



L'ACQUISITION DE DONNÉES AU SERVICE DE LA FIABILITÉ DU STRESS À LA DÉCISION



Auteur : Louis-Nicolas Brault, CPI

SEPTEMBRE 2026

1. INTRODUCTION



Dans le secteur de la fiabilité, les stress accélérés, comme le TC « Thermal Cycling », HAST « Highly Accelerated Stress Test » ou THB « Temperature Humidity Bias » n'ont de valeur que si l'on est capable de mesurer leurs effets sur les pièces. Sans lecture électrique et mesures des conditions d'essai, un stress n'est qu'un vieillissement à l'aveugle : impossible de détecter les pièces marginales, de dater l'apparition d'une défaillance, ni d'orienter l'analyse de défaillance qui suivra.

L'acquisition de données constitue ainsi le lien entre le stress et la décision d'ingénierie. Elle permet de comparer l'état d'un module avant, pendant et après le stress, de détecter les dérives paramétriques ou les défaillances intermittentes selon les conditions environnementales subies par les pièces, et de fournir des données traçables aux clients.

Le présent article propose un aperçu des paramètres mesurés, des outils d'acquisition de données déployés au laboratoire de fiabilité du C2MI, ainsi que de la chaîne de traitement qui transforme ces mesures brutes en information exploitable.



2. L'ACQUISITION DE DONNÉES DANS LE CYCLE DE FIABILITÉ



Un test de fiabilité repose sur deux ingrédients indissociables : un stress qui accélère le vieillissement de la pièce et une mesure qui permet de constater ses effets. C'est la mesure qui définit la défaillance : sans critère mesurable — une hausse de résistance au-delà d'un seuil, un courant de fuite anormal, une perte de continuité — impossible de distinguer une pièce saine d'une pièce marginale. Les modules d'essai (« Test Vehicle » ou TV) sont d'ailleurs conçus dans cette optique : leurs chaînes relient électriquement les interconnexions afin de rendre chaque section du module observable.

L'acquisition de données s'articule autour de trois moments complémentaires :

- La lecture initiale (T0), prise avant le stress, établit la référence de chaque chaîne ou net. Toutes les lectures subséquentes y seront comparées : c'est par rapport à cette référence qu'une hausse de résistance sera jugée, et non par rapport à un seuil absolu.
- Les lectures aux points de lecture « readpoints » sont réalisées à intervalles définis — par exemple après 250, 500 ou 1 000 cycles thermiques. Elles permettent de suivre la dégradation progressive d'une population de pièces et de retirer une pièce du stress au moment opportun pour l'analyse de défaillance, pendant que les indices du mécanisme sont encore préservés.
- La lecture in situ, effectuée en continu pendant le stress, pièce sous tension (« bias »), complète les lectures ponctuelles. Elle seule permet de capter les défaillances intermittentes — celles qui apparaissent à chaud et disparaissent à froid — et de dater précisément l'apparition d'un défaut. Elle est aussi indispensable pour observer des phénomènes transitoires, comme la migration de matériel entre deux lignes (dendrites) lors des stress en humidité (HAST, THB), où un court-circuit peut se manifester, puis s'estomper en quelques secondes. À noter que pour les mesures de courant de fuite (leakage) et de court-circuit (short), une valeur absolue est souvent utilisée, comme 1 MΩ.

Le choix de la stratégie d'acquisition dépend du mécanisme de défaillance recherché, du niveau de précision requis et des contraintes du montage. Ce choix oriente ensuite toute la chaîne : instrumentation, câblage vers l'intérieur des chambres, fréquence d'échantillonnage et volume de données à traiter.

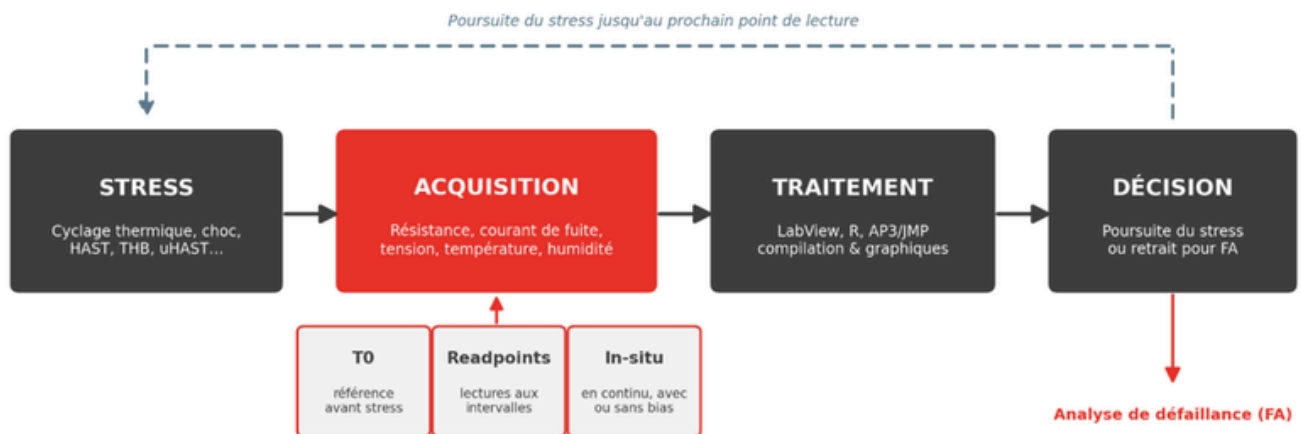


Figure 1 : Chaîne d'acquisition de données en fiabilité, du stress à la décision d'ingénierie.

3. PARAMÈTRES MESURÉS ET MÉTHODES DE MESURE



Résistance : lecture 2 points et 4 points

La mesure de résistance est la plus utilisée en suivi de fiabilité : c'est elle qui traduit la santé des interconnexions.

La lecture 2 points, la plus simple, injecte un courant et mesure la tension par la même paire de fils. La valeur obtenue inclut donc la résistance des câbles et des contacts — quelques centaines de milliohms qui masquent les petites variations. Elle demeure toutefois parfaitement adaptée à la détection des défauts francs : un circuit ouvert ou un court-circuit se distingue sans ambiguïté, peu importe la résistance parasite.

La lecture 4 points (dite Kelvin) sépare les rôles : une paire de fils force le courant dans le net, tandis qu'une seconde paire, dans laquelle ne circule pratiquement aucun courant, mesure la tension directement aux bornes du net (Figure 2). Les chutes de tension parasites sont ainsi éliminées et la mesure atteint le milliohm. Cette précision est essentielle en fiabilité : un joint de soudure qui se fissure sous cyclage thermique se manifeste d'abord par une hausse de quelques milliohms à quelques ohms, bien avant le circuit ouvert franc. C'est précisément cette dérive précoce que permet de capter la lecture 4 points.

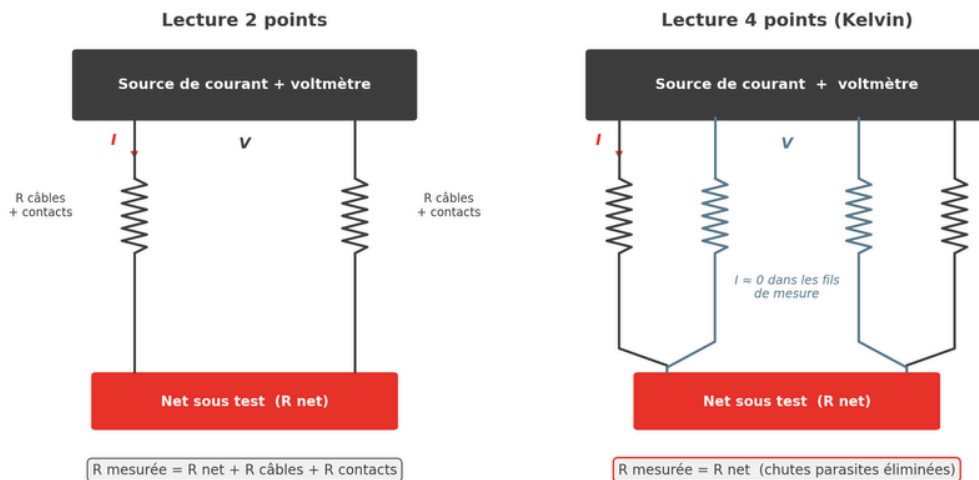


Figure 2 : Comparaison entre la mesure de résistance en deux points et en quatre points (Kelvin).

Courant de fuite, courant et tension

Le courant de fuite est le complément naturel de la résistance : on applique une tension entre deux nets censés être isolés et on mesure le courant qui s'y faufile — typiquement de l'ordre du nanoampère au microampère. Une hausse du courant de fuite trahit une isolation qui se dégrade : contamination conductrice, humidité, ou croissance de dendrites entre deux lignes. C'est le paramètre de prédilection des stress en humidité (HAST, THB).

La mesure de courant de consommation, en continu ou en alternatif, s'effectue soit directement par l'instrument, soit au travers d'une résistance de précision (« shunt ») dont on lit la chute de tension lorsque les courants dépassent la capacité des cartes d'acquisition. Enfin, la lecture de tension sert à surveiller les alimentations, mais aussi à mesurer une résistance de façon indirecte : en imposant un courant connu dans un net et en lisant la tension à ses bornes, on en déduit la résistance ($R = V/I$).

4. LES OUTILS D'ACQUISITION AU LABORATOIRE



Le laboratoire du C2MI dispose d'une gamme d'outils complémentaires, du suivi global des chambres jusqu'à la mesure au niveau d'une bille individuelle (BGA) d'un module.

Supervision centralisée des chambres. L'ensemble des profils de température, d'humidité et de pression des chambres environnementales est ramené vers une tour de suivi accessible à partir d'une seule vue globale. En un coup d'œil, l'état de tous les fours est visible : programmes en cours, profils en temps réel et alarmes en cas de dérive hors spécification. Cette surveillance continue garantit l'intégrité des stress et la traçabilité des conditions d'essai.

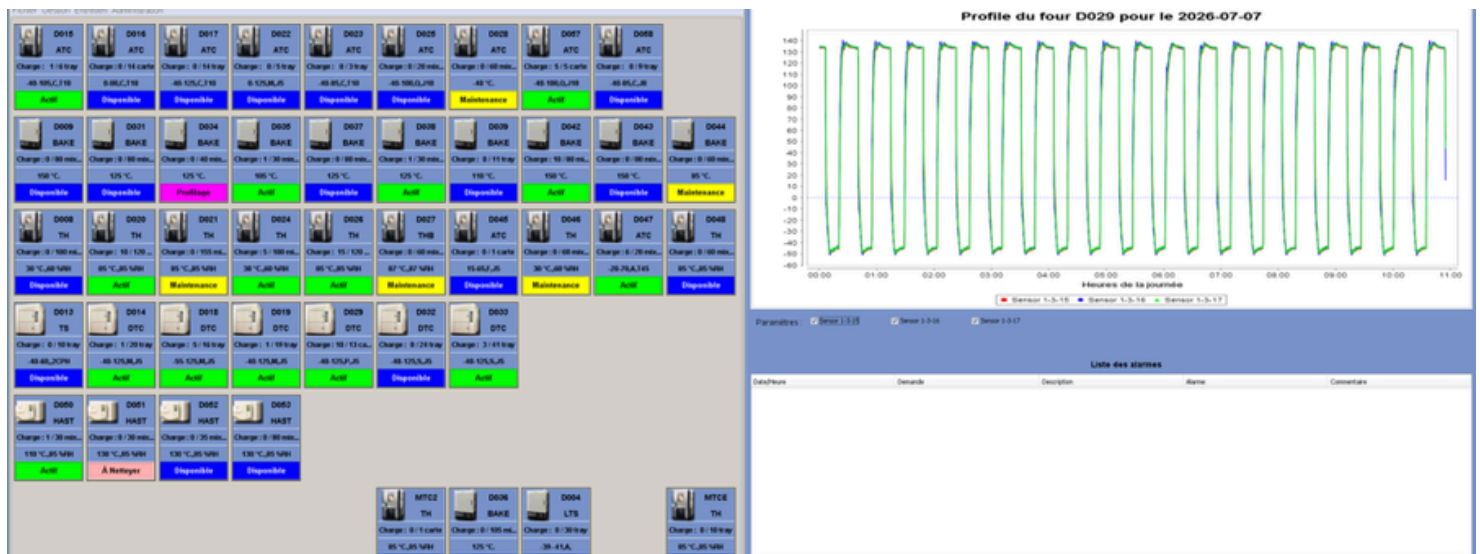
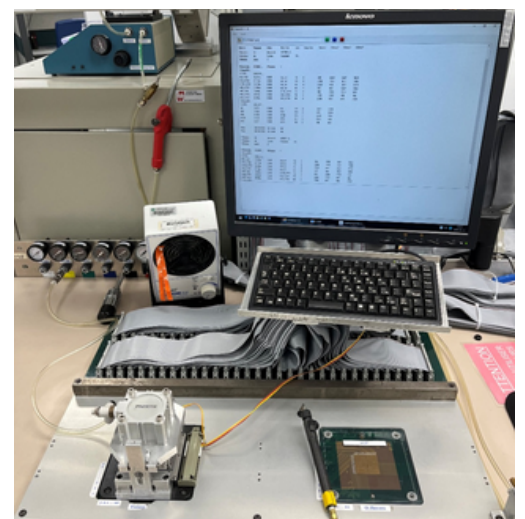


Figure 4 : Vue du « floor control system » — état de l'ensemble des chambres (gauche), profil de température d'un four et liste des alarmes (droite).

Vérification de nets sur carte. Un système commercial réalise la vérification de continuité des nets en 2 et 4 points au travers des connecteurs d'entrées/sorties de la carte, selon un programme adapté à chaque module. Il permet notamment de valider l'attache à la carte (« card attach ») en détectant rapidement les circuits ouverts et les courts-circuits, et de suivre l'évolution de la résistance des nets aux points de lecture.

Lecture par pogo pins au BGA. Grâce à un montage fait maison où chaque bille (BGA) du module est contactée par une aiguille à ressort (« pogo pin »), le système offre une lecture directement au net : courant de fuite, résistance en 2 ou 4 points selon l'adressage, et tension sous courant imposé. Cette flexibilité d'adressage permet de cibler précisément une interconnexion suspecte — un atout majeur pour faire le pont entre une anomalie électrique et l'analyse de défaillance qui suivra.

Figure 5 : Montage d'acquisition du laboratoire — station maison pour lecture ponctuelle à pogo pins.





Tour d'acquisition. Pour les besoins sur mesure, des systèmes d'acquisition multiplexés (par exemple l'Agilent 34970A) pilotés par des applications LabView développées à l'interne mesurent courants, tensions et températures sur des dizaines de canaux simultanément. Ces montages s'adaptent autant à un suivi in situ dans une chambre qu'à la caractérisation d'un système complet.

5. DU SIGNAL À L'INFORMATION : TRAITEMENT DES DONNÉES

Mesurer n'est que la moitié du travail : un suivi in situ de quelques centaines d'heures sur des dizaines de canaux génère rapidement des fichiers de plusieurs millions de points. Bruts, ces fichiers CSV sont illisibles ; c'est le traitement qui les transforme en information exploitable.

Des scripts développés à l'interne, notamment en R, compilent automatiquement ces données : segmentation par mode d'opération, calcul des tendances par chaîne ou par canal, et génération de graphiques de synthèse. La Figure 6 en montre un exemple : 500 heures de monitoring in situ où température, tension et courant sont ramenés sur une seule vue — les changements de consigne et les événements thermiques s'y repèrent d'un coup d'œil. Cette automatisation permet aussi de détecter systématiquement les dépassements de critère, plutôt que de s'en remettre à une inspection manuelle des fichiers.

Pour les analyses plus poussées, des outils statistiques comme AP3 (système conçu à l'interne) et JMP (application commerciale) prennent le relais : distributions, comparaisons de populations et mises en forme pour les rapports. Au bout de la chaîne, le client reçoit des résultats traçables — chaque point d'un graphique peut être retracé jusqu'à sa lecture d'origine, avec ses conditions de stress.

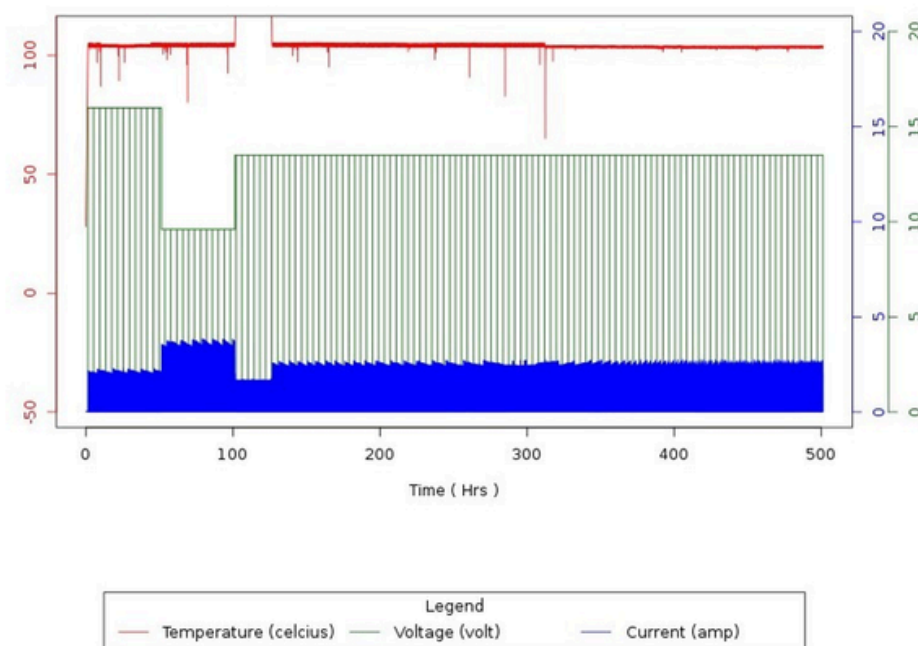


Figure 6 : Compilation en R de 500 heures de suivi in situ — température, tension et courant ramenés sur une même vue.

6. CONCLUSION



L'acquisition de données est le fil conducteur qui relie le stress de fiabilité à la décision d'ingénierie. Qu'elle soit ponctuelle (T0, points de lecture) ou continue (in situ), elle permet de détecter les pièces marginales au moment où la dégradation s'amorce, d'orienter les analyses de défaillance et de bâtir des dossiers de données traçables.

L'équipe du C2MI offre l'expertise et l'exécution de solutions d'acquisition de données sur mesure : instrumentation des stress, systèmes in situ, supervision des chambres et traitement automatisé des résultats. Nos experts peuvent élaborer un plan d'acquisition adapté à vos produits, qu'ils soient en développement ou en production.

Contactez notre équipe pour en savoir plus.



CONTACTEZ NOS EXPERTS



450-534-8000



expertise@c2mi.ca



45, boulevard de l'Aéroport
Bromont, QC, Canada, J2L 1S8



450-534-8000



info@c2mi.ca