement non protégé et une exposition > à 3 mois, et 56j pour une exposition > à 6 mois) <p>En « robustesse » : Les niveaux de contrainte proposées sont HR = 93 % T = 30 à 71 °C, durées : 2,16, 72 ou 96h voire + (jusqu'à 56j)</p>			
--	--	--	--	--	--

Commentaires de premier niveau :

- A titre de remarque d'ordre général, la tendance de ce type d'essais est à intercaler des phases sèches pour résorber la vapeur d'eau en surface, ce qui accélère la pénétration pendant les phases humides ; aucune des 4 méthodes n'illustre cette tendance
- Les durées d'essai de la MIL STD sont plus favorables à la pénétration d'eau que les autres (température moins élevée, essais plus longs).
- Il serait intéressant de voir la correspondance entre les sévérités apparentes de ces essais et les lois d'accélération connues en ce qui concerne la pénétration d'humidité pour les composants plastiques encapsulés.

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent l'immersion – commentaires par rapport à la méthode 307 de l'AECTP 300

Comparaison entre :

AECTP 300	: méthode 307 Immersion
Def STAN 0035 PART 3 Chapitre 3.04	: test CL 29 immersion
MIL STD 810 G	: méthode 512.5
GAM EG 13	: fascicule 15

l'AECTP 300 : méthode 307

But : Vérifier qu'un matériel peut résister à une immersion ou une immersion partielle et fonctionner durant ces immersions

Limitations : Ne doit pas être utilisé si le profil de vie spécifie que le matériel doit être toujours tenu hors d'immersion partielle ou totale

Procédure : effectuer ces tests avant et après les tests de vibrations et de chocs. Le matériel peut être mis en température pour provoquer un choc différentiel et vérifier que les joints font bien leurs offices.

Procédure I : Immersion avec en général 1 m d'eau au-dessus du matériel

Procédure II : Immersion partielle type matériel amphibie la profondeur dépend du matériel

Valeurs refuges : quelques profondeurs en relation avec des types de matériel ainsi que des durées généralement appliquées.

Données de calcul : Non

La DEF STAN 0035 : test CL29 Immersion

But : déterminer si un matériel peut fonctionner en état d'immersion ou survivre lors d'une immersion accidentelle.

Limitations : Le poids de 40 kg pour un matériel est un seuil pour l'orientation en immersion < 40kg positionné sur chaque face, >40kg le matériel reste sur la face qui lui est normalement assignée pour voyager ou être déposé.

Procédures : Procédure A applicable pour des matériels non emballés
Procédure B test applicable pour des matériels emballés

Valeurs refuges : valeurs d'immersion en fonction de l'objectif (partiel ou total) tableau de valeurs ainsi que durée d'essai

Données de calcul : Non

La MIL STD 810 G : méthode 512.5

But : Vérifier qu'un matériel peut résister à une immersion ou une immersion partielle et fonctionner durant ces immersions

Limitations : Ne doit pas être utilisé si le profil de vie spécifie que le matériel doit être toujours tenu hors d'immersion partielle ou totale

Procédures : Effectuer ces tests avant et après les tests de vibrations et de chocs. Le matériel peut être mis en température pour provoquer un choc différentiel et vérifier que les joints font bien leurs offices.

Procédure I : Immersion avec en général 1 m d'eau au-dessus du matériel

Procédure II : Immersion partielle type matériel amphibie la profondeur dépend du matériel

Valeurs refuges : quelques profondeurs en relation avec des types de matériel ainsi que des durées généralement appliquées.

Données de calcul : Non

la GAM EG 13 : fascicule 15

But : Connaissance et aptitude d'un matériel à être immergé dans l'eau sans infiltration dans son enveloppe. On ne parle pas de fonctionnement.

Limitations :

Procédures : soit dans un bassin à air libre soit dans une enceinte à, surpression. Effectuer ces tests avant et après les tests de vibrations et de chocs.

Valeurs refuges : Non

Données de calcul : Non

Conclusions : Le Stanag, la Def Stan sont similaires tous les éléments de la Stang sont dans la Def Stan Un peu plus de données dans la Def Stan La Mil Std 810G est la copie de la Def Stan. La GAM EG 13 est beaucoup plus succincte permettant ainsi une meilleure adaptation à la méthodologie de personnalisation.

Propositions : Donner plus de possibilité à la méthodologie de personnalisation pour la définition des profondeurs et des durées d'exposition.

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent l'immersion en eau de mer – commentaires par rapport à la méthode INEXISTANT de l'AECTP 300

Comparaison entre:

AECTP 300 : inexistant
Def STAN 0035 PART 3 Chapitre 4.05 : test **CN5, Corrosion test for materiel immersed in salt water**

MIL STD 810 G : inexistant
GAM EG : inexistant

l'AECTP 300 :

La DEF STAN 0035 : test CN 5 : Corrosion test for materiel immersed in salt water

But : Test pour vérifier la tenue à l'immersion en eau salée et peut servir de test d'étanchéité.

Limitations : Pas de paragraphe spécifique

Procédures : Il n'y a pas de description stricte de procédure, il est fait mention que la durée, l'exposition alternée ou continue peut être choisie. Le cycle est de *28 jours* personnalisable, la température de *32°C* ou *13°C* suivant la région du monde concernée. Il est recommandé une concentration de *5%* de NaCl en masse.

Valeurs refuges : Pas de valeurs refuge

Données de calcul : Pas de valeurs refuge

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent les moisissures – commentaires par rapport à la méthode 308 de l'AECTP 300

Comparaison de

1. AECTP 300 Method 308 Mould Growth (dite ci-après methode STANAG)
 2. MIL STD 810 G Method 508.6 FUNGUS (dite ci-après methode 810G)
 3. Def STAN 0035 PART 3 Chapter 4.01 Test CN1-Mould Growth (dite ci-après methode 0035)
 4. GAM EG 13 fascicule 13 Moisissures (dite ci-après méthode EG13)
- la méthode STANAG :
 - est la copie restructurée de la 810G. C'est ce que clamait d'ailleurs Herb Egbert, ancien responsable de ces 2 normes : il voulait que cela soit ainsi,
 - 1 seule procédure d'essai,
 - durée de l'essai :
 - 28 jours pour évaluer la dégradation des matériaux,
 - 84 jours pour évaluer les effets de la croissance fongique,
 - la DEF STAN 0035 :
 - s'appuie fortement sur la BS 2011. (Bernard Colomies essaie de me la procurer)
 - durée de l'essai :
 - 28 jours pour évaluer la dégradation des matériaux
 - 84 jours pour évaluer la dégradation des performances d'un équipement
 - 2 procédures : voir BS 2011
 - La GAM EG 13 :
 - est la seule méthode à proposer :
 - un essai de croissance où le milieu d'essai est constitué d'une solution minérale pulvérisée sur le matériel en même temps que les moisissures lors de l'ensemencement,
 - un essai de résistance à l'envahissement où le milieu d'essai est constitué d'une solution minérale contenant 3% de saccharose ; la solution est pulvérisée sur le matériel simultanément aux moisissures, lors de l'ensemencement.
 - M. Hilaire, expert à l'ETCA, avait écrit en 1989 : « Le fascicule 13 de la norme interarmées GAM EG 13 est un "outil" intéressant pour les concepteurs, les utilisateurs de matériel ainsi que pour les laboratoires d'essai ; il est applicable de façon reproductible sur un grand éventail de matériels à finalité militaire ou civile. Ce fascicule, de préférence à la méthode 508-3 de la norme MIL-STD 810 D devrait être pris comme document de référence, lors de l'élaboration des cahiers des charges et spécifications relatifs aux matériels militaires. » Cela semble toujours vrai à première vue.

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent le brouillard salin – commentaires par rapport à la méthode 308 de l'AECTP 300

Comparaison entre :

AECTP 300	: méthode 309, Salt Fog
Def STAN 0035 PART 3 Chapitre 4.05	: test CN5, Corrosion test for materiel immersed in salt water : test CN2; Salt (corrosive atmospheres)
MIL STD 810 G	: méthode 509, Salt Fog
GAM EG	: 13 fascicule 04, Brouillard Salin

l'AECTP 300 : méthode 309 : Salt Fog

But : Test reproductible pour vérifier la capacité anticorrosive du matériel.

Limitations : Il est parfaitement expliqué que ce test n'a aucune relation avec l'environnement naturel, et que le fait de réussir le test ne préjuge pas du comportement du matériel en atmosphère marine.

Ce test n'est pas comparable avec le test Humidité et Champignons.

Procédure : La température de l'essai est fixée à 35 °C et il est recommandé une concentration de 5% de NaCl en masse

Valeurs refuges : Pas de valeurs refuge

Données de calcul : Pas de valeurs refuge

La DEF STAN 0035 : test CN 2 : Salt (corrosive atmospheres)

But : Test pour vérifier la tenue à une atmosphère corrosive, et saline, pour des matériels à l'air.

Limitations : Il est parfaitement expliqué que ce test n'a aucune relation avec l'environnement naturel, et que le fait de réussir le test ne préjuge pas du comportement du matériel en atmosphère marine

Procédures : Il y a deux procédures :

Exposition permanente

Exposition alternée

La concentration en NaCl n'est pas directement donnée. Il est renvoyé au british standard pour sa définition.

Valeurs refuges : Il a un tableau de valeurs refuges pour chaque procédure.

Données de calcul : Pas de valeurs refuge

La DEF STAN 0035 : test CN 5 : Corrosion test for materiel immersed in salt water

But : Test pour vérifier la tenue à l'immersion en eau salée et peut servir de test d'étanchéité.

Limitations : Pas de paragraphe spécifique

Procédures : Il n'y a pas de description stricte de procédure, il est fait mention que la durée, l'exposition alternée ou continue peut être choisie. Le cycle est de 28 jours personnalisable, la température de 32°C ou 13°C suivant la région du monde concernée. Il est recommandé une concentration de 5% de NaCl en masse.

Valeurs refuges : Pas de valeurs refuge

Données de calcul : Pas de valeurs refuge

La MIL STD 810 G : méthode 509,5 : Salt Fog

But : Test pour vérifier le niveau de protection anticorrosive et aussi pour définir les effets physiques et électriques du dépôt de sel.

Limitations : Il est parfaitement expliqué que ce test n'a aucune relation avec l'environnement naturel, et que le fait de réussir le test ne préjuge pas du comportement du matériel en atmosphère marine. Ce test n'est pas comparable avec le test Humidité et Champignons.

Il ne doit pas être appliqué sur des échantillons ou des exemples d'assemblages.

Procédures : Une procédure avec possibilité de personnaliser les paramètres. Le cycle alterné 24h/24H est préconisé. La température est de 35° et la concentration de 5% de Nacl en masse.

Valeurs refuges : Pas de valeur refuge

Données de calcul : Pas de données

la GAM EG 13 : fascicule 04 : Brouillard Salin

But : Essai comparatif pour la vérification des procédés anticorrosion.

Limitations : Ne peut être considéré comme un essai de tenue en atmosphère marine

Procédures : Deux procédures :

- Exposition constante,
- Exposition alternée,
- La température est de 35°C et la concentration est de 5% de Nacl

Valeurs refuges : Il y a un tableau de valeurs pour les deux méthodes

Données de calcul :

Conclusions : Stanag , Mil Std, def stan, EG13 sont similaires.

La méthode CN5 de la Def Stan est totalement différente des autres. A mon avis on ne peut les comparer. L'immersion dans l'eau salée est différente du brouillard salin par la présence de l'oxygène en phase liquide et non gazeuse. Cette méthode couvre un manque des autres normes.

Propositions :

Rajouter ce type de test dans le Stanag 4370 en plus du brouillard Salin.

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent la contamination par les fluides – commentaires par rapport à la méthode 314 de l'AECTP 300

Comparaison de

1. AECTP 300 Method 314 contamination by fluids (dite ci-après methode STANAG)
 2. MIL STD 810 G Method 504.1 contamination by fluids (dite ci-après methode 810G)
 3. Def STAN 0035 PART 3 Chapter 4.01 Test CN4- contamination by fluids (dite ci-après methode 0035)
 4. GAM EG 13 fascicule 13 contamination par les fluides (dite ci-après méthode EG13)
- **la STANAG :**
 - minimum de 96 h à la température des conditions réelles d'emploi.
 - Procédure d'essai unique
 - Application du fluide de façon représentative (spray, trempette, immersion permanente ,
 - La sélection du fluide doit être faite dans la liste figurant dans le tableau 1 de l'annexe A. Il est indiqué au §2.5.1 que cette liste pourra évoluer dans le futur,
 - Rien n'est dit sur le niveau d'assemblage du matériel en essai ; on parle de « test item »
 - **La MIL STD 810 G**
 - les effets sont décrits en les classant par effets physiques (14), chimiques(5), électriques(5)
 - 2 procédures
 - Procédure 1 : Concerne la compatibilité chimique des matériaux non métalliques utilisés dans les petits systèmes d'armes, les vêtements, les chaussures et bottes, les masques à gaz et les gants, armes non létales, binoculaires, gyrophares, petites armes avec tripodes et autres équipements de ce genre . L'essai est réalisé à température ambiante mais cet essai est personnalisable en jouant sur les temps d'immersion, les températures du matériel en essai et du fluide,
 - La procédure 2 couvre les systèmes aériens, véhicules à roues ou à chenilles dans leur entier, embarcations, pour lesquels les températures en opération peuvent être critiques. Les paramètres déterminant cet essai sont le choix du fluide, sa température et la durée d'exposition. La configuration du matériel en essai et les conditions de dissipation thermique sont importantes pour cette procédure.
 - La liste des fluides figurant en dans la table 504-1-II . Il est dit au §2.2.2 que cette liste n'est pas exclusive et que les spécifications d'essais peuvent faire appel à d'autres fluides.
 - **la DEF STAN 0035 :**
 - précise au §2.2.6 : on doit envisager la possibilité d'une contamination simultanée par deux ou plus de fluides particulièrement si on s'attend à ce que le résultat soit synergiquement plus grave. La considération devrait également être donnée à la possibilité d'effet synergique en résultant de la contamination consécutive. Dans ces derniers cas il ne faudra pas nettoyer les surfaces concernées entre les applications,
 - au §2.3 Test sélection, on considère 3 niveaux d'exposition différents : occasionnel, intermittent et de longue période. La procédure d'essais varie en conséquence,
 - le §2.5 détaille le niveau d'assemblage :
 - « dans le meilleur des cas des matériels complets devraient être examinés. Cependant, dans la pratique c'est susceptible ne pas être praticable en termes de disponibilité, coût et calendrier. On considère alors un compromis raisonnable pour que des spécimens d'essai se composent des matériaux témoin, des finitions de surface, des montages partiels ou des composants appropriés comprenant, les mises en garde etc. le cas échéant, d'étiquetage, de repérage, semblables à ceux appliqués sur le matériel en service. Il peut également être approprié de raccourcir le programme d'essai en employant les échantillons séparés d'essai pour chaque fluide d'essai ou pour une proportion de tout le nombre de fluides. Là où on

propose un essai sur prélèvement matériel ou un programme d'essai réduit, cette action doit être soutenue par la justification appropriée. »

- « Une attention devrait être accordée à la protection donnée par des caisses ou des couvertures pour l'équipement. Si cette protection est totale, il sera inadéquat d'examiner des échantillons d'articles contenus à l'intérieur du matériel »
 - « beaucoup de matériaux, de finitions et de composants ont pu avoir été examinés précédemment et si les résultats documentés indiquent qu'un article n'a aucune réaction à un fluide, on ne devrait pas répéter cet essai. »
- Détaille l'évaluation des effets : « Pour chaque fluide appliqué, des spécimens devraient être examinés sur l'accomplissement de la période de stockage pour l'évidence des changements des caractéristiques physiques et de l'attaque chimique. Un examen typique des matériaux témoin peut inclure des contrôles pour le rétrécissement et le gonflement, la flexibilité, fissuration, rendre flou ou graver à l'eau-forte de la surface et la dégradation des finitions de surfaces. L'examen des composants et des montages partiels peut inclure les contrôles sur les joints adhésifs, exécution des joints, par exemple pour la fuite ou l'attache de la corrosion de pièces mobiles, le détachement des étiquettes, la défiguration des marques d'identification, les instructions et les mises en garde. Aussi bien que des contrôles sur les performances opérationnelles, l'examen des équipements complets devrait inclure ceux recommandés pour des matériaux témoin et des montages partiels et l'introduction de tous les risques en matériel de sécurité résultant de la soumission à la contamination liquide. »

La GAMEG 13 :

La liste des fluides paraît très incomplète. Il faudrait voir cependant si certains des fluides de la liste sont toujours d'actualité alors qu'ils ne figureraient pas dans la liste STANAG.

norme	Nombre de contaminants		
	GROUPE CHIMIQUE	fuels, huiles hydrostatique	Solvants, nettoyage, antigel, insecticides, désinfectant, fluide caloporteur, fluide pour extincteur
STANAG	0	Quelques écarts avec MIL voir tableau ci après	Quelques écarts avec MIL voir tableau ci après
MIL 810 G	27 (pour procédure 1)	Liste dite MIL	Liste dite MIL
DEF STAN	0	Quelques écarts avec STANAG voir tableau ci après	Quelques écarts avec STANAG voir tableau ci après
GAM EG 13	0	Liste très incomplète	Liste très incomplète

Conclusion:

1. Faire le point avec un expert du service des essences des armées sur la pertinence de la liste des fluides de la STANAG,
2. La procédure 1 (compatibilité chimique des matériaux non métalliques utilisés dans les petits systèmes d'armes, les vêtements, les chaussures et bottes, les masques à gaz et les gants, armes non létales, binoculaires, gyrophares, petites armes avec tripodes et autres équipements de ce genre) de la MIL STD 810 G n'a pas d'équivalent dans la STANAG : faut-il en attendant son éventuelle adjonction, renvoyer le spécificateur à la MIL STD 810 G pour couvrir ce besoin ?
3. Voir si la remarque sur la synergie des fluides (combinés ou séquentiels) de la DEF STAN 0035 doit être évoquée explicitement dans le guide (en attendant son éventuelle adjonction dans la STANAG),

4. Voir si les différents niveaux d'exposition prévus par la DEF STAN 0035 doivent être considérés dans la spécification et la procédure d'essais (en attendant son éventuelle adjonction dans la STANAG),
5. Voir si on peut s'inspirer de la DEF STAN pour le niveau d'assemblage du matériel en essai (aide au spécificateur d'essai, donc a sa place dans le guide)
6. Voir si on peut s'inspirer de la DEF STAN pour la description des effets (évolution de la méthode d'essai ; le détail des sanctions d'essai n'est pas en principe du domaine du guide).

NB : l'accident du KURKS (sous marin nucléaire russe) où tout l'équipage a péri, est le résultat de l'effet désastreux d'une contamination par les fluides. Le carburant des torpilles contenait du peroxyde d'hydrogène, qui est en soi un liquide peu sensible (une flamme de chalumeau ne l'enflamme même pas ce qui est très rassurant en soi), mais au contact de certains métaux se dégage un gros volume de gaz. Un des moteurs de torpille avait été mis en route intempestivement (à vide et toujours dans son compartiment, la torpille n'étant pas lancée) et l'échauffement imprévu généré avait conduit à un épanchement du peroxyde d'hydrogène : les gaz qui se sont alors répandus ont mis sous pression l'enveloppe de la torpille qui a fini par exploser (première explosion de faible amplitude). Cela a provoqué un incendie dans la soute à torpilles qui a conduit à la déflagration générale des torpilles au bout de quelques minutes et à la perte du sous marin. Les 2 explosions (la première minime à peine visible sur l'enregistrement) et la seconde très importante ont été relevées par un sismographe en Grand Bretagne : en agrandissant le transitoire de la première explosion on retrouvait dans l'épaisseur du trait le transitoire de la seconde explosion : et pour cause, les structures mécaniques mises en œuvre étaient identiques, ce qui invalidait du coup l'hypothèse confortable des russes d'une collision avec un sous marin américain.

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent l'atmosphère explosive – commentaires par rapport à la méthode 316 de l'AECTP 300

Comparaison de

1. AECTP 300 Method 316 « explosive atmosphere » (dite ci-après méthode STANAG)
 2. MIL STD 810 G Method 504.1 contamination by fluids (dite ci-après méthode 810G)
 3. Def STAN 0035 PART 3 Chapter 4.01 Test CN4- contamination by fluids (dite ci-après méthode 0035)
 4. GAM EG 13 fascicule 13 contamination par les fluides (dite ci-après méthode EG13)
- **la STANAG :**
 - a repris la MIL STD 810G en la restructurant. On y trouve bien les 2 procédures d'essais, qui existaient déjà dans la GAM EG 13, relatives à la déflagration (aptitude à ne pas provoquer de déflagration dans une atmosphère inflammable) et de confinement (aptitude à confiner la déflagration à l'intérieur de l'équipement).
 - **La MIL STD 810 G**
 - Identique à la structure près à la STANAG.
 - **la DEF STAN 0035 :**
 - Il est curieux que la DEF STAN 0035 ne propose pas cette méthode d'essai

La GAM EG 13 :

- Equivalente à la MIL STD 810 G ou à la STANAG.

Conclusion :

Aucune. La situation est parfaite pour la méthode 316 DE l'AECTP300.

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent l'altitude et la température – commentaires par rapport à la méthode 317 de l'AECTP 300

Comparaison de

1. AECTP 300 : méthode 317 « température, humidité, altitude » (dite ci-après méthode STANAG)
2. MIL STD 810 G : méthode 520.3 « température, humidité, vibration et altitude » (dite ci-après méthode 810G)
3. Def STAN 0035 PART 3 Chapter 4.01 Test CL12- “Low temperature-Low pressure Test” et CL13 - “Low temperature-Low pressure –high humidity Test” (nommé methods DEF STAN)
4. GAM EG 13 fascicule 5 – altitude et température (dite ci-après méthode EG13)

La méthode 317 de l'AECTP 300 : concerne les matériels en soute des avions ou les équipements des charges extérieures.

La DEF STAN 0035 propose 2 méthodes : la méthode CL12- “Low temperature-Low pressure Test” et la méthode CL13 “Low temperature-Low pressure –high humidity Test”, qui concernent aussi les matériels en soute des avions ou les équipements des charges extérieures.

La méthode CL12 ne s'applique pas lorsqu'il y a un conditionnement de l'air.

La méthode CL13 propose 3 procédures (NdR : je n'ai pas compris clairement les différences entre les critères d'application de ces 3 procédures) :

- la procédure A concerne les matériels avec enceinte fermée placée en compartiment climatisé et pressurisé et qui pourraient être affectés par la condensation, le gel et la pénétration d'humidité,
- la procédure B concernant aussi les matériels avec enceinte fermée placée en compartiment climatisé mais non pressurisé des soutes ou des zones non conditionnées d'avions et pour lesquels la présence de glace et de givre durant les phases d'ascension et de descente peut présenter un risque, (NdR : différence pas comprise entre A et B)
- la procédure C concerne les équipements ouverts par construction qui pourraient être affectés par la condensation et la glace mais ou les changements de pression entraînent des effets négligeables.

La MIL STD 810 G : la méthode 520.3, dont le titre diffère de la méthode 317 de l'AECTP300 : vibrations a été rajouté aux 3 autres agents température, humidité et altitude. Le domaine d'application exclut explicitement les matériels en soute. Trois procédures y sont proposées :

- procédure I : pour les essais en développement
- procédure II : préparation ou post essai en vol
- procédure III : qualification.

Des tables proposent :

- table 520.3.1 : des valeurs de température, humidité relative, présence ou non de vibrations matériel en fonctionnement ou non, température de l'air de refroidissement et durée d'application,
- table 520.3.2 : des valeurs précisant les paramètres de l'air de refroidissement
- table 520.3.1 : un cycle d'essais de qualification avec des chronographes pour les 4 agents d'environnement, l'activation fonctionnelle et le conditionnement d'air.
- Une figure 520.3.2 décrivant la génération des diagrammes ci-dessus à partir du profil de mission,
- Une figure 520.3.4 donnant la pression dynamique en fonction du nombre de Mach et de l'altitude,
- Une table 520.3.IV donnant les équations analytiques de l'évolution de la pression avec l'altitude,
- Une table 520.3.V suggérant des niveaux de vibration pour des avions de combat,
- Une table 520.3.VIa donnant la température avec l'altitude pour le modèle de l'atmosphère chaude, 520.3.VIb pour le modèle froid et 520.3.VIc pour le modèle chaud humide,
- La table 520.3.VII donne une chronologie d'application des différentes séquences du vol avec une description des paramètres.

Le fascicule 05 de la GAM EG 13 : proche de la méthode 317 de l'AECTP 300.

Cette comparaison laisse perplexe. Bien que le nom de la méthode d'essai soit voisin, les domaines d'application diffèrent notablement :

- La méthode 317 de l'AECTP 300 (comme le fasc. 5 de la GAM G 13) concerne le transport des matériels en soute ou en position de charge extérieure,
- La méthode 520.3 de la MIL STD 810 G concerne la simulation de mission des équipements de missile,
- Les 2 méthodes CL12 et CL13 de la DEF STAN 0035 concernent le transport en soute (air conditionné et/ou pressurisé ou non) : cette méthode semble plus d'ailleurs plus complète que celle de l'AECTP.

Conclusion :

- pour les transports en soute, on renvoie plutôt aux 2 méthodes CL12 et CL13 de la DEF STAN , qui me paraissent plus complètes que la méthode 317 de l'AECTP 300 . Ce point pourrait d'ailleurs être confirmé par le GT climatique de la CIN EG , et si c'était le cas , l'action qui suit est de faire évoluer la méthode 317 de l'AECTP 300 en conséquence,
- pour les équipements de missile, on renvoie plutôt à la méthode 520.3 de la MIL STD 810 G, qui ne semble pas avoir d'équivalent, en attendant là aussi de faire évoluer la méthode 317 de l'AECTP 300 en conséquence.

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent la température, l'humidité et l'altitude – commentaires par rapport à la méthode 317 de l'AECTP 300

Contrainte type	Objet	Références et principales caractéristiques des méthodes correspondantes dans les normes																																																																																																																																																			
		DEF STAN 0035 – édition 4	STANAG 4370 – AECTP 300 – édition 4	MIL STD 810 G	GAM EG 13																																																																																																																																																
<p>Faible température, faible pression, forte humidité</p>	<p>Pour les matériels installés sur matériels volants qui subissent des contraintes combinées de faible pression, faible température et forte humidité lors des phases de descente vers le sol.</p> <p>Ne s'applique pas aux matériels installés sur engins volant à plus de 30000 m d'altitude.</p> <p>La combinaison des contraintes est susceptible d'induire les effets suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Corrosion accélérée par condensation, - Pénétration accélérée d'eau en passant d'une altitude élevée (faibles P, T, HR) à un niveau près du sol (P et T standards, HR potentiellement élevée) 	<p>Part 3 – test CL13 – <i>Low temperature, low pressure, low humidity</i></p> <p>La méthode ne s'applique pas, en principe, aux matériels transportés comme cargaison dans les espaces conditionnés des engins volants.</p> <p>Trois procédures d'essai :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procédure A : essai de la BS 2011 part2.1 (équivalent à la CEI 60068-2-39) : <ul style="list-style-type: none"> • Descente en température jusqu'à la valeur spécifiée, à 3°C.min⁻¹ max • A l'équilibre, descente en pression jusqu'à la valeur spécifiée, à 150 mbar.min⁻¹ max • Maintien de la contrainte en pression et remontée en température jusqu'à 30 °C (ou température ambiante si supérieure) en 1h max avec admission d'humidité pour former du givre • A 0<T<5°C, remontée de la pression à la valeur ambiante en 15-30 min • Maintien 1h au moins dans ces conditions (HR>=95 %) avec vérification éventuelle de fonctionnalité. - Procédure B : très semblable à la A <ul style="list-style-type: none"> • Descente en température jusqu'à la valeur spécifiée, à 3°C.min⁻¹ max • A l'équilibre, descente en pression jusqu'à la valeur spécifiée, en 15 min • Après 30 min mini et ajustement du taux d'humidité à 95 % HR, remontée linéaire en température et en pression jusqu'à 2-5 °C et pression ambiante en 30 min environ ; puis jusqu'à 30°C en 30 min environ lorsque tout le givre précédemment formé a disparu • Maintien 1h au moins dans ces 	<p>Method 317 – <i>Temperature, humidity, altitude</i></p> <p>Deux procédures de test sont présentées : transport en condition stabilisées de vol et transport en conditions de vol avec changements séquentiels d'altitude.</p> <p>Les deux procédures respectent le même schéma que la méthode CL13 de la DEF STAN 0035, sans préciser les valeurs de sévérité (température, pression et humidité) à atteindre. Ces valeurs sont à déterminer en fonction des profils de mission, à partir des données de l'AECTP 200-catégorie 230 pour les valeurs au sol, et des données de la MIL-HDBK-310 ou de la STANAG 4044 pour les valeurs en altitude. Elles peuvent également être issues de mesures de terrain ou de calculs d'après conditions de vol (cf §2.3 du document).</p> <p>La durée des paliers et le nombre de cycles sont à définir dans le programme d'essai. Aucune indication n'est fournie.</p> <p>Method 318 – <i>Vibration/temperature/humidity/altitude</i></p> <p>?????? (aucun texte associé)</p>	<p>Method 520.3 – <i>Temperature, humidity, vibration and altitude</i></p> <p>Le document présente un cycle type dans le cadre d'une procédure de qualification de matériel pour simuler les effets combinés des trois contraintes température, humidité, pression et des vibrations (deux autres procédures sont présentées concernant pour l'une, la phase de développement d'un matériel, et pour l'autre la phase d'essai avant, pendant ou après une séquence de vol)</p> <p>Le cycle type de qualification inclut 15 étapes illustrées ci-après :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Step</th> <th>Time (t) (min)</th> <th>Temp.</th> <th>Alt.</th> <th>Humidity (%)</th> <th>Equip. Cooling</th> <th>Equip. Power</th> <th>Perform Check</th> <th>Vibration (5)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>15</td><td>ramp (3)</td><td>site</td><td>ambient</td><td>-</td><td>off</td><td></td><td>low alt.</td></tr> <tr><td>2</td><td>240(2)</td><td>T oper. min.</td><td>site</td><td>ambient</td><td>-</td><td>off</td><td></td><td>low alt.</td></tr> <tr><td>3</td><td>15</td><td>T oper. min.</td><td>site</td><td>ambient</td><td>(4)</td><td>min.</td><td>(4)</td><td>low alt.</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>T oper. min.</td><td>site</td><td>ambient</td><td>(4)</td><td>min.</td><td>(4)</td><td>low alt.</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>T oper. min.</td><td>ramp</td><td>ambient</td><td>(4)</td><td>min.</td><td></td><td>high alt.</td></tr> <tr><td>6</td><td>30</td><td>T oper. min.</td><td>max</td><td>ambient</td><td>(4)</td><td>min.</td><td></td><td>high alt.</td></tr> <tr><td>7</td><td>10</td><td>ramp</td><td>ramp</td><td>ramp</td><td>(4)</td><td>min.</td><td></td><td>high alt.</td></tr> <tr><td>8</td><td>30</td><td>T hum. max.</td><td>site</td><td>95</td><td>(4)</td><td>min.</td><td></td><td>low alt.</td></tr> <tr><td>9</td><td>15</td><td>ramp</td><td>site</td><td>ramp</td><td>worst case</td><td>max.</td><td></td><td>low alt.</td></tr> <tr><td>10</td><td>120(2)</td><td>T oper. max.</td><td>site</td><td><30</td><td>worst case</td><td>max.</td><td></td><td>low alt.</td></tr> <tr><td>11</td><td>5</td><td>T oper. max.</td><td>site</td><td><30</td><td>worst case</td><td>max.</td><td>(4)</td><td>low alt.</td></tr> <tr><td>12</td><td>10</td><td>T oper. max.</td><td>ramp</td><td><30</td><td>worst case</td><td>max.</td><td></td><td>ult. high alt.</td></tr> <tr><td>13</td><td>240(2)</td><td>T oper. max.</td><td>max.</td><td><30</td><td>worst case</td><td>max.</td><td></td><td>ult. high alt.</td></tr> <tr><td>14</td><td>5</td><td>T oper. max.</td><td>max.</td><td><30</td><td>worst case</td><td>max.</td><td>(4)</td><td>ult. high alt.</td></tr> <tr><td>15</td><td>10</td><td>ramp</td><td>ramp</td><td>ramp</td><td>worst case</td><td>max.</td><td></td><td>ult. high alt.</td></tr> </tbody> </table> <p>Les étapes 1 à 8 couvrent grossièrement les cycles types présentés dans la DEF STAN 0035 test CL13 ou l'AECTP 300 méthode 317. Les étapes 9 à 14 ajoutent une contrainte en température plus élevée sous faible humidité et basse pression, pour traiter le cas des matériels installés dans les cockpits par exemple, qui peuvent se retrouver sous forte contrainte thermique en altitude.</p> <p>Une durée minimale de 10 cycles est recommandée.</p> <p>Le document décrit également de manière précise la démarche à suivre pour la personnalisation d'un tel essai. Il inclut plusieurs tableaux de données, par</p>	Step	Time (t) (min)	Temp.	Alt.	Humidity (%)	Equip. Cooling	Equip. Power	Perform Check	Vibration (5)	1	15	ramp (3)	site	ambient	-	off		low alt.	2	240(2)	T oper. min.	site	ambient	-	off		low alt.	3	15	T oper. min.	site	ambient	(4)	min.	(4)	low alt.	4	5	T oper. min.	site	ambient	(4)	min.	(4)	low alt.	5	10	T oper. min.	ramp	ambient	(4)	min.		high alt.	6	30	T oper. min.	max	ambient	(4)	min.		high alt.	7	10	ramp	ramp	ramp	(4)	min.		high alt.	8	30	T hum. max.	site	95	(4)	min.		low alt.	9	15	ramp	site	ramp	worst case	max.		low alt.	10	120(2)	T oper. max.	site	<30	worst case	max.		low alt.	11	5	T oper. max.	site	<30	worst case	max.	(4)	low alt.	12	10	T oper. max.	ramp	<30	worst case	max.		ult. high alt.	13	240(2)	T oper. max.	max.	<30	worst case	max.		ult. high alt.	14	5	T oper. max.	max.	<30	worst case	max.	(4)	ult. high alt.	15	10	ramp	ramp	ramp	worst case	max.		ult. high alt.	<p>Fascicule 05 – <i>Altitude et température</i></p> <p>A compléter si nécessaire</p> <p>Fascicule 91 – <i>Essais combinés – Vibration/température/humidité/d'épression</i></p> <p>A compléter si nécessaire</p>
Step	Time (t) (min)	Temp.	Alt.	Humidity (%)	Equip. Cooling	Equip. Power	Perform Check	Vibration (5)																																																																																																																																													
1	15	ramp (3)	site	ambient	-	off		low alt.																																																																																																																																													
2	240(2)	T oper. min.	site	ambient	-	off		low alt.																																																																																																																																													
3	15	T oper. min.	site	ambient	(4)	min.	(4)	low alt.																																																																																																																																													
4	5	T oper. min.	site	ambient	(4)	min.	(4)	low alt.																																																																																																																																													
5	10	T oper. min.	ramp	ambient	(4)	min.		high alt.																																																																																																																																													
6	30	T oper. min.	max	ambient	(4)	min.		high alt.																																																																																																																																													
7	10	ramp	ramp	ramp	(4)	min.		high alt.																																																																																																																																													
8	30	T hum. max.	site	95	(4)	min.		low alt.																																																																																																																																													
9	15	ramp	site	ramp	worst case	max.		low alt.																																																																																																																																													
10	120(2)	T oper. max.	site	<30	worst case	max.		low alt.																																																																																																																																													
11	5	T oper. max.	site	<30	worst case	max.	(4)	low alt.																																																																																																																																													
12	10	T oper. max.	ramp	<30	worst case	max.		ult. high alt.																																																																																																																																													
13	240(2)	T oper. max.	max.	<30	worst case	max.		ult. high alt.																																																																																																																																													
14	5	T oper. max.	max.	<30	worst case	max.	(4)	ult. high alt.																																																																																																																																													
15	10	ramp	ramp	ramp	worst case	max.		ult. high alt.																																																																																																																																													

Contrainte type	Objet	Références et principales caractéristiques des méthodes correspondantes dans les normes			
		DEF STAN 0035 – édition 4	STANAG 4370 – AECTP 300 – édition 4	MIL STD 810 G	GAM EG 13
		<p>conditions (HR>=95 %) avec vérification éventuelle de fonctionnalité.</p> <p>- Procédure C : sans prise en compte de l'effet de la pression</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descente en température jusqu'à la valeur spécifiée, à 3°C.min⁻¹ max • A l'équilibre, augmenter HR jusqu'à saturation puis remonter linéairement en température jusqu'à 30°C en 1h environ, en maintenant HR>=95 %. • Maintenir 1h à 30 °C-HR>=95%, avec vérification éventuelle de fonctionnalité. <p>L'essai est pratiqué en chambre unique ou avec deux chambres.</p> <p>Trois niveaux de sévérité en température basse :</p> <ul style="list-style-type: none"> - -20±2 °C pour matériel installé en zone conditionnée des plateformes de vol - -40±2 °C pour matériel installé en zone non conditionnée des plateformes de vol utilisées jusqu'à 4500m d'altitude - -55±2 °C pour matériel installé en zone non conditionnée des plateformes de vol utilisées au-delà de 4500m d'altitude <p>Neuf niveaux de sévérité en pression : de 701 mbar (altitude 3000m) à 47 mbar (altitude 21000m)</p> <p>:</p> <p>Préconisations de nombre de cycles :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un cycle pour les équipements « fermés » - Quatre cycles minimum pour les équipements « ouverts » 		<p>exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> - températures, humidités relatives, points de rosée de l'air extérieur en fonction de l'altitude, - pression dynamique en fonction de l'altitude... <p>La méthode ne s'applique pas, en principe, aux matériels transportés à titre de cargaison ; elle est plus particulièrement adaptée aux tests sur matériels propulsés (avions, missiles..)</p>	

Cyclage journalier en température et humidité – effet de l'altitude	Pour les matériels transportés, utilisés ou stockés sur terre à différentes altitudes, du fait desquelles ils seront soumis à des variations de pression, de température et d'exposition au rayonnement solaire.	Part 3 – test CL17 – <i>Elevated ground temperature/humidity diurnal cycles</i>		La méthode 520.3 prend en compte ce type de contrainte pour les matériels au sol mais elle précise que les considérations relatives aux effets de l'altitude qui figurent dans le texte ne sont pas applicables à ces matériels.	
Atmosphères acides	Pour les matériels soumis à des atmosphères contaminées par des polluants acides, par exemple près de certains sites industriels ou d'installations d'incinération	Part 3 – test CN3 – <i>Acid corrosion</i>	Method 319 – <i>Acidic atmosphere</i>	Method 518.1 – <i>Acidic atmosphere</i>	ND

Commentaires de premier niveau :

- Documents en cours d'analyse

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent l'échauffement cinétique – commentaires par rapport à la méthode INEXISTANTE de l'AECTP 300

Comparaison de

1. AECTP 300 : pas de méthode spécifique à la préoccupation “ kinetic heating” ; cependant, la méthode 302, bien que ne citant pas explicitement l'échauffement d'origine aérodynamique, décrit une procédure III au §2.3.3 « Radiative heating » qui laisserait entendre que la préoccupation est couverte (dite ci-après méthode STANAG)
2. MIL STD 810 G : pas de méthode relative à la préoccupation “ kinetic heating” ; cependant page 523.3.3 un paragraphe est dédié à cet échauffement : §2.1.1.4 b-aerodynamic heating (dite ci-après méthode 810G)
3. Def STAN 0035 PART 3 Chapter 4.01 Test CL8- kinetic heating (dite ci-après méthode DEF STAN)
4. GAM EG 13 la préoccupation “ kinetic heating” ne fait ni l'objet de méthode spécifique ni de prise en compte par ailleurs (dite ci-après méthode EG13)

Seule la DEF STAN 0035 a une méthode spécifique relative à l'échauffement cinétique :

- des avions : on cite qu'à mach 1.5, à une altitude de 6000 à 9000 m, en atmosphère chaude, la température du fuselage atteint 85 à 90°C. A mach 2, elle atteint 175°C ; la température qui en résulte en aval dépend du facteur de recouvrement et du coefficient de transfert thermique ; l'annexe A donne un graphe et des relations permettant des évaluations,

-des missiles en vol libre, on atteint des températures de 350 à 1000°C . Les températures induites vont varier dans les différentes phases de vol, propulsée ou balistique,

-de l'intérieur des équipements : il est important de bien représenter l'échauffement aux différents niveaux de l'équipement en considérant aussi les échauffements de la propulsion et des batteries, ceci dans les différentes situations d'emport sous avion , juste avant le vol libre et pendant le vol libre.

La DEF STAN 0035 donne une démarche et des éléments pour estimer la température de l'essai.

Pour les gradients de température, la DEF STAN 0035 donne des valeurs forfaitaires en l'attente de mesures, qui sont toujours recommandées.

La STANAG ne dit rien explicitement sur l'échauffement aérodynamique.

La MIL STD 810 G fournit la relation analytique de la température de recouvrement de la couche limite et explicite les différentes variables ; il y est indiqué qu'à haute altitude, les basses températures extérieures compensent l'échauffement aérodynamique ; le transfert thermique par l'échauffement de la couche limite est prépondérant alors que le transfert par effet radiatif peut être négligé. Le haut niveau de transfert thermique établira la température de peau de missile à la température de recouvrement de la couche limite et les températures internes peuvent être très accentuées par les dissipations internes à l'équipement. Ainsi , l'essai doit être personnalisé en prenant en compte tous ces éléments ; les gradients de température les plus forts seront rencontrés par temps froid et forte dissipation interne ; ou encore quand les condition de vol (vitesse, altitude, incidence) changent vite alors que l'inertie thermique interne à l'équipement freine les changements.

Conclusions :

A l'évidence, on se demande pourquoi la méthode CL8 «kinetic heating » de la DEF STAN 0035 n'a pas de méthode homologue dans l'AECTP 300. Les anglais et les américains ne font pas de pression en ce sens, puisqu'ils ont leur norme nationale qui contient les éléments suffisants.

L'action proposée est :

- au niveau du guide , de renvoyer (en attendant l'évolution éventuelle de l'AECTP 300) pour la spécification de cet essai à la DEF STAN 0035,
- au niveau du GT CIN EG climatique, propose cette méthode dans l'AECTP 300 , sur la base de la DEF STAN 0035.

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent l'étanchéité aux gouttes – condensation – commentaires par rapport à la méthode INEXISTANT de l'AECTP 300

Comparaison entre :

AECTP 300	: inexistant
Def STAN 0035 PART 3 Chapitre 3.04	: test CL 28 étanchéité aux gouttes type condensation
MIL STD 810 G	: inexistant
GAM EG	: inexistant

La DEF STAN 0035 : test CL 28 Etanchéité à la condensation extérieure chute de gouttes

But : Vérifier qu'un matériel est étanche ux gouttes type condensation

Limitations : test non nécessaire si le matériel est testé à la pluie ou à l'immersion

Procédures : une seule

Valeurs refuges : un minima de quantité d'eau est imposé

Données de calcul : non

Conclusions : Ce test permet de vérifier l'étanchéité d'un matériel qui n'a pas à subir le test de pluie ni d'immersion comme un tiroir électronique à l'intérieur d'un local climatisé pouvant rencontrer des conditions de condensation. Ce test est une réponse logique à une situation pour laquelle ont applique la personnalisation.

Propositions : A intégrer dans la version future du Stanag

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent l'étanchéité au brouillard, bruine, crachin – commentaires par rapport à la méthode INEXISTANT de l'AECTP 300

Comparaison entre :

AECTP 300	: inexistant
Def STAN 0035 PART 3 Chapitre 3.04	: test CL 26 étanchéité brouillard, bruine, crachin
MIL STD 810 G	: inexistant
GAM EG	: inexistant

La DEF STAN 0035 : test CL 26 étanchéité brouillard, bruine, crachin

But : Vérifier qu'un matériel est étanche aux brouillards, bruine crachin c'est-à-dire à la présence d'eau sans vitesse d'impact

Limitations : ne test pas la corrosion

Procédures : une seule

Valeurs refuges : Non

Données de calcul : non

Conclusions : Ce test permet de vérifier l'étanchéité d'un matériel qui n'a pas à subir le test de pluie ni d'immersion mais qui peut être à l'extérieur lors de brouillard crachin ou bruine. Ce test est une réponse logique à une situation pour laquelle on applique la personnalisation.

Propositions : A intégrer dans la version future du Stanag

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent l'étanchéité des joints en pression– commentaires par rapport à la méthode INEXISTANT de l'AECTP 300

Comparaison entre :

AECTP 300	: inexistant
Def STAN 0035 PART 3 Chapitre 3.04	: test CL 30 Etanchéité des joints Pression différentielle
MIL STD 810 G	: inexistant
GAM EG	: inexistant

La DEF STAN 0035 : test CL 30 Etanchéité des joints Pression différentielle

But : Vérifier qu'un matériel est étanche fuite de gaz lors de changement de pression

Limitations : Ne test pas l'étanchéité à l'eau

Procédures : plusieurs suivants l'effet recherché et la taille du matériel

- Fuite d'un matériel pressurisé,
- Test par Ionisation,
- Test fuite de fluide de l'intérieur vers l'extérieur,
- Test fuite de réfrigérant,

Valeurs refuges : non sévérités personnalisées en fonction du matériel et de la procédure ;

Données de calcul : non

Conclusions : Ce test comporte plusieurs méthodes dans le but de couvrir tous les cas de figures. Ce test est particulièrement détaillés et précis et correspond à de nombreuse épreuves d'autres normes britanniques

Propositions : A intégrer dans la version future du Stanag

Synthèse des essais d'environnement des différents documents normatifs qui intègrent l'étanchéité des joints en pression– commentaires par rapport à la méthode INEXISTANT de l'AECTP 300

Comparaison entre :

AECTP 300	: inexistant
Def STAN 0035 PART 3 Chapitre 3.04	: test CL 30 Etanchéité des joints Pression différentielle
MIL STD 810 G	: inexistant
GAM EG	: inexistant

La DEF STAN 0035 : test CL 30 Etanchéité des joints Pression différentielle

But : Vérifier qu'un matériel est étanche fuite de gaz lors de changement de pression

Limitations : Ne test pas l'étanchéité à l'eau

Procédures : plusieurs suivants l'effet recherché et la taille du matériel

- Fuite d'un matériel pressurisé,
- Test par Ionisation,
- Test fuite de fluide de l'intérieur vers l'extérieur,
- Test fuite de réfrigérant,

Valeurs refuges : non sévérités personnalisées en fonction du matériel et de la procédure ;

Données de calcul : non

Conclusions : Ce test comporte plusieurs méthodes dans le but de couvrir tous les cas de figures. Ce test est particulièrement détaillés et précis et correspond à de nombreuses épreuves d'autres normes britanniques

Propositions : A intégrer dans la version future du Stanag

Figures

Figure 1 : Dimensions des 2 systèmes.....	63
Figure 2 : Températures de la catégorie A1	64
Figure 3 : Cas du conteneur en chambre climatique	65
Figure 4 : Cas du shelter en chambre climatique.....	66
Figure 5 : Comparaison de la température en fonction du temps sur site et dans une chambre climatique	72
Figure 6 : Relation entre volume du matériel et pouvoir de dissipation.....	76
Figure 7 : Buse à utiliser pour les essais de jet d'eau	90
Figure 8 : Traitement des incidents dus au moyen d'essai	124

Tableaux

Tableau 1 : Expressions du facteur d'essai.....	12
Tableau 2 : Caractéristiques des 2 systèmes	64
Tableau 3 : Paramètres d'une enceinte climatique.....	75
Tableau 4 : Tableau des humidités provoquant la condensation	85
Tableau 5 : Tableau des humidités provoquant la condensation (suite).....	86
Tableau 6 : Pouvoir émissif de certains matériaux à la température.....	88
Tableau 7 : Aide au choix des sanctions	122