

Essais de corrosion accélérée :
De l'essai au brouillard salin continu
aux essais modernes de corrosion cyclique.

Q-Lab Corporation

Labomat

[Regardez l'enregistrement](#)



We make testing simple.



A l'issue de la session, vous recevrez un e-mail de info@email.q-lab.com contenant un lien pour télécharger la présentation.

- Nos webinaires sont consultables sur : q-lab.com/webinars ou [FAQ | Labomat | Labomat](#)

- Utilisez l'outil **Q&A feature in Zoom** pour poser vos questions en direct.



Thank you for attending our webinar!

We hope you found our webinar on *Essentials of Laboratory Weathering* to be helpful and insightful. The link below will give you access to the slides and recorded webinar.

You can help us continue to provide valuable and high quality content by completing our [3-question survey](#) about your webinar experience. Every piece of feedback is carefully reviewed by a member of our team.



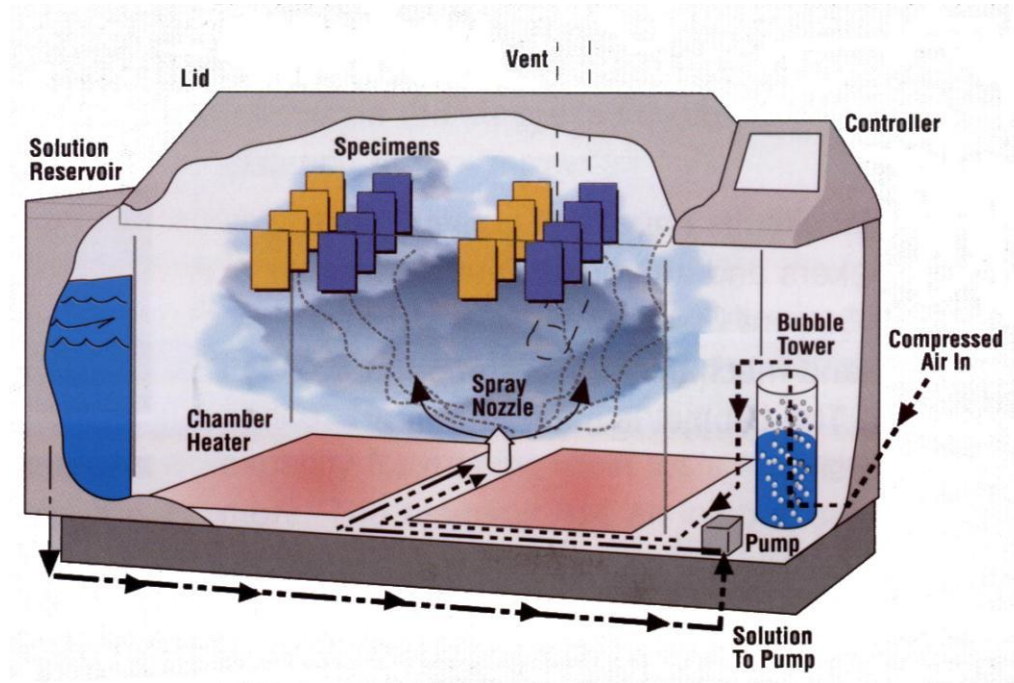
Sommaire

- Les différents types d'essais de corrosion accélérée
- L'essai au brouillard salin continu
- Les essais cycliques type Brouillard/Séchage (Wet/Dry)
- La 1ère génération d'essais cycliques automobiles
- Les méthodes modernes d'essais cycliques de corrosion 2.0

Les différents types d'essais accélérés

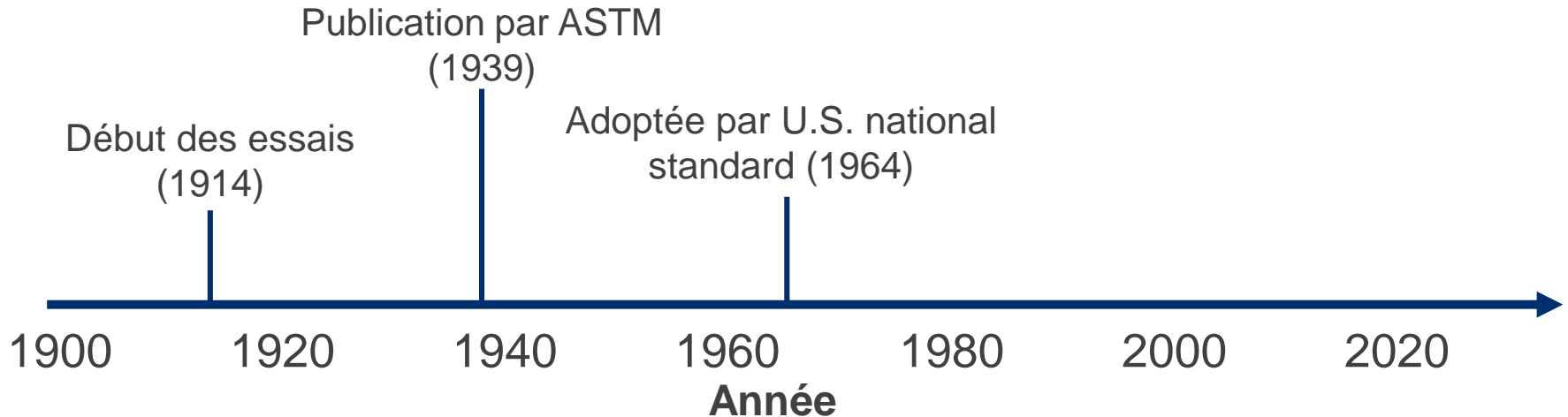
Type de test	Résultat	Durée de l'essai	Evaluation du résultat Par rapport à	Recherche? Développement? Certification?
Contrôle qualité	Bon / Mauvais	<ul style="list-style-type: none"> • Pré-défini • Plutôt court 	Spécification produit	Certification & Recherche
Qualification / validation	Bon / Mauvais	<ul style="list-style-type: none"> • Pré-défini • Plutôt long 	Matériau de référence Spécification produit	Certification & Développement
Corrélation	Classification	<ul style="list-style-type: none"> • Durée modulable 	Exposition naturelle sur Site de référence	Développement
Prédiction	Durée de vie Facteur d'accélération	<ul style="list-style-type: none"> • Durée modulable • Très long 	Exposition naturelle en conditions d'utilisation	Développement & Garantie d'utilisation

Brouillard salin continu (BS)



Brouillard salin continu (BS)

ASTM B117



ASTM B117 (équivalent ISO 9227) est encore aujourd'hui la méthode d'essai de corrosion la plus utilisée, essentiellement en contrôle qualité de protection des métaux.

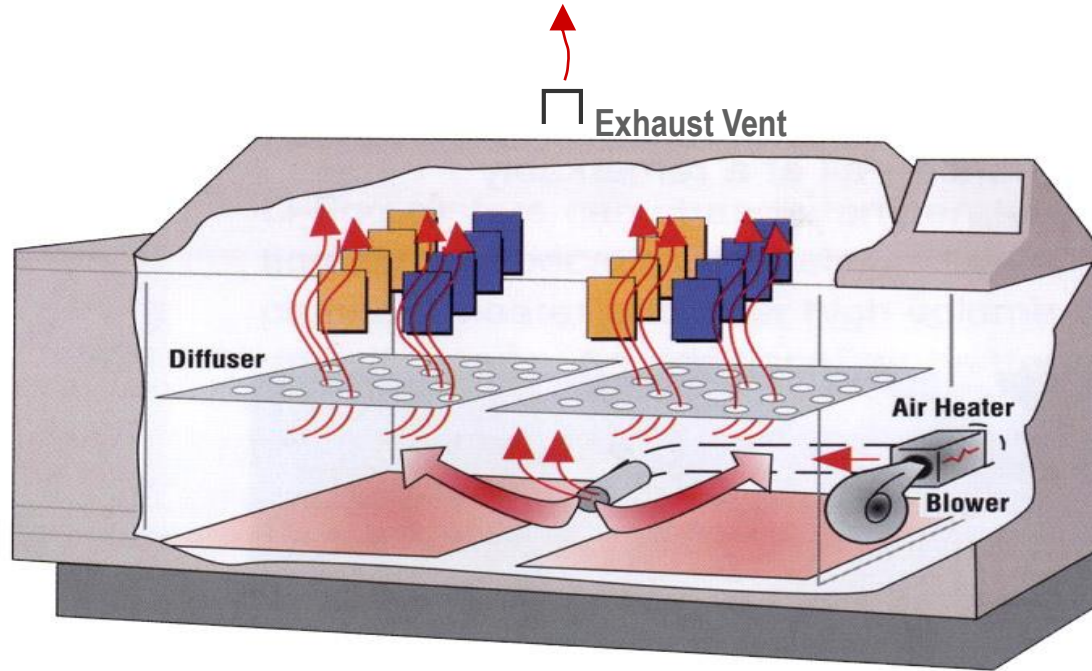
Brouillard salin continu ASTM B117

- Brouillard salin à 5% NaCl , $T^{\circ}\text{C} = 35^{\circ}\text{C}$
- pH neutre
- Fines gouttelettes (atomisées avec de l'air comprimé) pulvérisées de façon **indirecte** sur les échantillons: retombées de brouillard, pluviométrie, condensats
- Version ISO de l'ASTM B117 : ISO 9227
- Test plutôt répétable et reproductible, si toutes les conditions sont bien respectées.

Les limites de l'essai BS continu

- Ce n'est pas un test de simulation de conditions réelles
- Il peut provoquer l'apparition de produits de corrosion que l'on n'observe pas en conditions réelles
- La corrélation avec une exposition extérieure est mauvaise : ce n'est pas un test prédictif

Essais cycliques Brouillard/Séchage (Wet/Dry)



Essais cycliques Brouillard/Séchage

Prohesion (*Protection is Adhesion*)

- Alternance de phases de BS et de séchage
- Développement de l'essai en UK, dans les années 1960
- Solution de NaCl et de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- Essai utilisé pour les coatings architecturaux haute performance (American Architectural Manufacturers Association) : AAMA 2605.
- ASTM G 85 Annex 5

Essais combinés Corrosion/Vieillessement UV

- Un revêtement dégradé par les UV, présente une plus grande fragilité face à la corrosion
- Sherwin Williams a développé un essai combiné UV + Corrosion pour mettre en évidence ce phénomène

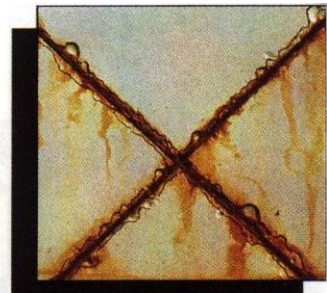
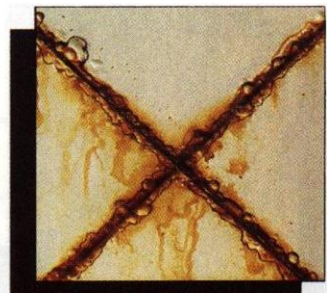
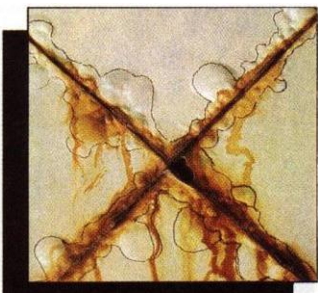


Combinaison Corrosion/Vieillissement UV Vs Exposition naturelle

Epoxy

Alkyd

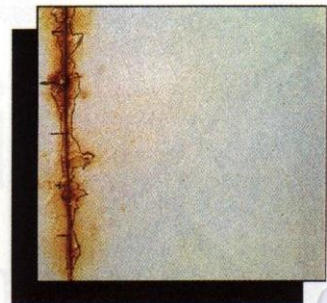
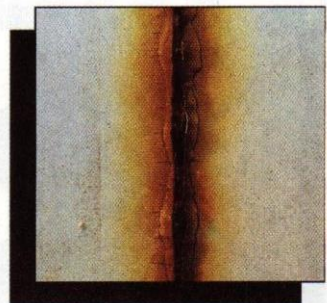
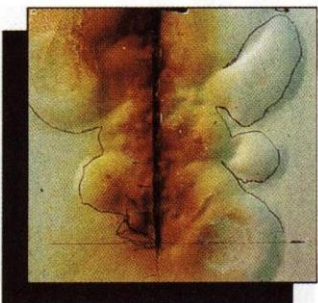
Latex



**UV + Corrosion
ASTM D5894**

ASTM D5894 - QUV & Q-FOG pendant 2000 heures

**Exposition réelle
27 mois,
Environnement marin**



Essais cycliques Brouillard/Séchage : Etude de cas SSPC (Society for Protective Coatings)

- 15 formulations différentes
- Exposition naturelle 31 mois
vs. essais accélérés
- Essais accélérés
 - BS continu ASTM B117 : 5% NaCl
 - Prohesion ASTM G85 A5
 - 2 types d'immersion cyclique
 - Combinaison corrosion/ vieillissement UV
ASTM D5894



Résultats de l'étude SSPC

Méthode d'essai accéléré	Corrélation / Environnement marin
BS continu ASTM B117	-0.11
Prohesion ASTM G85 Annex A5	0.07
Immersion cyclique	0.48
Immersion cyclique + UV	0.61
Combinaison Corrosion/ Vieillissement UV	0.71

- Les essais de corrosion traditionnels ne permettent aucune corrélation réaliste.
 - Une corrélation assez bonne est obtenue en essais combinés

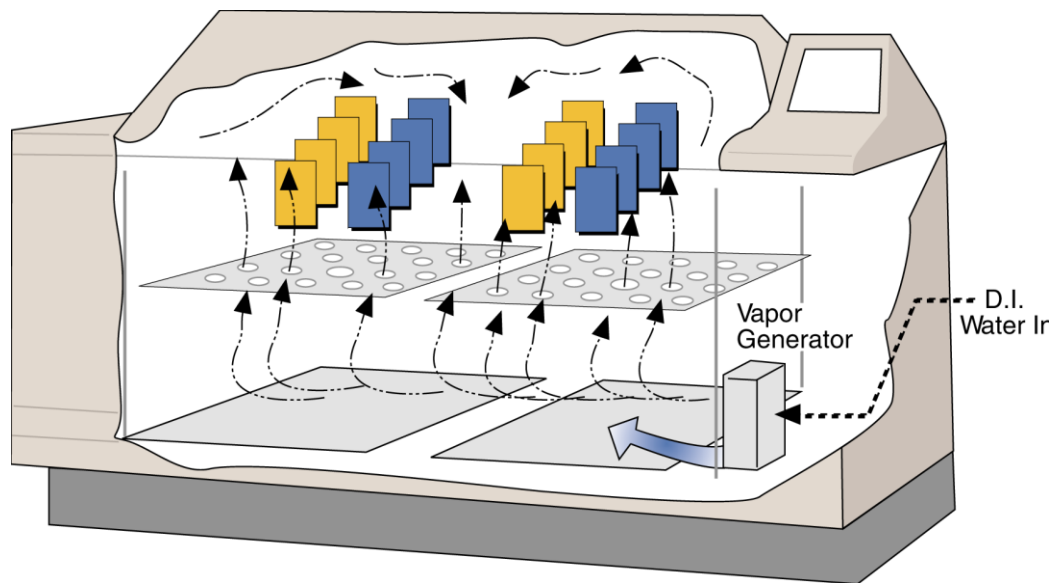
Les limites des essais Brouillard/Séchage

- Répétabilité et reproductibilité moins bonne que celles des essais BS continu
- Parfois des corrélations moyennes
 - Problèmes de prédiction
- Axes d'amélioration (corrélation & répétabilité)
 - Essais avec fond humide (saturation en humidité et homogénéité en T°C)
 - Augmentation T°C de la tour d'humidification

Ces 2 axes sont des “prémises” d'un contrôle d'humidité pendant l'essai de corrosion

1ère génération d'essais cycliques automobiles

BS continu → Séchage → Humidité saturée



Le fait d'humidifier les échantillons après une phase de séchage, redéclenche les mécanismes de corrosion.

1ère génération d'essais cycliques automobiles

BS continu → Séchage → Humidité saturée

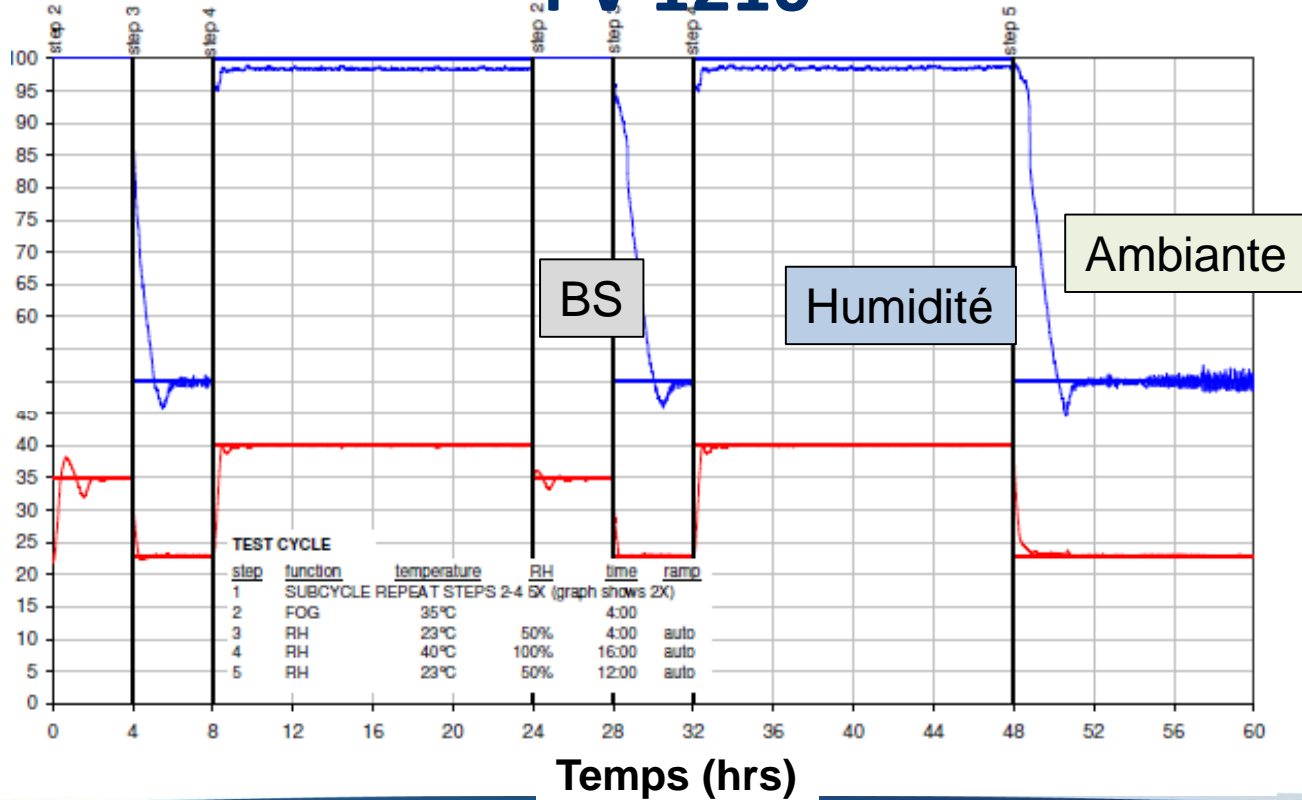
Exemple: GM 9540P

- **NaCl + CaCl₂** pour simuler le sel de déneigement routier
- Solution en **pulvérisation directe** au lieu de retombées de brouillard
- **Alternance** de phases en conditions ambiantes
- **Etalonnage avec des coupons de corrosion** pour améliorer la variabilité
- SAE & American Iron & Steel Institute ont évalué cette méthode comme la meilleure méthode prédictive de corrosion (1991)

1ère génération d'essais cycliques automobiles :

PV 1210

RH (%)
Temp (°C)



Les limites des essais cycliques 1.0

Répétabilité et Reproductibilité

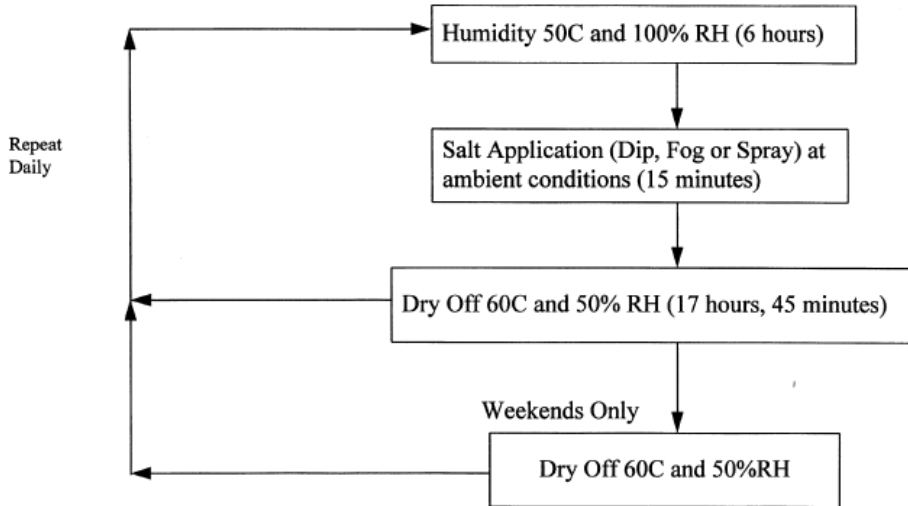
- Disparité de résultats d'une enceinte à l'autre
- Variations des taux de corrosion des différents métaux d'un test à l'autre

Etude de cas SAE J2334 (2003)

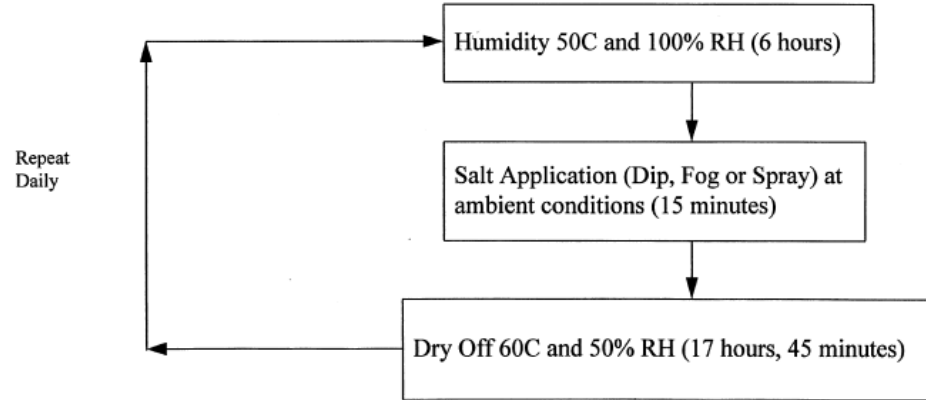
- Les temps de transition entre phases ne sont pas spécifiés
- L'utilisation de coupons de corrosion est spécifiée mais sans tolérance de perte de masse
- Certains OEM ont validé l'utilisation de SAE J2334 en imposant des pertes de masse

SAE J2334

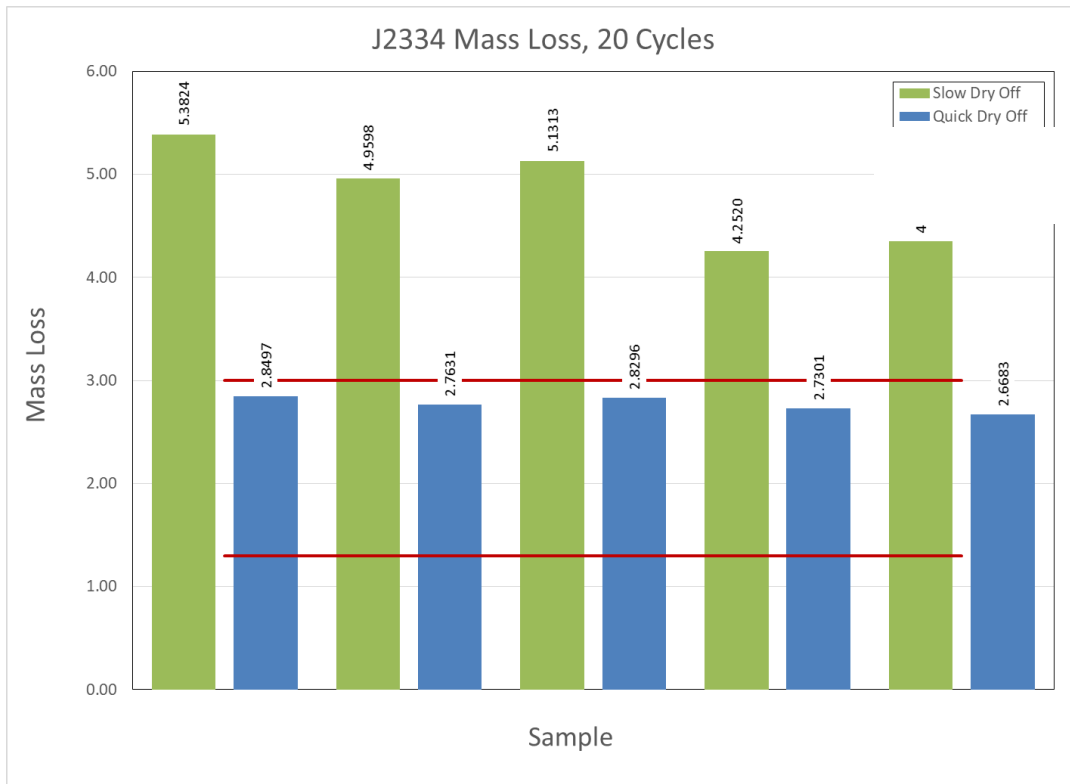
Cosmetic Corrosion LabTest Cycles SAE J2334 - 5 Day/Week - Manual Operation



Cosmetic Corrosion LabTest Cycles SAE J2334 - 7 Day/Week - Automatic Operation



SAE J2334 perte de masse sur coupons



En bleu et en vert : deux essais suivant SAE J2334

Taux de corrosion

Corrosion galvanique

Déliquescence des sels

Influence de l'humidité relative

Tests automobiles & Sels routiers

- *Déliquescence des sels* - propriété d'absorber l'humidité ambiante jusqu'à dissolution et formation d'une solution.
- Tous les sels solubles dans l'eau présentent un point de déliquescence <100% RH
- Le fait de franchir le point de déliquescence pendant une phase d'humidité, implique une réactivation de la corrosion

Deliquescence Relative Humidity (DRH)

Sel	DRH
Chlorure de Potassium (KCl)	85%
<i>Chlorure de Sodium (NaCl)</i>	76%
<i>Chlorure de Calcium (CaCl₂)</i>	31%


Lorsque l'humidité relative dépasse le point DRH, le sel est mis en solution.

Humidité relative & Corrosion

- Le phénomène de corrosion se déclenche, puis s'accélère :
 - Formation de complexes oxydants
 - La surface de l'électrolyte de surface augmente en même temps que de nouveaux oxydes se forment
- Les sels sont remis en solution à leur point de DRH
- Métal + oxydes + solution = **couple galvanique**

Corrosion galvanique

**Active
(Anode)**



**Noble
(Cathode)**

Magnesium
Zinc
Aluminum
Cast Iron/low carbon steel
Steel (low alloy)
Brass
Copper
Nickel
Stainless Steel (passive)
Silver
Gold
Platinum

- Affecte les métaux en fonction de leur potentiel :
 - Acier
 - Aluminum
 - Magnesium
- Protection nécessaire :
Revêtements Organiques & Inorganiques

Corrosion galvanique



Humidité relative et Corrosion

Couple galvanique Acier Inox / Aluminium

Condition	Plage RH	Résultat
Surface sèche	$\leq 50\%$	Très peu de corrosion sous exposition NaCl
Formation de micro-électrolytes autour du cristal de sel; formation d'un film au fur et à mesure que RH augmente	50-76%	<ul style="list-style-type: none">Corrosion de l'acier (pic ~70% RH) et de l'aluminiumLe couple galvanique acier/aluminium n'est pas établie tant que l'électrolyte n'est pas formée entièrement
Formation d'un film uniforme : électrolyte	$\geq 76\%$	<ul style="list-style-type: none">Le couple galvanique Acier/aluminium se formeL'acier devient la cathode.L'Aluminium devient l'anode et corrode : La corrosion est profonde, perforante et non uniforme (localisée)

Humidité relative et Corrosion

La maîtrise des temps de transition de phases

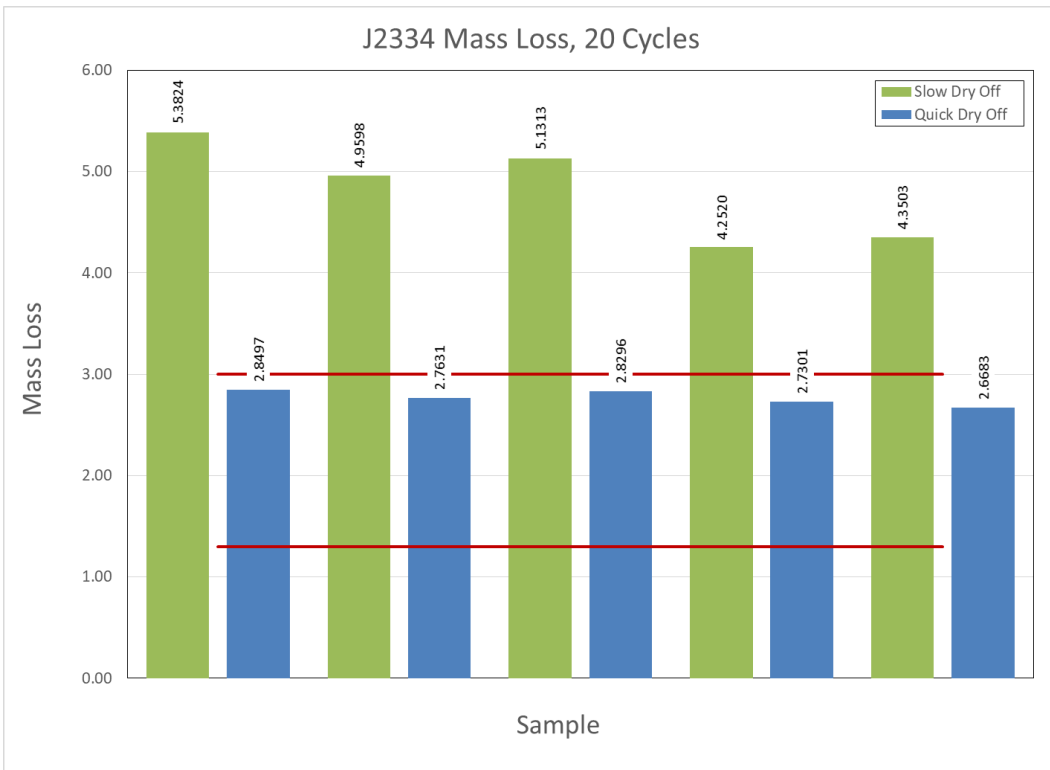
Transition Linéaire

- Le temps de transition entre 2 phases est précisé
- La régulation de l'enceinte ajuste la température & RH pour une transition parfaitement linéaire entre le début et la fin de la rampe.

Transition en “un temps maximum de”

- Le temps de transition maximum entre 2 phases est précisé
- L'enceinte régule ces paramètres pour atteindre l'étape suivante dans le temps imparti, le plus rapidement possible.
- Exemple : JASO M609, développée pour **réduire la variabilité des essais...**

SAE J2334 / Résultats



*Données en vert :
SAE J 2334,
transition lente*

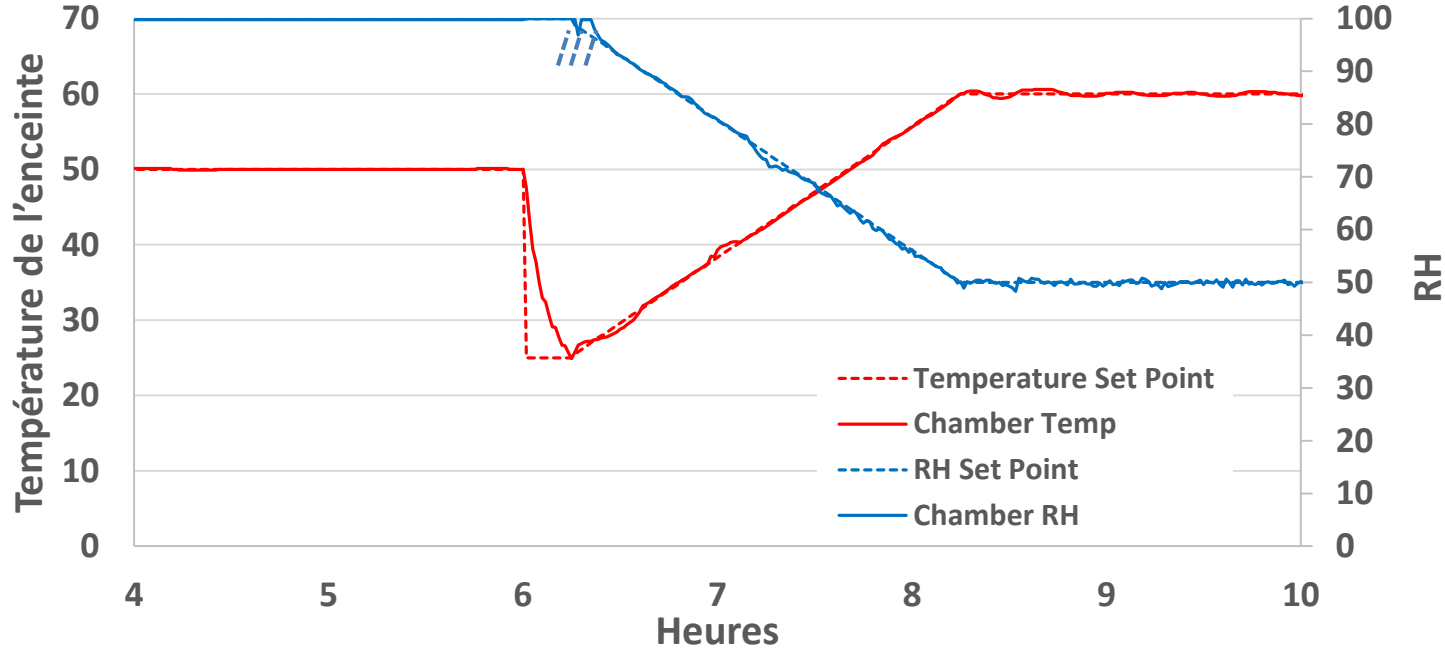
*Données en bleu :
SAE J 2334,
transition rapide*

*Lignes rouges :
tolérances d'un
OEM suivant SAE J
2334*



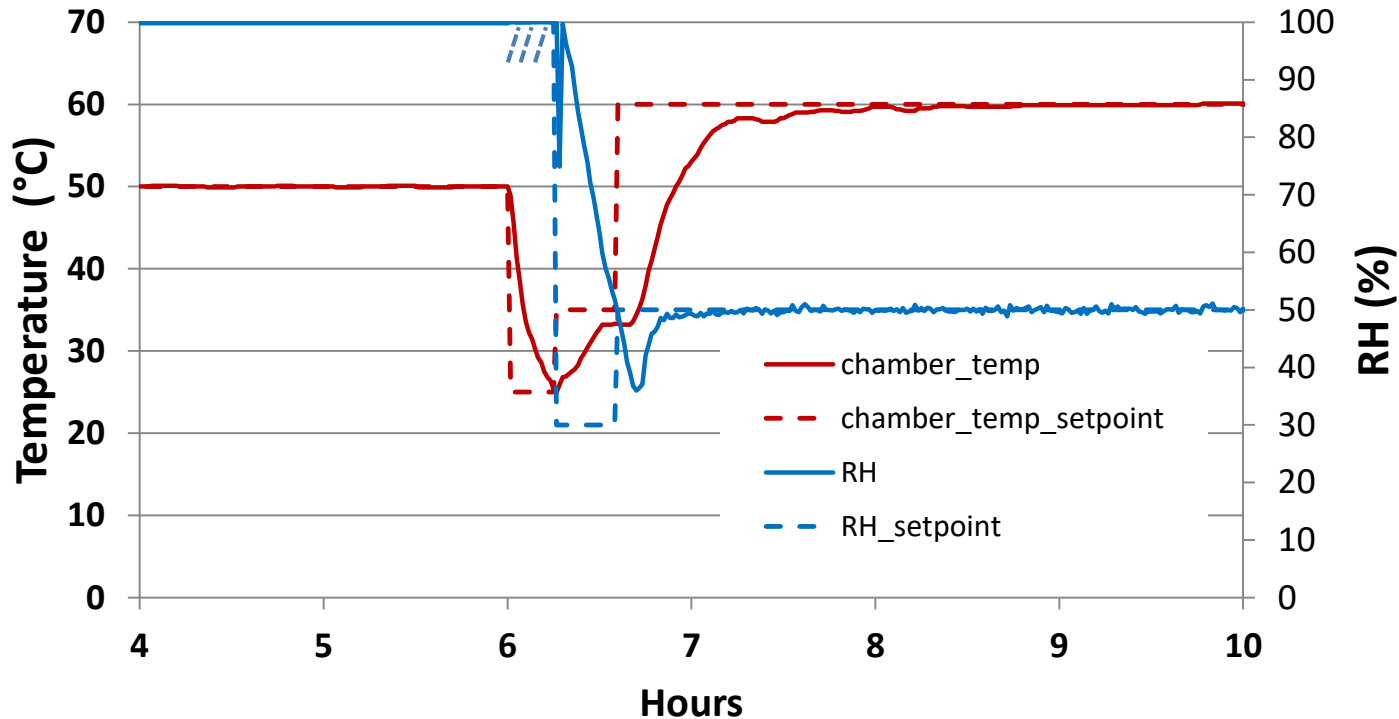
***Même méthode d'essai SAE J2334: Une série de coupons conformes, une autre série non conforme.
Seule variable : Vitesse de transition !***

Cycle SAE J2334 Séchage lent



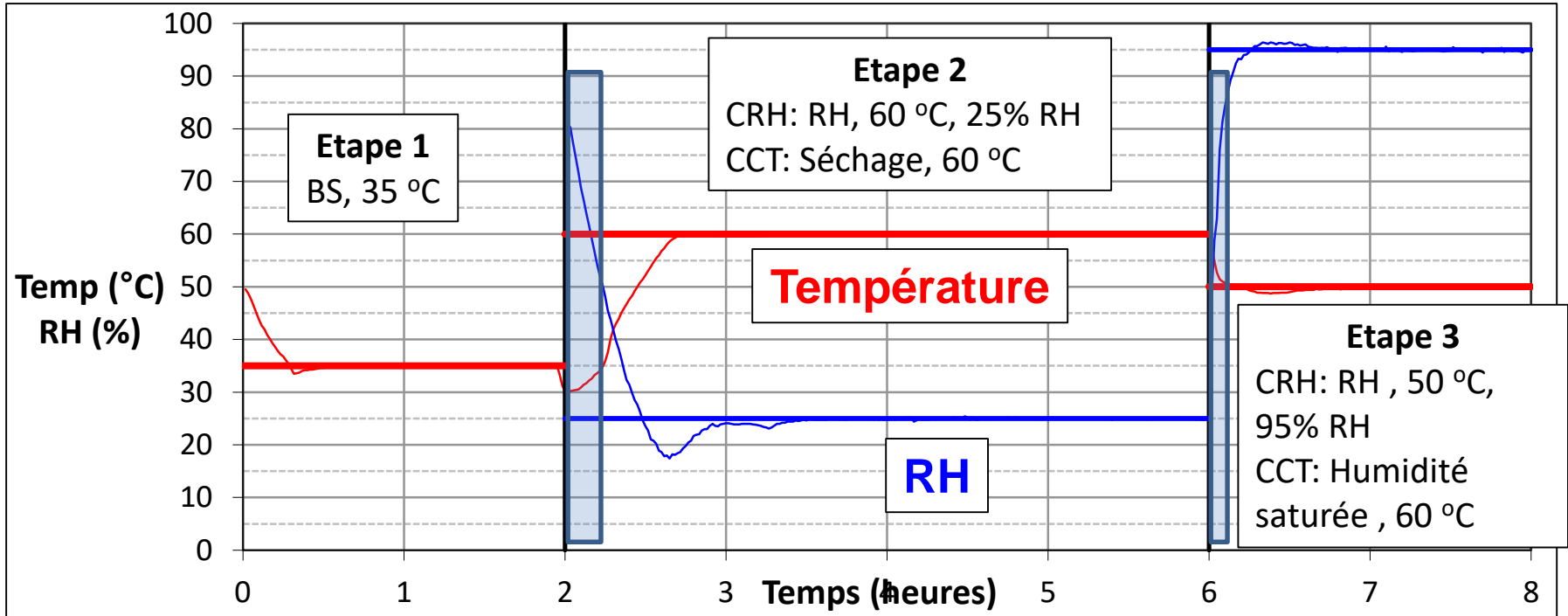
*Pendant la transition lente, le temps passé au dessus du point DRH de NaCl (76%) est d'environ **1 heure**.*

Cycle SAE J2334 Séchage rapide



*Pendant la transition rapide, le temps passé au dessus du point DRH de NaCl (76%) est d'environ **10 minutes.***

JASO M609 (Transitions rapides)



Transitions de phases rapides pour améliorer la reproductibilité mais...

Peu de temps passé en zone RH critique 50-90%!

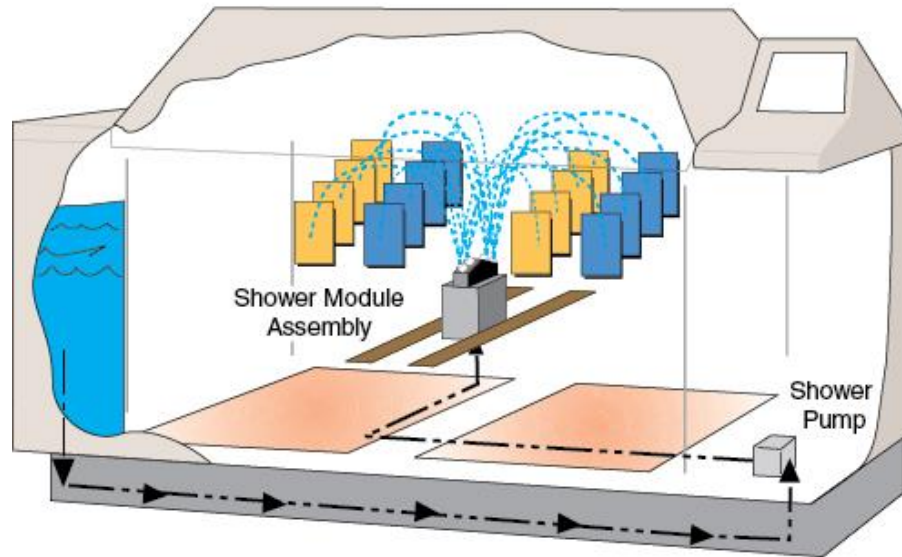
1ère génération d'essais cycliques automobiles :

Que manque-t-il pour faire un bon test?

- Une régulation RH “intelligente”
 - Les conditions étaient limitées à : humidité saturée, séchage, et atmosphère ambiante non contrôlée (T°C/RH)
 - Pas de contrôle des temps de transition en RH
 - Séchage par différentes méthodes (convection, air pulsé)
 - Pas de phase RH dans la zone critique du point DRH
- Déficit en quantité de solution pulvérisée

Essais modernes de corrosion cyclique 2.0

BS/Pulvérisation; Séchage; Régulation RH



- **Pulvérisation (Shower)** grand débit : apport rapide et précis en solution
- Maîtrise des **temps de transition**
- **Régulation en RH**

Essais de corrosion cyclique performants

Brouillard (Fog)

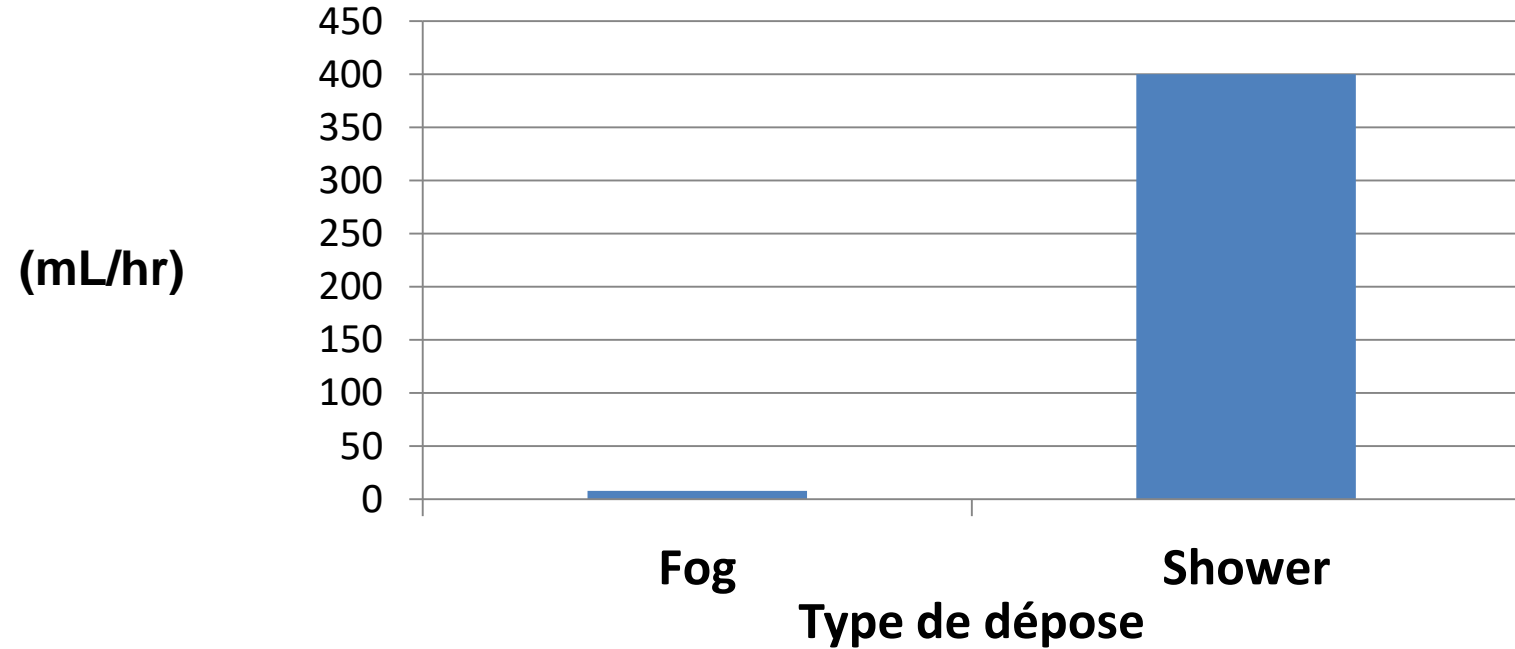
- Toyota TSH1555G
- VDA 233-102
- Renault D17 2028 (ECC1)

Pulvérisation (Shower)

- GMW 14872
- Volvo ACT 1
- ISO 16701
- Volvo ACT 2/ Ford L-467

Pluviometrie

Taux de collecte par heure



Transitions de phases dans les méthodes 2.0: deux approches

Rapides (<30 minutes entre phases)

- Constructeurs japonais
- CCT I, II, IV, JASO M609
- Renault ECC1

Contrôlées/Linéaires

- Volvo ACT1
- Volvo ACT2/Ford L-467
- GMW 14872
- Renault ECC1
- VDA 233-102

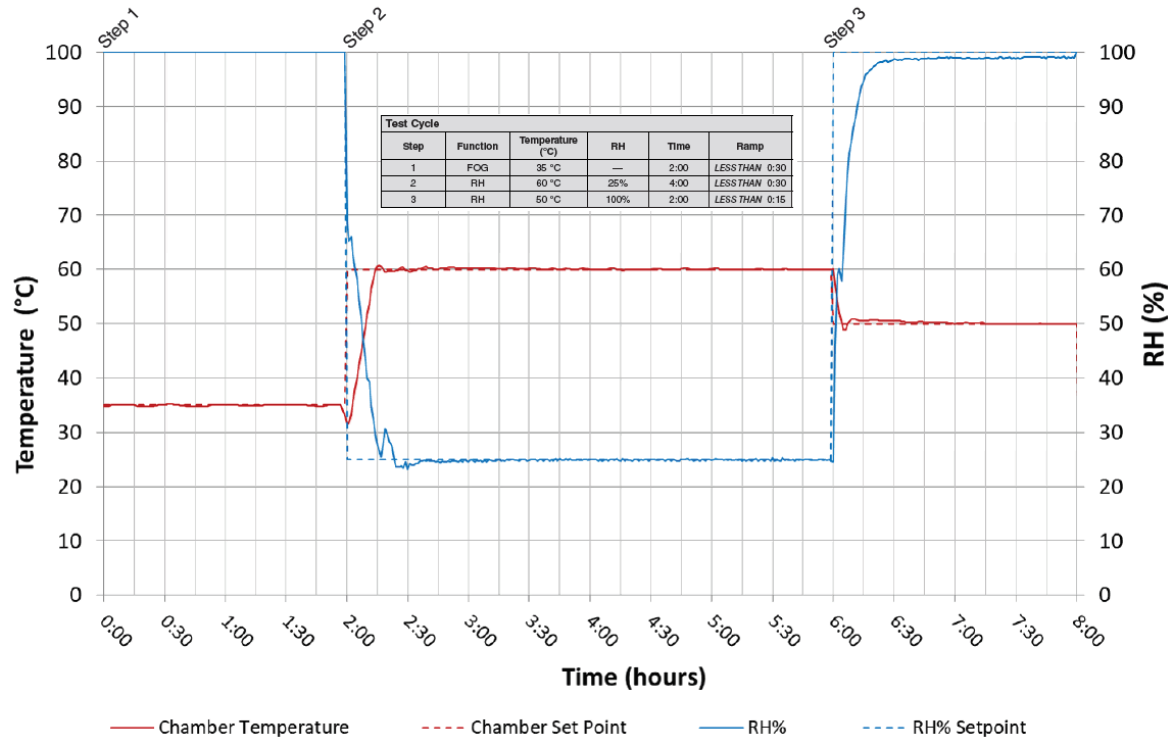
Q-FOG CRH avec Kit “Rapid Ramp” (HSCR)

- Un puissant système de chauffe couplé à un groupe de régulation en RH permettent à l'enceinte de respecter les transitions rapides
- Important : Y compris lorsque l'enceinte est **pleine** d'échantillons

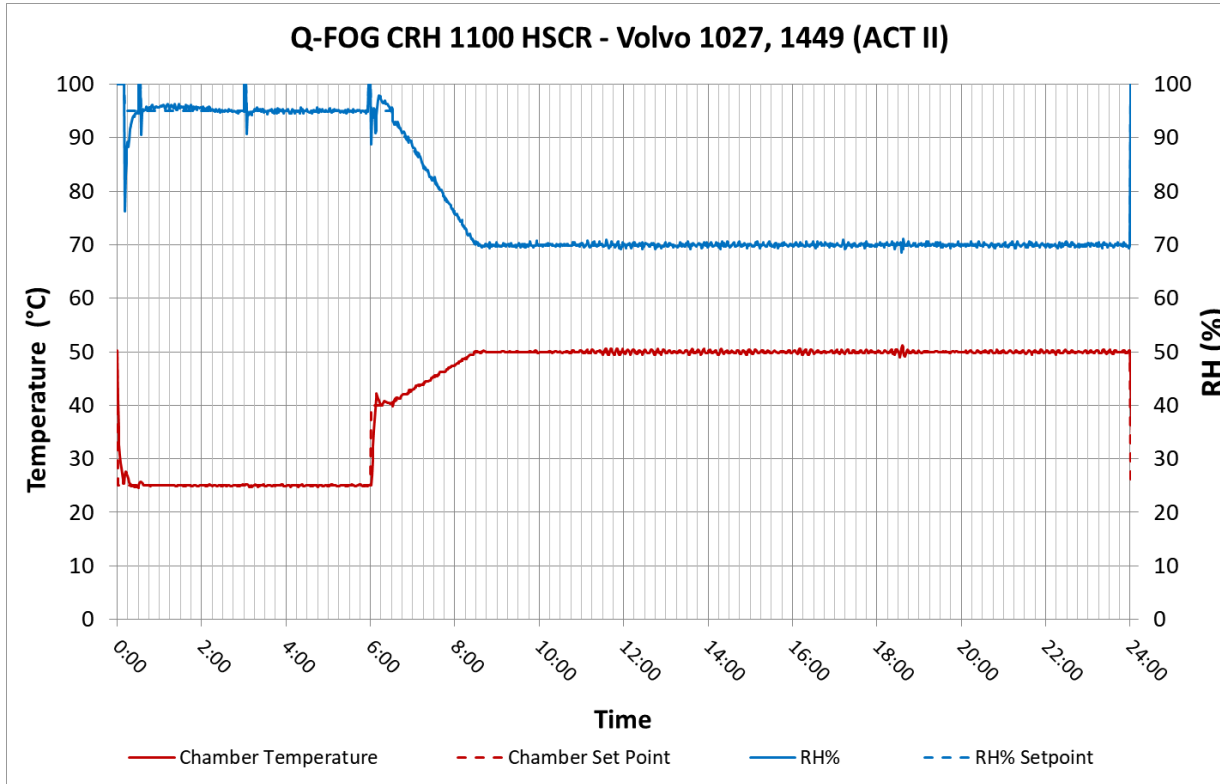
Q-FOG CRH avec kit "Rapid Ramp" (HSCR)

Q-FOG CRH 1100 HSCR
JASO M609

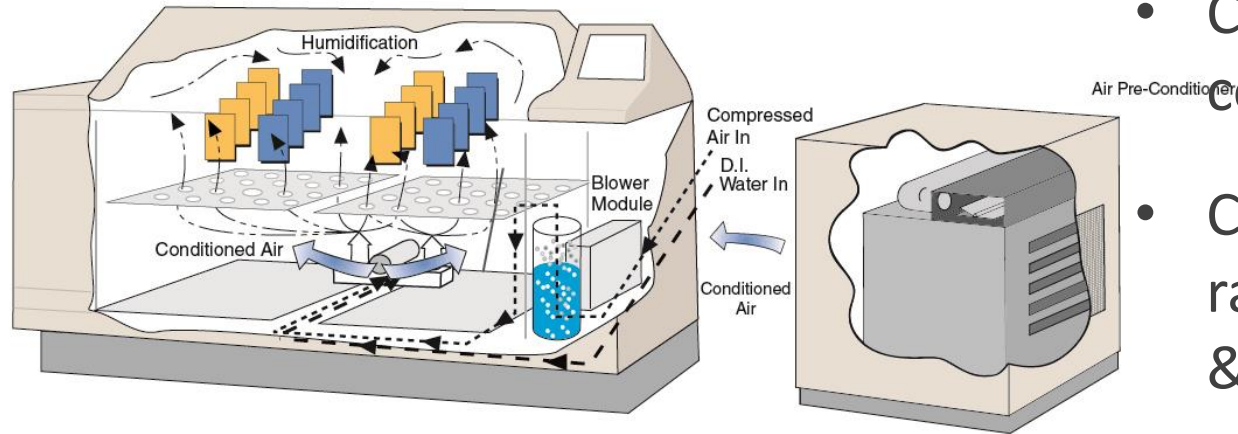
Chamber Load
(250) 3" x 6" SS Panels



Volvo VCS 1027, 1449 (ACT-II)/Ford L-467



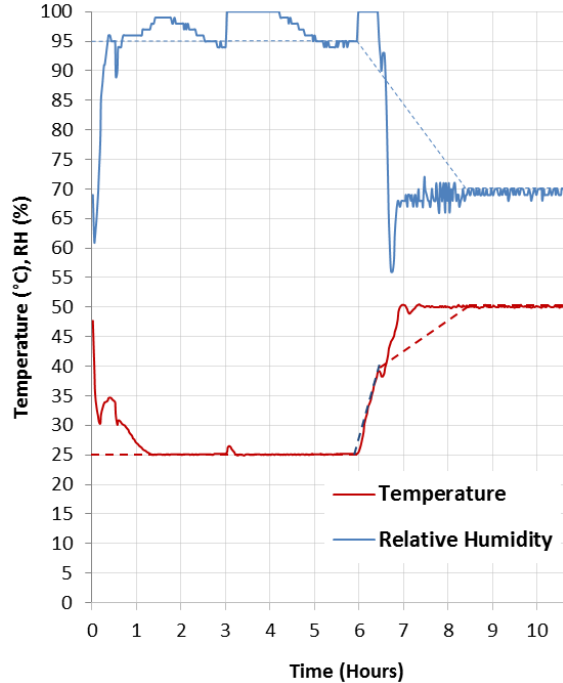
Pré-conditionneur d'air



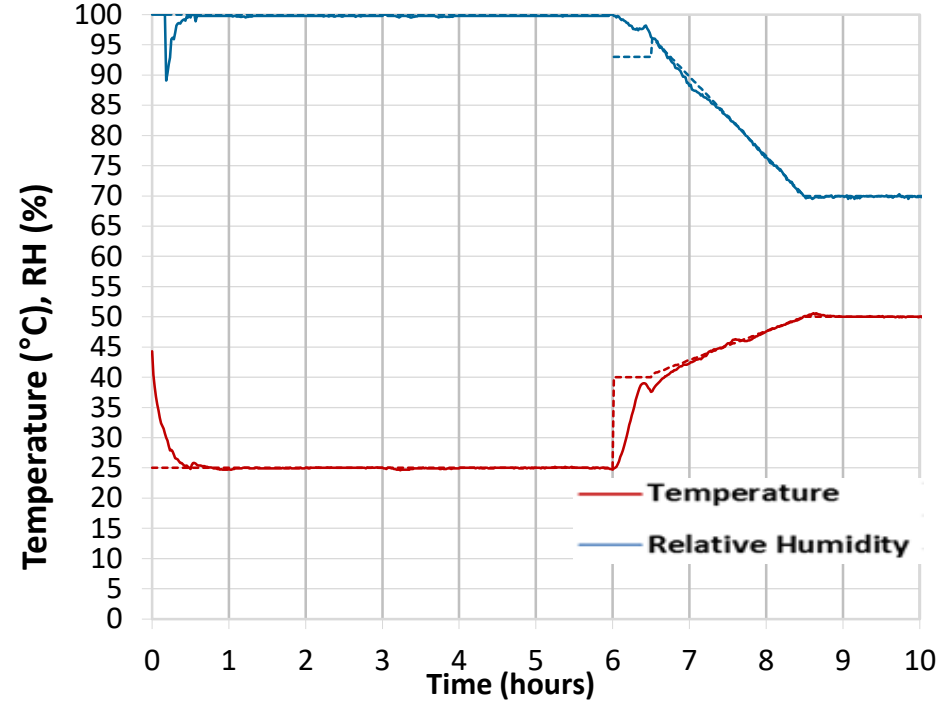
- Contrôle précis des conditions ambiantes
- Contrôle précis des rampes de Température & Humidité

Amélioration de performances

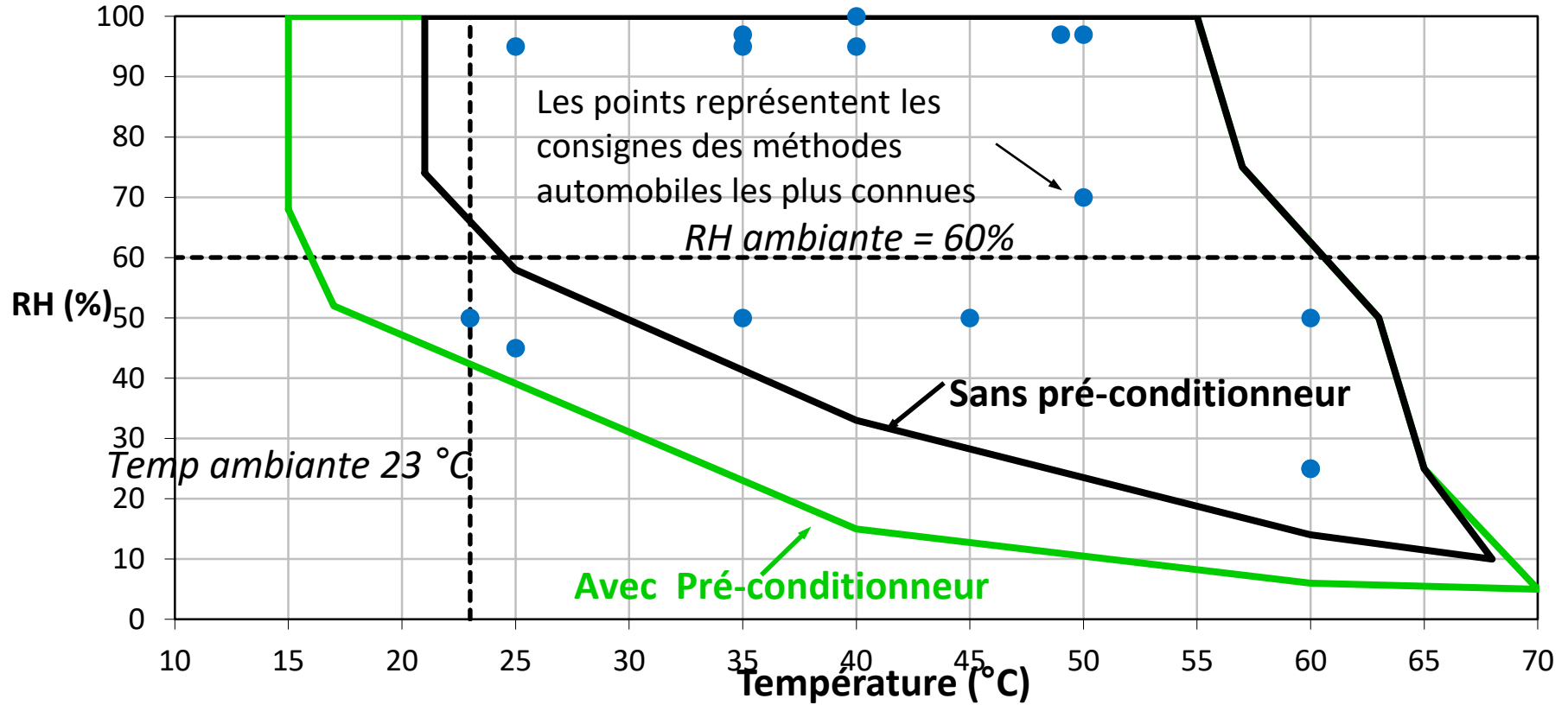
Sans pré-conditionneur



Sans pré-conditionneur



Climatogramme



Conclusion

- Les essais BS continu constituent une bonne méthode discriminante de QC “Bon/Mauvais”, encore très utilisés
- Les essais Brouillard/Séchage ne sont pas très répétables
- Une combinaison vieillissement UV / corrosion permet d’obtenir une bonne corrélation avec une exposition naturelle
- Les essais de corrosion cyclique automobiles 1.0 sont des tests comparatifs mais peu répétables
- Les essais modernes de corrosion cyclique automobiles 2.0 sont à la fois réalistes et répétables.

Questions?



info@q-lab.com