

ANNEXE 1

Au document :

Carte CLB-V6_CCTP_CNRS DR016_A06

Ce document décrit les tests HALT et HASS visant à garantir une fiabilité élevée des produits KM3NeT.

**Lot n°06
Carte électronique CLB-V6**

Table des matières

Definitions.....	3
1 Introduction.....	4
1.1 Essai de vieillissement accéléré (HALT).....	4
Essais au-delà du point de rupture	6
Enregistrement des défaillances	6
1.2 Criblage hautement accéléré des contraintes.....	7
2 Documentation utilisée	7
3 Essais de vieillissement accéléré pour KM3NeT.....	8
3.1 Requirements	8
3.2 Description et procédure du test HALT	9
3.2.1 Tests Minimums.....	9
3.2.2 Tests Optionnels.....	10
3.2.3 Quelques considérations.....	11
3.3 DOCUMENTATION HALT	12
4 HASS.....	13
4.1 Exigences	13
4.2 Description et procédure du test HASS.....	13
4.2.1 Temperature (et vibration).....	13

Definitions

DL : Destruct Limit. = Limite de destruction

Elle est définie comme le niveau auquel le produit cesse de fonctionner et reste inutilisable dans des conditions normales d'utilisation.

OL : Operational Limit. = Limite opérationnelle

Elle est définie comme la dernière température opérationnelle ou le dernier point de consigne de vibration avant la défaillance.

UOL : Upper Operation Limit = Limite supérieure de fonctionnement

UDL : Upper Destructive Limit = Limite destructive supérieure

LOL : Lower Operation Limit = Limite inférieure de fonctionnement

LDL : Lower Destructive Limit = Limite destructive inférieure

HALT : Highly Accelerated Life Test = Essai de vieillissement accéléré

HASS : Highly Accelerated Stress Screening = Criblage hautement accéléré des contraintes

ESS : Environmental Stress Screening = Dépistage du stress environnemental

1 Introduction

1.1 Essai de vieillissement accéléré (HALT)

Essai de vieillissement accéléré (HALT) Il s'agit d'un test de conception utilisé pour améliorer la robustesse/fiabilité d'un produit grâce à un processus de test-défaillance-correction où les contraintes appliquées dépassent les limites de fonctionnement spécifiées. L'idée principale est de trouver les points faibles de la conception à un stade précoce afin de les corriger et d'améliorer et d'optimiser la conception de manière fiable.

Cela ne s'applique qu'à quelques cartes en phase de conception. Idéalement, à un ensemble de 4 à 6 cartes.

L'objectif serait d'appliquer les tests HALT au niveau inférieur du sous-ensemble. Au niveau supérieur de l'ensemble, l'objet complet sera soumis à des tests de qualification sous contrainte de manière séquentielle, éventuellement sous surveillance en fonction de la situation (comme décrit plus loin dans ce document). Ces tests de qualification seront effectués sur une seule unité.

En général, les tests HALT peuvent être mis en œuvre à l'aide de plusieurs types de contraintes, telles que des températures extrêmes, des variations thermiques extrêmes, des vibrations et la combinaison de contraintes thermiques et vibratoires. De plus, ils peuvent être utilisés pour d'autres types de contraintes, telles que la marge de fréquence, la charge d'alimentation, la marge de tension ou les cycles de puissance.

Dans le cas du KM3NeT, nous utiliserons comme tests minimaux les températures extrêmes, les variations thermiques extrêmes et les cycles de puissance. Les vibrations, combinées à des variations extrêmes de température, sont laissées en option, mais recommandées lorsque cela est possible.

Pendant les essais, il est essentiel de tester le fonctionnement du produit et de s'assurer de sa fonctionnalité. Les configurations d'essai doivent être optimisées afin de maximiser la couverture des essais fonctionnels.

La configuration d'essai doit également permettre le fonctionnement à distance de l'essai et du produit depuis l'extérieur de la chambre environnementale.

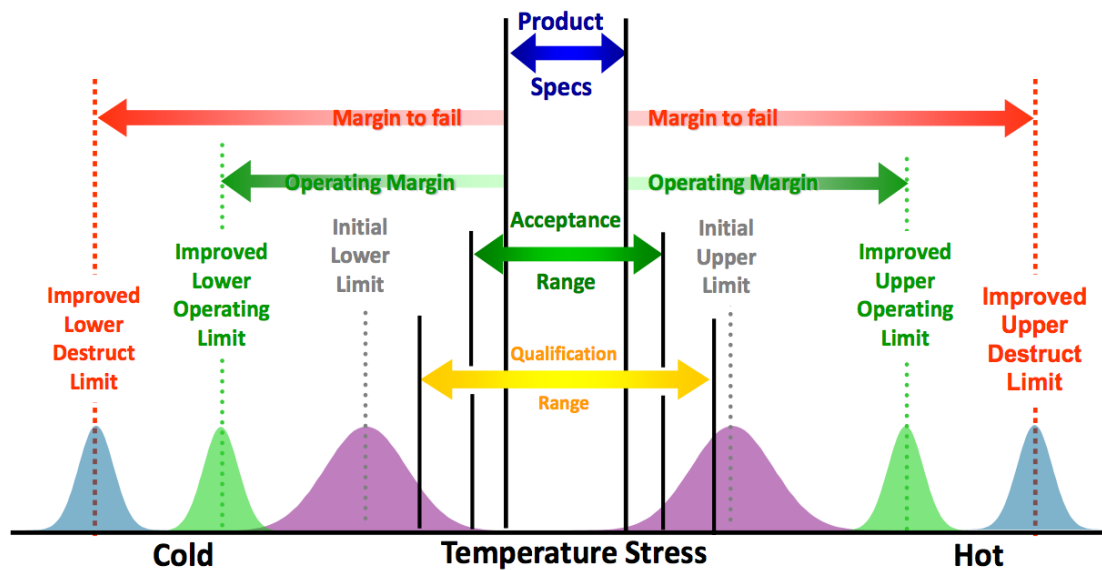


Figure 1: Représentation graphique des différentes limites HALT / HASS.

L'ordre dans lequel les contraintes sont appliquées dépend de leur probabilité de provoquer des défaillances catastrophiques. L'ordre suivant est recommandé.

1. **Stress thermique extrême** : À partir de la température ambiante
2. **Stress thermique extrême** : Réduire lentement la température (5 degrés par étape, à une vitesse inférieure à 1 °C/min) jusqu'aux limites de la chambre (phase I appliquée à CLB+PB). Laisser la température se stabiliser pendant 10 minutes à chaque étape.
3. **Stress thermique extrême** : Augmenter lentement la température (5 degrés par étape, à une vitesse inférieure à 1 °C/min) jusqu'aux limites de la chambre (phase I appliquée à CLB+PB). Laisser la température se stabiliser pendant 10 minutes à chaque étape.
4. **Taux thermiques extrêmes** : À partir de la température initiale (température ambiante), monter rapidement jusqu'à la température minimale de fonctionnement détectée au point 2 - ou jusqu'à la température la plus basse possible de la chambre. Les vitesses supérieures à 1 ° / min.
5. **Taux thermiques extrêmes** : À partir de la température initiale (température ambiante), monter rapidement en température jusqu'à la température fonctionnelle maximale détectée au point 3 - ou jusqu'à la température la plus élevée possible de la chambre. Les vitesses supérieures à 1 ° / min.

Tests facultatifs:

6. **Contrainte due aux vibrations** : Effectuer des essais de vibration.
7. **Vibrations + contraintes thermiques.**

Ajouter une **contrainte de cyclage électrique** aux tests précédents (à chaque étape).

Laisser la température se stabiliser pendant 10 minutes à chaque étape.

Test fonctionnel à chaque étape, avant et après le cycle d'alimentation.

Taille minimale de l'échantillon - Échantillons multiples (**de 4 à 6 unités**)

Essais au-delà du point de rupture

Le test HALT ne doit pas s'arrêter lorsqu'une défaillance est détectée. Si possible, le mode de défaillance doit être analysé et corrigé afin de permettre au test de se poursuivre au-delà du niveau de contrainte auquel la défaillance s'est produite.

Si une correction n'est pas possible, les tests doivent tenir compte et s'adapter au mode de défaillance connu lors des tests ultérieurs.

Notez que les limites constatées lors du test HALT serviront de référence pour les tests HASS.

Il est donc nécessaire d'effectuer des tests HALT sur un produit afin de définir correctement les tests HASS..

Enregistrement des défaillances

Pour chaque défaillance identifiée lors des essais, les informations suivantes doivent être consignées

- Point de défaillance
- Description de la défaillance
- Cause fondamentale du mode de défaillance
- Type de défaillance (catastrophique ou récupérable)
- Catégorie de défaillance (générique ou non générique)

1.2 Criblage hautement accéléré des contraintes

Les tests HASS sont introduits afin de détecter rapidement les défaillances survenues pendant la production qui ne sont pas liées à un défaut de conception.

Les limites de température (et de vibration, le cas échéant) sont fixées en tenant compte des tests HALT et des limites normales de fonctionnement. L'objectif est d'appliquer une contrainte partielle ou limitée au produit afin d'éviter toute défaillance prématurée.

En général, les limites sont révisées pendant la durée de vie des appareils afin de s'assurer qu'il n'y a pas de contrainte insuffisante ou excessive.

Cette mesure s'applique à 100 % des unités fabriquées au début de la production, mais au fur et à mesure que la production avance, il est possible de la réduire à une partie ou à un lot des composants.

Pendant les tests HASS, un stress thermique est appliqué. Si la vibration est choisie, elle est appliquée en combinaison avec la température (température + vibration). En général, le produit est soumis à des variations de température entre ses limites, avec de courts temps d'attente aux extrêmes.

2 Documentation utilisée

- IPC-9592 Paramètres de performance pour les dispositifs de conversion de puissance
- MIL-HDBK-2164A - Procédé de contrôle des contraintes environnementales pour équipements électroniques
- MIL-HDBK-338B - Manuel de conception de la fiabilité électronique

Bibliographie

- **Doertenbach, Highly Accelerated Life Testing – Testing With a Different Purpose**
http://www.chromaate.com/chroma/webdrive/certificate/HALT_HASS/5_HighlyAcceleratedLifeTesting%E2%80%93TestingWithDifferentPurpose.pdf
- **Silverman, 10 Mistakes when performing HALT**
http://www.opsalacarte.com/pdfs/Tech_Papers/10_Mistakes_When_Performing_HALT_and_HALT_Integration.pdf

3 Essais de vieillissement accéléré pour KM3NeT

3.1 Requirements

Essai de vieillissement accéléré (Highly Accelerated Life Testing = HALT) réalisé dans le cadre du **processus de conception**.

En général, les contraintes HALT seront augmentées jusqu'à ce que la contrainte cible ou une limite physique soit atteinte.

En général, la contrainte appliquée au produit est **bien supérieure** à celle à laquelle il sera soumis dans des conditions d'utilisation normales.

Le test HALT sera appliqué à au moins un ensemble de 4 à 6 cartes, se différenciant ainsi des tests HASS, qui doivent être appliqués à tous les produits (au moins au début de la durée de vie du produit).

La liste suivante indique les produits qui doivent passer les tests HALT (cartes dont la conception est destinée à être améliorée).

Électronique DOM

1. **CLB** (3.4.3.2)
2. PB (3.4.3.5)
3. Octopus (3.4.3.1.1 and 3.4.3.1.2)
4. PMT Base (3.4.2.2)

Électronique de puissance

5. BPS
6. DUL
7. VEOC DC /DC converter ARCA: PS_12V
8. VEOC DC /DC converter ORCA : Nikhef converter
9. OM
10. ORCA AC/DC converters

Électronique Base Module

11. **CLB** base module (idem DOM)
12. FMC
13. RS 232 TTL converter?
14. Hydrophone

15. SCB board (WRS switching core board)
16. GBP (WRS carrier board for KM3NeT)

3.2 Description et procédure du test HALT

La procédure à appliquer aux tests HALT des cartes électroniques du KM3NeT utilisera la température (minimum) et les vibrations (facultatif).

Les séries de tests suivantes seront appliquées :

Tests Minimums:

- Contrainte thermique par paliers
- Stress thermique extrême

Tests: Optionnels

- Contrainte due aux vibrations
- Température et contrainte vibratoire

3.2.1 Tests Minimums

Essais de résistance à la température par paliers

La procédure est définie par les étapes suivantes :

1. Le ou les appareils sont placés dans la chambre climatique et mis sous tension.
2. La consommation électrique est mesurée.
3. Le bon fonctionnement de l'appareil est vérifié. (Des tests fonctionnels sont effectués.)
4. À partir de la température ambiante (c'est-à-dire 25 degrés), des baisses de 5 °C par étape sont appliquées. (1 degré par minute - rythme lent -).
- 4bis : À partir de 25 °C, augmentez la température de 5 °C par étape, toutes les 10 minutes, puis poursuivez les étapes suivantes tout en augmentant la température.
5. Laisser la température se stabiliser pendant 10 minutes.
6. Après chaque étape, le comportement de la carte est vérifié (tests fonctionnels).
7. Avant de passer à l'étape suivante (baisse de température), la carte est mise hors tension puis sous tension.
8. Le comportement de la carte est à nouveau vérifié (tests fonctionnels).

9. Continuer à diminuer la température jusqu'à atteindre la température minimale pouvant être atteinte par la chambre climatique.
10. Si possible, réparer la défaillance et continuer à diminuer la température (sauf si la limite inférieure de la chambre climatique a été atteinte).

Essais de résistance à des températures extrêmes

Une fois la phase de stress thermique terminée, effectuez les **tests de stress thermique extrême** :

1. À partir de la température ambiante, diminuez la température au minimum de la chambre à la vitesse maximale autorisée par celle-ci.
2. Laissez la température se stabiliser pendant 15 minutes.
3. Effectuez les tests fonctionnels.
4. Redémarrez la carte.
5. Effectuez les tests fonctionnels.
6. Passez à la température maximale autorisée par la chambre à la vitesse maximale.
7. Laissez la température se stabiliser pendant 15 minutes.
8. Effectuez les tests fonctionnels.
9. Redémarrez la carte.
10. Effectuez les tests fonctionnels.

3.2.2 Tests Optionnels

1. À partir de la température ambiante, diminuez la température au minimum de la chambre à la vitesse maximale autorisée par celle-ci.
2. Laissez la température se stabiliser pendant 15 minutes.
3. Effectuez les tests fonctionnels.
4. Redémarrez la carte.
5. Effectuez les tests fonctionnels.
6. Passez à la température maximale autorisée par la chambre à la vitesse maximale.
7. Laissez la température se stabiliser pendant 15 minutes.
8. Effectuez les tests fonctionnels.
9. Redémarrez la carte.
10. Effectuez les tests fonctionnels.

Essais de résistance aux vibrations

Le système de vibration le plus efficace pour le HALT est un système à chocs répétitifs (Repetitive Shock = RS) avec une large gamme de fréquences et d'accéléérations et une vibration à 6 degrés de liberté.

Un vibreur RS, conçu pour fournir une énergie comprise entre 2 Hz et 10 000 Hz, sera le plus efficace pour cela.

1. Le stress vibratoire commence à un niveau de 4 Grms pendant 10 minutes.
2. Cycle d'alimentation.
3. Test fonctionnel.
4. Augmentation du niveau de vibration de 4 Grms pendant 10 minutes supplémentaires.
5. Cycle d'alimentation.
6. Tests fonctionnels.
7. Boucle jusqu'à ce que la limite de la chambre soit atteinte ou que des défaillances catastrophiques apparaissent.

Essais de vibration et de variations thermiques extrêmes

Ce test combine des essais thermiques et vibratoires.

La température est augmentée comme lors des essais de « contrainte thermique extrême », tandis que, parallèlement, les vibrations sont également augmentées comme défini dans les essais de « contrainte vibratoire ».

3.2.3 Quelques considérations

Le nombre de produits/cartes peut être inférieur à celui proposé (4 à 6) lorsque moins de produits/cartes sont disponibles. Cela ne signifie en aucun cas que la procédure standard doit être ignorée. Le test sera appliqué à l'ensemble complet dès qu'il sera disponible.

Certains tests peuvent être appliqués seuls afin d'accélérer l'amélioration des cartes. Dans tous les cas, l'ensemble complet des tests HALT doit être appliqué.

En ce qui concerne l'humidité relative, elle sera réglée dans une plage comprise entre 35 et 70 %.

3.3 DOCUMENTATION HALT

Un rapport doit être généré pour chaque test HALT. Chaque rapport doit contenir les éléments suivants :

1. Description du produit et de son stade de développement
2. Objectifs spécifiques des essais, y compris les objectifs de contrainte cibles, s'ils sont définis
3. Numéro de série du produit soumis aux essais
4. Liste des équipements d'essai, y compris les numéros de série et les niveaux de révision des logiciels
5. Description et procédure des essais fonctionnels
6. Conclusions des essais.

4 HASS

4.1 Exigences

Le test HASS sera **appliqué à tous les appareils** des types sélectionnés pour passer les tests HASS, en principe toutes les cartes électroniques, au moins au début de la vie du produit. Tant que la production est avancée et que la fiabilité est correctement évaluée, les tests HASS peuvent être appliqués uniquement à un nombre partiel de produits ou à certains lots seulement.

La liste suivante indique les produits qui doivent passer les tests HASS.:

- Électronique (tous les produits décrits au point 3.1 dont **CLB-V6**)
- DOM
- DU-BASE conteneurs
- JB
- BoB
- VEOC
- Penetrateur
- Laser Beacon (y compris l'électronique)
- LBL (y compris l'électronique)

4.2 Description et procédure du test HASS

4.2.1 Temperature (et vibration)

La procédure à appliquer aux essais HASS utilise la température (essais minimaux). L'utilisation simultanée de vibrations est également possible en option. La température est augmentée progressivement entre ses limites (avec de courtes pauses aux extrémités) et les vibrations, si elles sont appliquées, sont maintenues à un niveau constant. Une chambre avec un cycle thermique dont la vitesse de transition est supérieure à 10 °C/min est recommandée. En cas d'utilisation de vibrations, une chambre avec 6 degrés de liberté de vibration aléatoire est nécessaire.

Le produit, s'il s'agit d'une carte, doit être sous tension et sous charge. Il convient également d'appliquer une contrainte de cyclage de tension.

Note:

Afin d'éviter toute défaillance due au point de rosée (environ 5 à 10 °C), un premier cycle doit être effectué avec les cartes hors tension afin d'identifier le niveau de condensation et le risque associé.

2 solutions:

- Remplir l'installation d'azote

- Ou mettre hors tension pendant le cycle électronique lorsque la température est proche du point de rosée.

- **Température (test minimal) :**

limites fixées à 80 % de l'UDL et de la LDL déterminées à partir du test HALT.

- **Vibration (optionnel):**

Le niveau maximal initial de vibration HASS/HASA doit être égal à 50 % de la limite destructive (DL) de vibration, mais ne doit pas dépasser la limite opérationnelle (OL) déterminée lors du test HALT. Il commencera à 3 Grms et augmentera progressivement jusqu'au niveau maximal (50 % de la DL HALT). La vibration sera appliquée pendant une période de cinq minutes avant le cycle thermique et pendant cinq minutes dans les 15 minutes suivant le cycle thermique sans défaut.

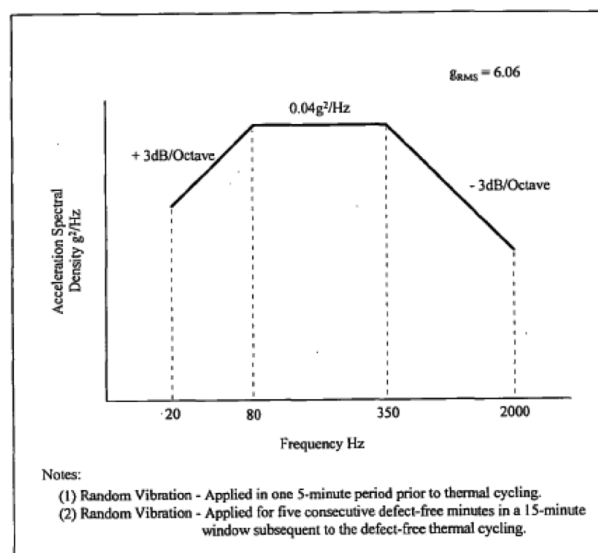


Figure 2: Essai de résistance aux vibrations

- **Définition des tests:**

Le temps de maintien minimal ne doit pas être inférieur à 5 minutes. Le temps de maintien a commencé après que le produit ait atteint la température stable souhaitée. L'exigence minimale en matière de vibration est d'au moins 5 minutes au niveau de vibration maximal, plus une modulation de vibration à rampe lente.

- **Cycles Temps (based on MIL-HDBK-2164):**

Le cycle thermique (plus vibrations) doit être effectué pendant 12 cycles pendant au moins 40 heures pour la période sans défaut préalable. L'objectif de cette période est d'éliminer les défaillances précoces. La durée du cycle doit être ajustée en fonction des produits réels et de l'efficacité du test. La durée recommandée pour le cycle est de 3 heures 20 minutes avec une montée et une descente en température de 10 °C par minute. Une période supplémentaire sans défaut sera effectuée afin de vérifier que seules des défaillances aléatoires se produisent (les défaillances précoces doivent être éliminées pendant la première période). Le taux de défaillance doit alors être conforme au taux de défaillance aléatoire attendu pour l'équipement. En d'autres termes, pendant la période sans défaut, l'équipement doit fonctionner sans défaillance. En utilisant une procédure de boucle de rétroaction, nous pouvons déterminer si le programme de sélection doit être modifié. La durée maximale du dépistage doit être de 120 heures, dont 40 heures de période sans défaut. Des cycles de mise sous tension/hors tension seront effectués afin de soumettre l'équipement à des contraintes électriques, comme indiqué dans la figure 3 (voir IPC9592). De l'air sec sera utilisé afin de contrôler l'humidité à l'intérieur de la chambre climatique (pour éviter le développement d'humidité et les courts-circuits dus à l'humidité).

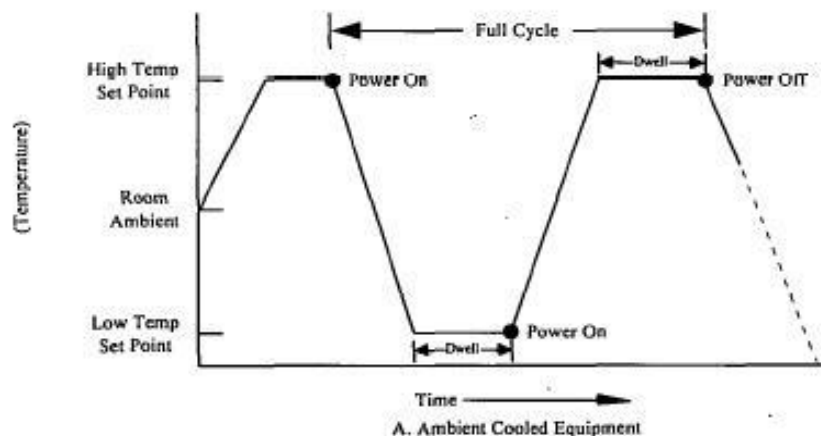


Figure 3: exemple de cycles

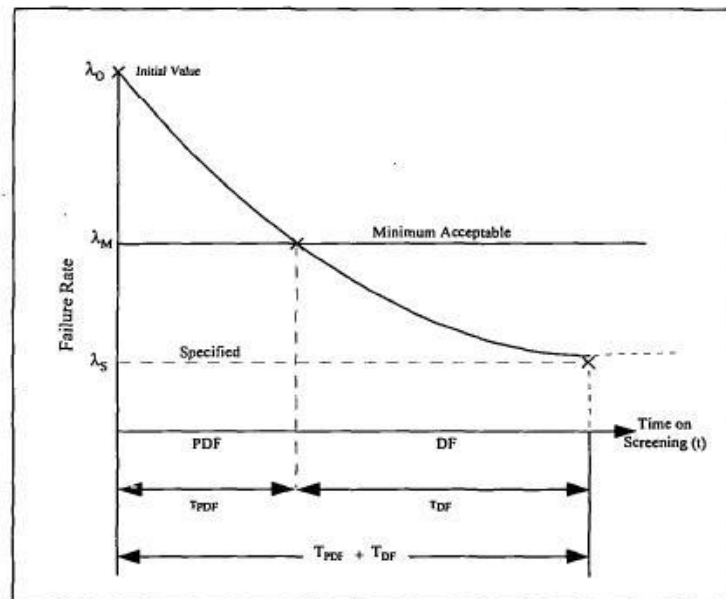


Figure A-1 ESS Characteristics Curve

Figure 4: Tous les défauts de jeunesse doivent être éliminés pendant la période de pré-défectuosité (DF).

- **Proof-of-Screen:**

Pour déterminer le profil cyclique final, un test de vérification doit être effectué avant l'application du test HASS. Il consistera à répéter au moins 10 fois le profil initial proposé sur un sous-ensemble de cartes. Si aucune défaillance n'est détectée après le premier super cycle (où l'on considère que la mortalité infantile est éliminée). Le profil peut alors être considéré comme sûr (ou pas trop intense) et prêt à être mis en œuvre dans les tests HASS à appliquer aux cartes fabriquées. Si des défaillances sont détectées, le cycle HASS doit être reconsidéré en réduisant le niveau de contrainte (limites de température et/ou de vibration obtenues à partir du HALT) appliqué et le **test de validation** doit être répété avec le profil de cycle redéfini.

- **Burn-in:**

Les tests HASS comprendront une phase de rodage d'une durée de 3 à 24 heures, comme illustré à la figure 5 : Principe du test de rodage + ESS. Pour la phase de rodage, la norme IPC9592, annexe F, recommande une température ambiante de 50 à 55 °C, ce qui correspond à une température de 65 à 70 °C sur la carte alimentée avec dissipation des composants.

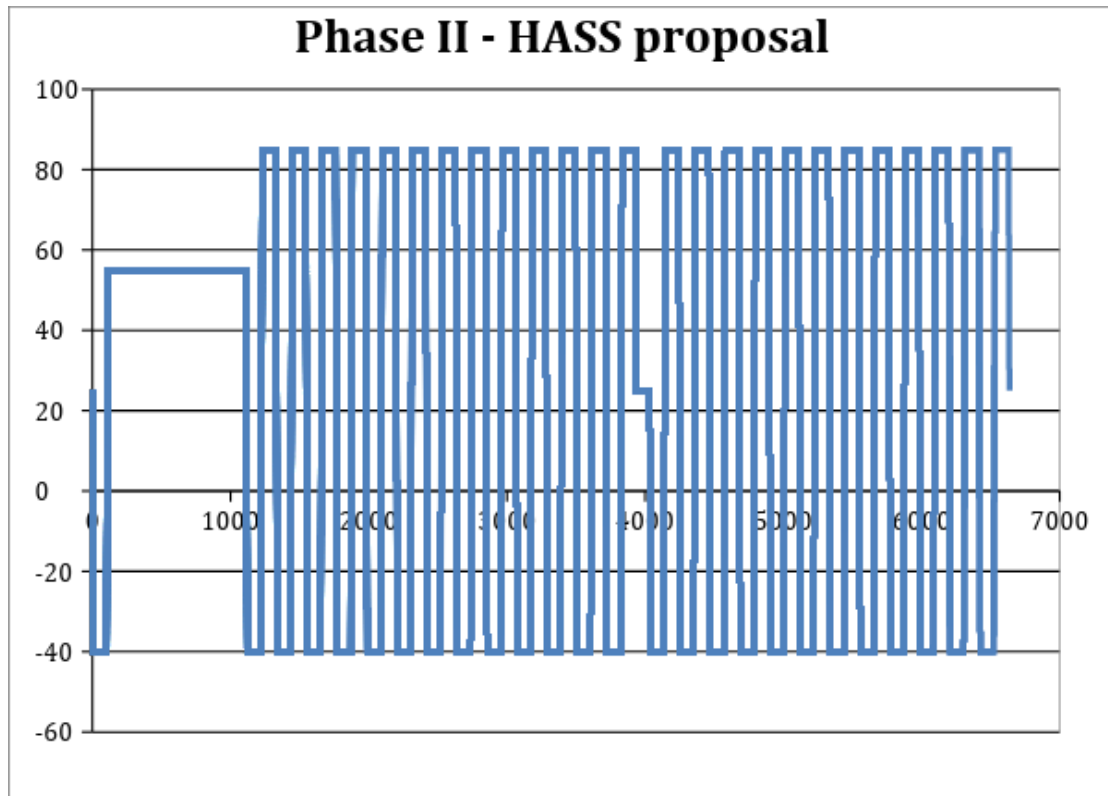


Figure 5: Principe du test Burn in + ESS pour la vérification

Dans la figure 5 ci-dessus :

- LOL correspond à l'exemple donné à -40 °C
- UOL correspond à l'exemple réglé à 85 °C
- La température ambiante est réglée à 25 °C.
- La température de Burn-in est réglée à 55 °C.
- Les cycles de mise sous tension et hors tension sont effectués à chaque cycle, comme illustré à la figure 3.