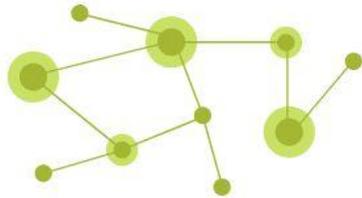


ÉNERGIE ÉLECTRIQUE 4.0



COMITE SCIENTIFIQUE

Projet FiabSIE 4.0

25 avril 2025



FiabSIE 4.0 - Fiabilité des Systèmes d'Isolation Electriques

Programmation



Le projet s'inscrit dans l'axe 1 matériaux et composants du Génie Electrique



- Ouverture thématique vers:

- les nouvelles technologies (Matériaux, Procédés, IA, Objets Connectés...)
- les sciences humaines et sociales (Economie, acceptabilité de nouveaux usages...)



ET /OU

- Poursuite du transfert technologique :

- Partenariat fort vers les industriels et les collectivités



Contexte : Electrification des solutions de mobilités sur une très large gamme de puissance

- Vélo à Assistance électrique : qq centaine de W
- Automobile 100% électrique : qq centaine de kW
- Avion ou train : qq MW

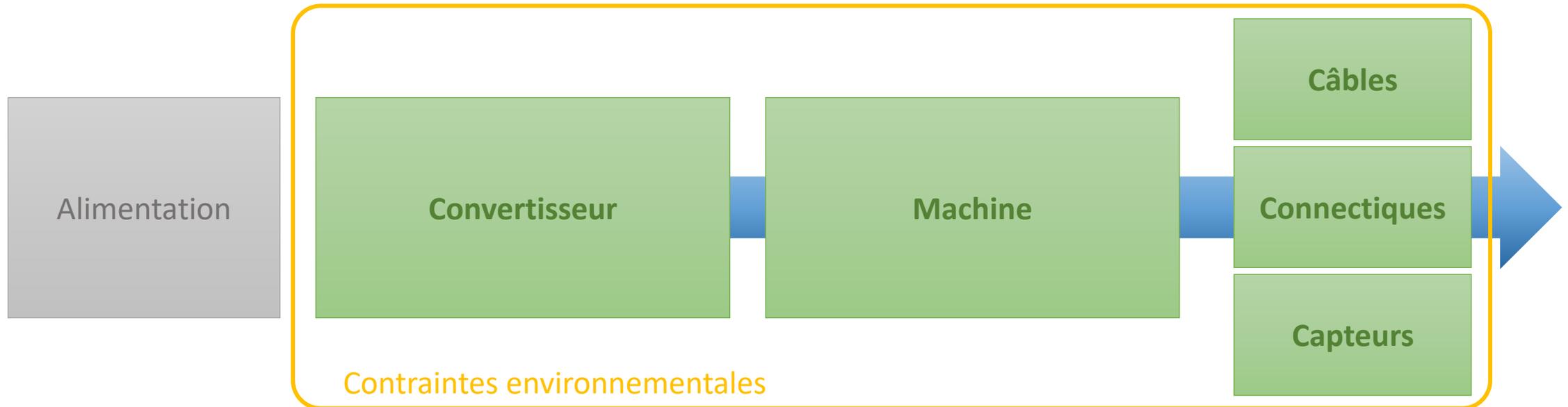
Applications à profils de mission très variables & à espérance de vie très variables

Comment dimensionner au mieux en optimisant les empreintes énergétique et écologique ?

- Affiner les connaissances des matériaux (isolants dans un premier temps)
- Mettre au point des modèles vieillissement performants pour prédire la durée de vie des différents composants d'un système
- Comprendre les mécanismes d'apparition des phénomènes accélérant la dégradation des matériaux (Décharges Partielles)

Deux axes

Définition des modèles de vieillissement / Subdivision d'une chaîne de traction en composants élémentaires :



Objectifs : Evaluer la durée de vie de chacun des composants de manière indépendante et dans des conditions aussi proche que possible des conditions opérationnelles qui sont parfois très sévères (pression, température)

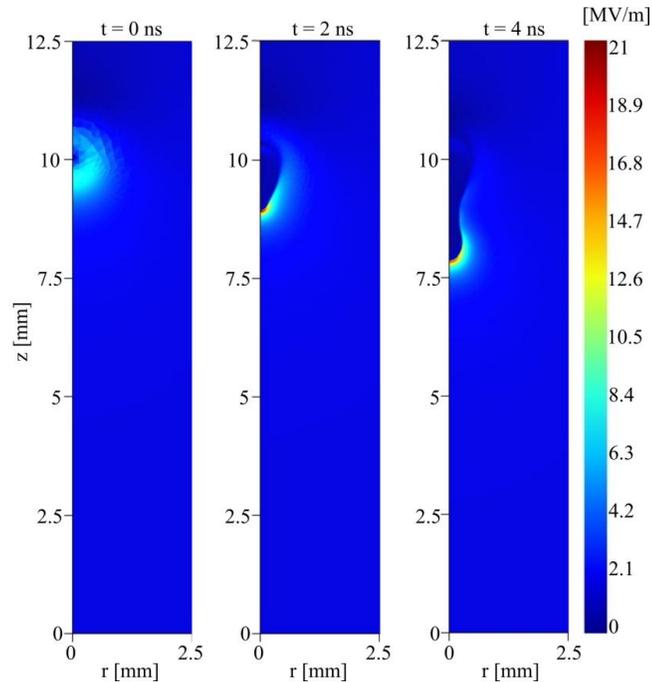
Solution : Mise en œuvre d'une chaîne de traction modulaire où chacun des éléments étudiés est placé dans des conditions électriques et environnementales proches de son profil de mission

Analyse des phénomènes précurseurs des décharges partielles

De nombreux mécanismes electro-hydro-dynamiques à l'œuvre dans une machine électrique.

Trois voies de travail :

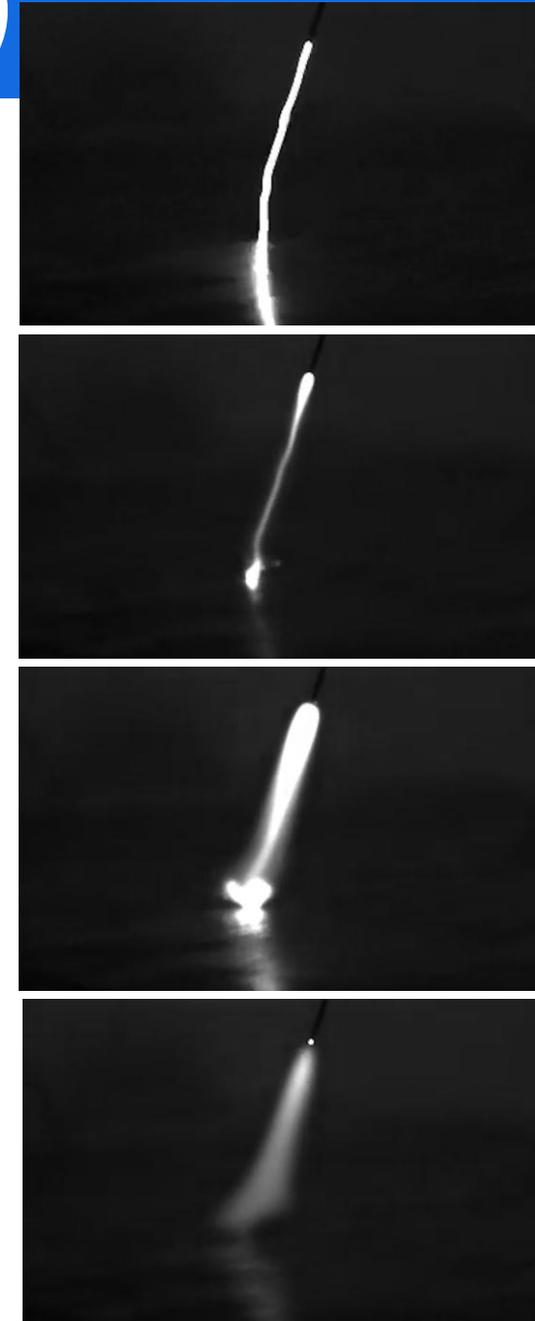
- Modéliser
- Détecter
- Observer



Caméra ultra-sensible (eCMOS)



Caméra Haute vitesse (20kFPS)



Objectifs :

Prédire les phénomènes précurseurs afin de mieux se prémunir des décharges
Relier l'influence des grandeurs électriques aux vieillissement des matériaux

Qu'est ce que Tech3E ?

- ✓ Plateforme technologique de l'Université d'Artois
Dédiée à l'environnement et l'efficacité énergétique au service des entreprises



Objectifs de la plateforme

- ✓ Contribuer à l'innovation des entreprises par le développement de prestations Recherche et Innovation
 - Permettre l'accès à des équipements d'excellence
 - Profiter de compétences techniques sur un sujet précis
 - Ouvrir une nouvelle dynamique d'innovation dans l'entreprise
- ✓ Développer un réseau partenarial
- ✓ Participer au développement économique du territoire



3 laboratoires de recherche partenaires



3 domaines de compétences au service des entreprises

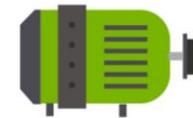
Génie civil et habitat



Logistique intelligente et mobilité durable



Machines et composants électriques



- La future plateforme Tech3E

- Financement Etat-Région et Université d'Artois
- Implanté sur le site de la Faculté des sciences appliquées de Béthune
- Livraison septembre 2025
- **1600 m²** dédiés aux collaborations avec les entreprises

- Halles techniques
- Bureaux
- Salle de visioconférence
- Salle de brainstorming
- Ateliers
- Fablab

- **300 m²** dédiés à la fiabilité des systèmes électriques



- Partenariats & collaborations de recherches



thyssenkrupp



Amphenol®
AUXEL



SECURELEC
SOCEM



PopYou

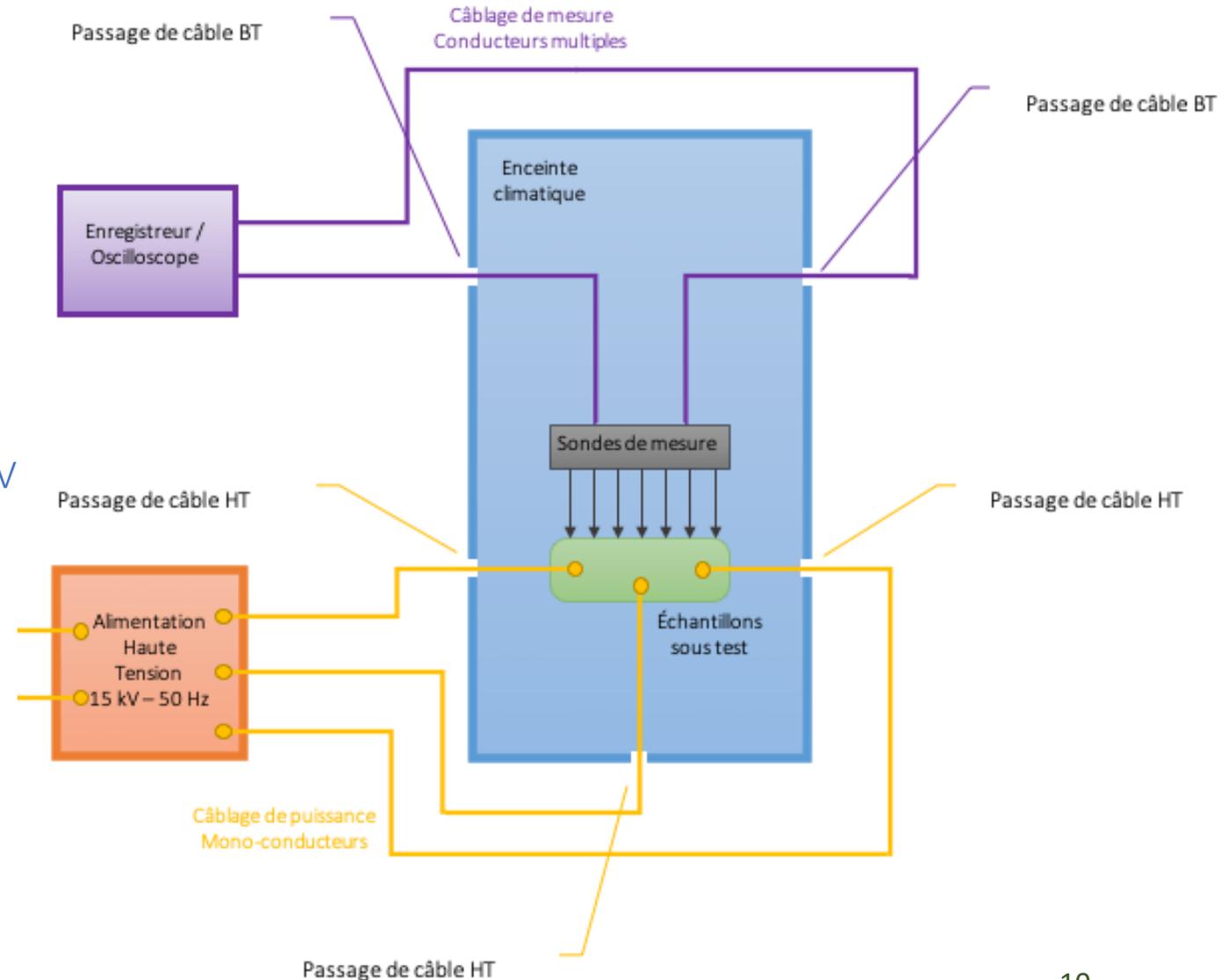


Innovons durablement dans le bâtiment



Architecture du banc de mesure

- Environnement d'essai
 - basse pression (1mBar)
 - Haute Température (300°C)
 - Humidité & vibrations
 - Zone réfrigérée pour les sondes
 - Tests sous contraintes électriques
 - Onduleur SiC 3,3kV
 - Onduleur multi-niveaux 12 phases SiC 1kV
 - AC 50Hz jusqu'à 15kV
 - DC jusque 10 kV
- Multiplication des échantillons sous tests
 - Communication par fibres optiques
 - Matrice d'interconnexion
 - 12 DUT en HT
 - 4 appareils de mesure
 - Suivi on-line des DP



Architecture du banc de mesure

- Environnement d'essai
 - basse pression (1mBar)
 - Haute Température (300°C)
 - Humidité & vibrations
 - Zone réfrigérée pour les sondes
 - Tests sous contraintes électriques
 - Onduleur SiC 3,3kV
 - Onduleur multi-niveaux 12 phases SiC 1kV
 - AC 50Hz jusqu'à 15kV
 - DC jusque 10 kV
- Multiplication des échantillons sous tests
 - Communication par fibres optiques
 - Matrice d'interconnexion
 - 12 DUT en HT
 - 4 appareils de mesure
 - Suivi on-line des DP



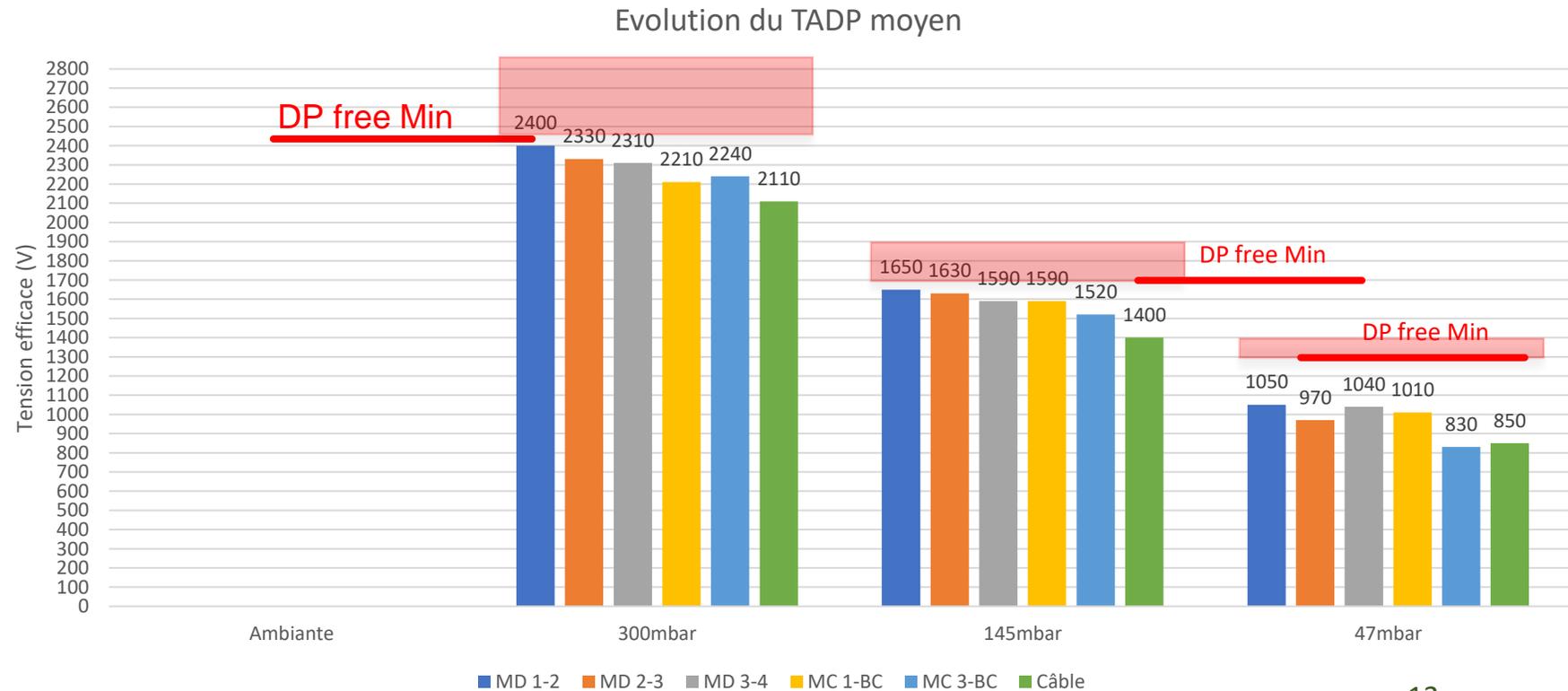
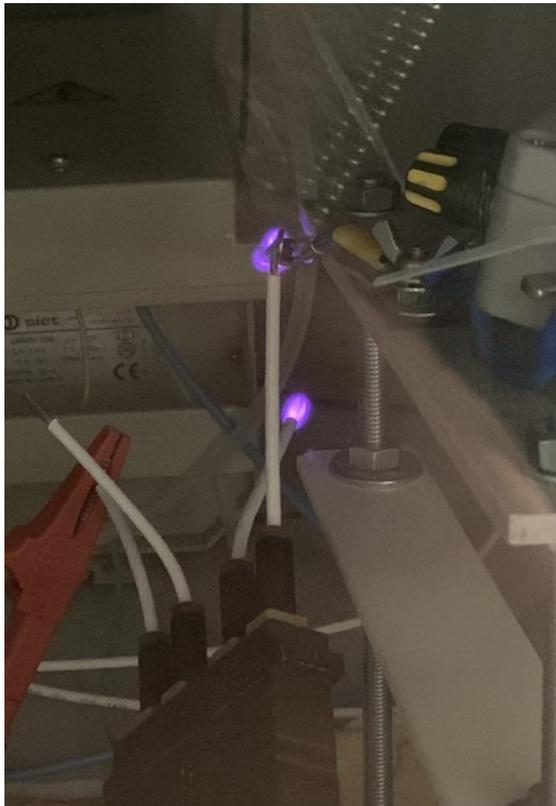
Analyse de la Tension d'Apparition et d'Extinction des Décharges Partielles (TADP & TEDP)

- Connecteurs
 - Spécifications de fonctionnement
 - 200°C
 - 11 mBar
- Busbar laminés pour environnements sévères
 - Spécifications de fonctionnement
 - 180°C
 - 50 mBar



Analyse de l'évolution du TADP à différentes pressions en AC sinusoïdal

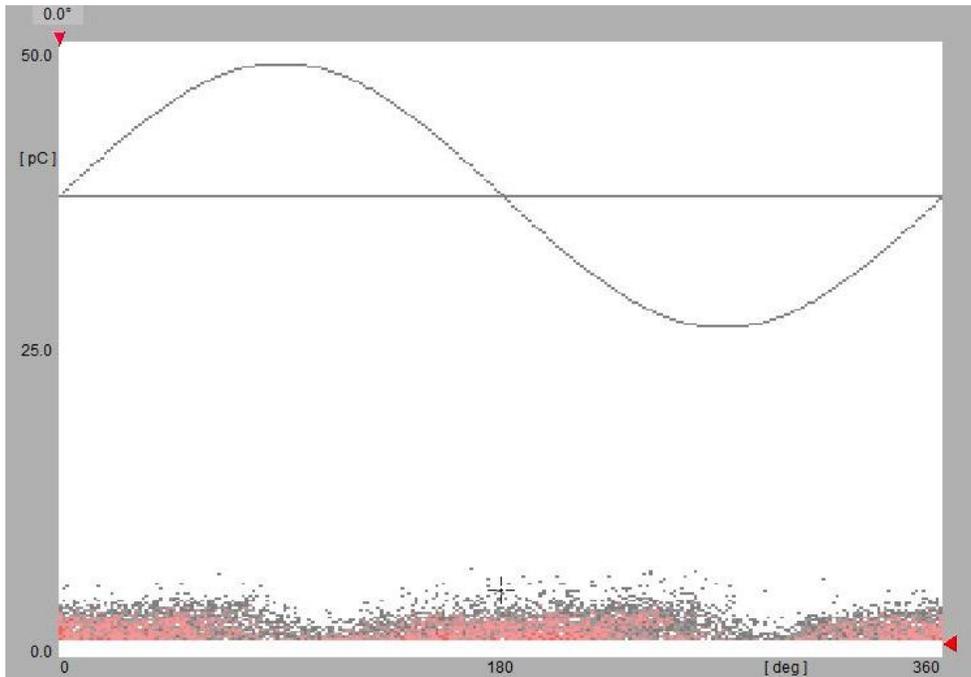
- Tests sur différents objets et différents process de fabrication pour trouver des voies d'améliorations
- Tests à différents altitudes (niveaux de pression)
- Tests à différentes températures
- Prises en main d'un banc d'essai basse pression & haute tension – Identification des verrous et des voies d'amélioration



Analyse plus poussée grâce aux diagrammes PRPD (Phase Resolved Pattern Diagrams)

- Tracé des niveaux de charges observés en fonction de la phase du signal d'excitation
- Mesure du diagramme « à vide » pour obtenir le « DP free »
- Exploitation via méthodes de reconnaissance IA

DP free

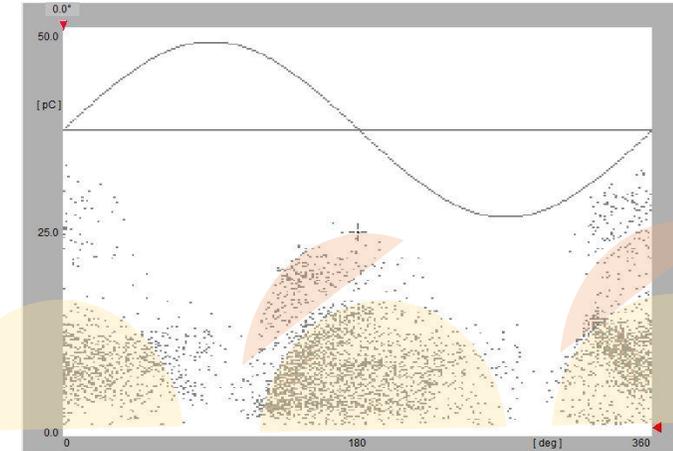


Echantillon 1

5,5 kV

Défaut dans une vacuole de l'isolant

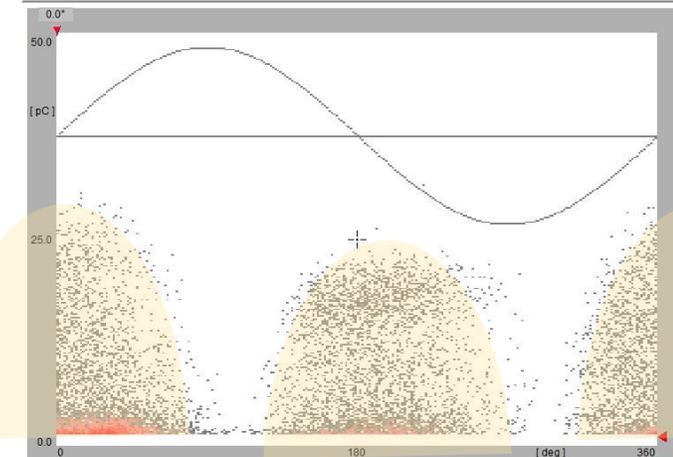
Défaut entre électrode et isolant



Echantillon 2

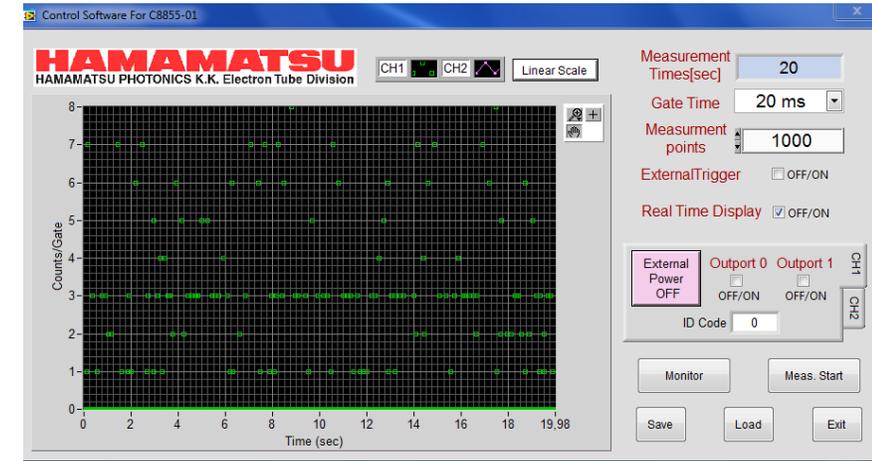
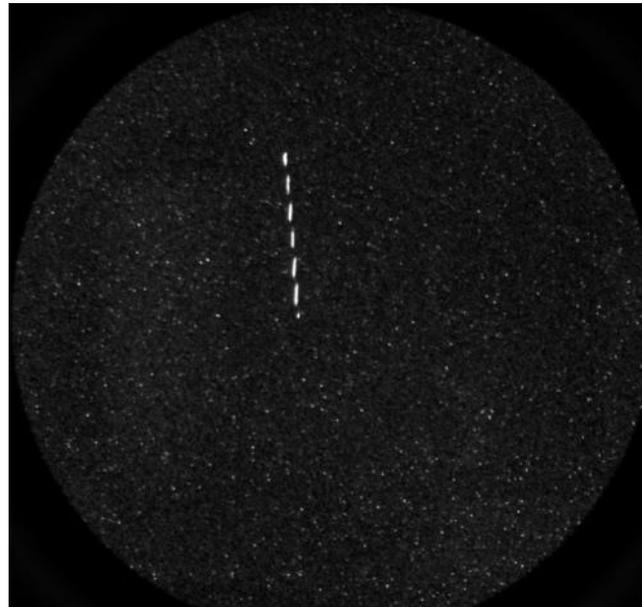
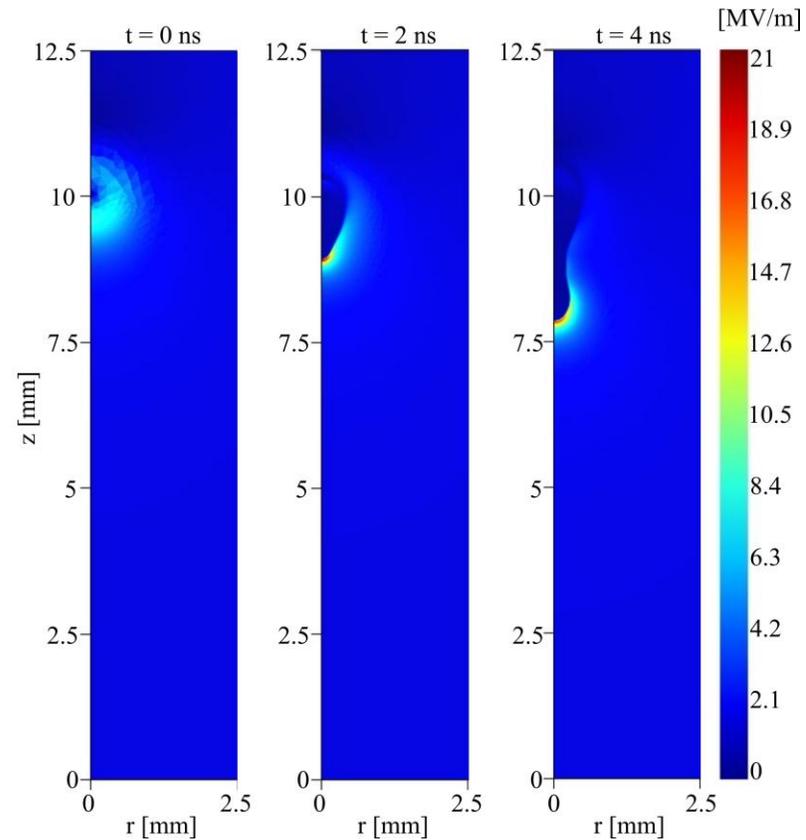
3,1 kV

Défaut entre électrode et isolant



Modélisation / Observation des phénomènes de décharges

- Modélisation des équations de l'électro-hydro-dynamique en couplage fort par la méthode des éléments finis
- Analyse des Décharges par spectroscopie optique et Photomultiplicateur
- Observation par caméras rapide et/ou sensible



Réception des équipements

- Etuves à vide chaud
- Enceinte climatique pour les essais vibratoires
- Etuve à vide secondaire

Mise en place des différents bancs d'essais

- Alimentations (DC / AC / impulsionnel / MLI)
- Instrumentations (Tensions / Courants / Températures locales / activité de décharges...)
- Procédures de mesures (automatisation / conservation / vers l'open-science...)

Etudes de fond sur les phénomènes de décharges sur un large panel d'objets

- Modélisations par les EF
- Méthodologie de mesure/détection on-line et off-line (quels vecteurs, fusion de données, apports de l'IA,...)
- Etude approfondie du lien entre activité de décharges et durée de vie des équipements
- Vers une classification des phénomènes en fonction de leur impact sur la durée de vie ?

Merci !

QUESTIONS ?