

LSEE – EA 4025

Laboratoire Systèmes Electrotechniques
et Environnement

Présentation des activités du laboratoire - 2016



Laboratoire Systèmes Electrotechniques
et Environnement



UNIVERSITÉ D'ARTOIS

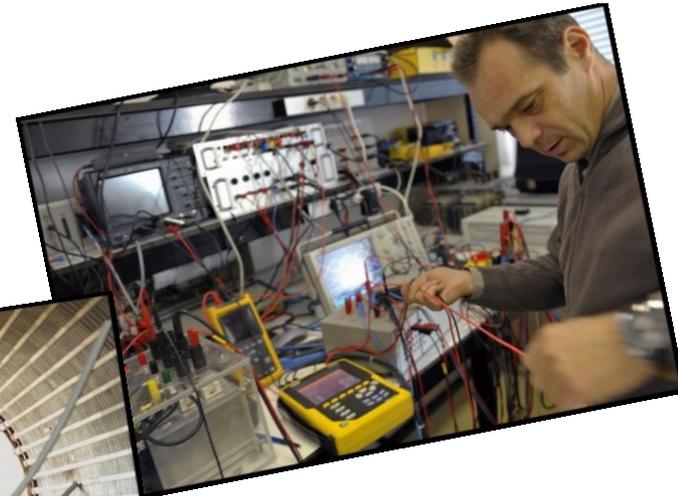
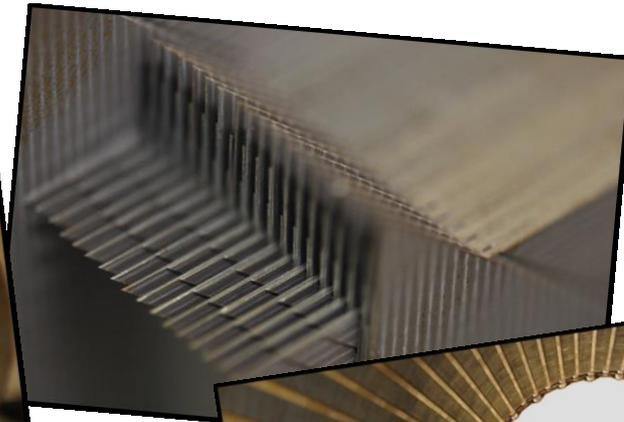


→ Une équipe :

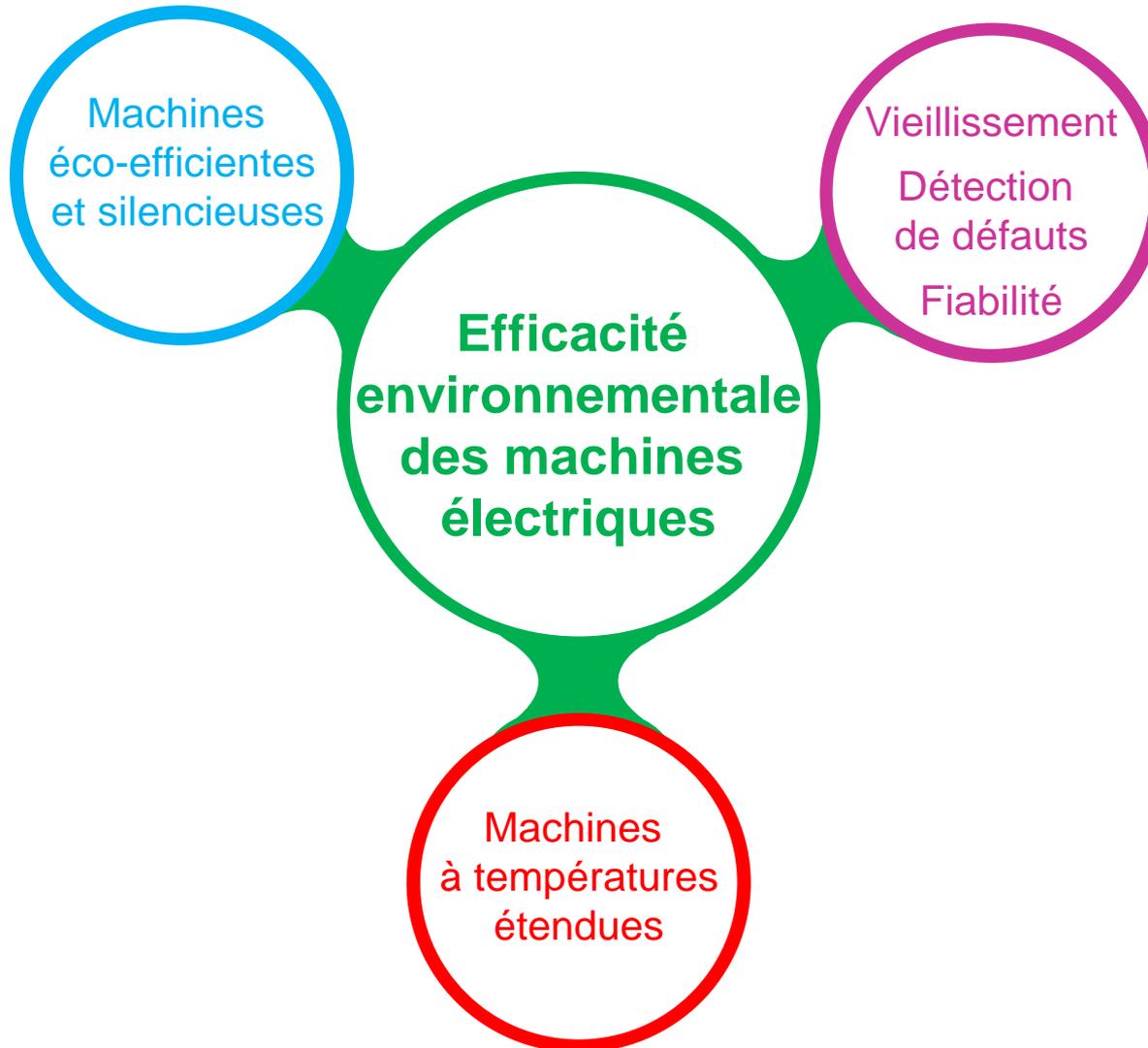
- 15 EC permanents : 5 PR, 1 HDR, 9 MCF
- 12 doctorants
- 3 personnels techniques

→ Recherche **appliquée**

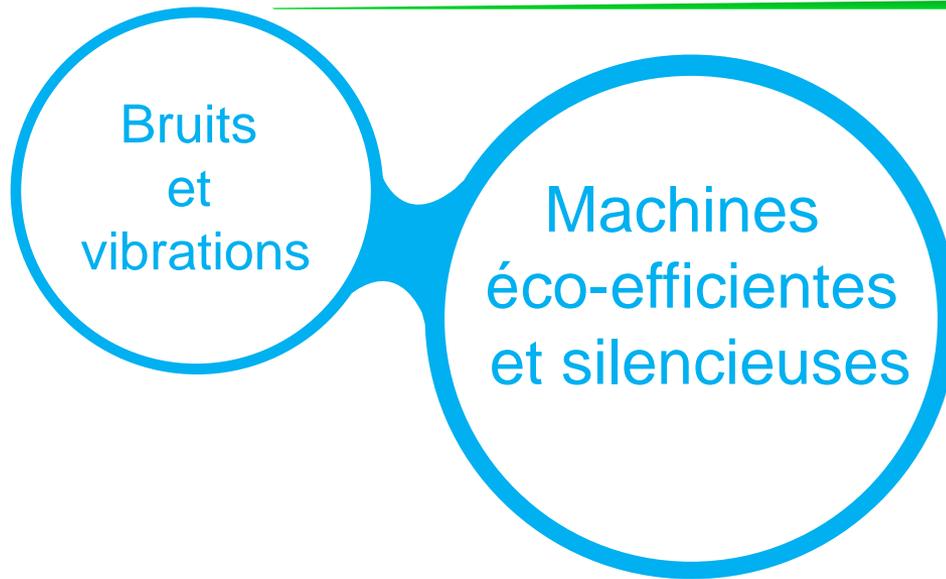
→ Concerne la **machine électrique** et plus particulièrement ses **constituants internes**



Axe de recherches



Axe de recherches



- Thème initial du LSEE (1992)
- Analyse des phénomènes à l'origine des bruits (denture / saturation / géométrie)
- Procédés originaux de réduction active et passive
- Conception de machines spéciales (matériaux / structures)
- Commande
- Partenaires : [TKES](#) / [Leroy Somer](#) / [Moteur Patay](#) / [SATT](#)
- Moyens d'analyse vibro-acoustique

Axe de recherches

Bruits
et
vibrations

Chambre semi-anéchoïque



Analyseur de spectres B&K



Laser



Microphones



Accéléromètres



→ Moyens d'analyse vibro-acoustique

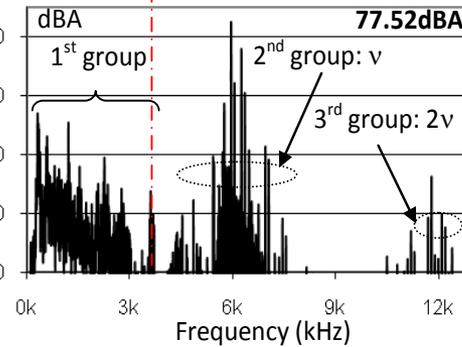
Pots vibrants et
marteau



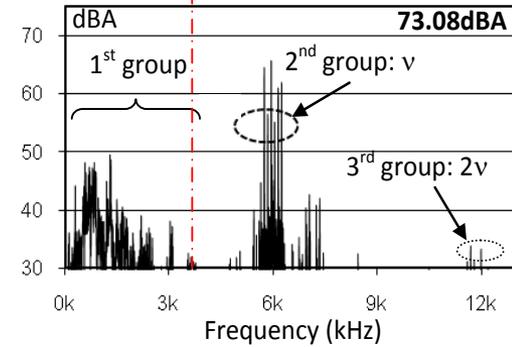
Axe de recherches

Bruits
et
vibrations

MAS à tôles décalées

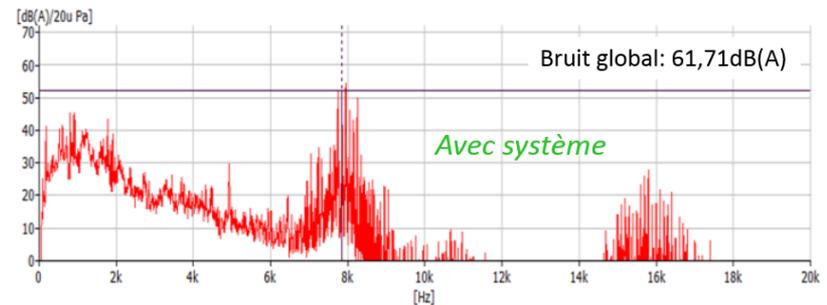
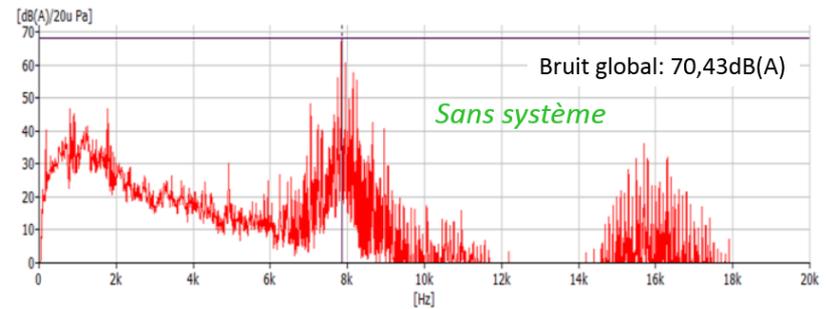


NO₆₅ noise spectrum for $f_{pwm}=6kHz$



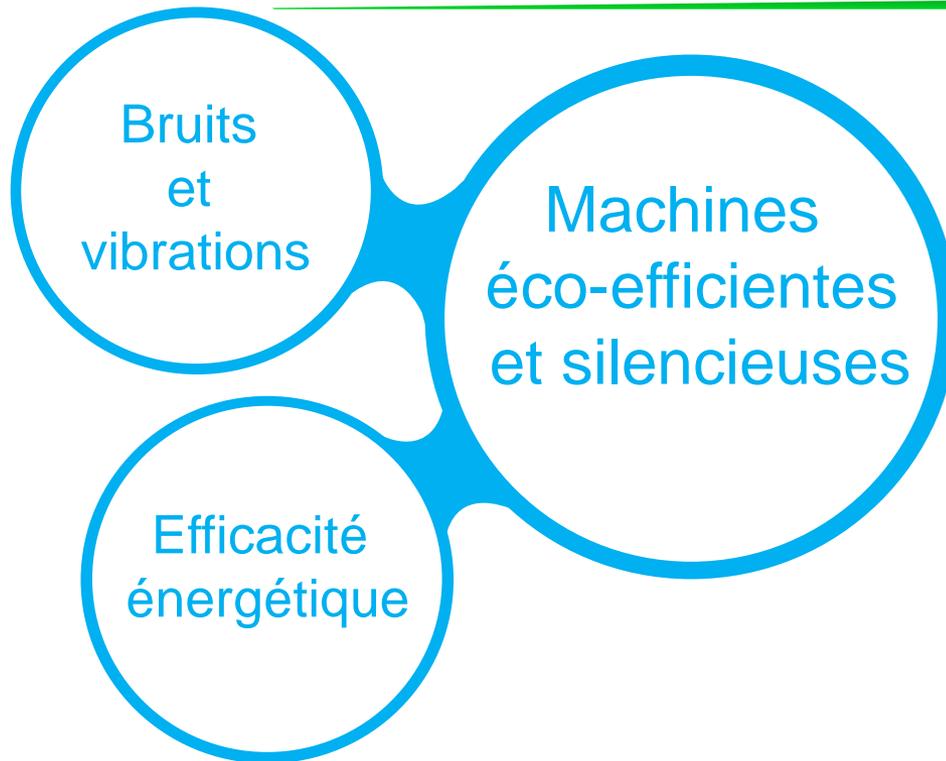
GO_{35_60} noise spectrum for $f_{pwm}=6kHz$

Réduction passive – MAS de 4kW



→ Résultats phares

Axe de recherches



Axe de recherches

Bruits
et
vibrations

Machines
éco-efficientes
et silencieuses

Efficacité
énergétique

Analyse
non invasive
des
performances

- Analyser l'adéquation des machines à leur charge
- Etre non invasif
- Transmettre à distance
- Préconiser pour économiser
- Exemple phare

Axe de recherches

Bruits
et
vibrations

Machines
éco-efficientes
et silencieuses

Efficacité
énergétique

Analyse
non invasive
des
performances

- Analyser l'adéquation des machines à leur charge
- Etre non invasif
- Transmettre à distance
- Préconiser pour économiser
- Exemple phare

Axe de recherches

Bruits
et
vibrations

Machines
éco-efficientes
et silencieuses

Efficacité
énergétique

Analyse
non invasive
des
performances

- Analyser l'adéquation des machines
- Être non invasif
- Transmettre à distance
- Préconiser pour économiser
- Exemple phare / EDF - Rio Tinto Alcan

UNE PREMIÈRE AU LSEE : UN MOTEUR ÉLECTRIQUE CONNECTÉ À VOTRE SMARTPHONE

Publié le 23 février 2016

Disposer des paramètres de fonctionnement d'un moteur électrique en temps réel sur son téléphone ou sa tablette, vérifier son rendement, prévenir des défauts ... désormais c'est possible grâce à une première réalisée au LSEE de Béthune.



A l'heure où les objets sont connectés, le LSEE (Laboratoire Systèmes Electrotechniques et Environnement) instrumente à distance les moteurs électriques de l'industrie !

Cette opération de recherche, soutenue par le MEDEE, est au cœur des préoccupations environnementales : elle concerne un outil de gestion de parcs de moteurs électriques alimentés sur le réseau électrique, principalement des machines asynchrones.

Développé en partenariat avec la société Rio Tinto Alcan (Dunkerque), cet outil se compose d'une petite cellule autonome relevant des informations permettant de déterminer le couple électromagnétique des moteurs, leurs cycles de fonctionnement et leurs puissances sur l'arbre mécanique. Non invasive, elle est simplement fixée contre la carcasse de la machine afin de relever les champs électromagnétiques à l'extérieur du moteur et le courant qui l'alimente.

Les informations qui sont mesurées sont transmises sans fil puis consultables à distance, sur PC, tablette ou téléphone portable, afin d'être analysées.

Axe de recherches

Bruits
et
vibrations

Machines
éco-efficientes
et silencieuses

Efficacité
énergétique

Analyse
non invasive
des
performances

Machines
innovantes

- Utilisation de matériaux à hautes performances (Tôles GO)
- Conception
- Partenaires : [TKES](#) / [FAVI](#)
- Exemple phare : MAS à tôles décalées

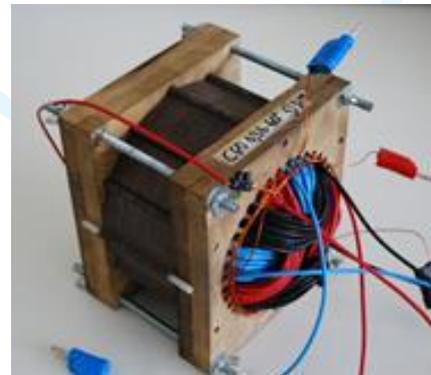
Axe de recherches

Bruits
et
vibrations

Machines
éco-efficientes
et silencieuses

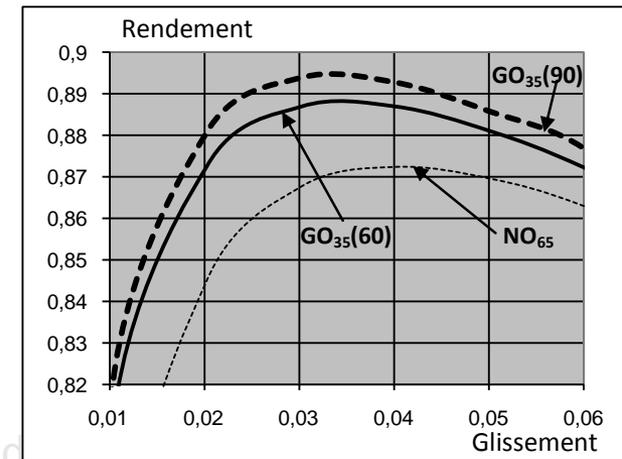


Efficacité
énergétique



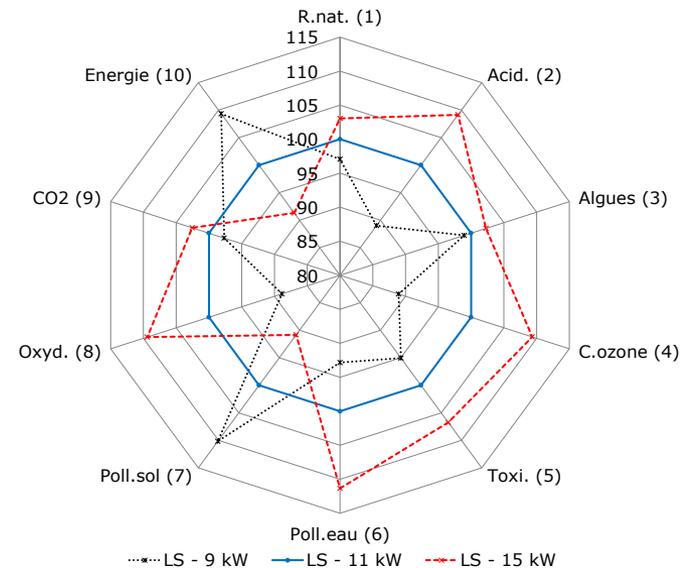
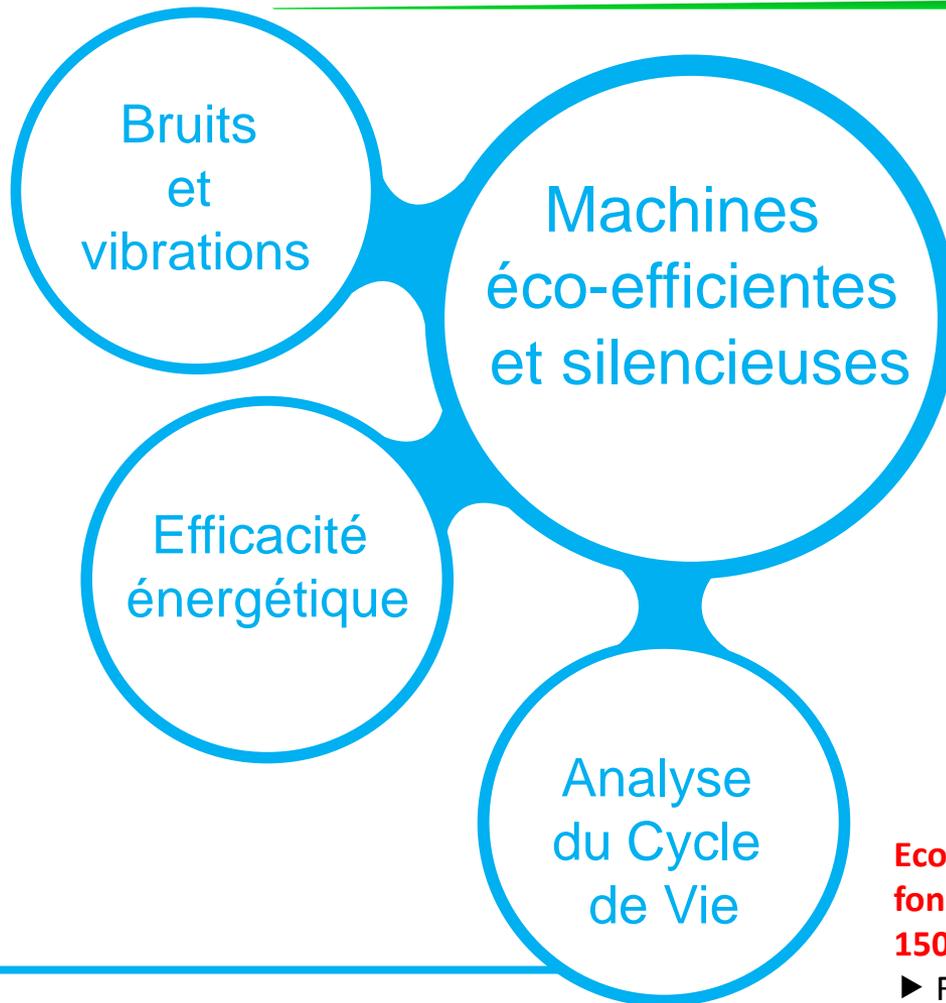
Analyse
non invasive
des

Machines
innovantes



→ Exemple phare : MAS à tôles d'

Axe de recherches



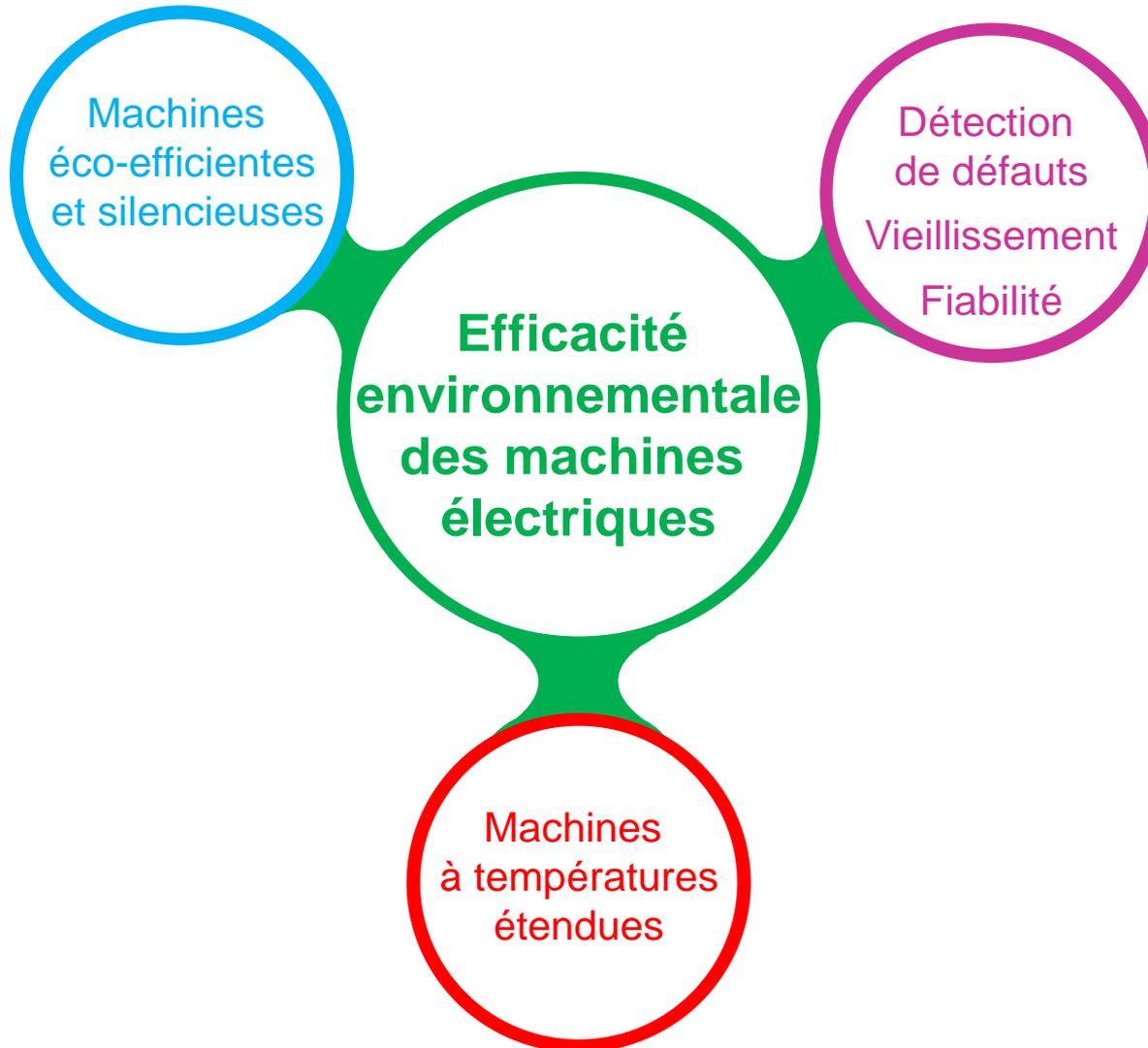
Ecobilan >0 au-delà d'un temps de fonctionnement cumulé sur 10 ans d'environ 1500 heures

- ▶ Fils émaillés polymérisés par UV et fabriqués sans solvant
- ▶ Thermocollage des enroulements
- ▶ Matières plastiques d'origine végétale
- ▶ Tôles GO décalées pour limiter les pertes fer
- ▶ Roulements à haut rendement

- Exemple du moteur vert
- Partenaires : EDF / ADEME / TKES / GII / ROQUETTE



Axe de recherches

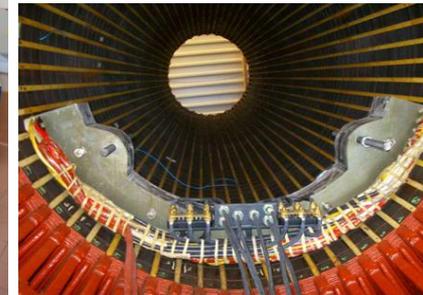


Axe de recherches

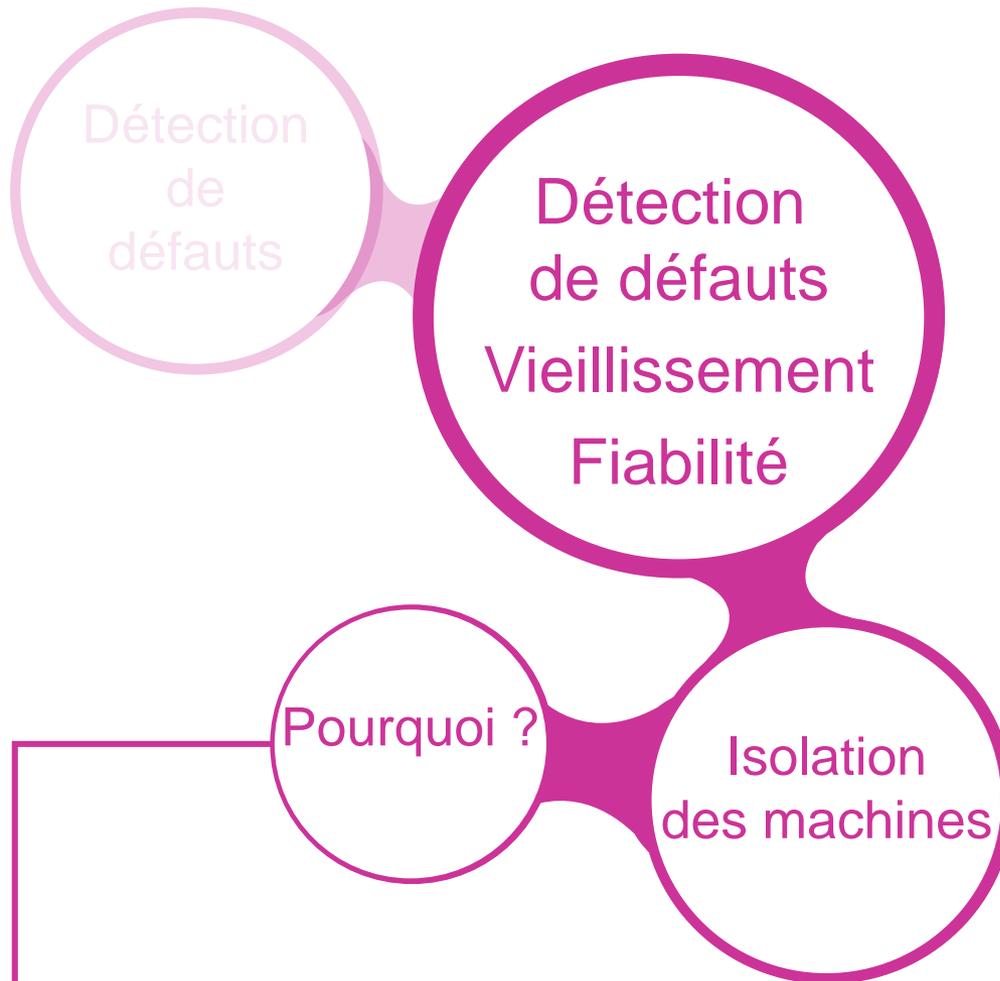
Détection
de
défauts

Détection
de défauts
Vieillessement
Fiabilité

- Types de défauts : Courts-circuits inter-spires / Excentration / Courts-circuits entre tôles
- Etre non invasif : exploitation du champ de dispersion / des vibrations
- Partenaire : EDF
- Exemple phare : alternateur hydraulique de 80 MW



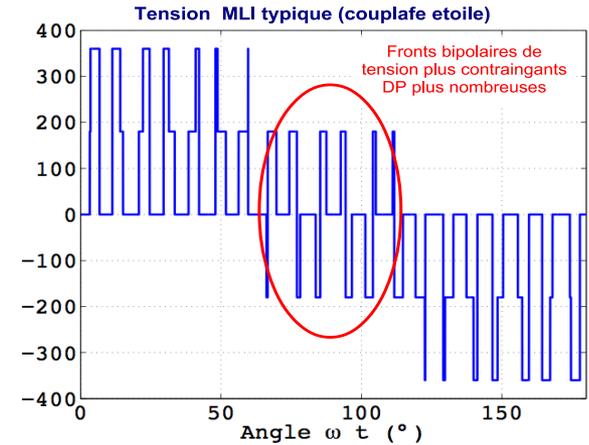
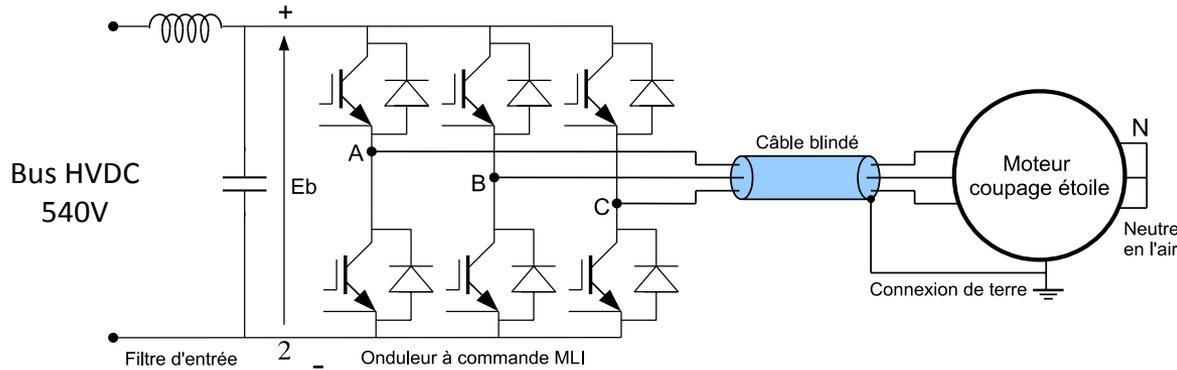
Axe de recherches



- MLI avec fronts de tension plus raides (SiC et GaN)
- Environnement contraignant (température, dépression, chocs thermiques)

Axe de recherches

Problématique : résister longtemps aux pointes répétitives de tension



Phénomènes physiques

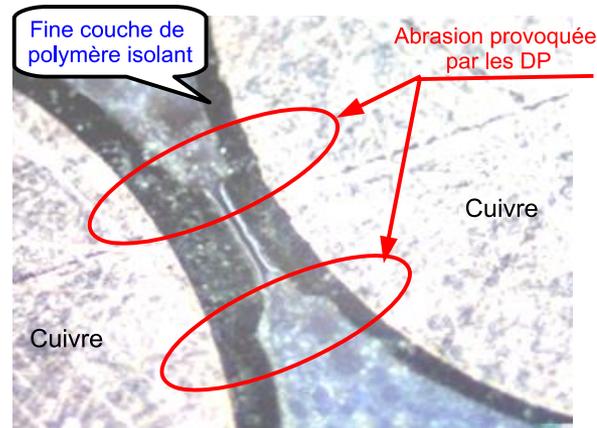
Pointes répétitives de tension

- décharges partielles
- érosion locale des couches isolantes
- vieillissement prématuré de l'isolation

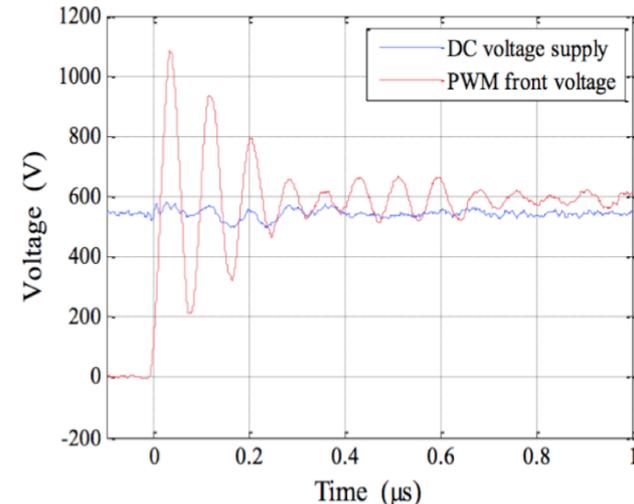
Actualité

Évolution de l'électronique de puissance : Composants SiC et GaN plus rapides et augmentation de la fréquence

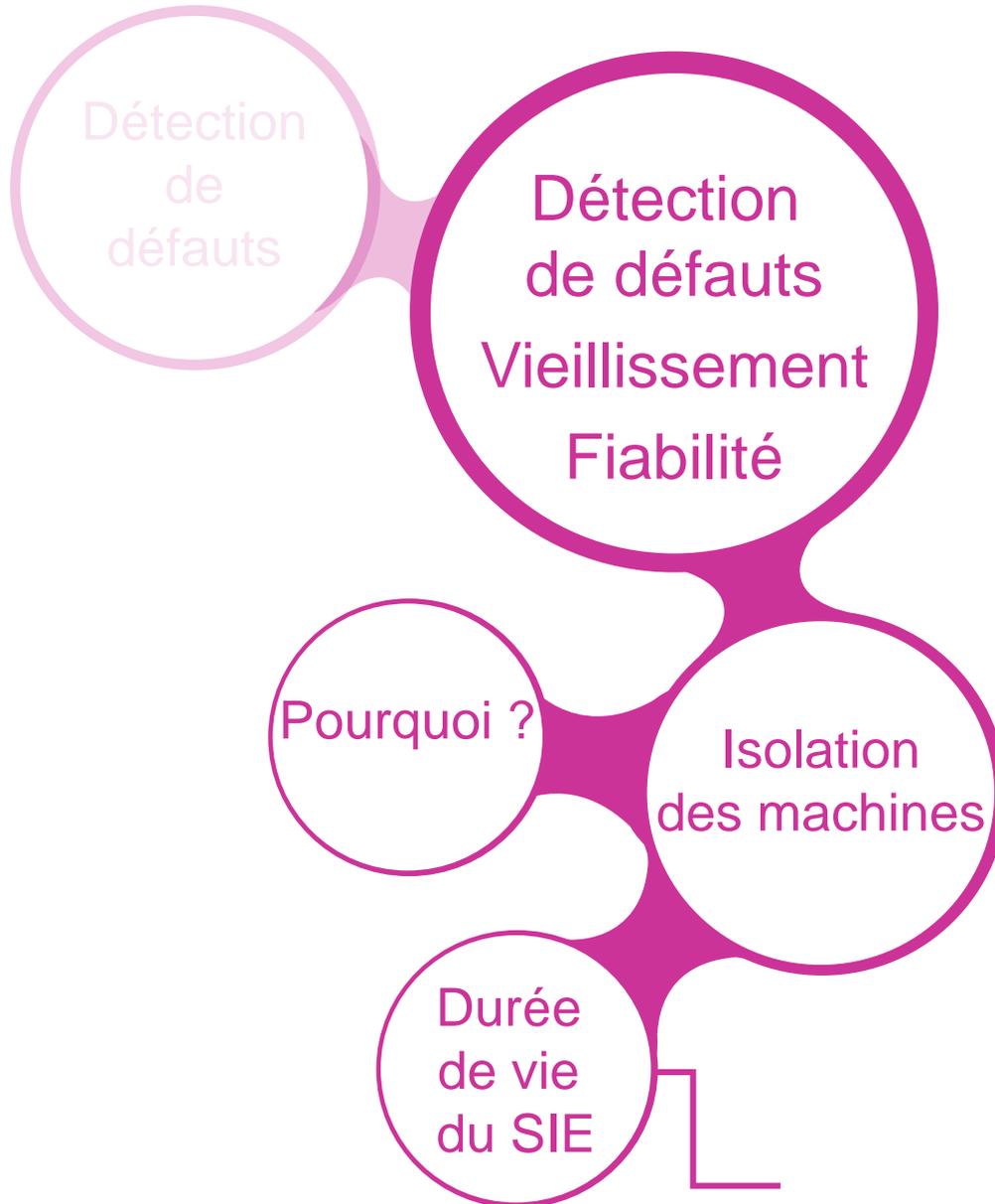
- pointes de tension plus élevées
- DP plus intenses et plus fréquentes
- érosion plus rapide des couches isolantes
- réduction de la durée de vie des machines électriques



Microscopie de l'isolation inter-spires des moteurs



Axe de recherches

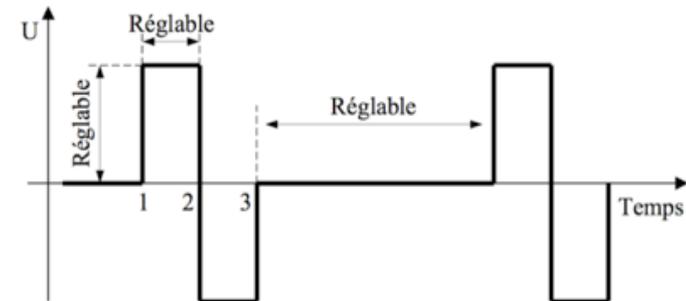


Axe de recherches

Estimation de la durée de vie des Systèmes d'Isolation Electrique (SIE)

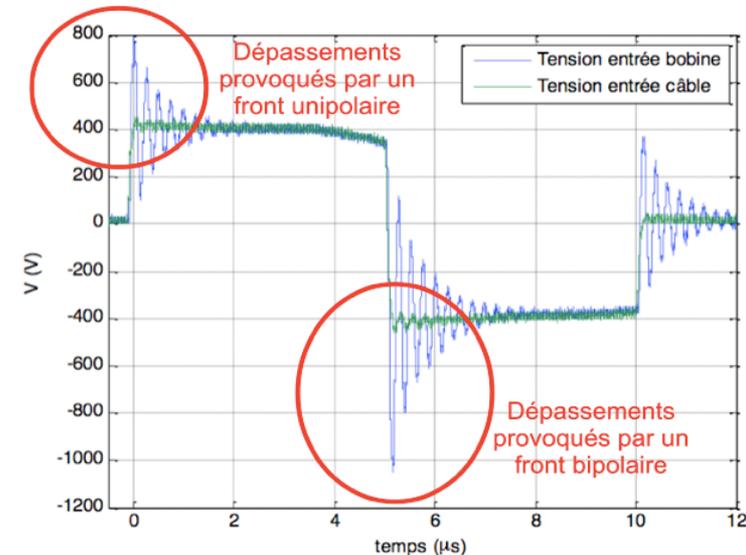
Travaux de recherche en cours

- Mise au point d'un appareil capable d'imposer des impulsions rapides très contraignantes à fréquence élevée
- Comptage du nombre d'impulsions avant claquage
- Enregistrement des données sur des temps longs (24h/24)
- Analyse comparative des durées de vie des différentes technologies d'isolation
- Tests : éprouvettes torsadées / bobines imprégnées / moteurs entiers

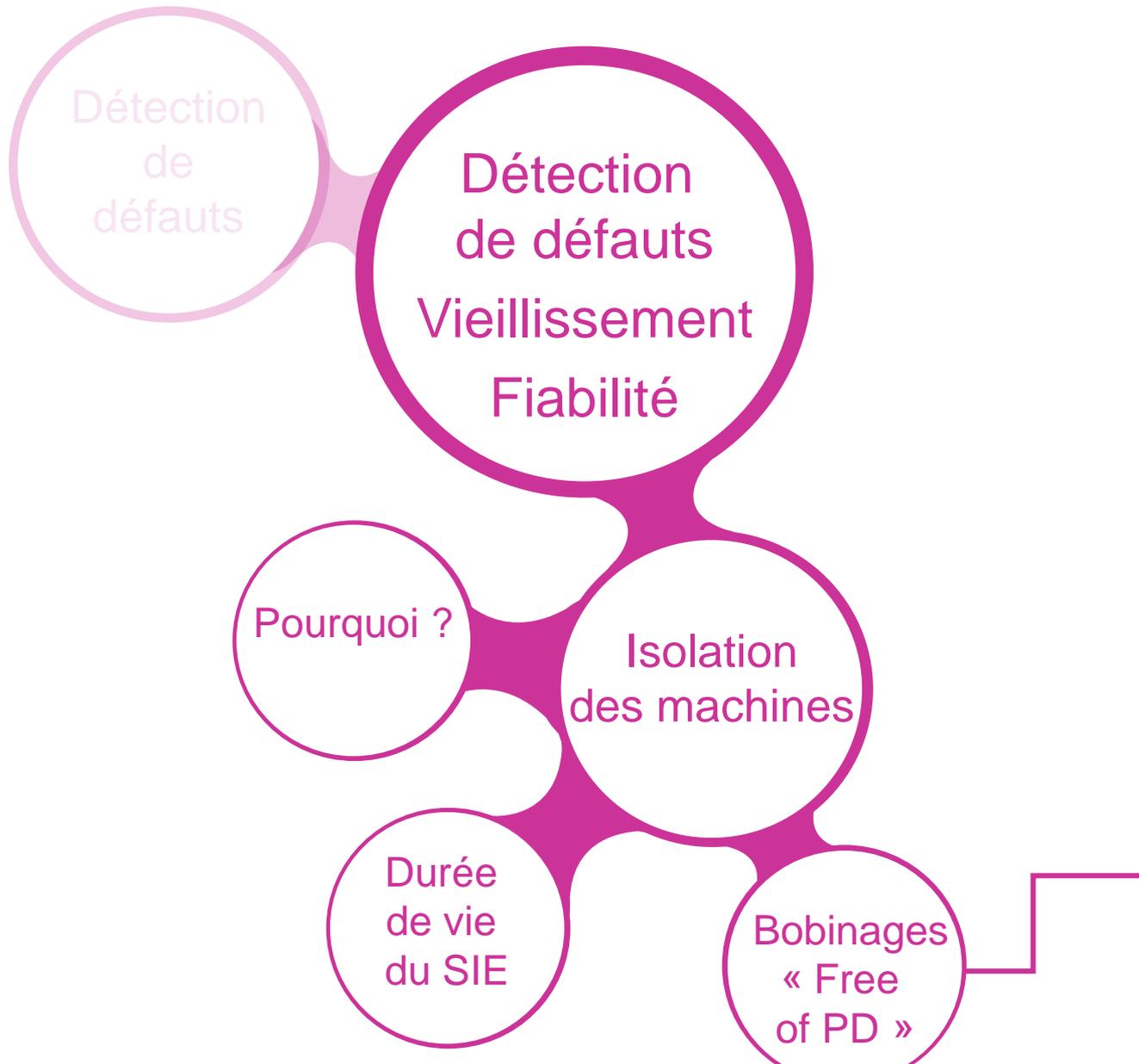


Éléments de réponse

- Lorsque l'amplitude des pointes de tension est inférieure au seuil d'apparition des DP (SADP), au point le plus faible du SIE, la durée de vie est plus longue que les possibilités expérimentales raisonnables
- Lorsque l'amplitude des pointes de tension est légèrement supérieure au SADP la durée de vie est très dépendante de l'écart entre les pointes de tension et le SADP.
- Le choix de la technologie d'isolation du fil émaillé est plus important que celui de l'imprégnation.



Axe de recherches



Axe de recherches

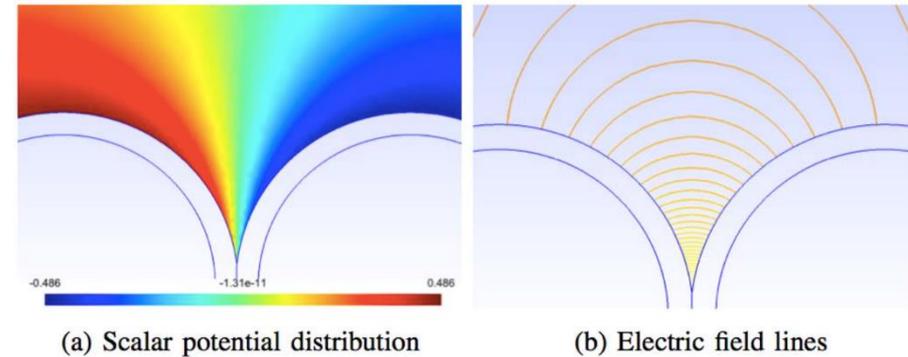
Elaboration de bobinages exempt de Décharges Partielles en MLI

Travaux de recherche en cours

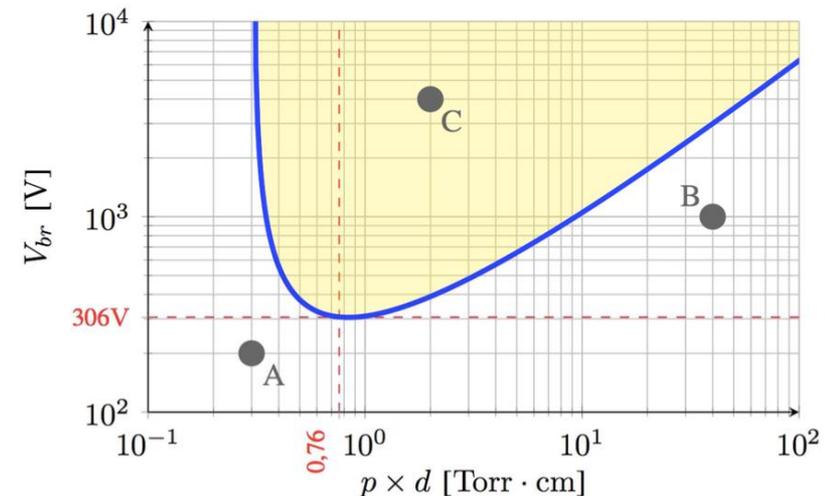
- Calcul de la répartition des pointes de tension dans les bobinages alimentés en MLI
- Localisation des points faibles à renforcer pour augmenter le SADP
- Définition de schémas équivalents HF pour la topologie de bobinage de la machine
- Vérifications expérimentales par la mesure directe des tension inter-spires

Éléments de réponse

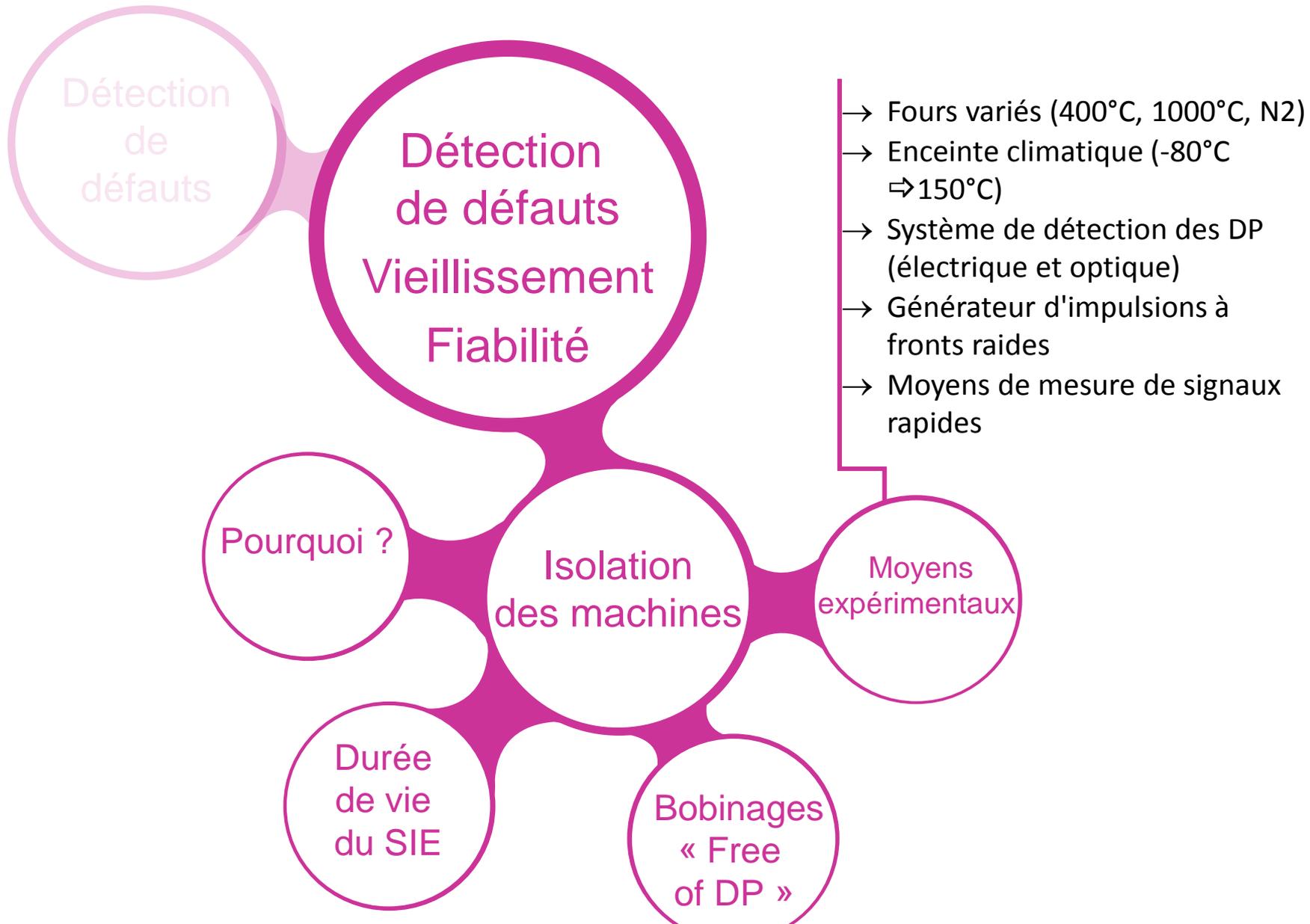
- Techniques de thermocollage = intéressantes car elles amènent de la matière dans les zones où les DP sont susceptibles de se produire.
- Schémas équivalents HF faits automatiquement = prédire les pointes de tension.
- Ordre optimal des fils dans les bobines préfabriquées = bobines qui tiennent des tensions > 5kV sans DP (à pression atmosphérique)



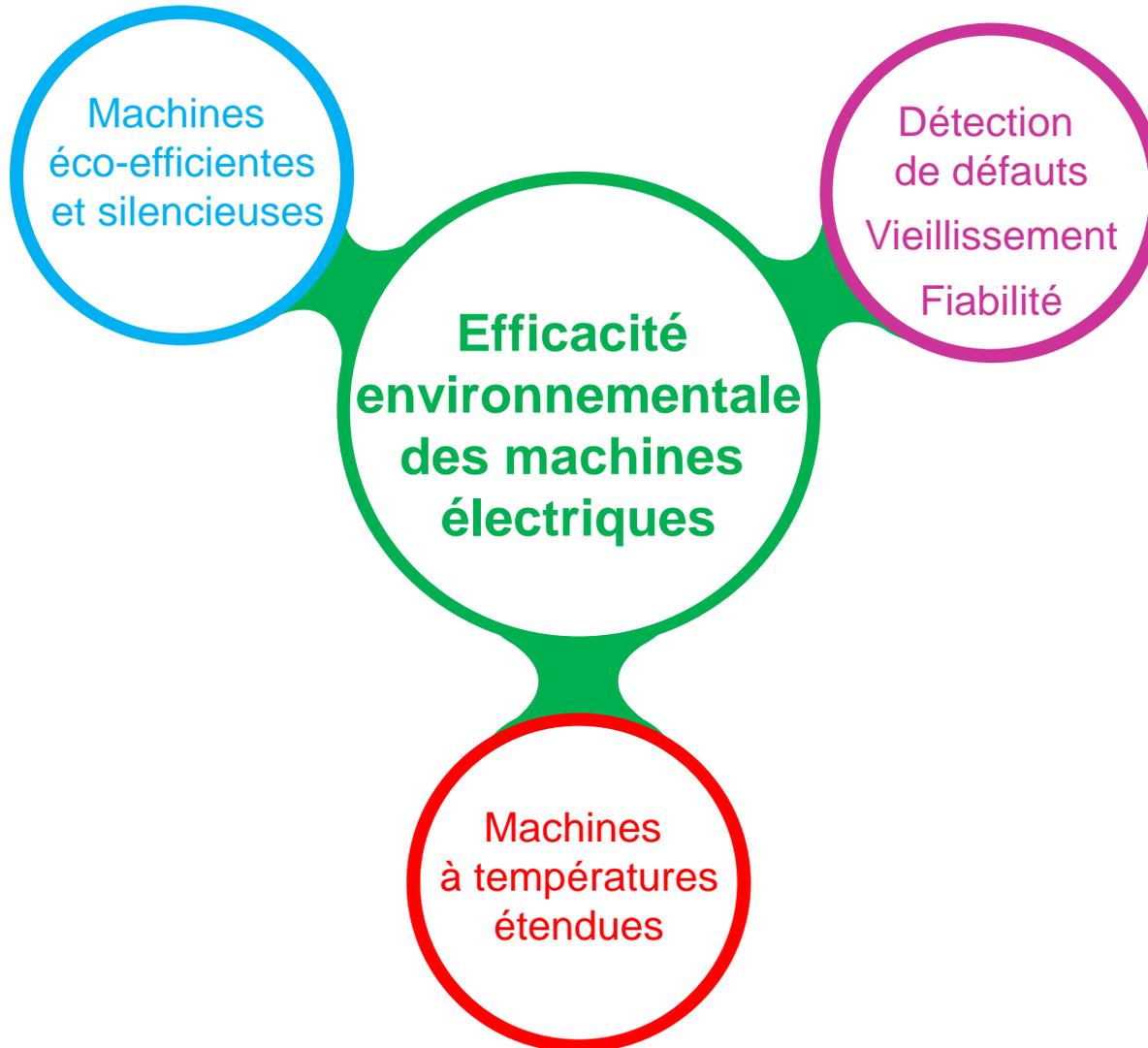
$$V = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l}$$



Axe de recherches



Axe de recherches



Pourquoi
Monter en
température ?

- Puissance massique !
- Travailler dans des environnements sévères

Machines
à températures
étendues

Pourquoi
Monter en
température ?

Machines
à températures
étendues

Quelle
isolation ?

Axe de recherches

Solutions HT° légères et compactes

Bobines faites avec des bandes d'aluminium anodisé (Al₂O₃)

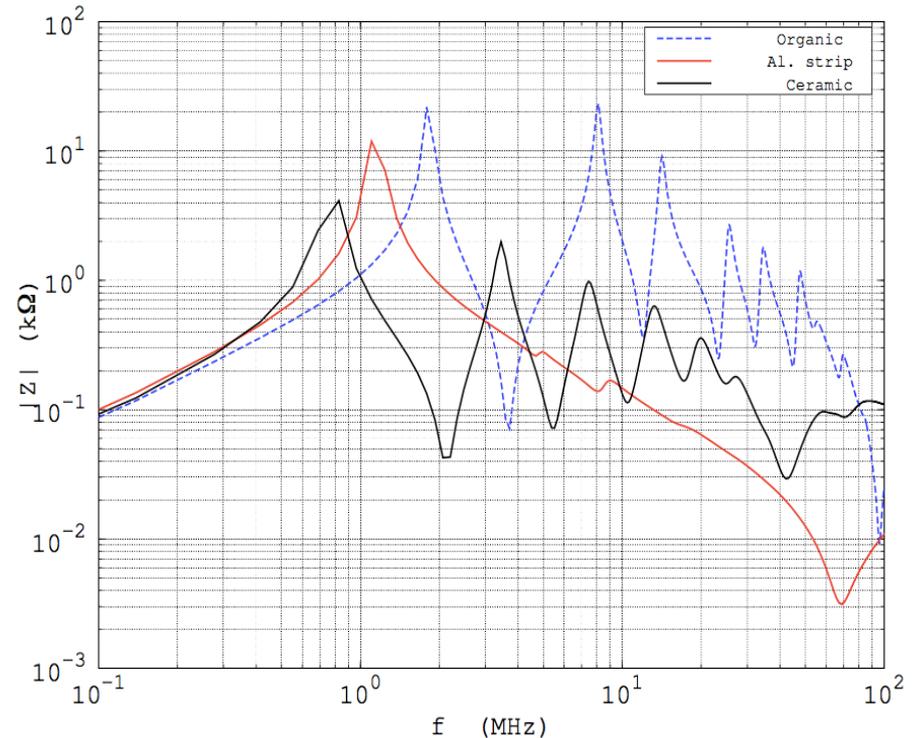
- Meilleur remplissage des encoches (rubans d'Al + Al₂O₃ : 5µm)
- Meilleur transfert thermique radial
- Accrochage naturel et robuste de la couche isolante (Al₂O₃ sur Al)
- Bobines plus légères, à courant égal
- Meilleure répartition des fronts de tension de la MLI
- La température de fusion de l'Al, plus basse que celle du Cu, limite un peu la plage de température.

Application :

- Machines Synchrones HT° à bobinage concentré légères bien adaptées aux convertisseurs MLI

Piste de recherche :

- Utilisation de poudres vitrocéramiques qui serviront d'imprégnant HT° de ces bobines.



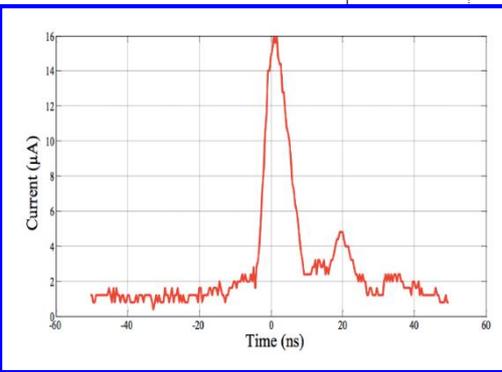
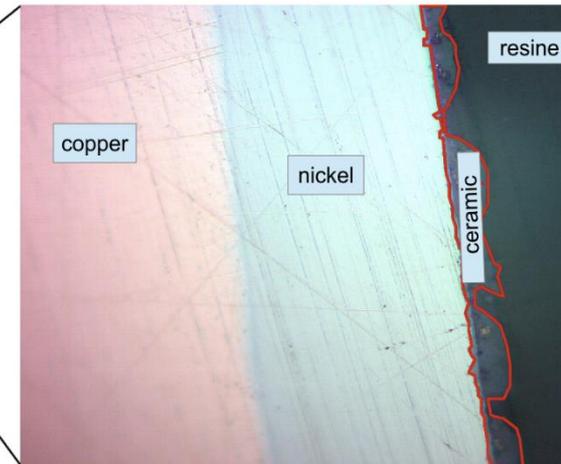
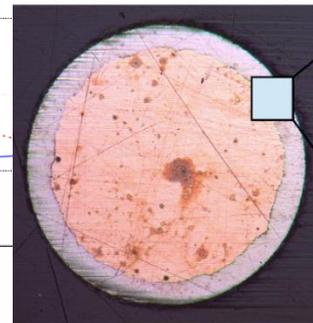
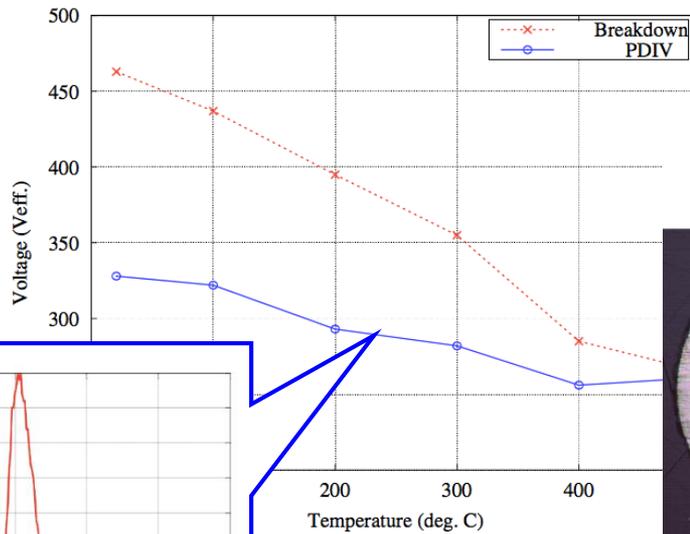
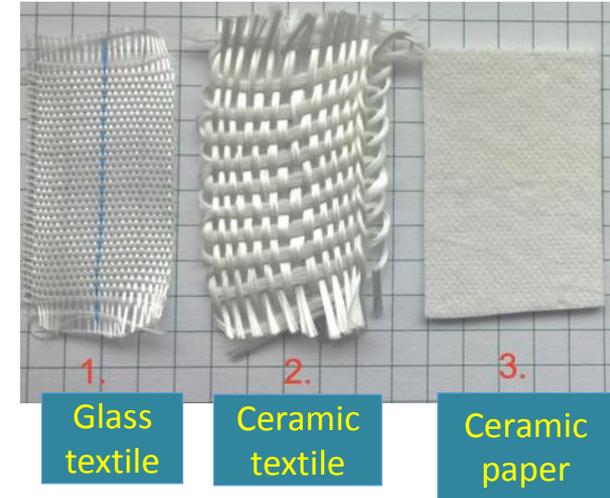
Axe de recherches

Monter franchement en température interne (500°C)

Fils isolés à partir de :

- textile inorganiques
- céramique

Couche de Nickel pour protéger le cuivre de l'oxydation



Pourquoi
Monter en
température ?

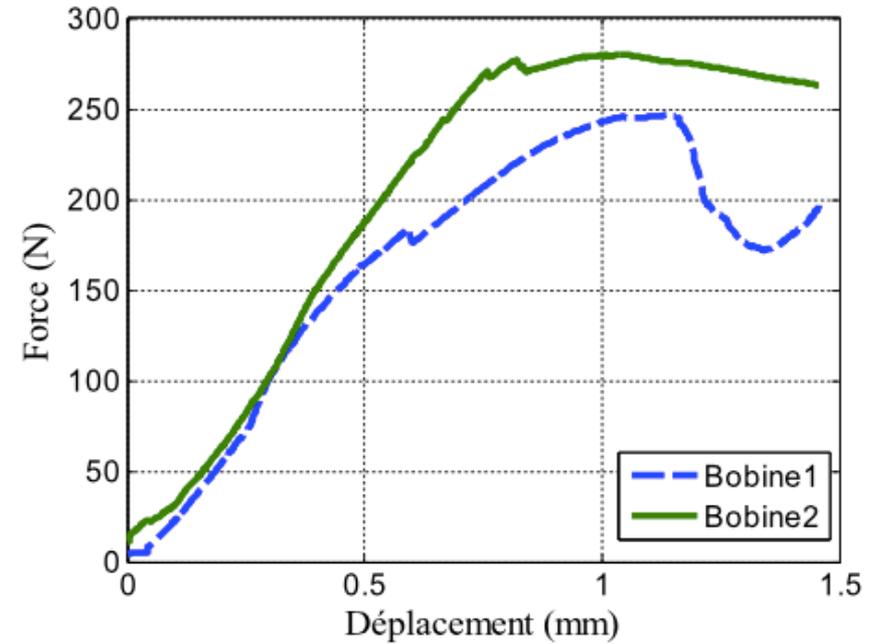
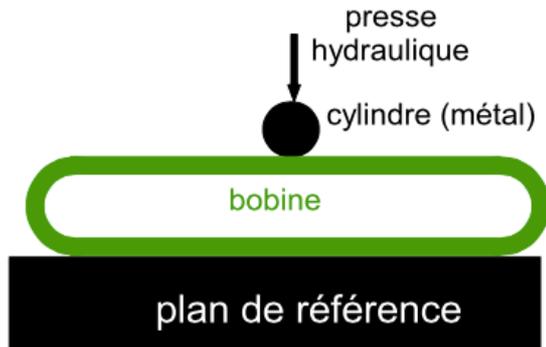
Machines
à températures
étendues

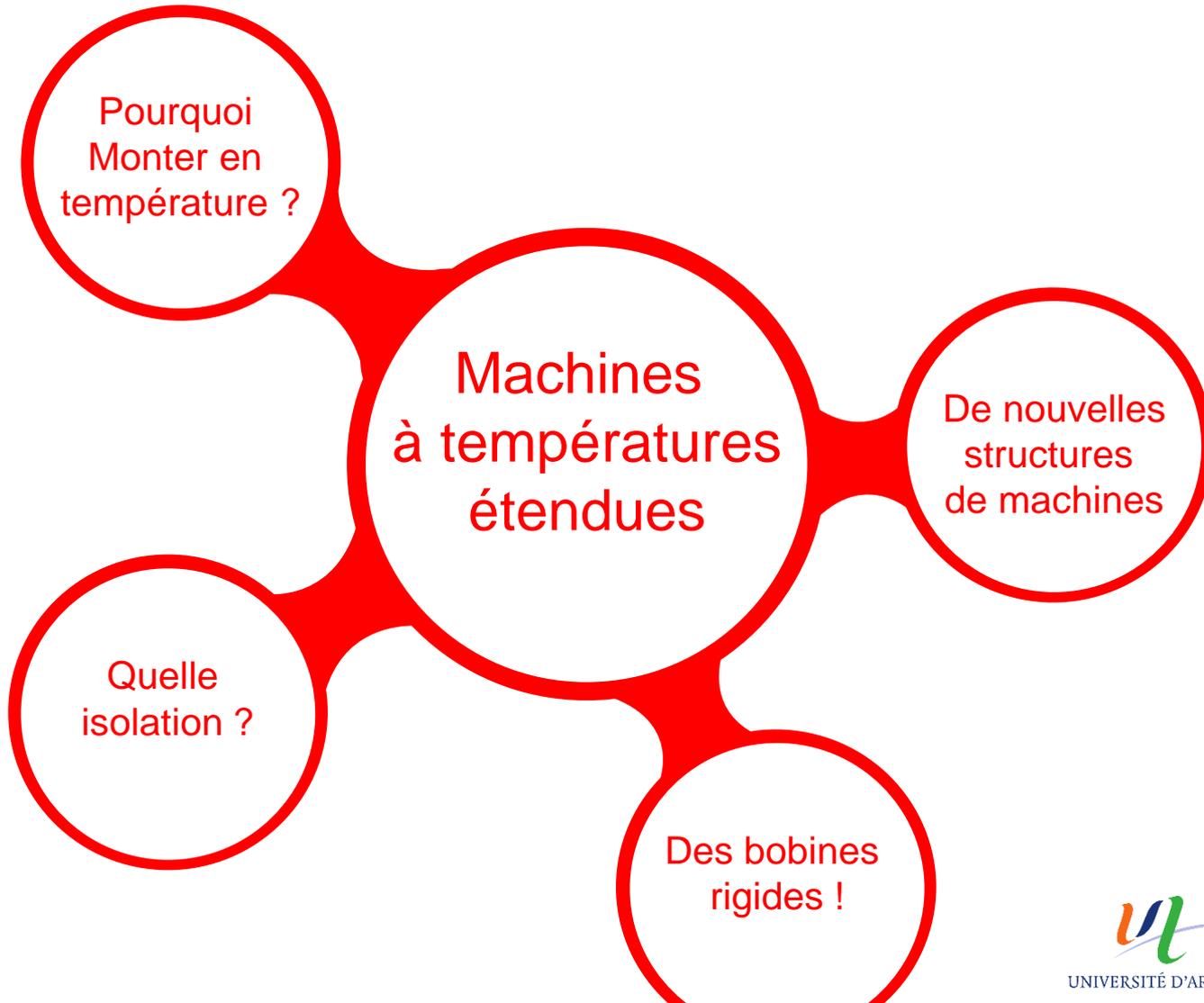
Quelle
isolation ?

Des bobines
rigides !

Axe de recherches

Tests mécaniques

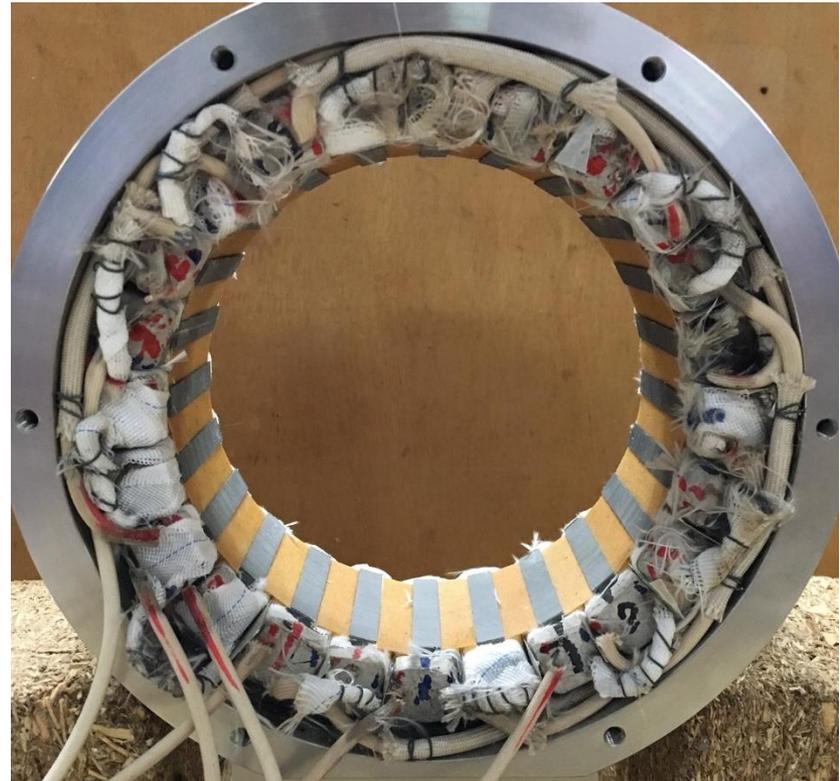




Axe de recherches

Quelles structures de machines ?

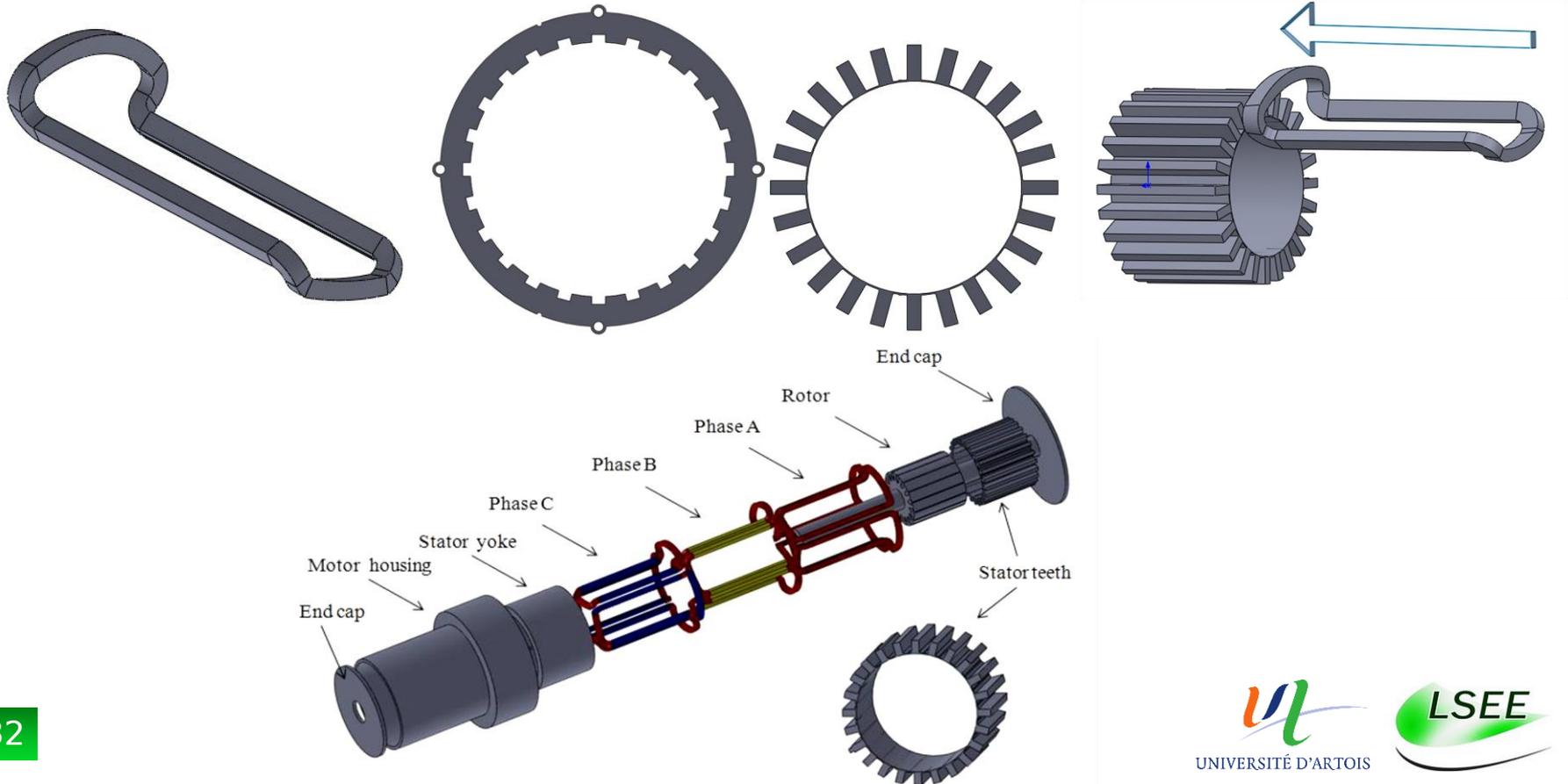
Stator d'une machine synchrone à pas fractionnaire et bobinage sur dents capable de fonctionner à 500°C



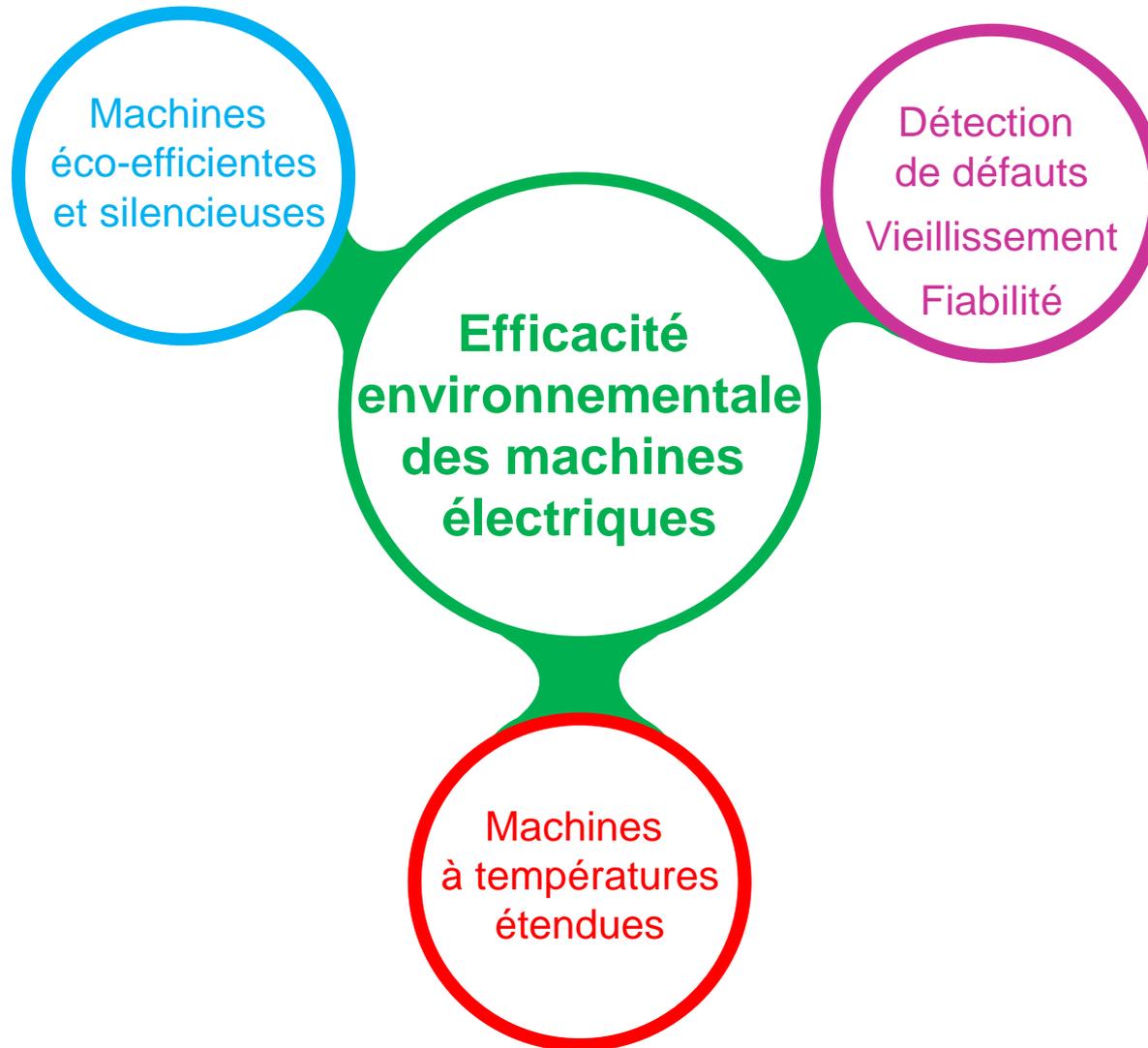
Axe de recherches

Quelles structures de machines ?

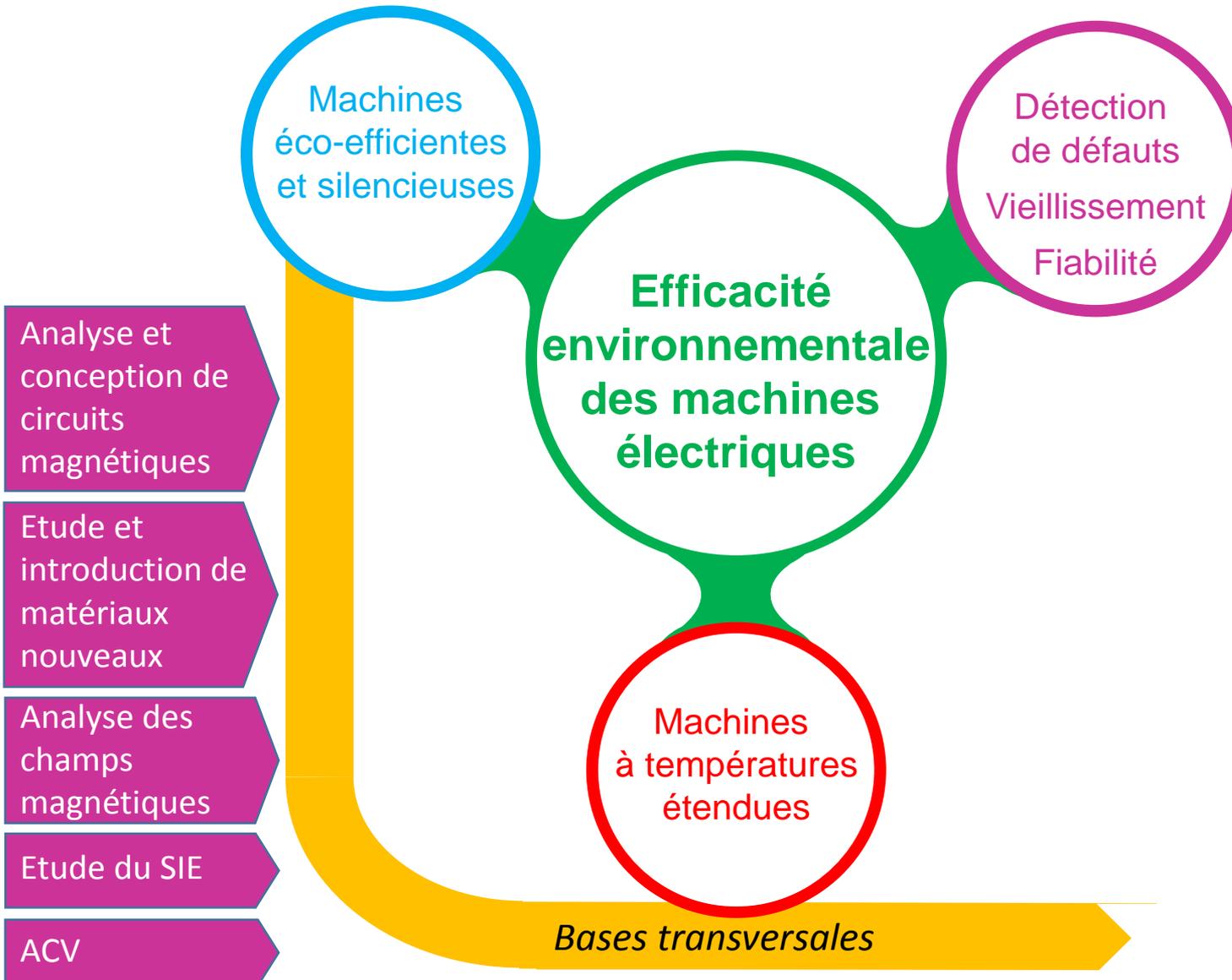
Machine asynchrone à stator à dents rapportées et bobines en S



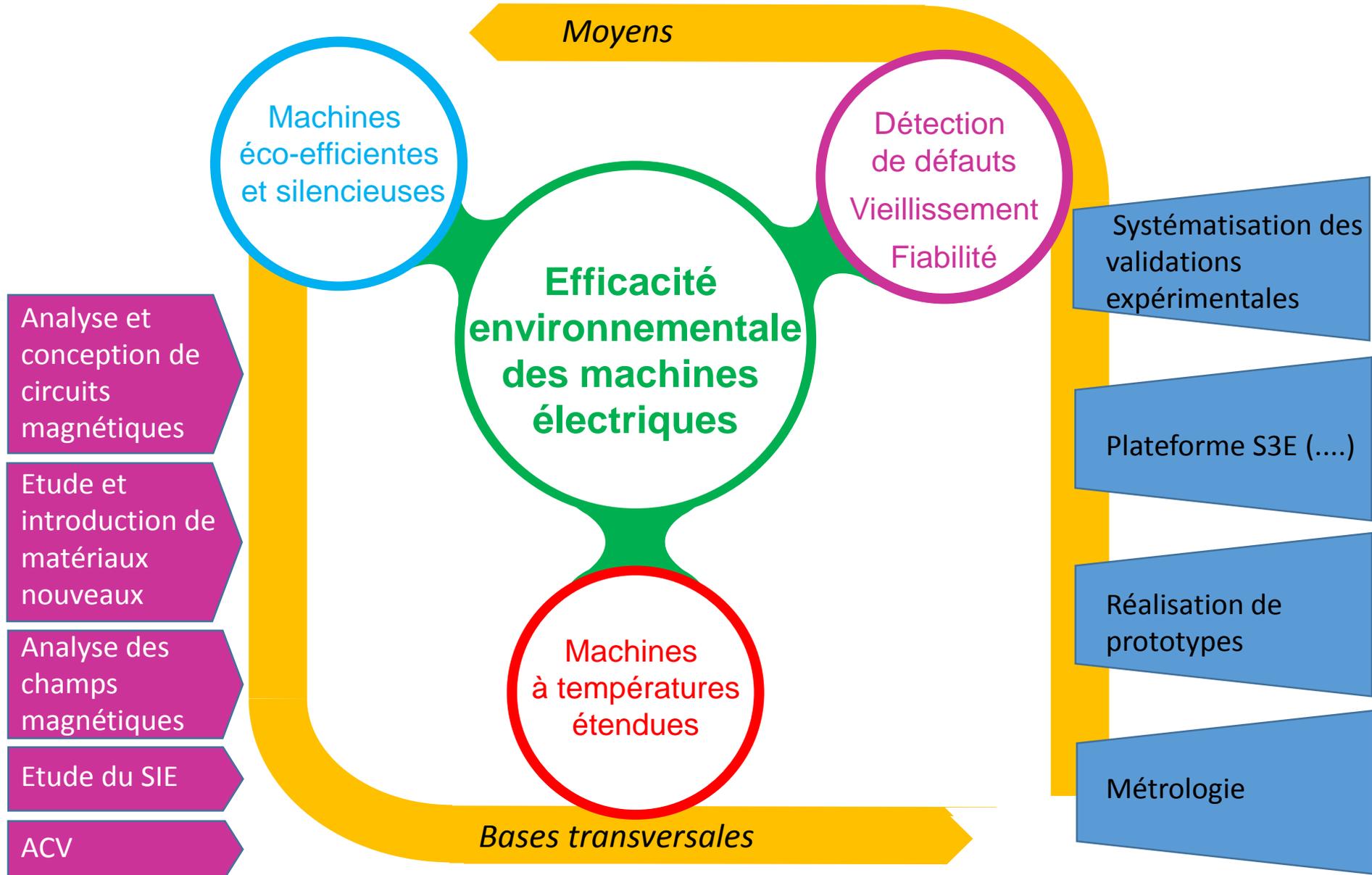
Caractéristiques du LSEE



Caractéristiques du LSEE



Caractéristiques du LSEE





www.lsee.fr



Laboratoire Systèmes Electrotechniques
et Environnement



UNIVERSITÉ D'ARTOIS