



Projet HighVolt

Evaluer les conséquences de la montée en tension dans les réseaux avions



Guillaume Belijar – Chef de projet HighVolt
guillaume.belijar@irt-saintexupery.com



OBJECTIVES

- Améliorer la compréhension des phénomènes physiques présents au sein des chaînes électromécaniques sous haute tension
- Rationaliser les réseaux de distributions des aéronefs grâce à l'utilisation de vecteur d'énergie électrique et ainsi réduire la consommation globale



10,5 M€



54 mois (Juin 2017 – Novembre 2021)



23 Membres

ARTICULATION DU PROJET

- 3 lots phénoménologiques :

Au service d'

- 1 lot de vieillissement :

- 1 lot arc électrique :

Décharges Partielles

Détection, caractérisation, modélisation



Charges d'Espace

Mesures sur câble



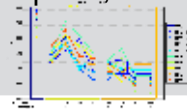
Diélectriques

Elaboration, caractérisation



Thermique isotherme et cyclage passif, actif. Electrique sous décharge partielles

Mécanismes de rupture, Durée de vie



Définition d'échantillons représentatifs

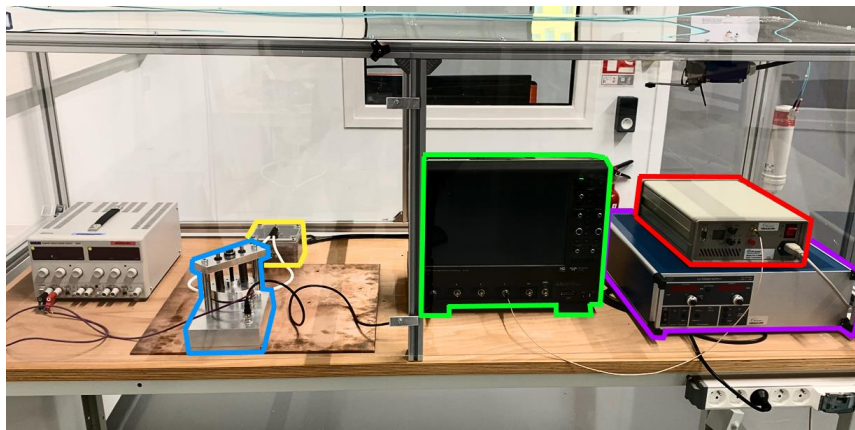


Comparaison de SIE Large volumétrie



Détection d'arc multiphysique, caractérisation, modèle circuit d'arc

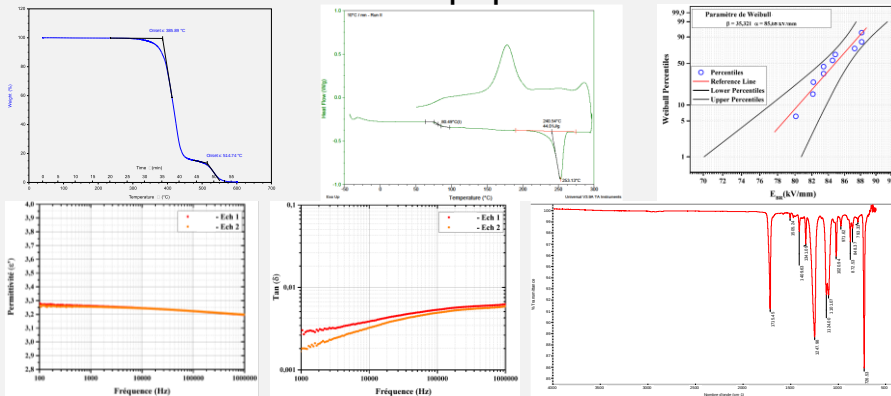
- Activités du lot :
 - Montage d'un banc de mesure de charges d'espace par PEA dédié aux câbles aéronautiques
 - Mesure de charges d'espace dans des câbles aéronautiques
 - Développement de méthode de déconvolution adaptée au calcul des densités de charge d'espace



Banc de mesure PEA
sur câble aéronautique

- Activités du lot :
 - Création d'une base de donnée des propriétés des matériaux isolants usuels dans le milieu aéronautique; ϵ , σ , E_{BR} , DSC , ATG , $FTIR$
 - Développement de systèmes d'isolation innovants; *Field Grading Materials*, *DP résistants*

Caractérisation papier isolant



FGM électrodéposé sur substrat DBC pour réduction des contraintes électriques

- Activités du lot :
 - Modèle d'arc électrique de type circuit; *impact de l'arc sur une charge et sur une distribution, caractérisation des paramètres circuit de l'arc électrique = $f(P, \text{électrodes})$*
 - Méthodes de détection multiphysique; *UV, ultrason, visible, EM*
 - Caractérisation de défaut d'arc dans la chaîne électromécanique avion; *connecteurs, bornier, câbles et torons, etc.*
 - Vieillessement de contact sous arc électriques; *évolution de la résistance de contact en présence d'arcs série*

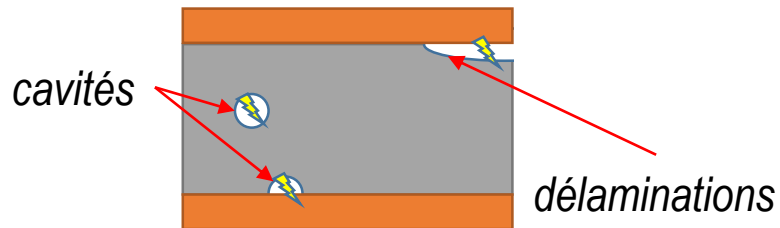
- Activités du lot :
 - Performances des systèmes aéronautiques actuels en seuil de DP en environnement réel; *fonction de $T, P, H\%$*
 - Outil de prédiction du seuil d'apparition de DP; *systèmes complexes, $P, T, H\%$*
 - Outils de détection et localisation de DP; *non-intrusif, MLI*
 - Etude de l'érosion des matériaux sous DP

Focus I

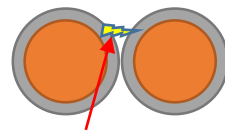
Simulation du seuil de décharges partielles

• Problématique : Décharges Partielles

Défauts / Vieillessement

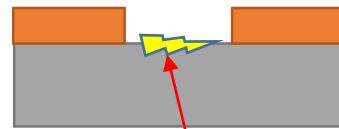


Faibles rayons
de courbure

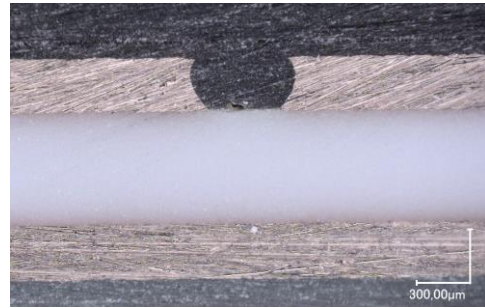
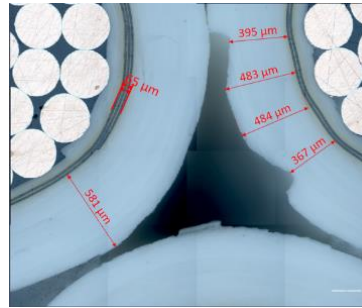
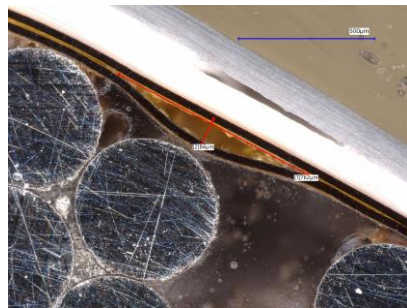
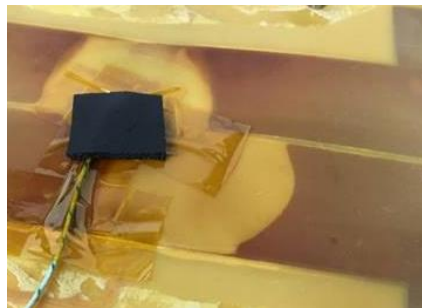


décharges externes

Géométrie



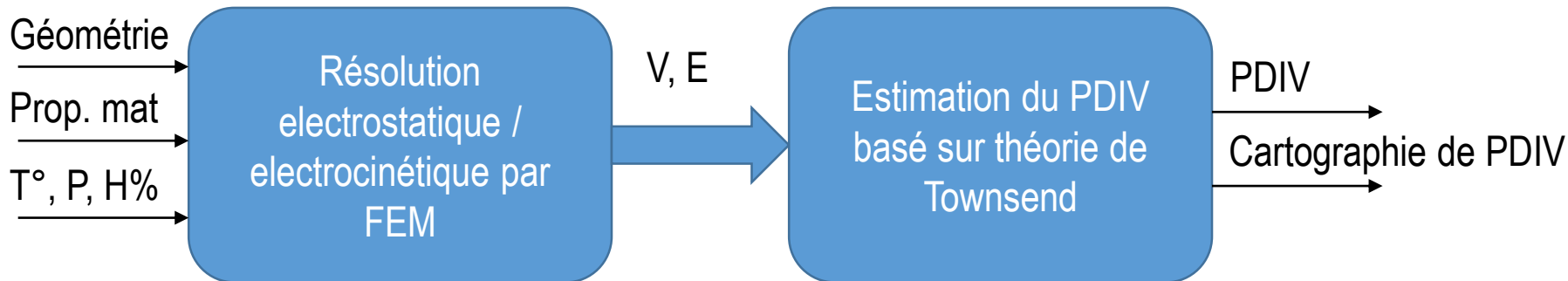
décharges surfaciques



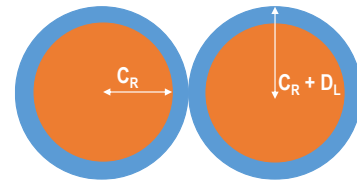
- Problématique : Décharges Partielles
 - Spécificités aéronautique => Basses pression (100; 800; 1000 mBar), large gamme de température (-70 à 260 °C), d'humidité
- Solution développée : Logiciel de prédiction du seuil d'apparition de décharges partielles



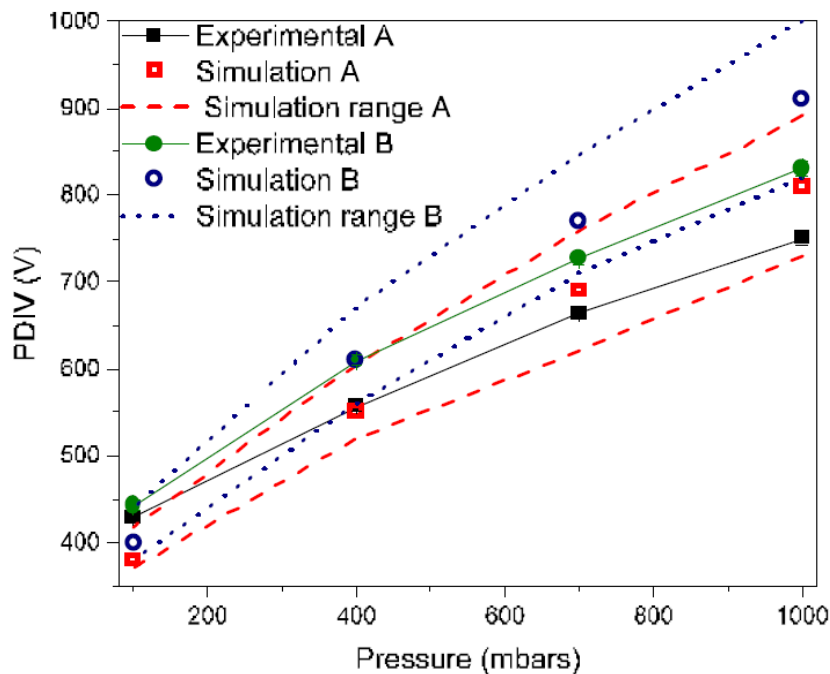
- Estimation du seuil d'apparition de décharges partielles



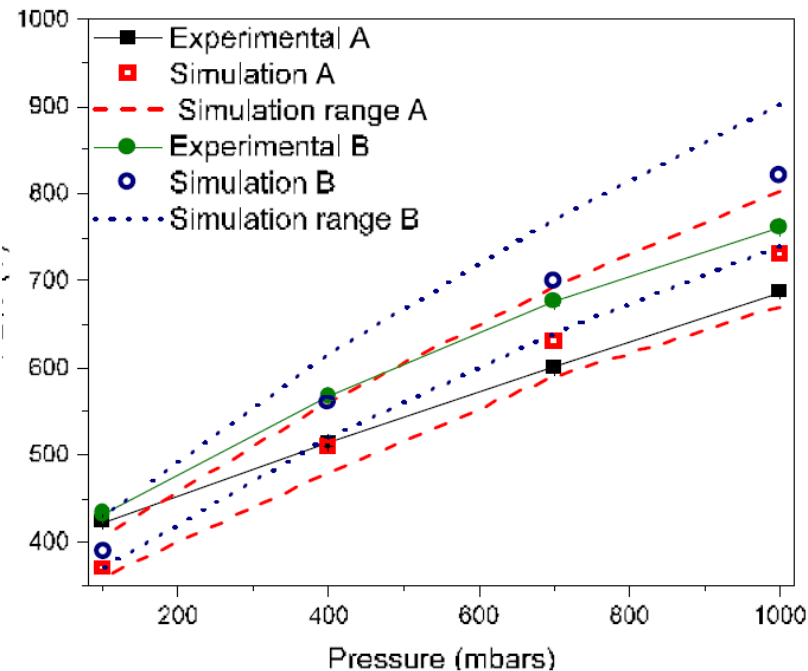
- Evaluation de la précision de l'estimation du seuil



T = Ambiante

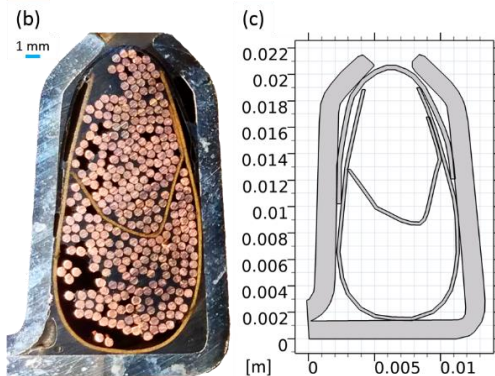
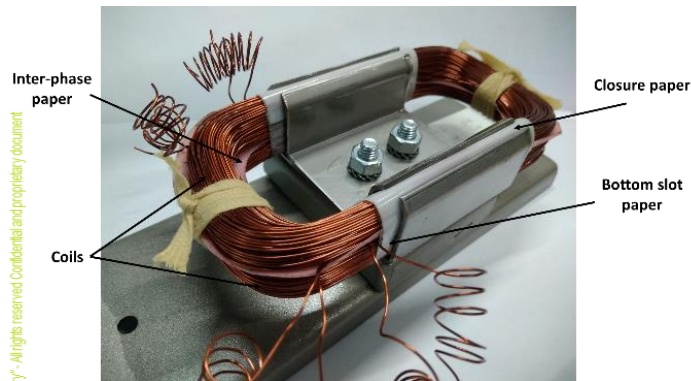


T = 90 °C

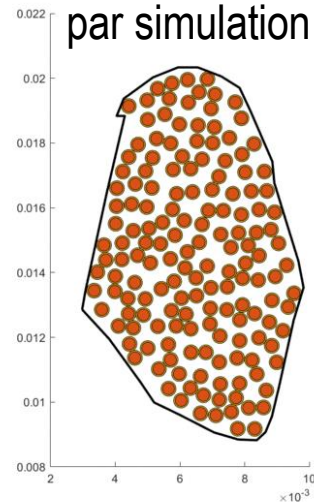


AIRLIFT : prédiction/localisation des DP

- Exemple : application à une section d'encoche



Insertion des fils
par simulation

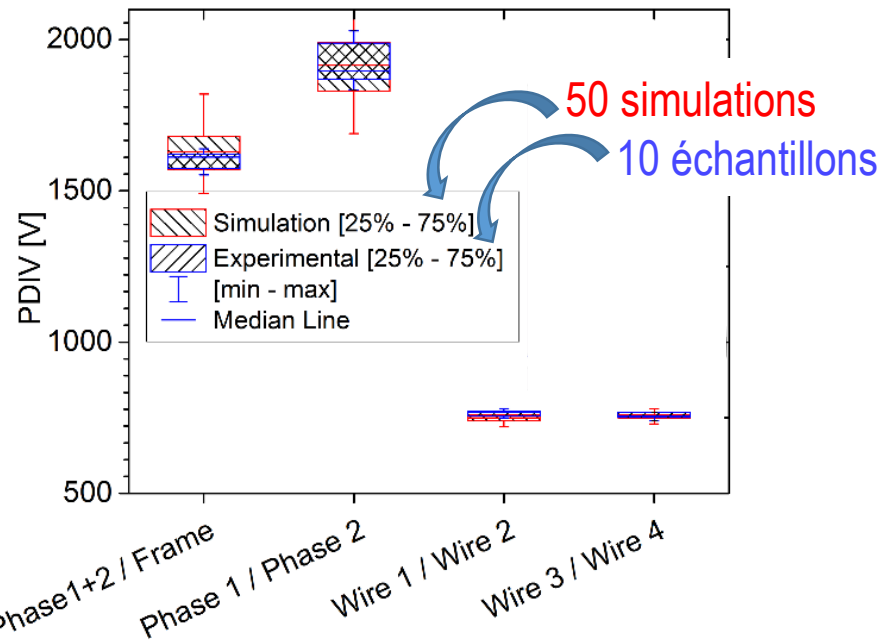
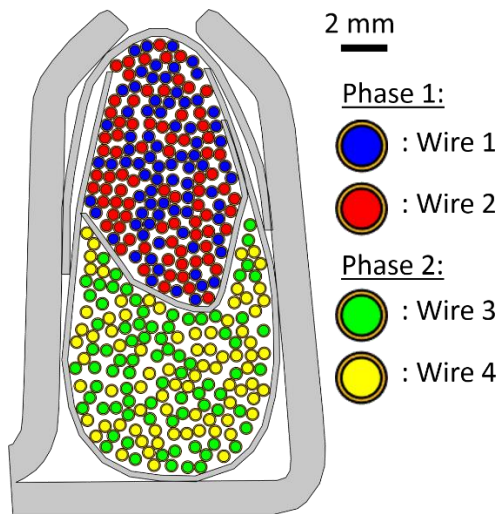


Phase réelle



AIRLIFT : prédiction/localisation des DP

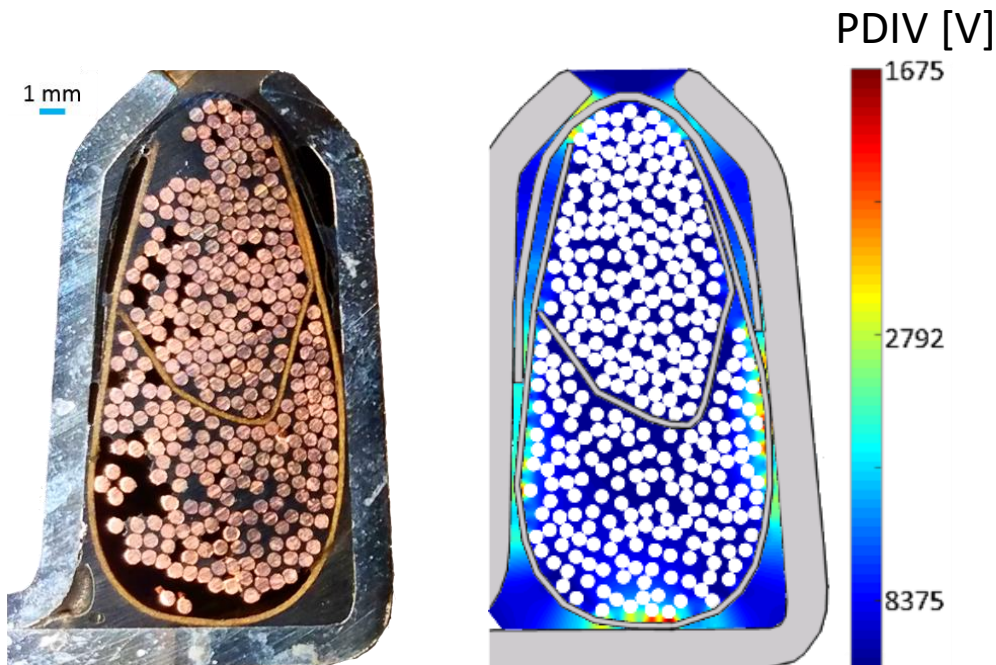
- Exemple : application à une section d'encoche



Ecart à la moyenne

Phase 1+2 / Frame	Phase 1 / Phase 2	Wire 1 / Wire 2	Wire 3 / Wire 4
2,1%	-0,4%	-2,3%	-0,3%

- Exemple : application à une section d'encoche



Apports à la fiabilité :

- Aide à la phase de design pour itérations rapides
- Localisation **des** points faibles à traiter
- Prise en compte de l'impact de défaut process ou dégradation vieillissement (bulles, délaminations, cracks, etc.)

Phase 1+2 / Frame

- Activités du lot :
 - Vieillissement isotherme; *détermination de lois de vieillissement, identification des mécanismes de vieillissement (corrélation dérive observables, observation post-mortem et modélisation)*
 - Vieillissement cyclage thermique passif
 - Vieillissement cyclage thermique actif; *vieillissement accélérant*
 - Vieillissement sous décharges partielles; *impact de la forme d'onde (sinus, MLI, fréquence), combiné avec pression*

Focus II

Vieillissement isotherme d'éléments bobinés

Vieillissement isotherme d'éléments bobinés

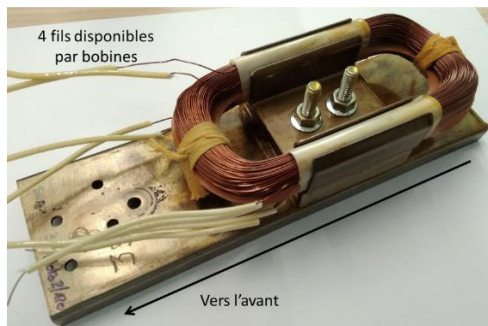
- Problématique : proposer une méthodologie de vieillissement intermédiaire entre
 - essais « labo », faible volume, fréquence élevée de mesure => **objectif mécanisme de dégradation**
 - essai « industriel » (type microélectronique), volume large, sans suivi in-situ => **objectif durée de vie**
- Solution développée : banc de vieillissement large échelle (120 ech. en parallèle), large volume (3m³), mesure automatisée des observables, analyses post-mortem

Vieillissement isotherme d'éléments bobinés

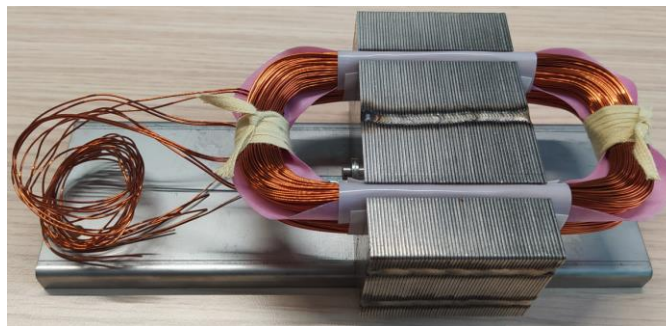
- Cahier des charges
 - Suivi des dégradations par mesure d'observables (PDIV, I_{fuite} , Capa)
 - Robustesse banc vs éprouvette
 - Fréquence d'échantillonnage mesures = 2/semaine
 - Remonter à durée de vie + mécanisme(s) de dégradation

Vieillissement isotherme d'éléments bobinés

- Suivi des dégradations par mesure d'observables (**PDIV**, I_{fuite} , C)



Prototype n°1



Version finale (sans semelle), avec paquet de tôle soudé

Avant :
Dispersion PDIV > 20%

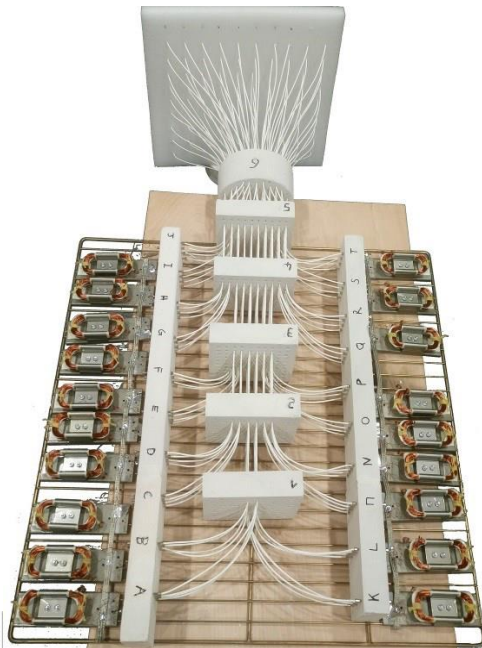
Après :
Dispersion PDIV > 8%

✓ Amélioration de la dispersion par rapport à la norme IEC 60034
+ Amélioration de la représentativité

Vieillissement isotherme d'éléments bobinés

- Robustesse banc vs éprouvette : Comment s'assurer que le banc n'est pas le point faible (HT, PDIV, I_{fuite} etc.) ?

Connexion HT, DP free,
20 ech. x4 voies



Intérieur étuve, interconnexion, HT,
DP free, faible I_{fuite}

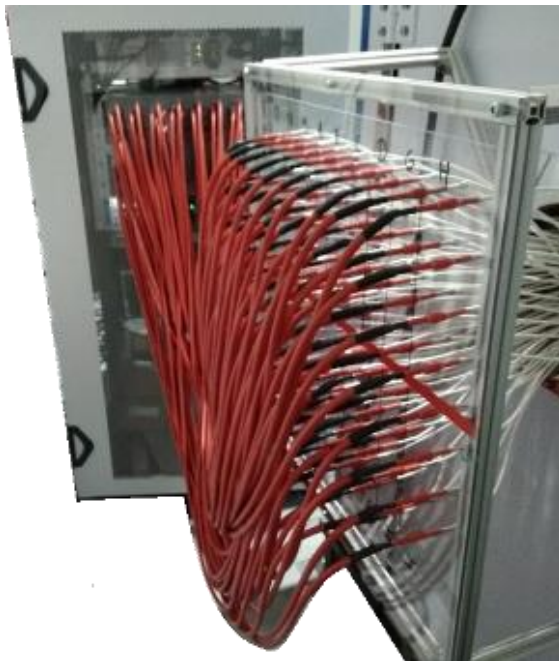


Connexion externe DP
free, x80 voies



Vieillissement isotherme d'éléments bobinés

- Fréquence d'échantillonnage mesures = 2/semaine



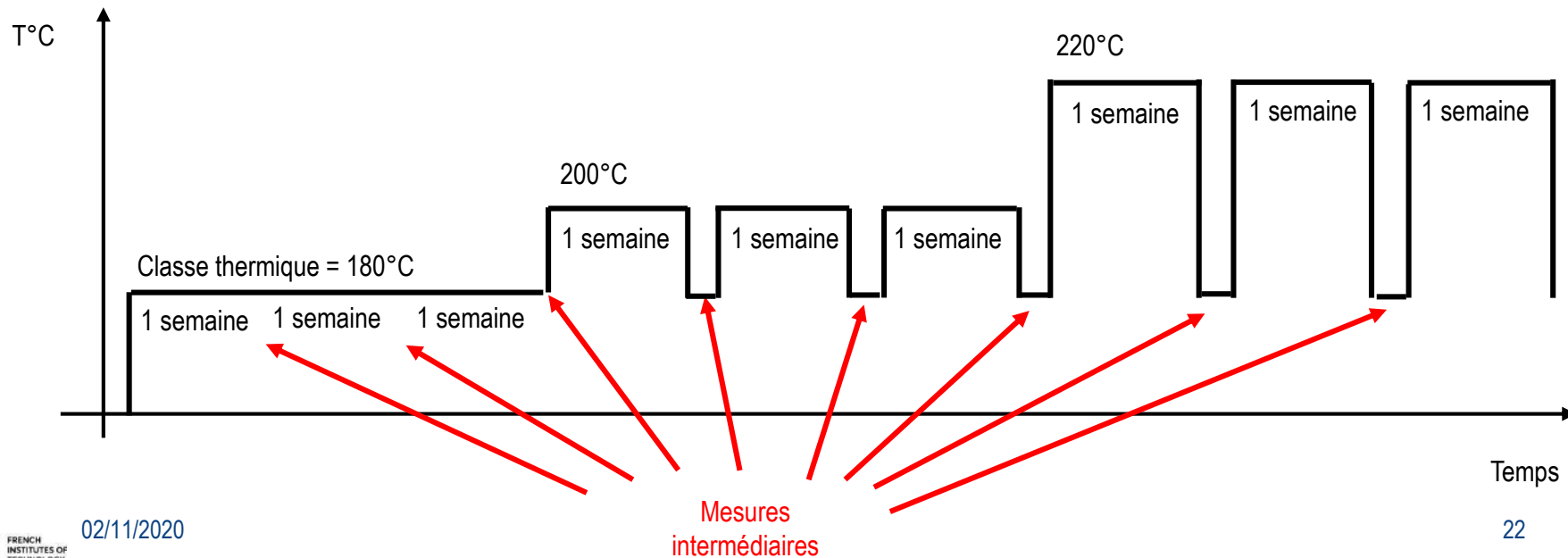
Performances de la matrice de commutation

$P_{DIV} > 4,8 \text{ kV}$
 $\approx 500 \text{ mesures/h}$

$I_{fuite} \approx 100 \text{ pA}$
 $\approx 10 \text{ mesures/h}$

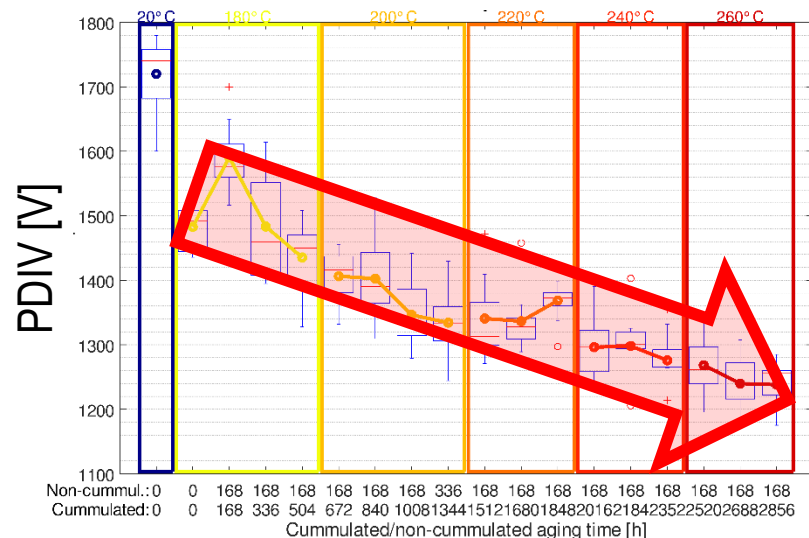
Vieillessement isotherme d'éléments bobinés

- Remonter à durée de vie + mécanisme(s) de dégradation
 - Choix des températures de vieillissement => Steps stress



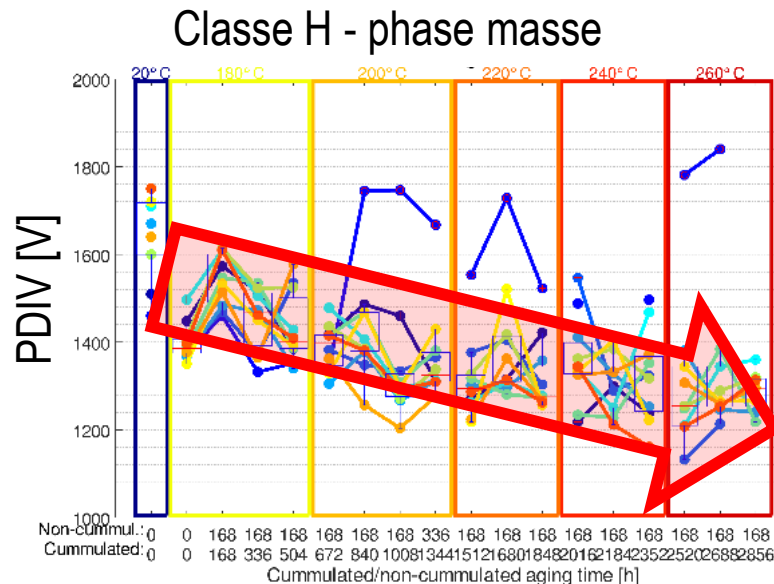
- Remonter à durée de vie + mécanisme(s) de dégradation

Classe H - entre phase



-18% de dérive de PDIV sur cette classe thermique

- Remonter à durée de vie + mécanisme(s) de dégradation



Différence du sens de dérive entre classe

- Plusieurs apports à la fiabilité des systèmes aéro actuels et futurs :
 - Caractérisation des performances des systèmes actuels
 - Etude des points faibles par la corrélation expérimentale/digital twins
 - Mise en place de campagnes de vieillissement adaptées (volumétrie, fréquence de mesure)



Merci de votre attention

© IRT AESE "Saint Exupéry" - All rights reserved Confidential and proprietary document. This document and all information contained herein is the sole property of IRT AESE "Saint Exupéry". No intellectual property rights are granted by the delivery of this document or the disclosure of its content. This document shall not be reproduced or disclosed to a third party without the express written consent of IRT AESE "Saint Exupéry". This document and its content shall not be used for any purpose other than that for which it is supplied. IRT AESE "Saint Exupéry" and its logo are registered trademarks.