

Systemes électroactifs pour la fonctionnalisation de surfaces

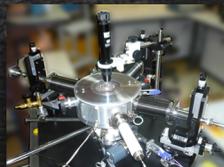
Journée Lauric Garbuio

Le laboratoire Laplace



Physique des plasmas froids

- Traitements de surface
- Traitements biomédicaux & phytosanitaires
- Propulsion plasma
- Décharges partielles
- Vieillessement
-



Matériaux

- Intégration 3D de composants
- Tenue diélectrique
- Matériaux OLED
- Caractérisation de dépôt de charges
-



Électromagnétisme et thermique

- Systèmes de refroidissement
- Interaction nuages et rayonnement pour prévision climatique
- Antennes reconfigurables
- Métamatériaux pour le HF
-



Systèmes de conversion

- Smart Grids
- Electrolyseurs et piles à combustible
- **Convertisseurs électromécaniques**
- Optimisation de systèmes
- Commande
-





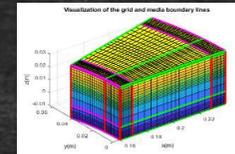
Le laboratoire



GREM3 – GROUPE DE RECHERCHE EN ELECTRODYNAMIQUE

Une équipe avec 3 axes de recherche:

- les actionneurs et machines hautes performances
- **Les interfaces fonctionnelles**
- L'électrodynamique théorique et méthodes numériques



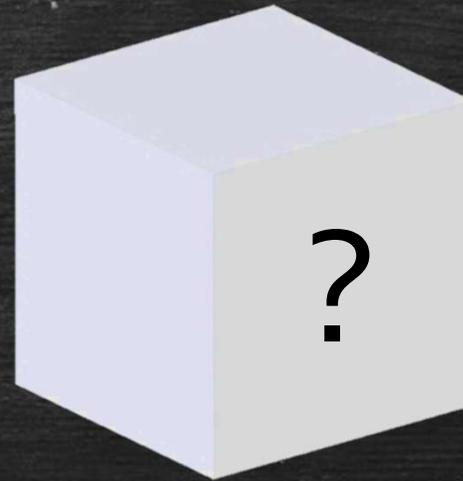
Lauric ou l'art de se faire comprendre

[lui]

J'aimerais formaliser un approche pour tirer tout le profit des multiples conversions d'un matériau

- usage multifonctionnelle (Capter et actionner)
- Forte intégration
- Energy Harversting

[moi]





Activités de recherche

La fonctionnalisation électrodynamique des surfaces

- Une action localisée pour une chaîne de transmission/transformation minimale
- Faiblement énergivore
- Une action significative à l'échelle du système global



La génération de plasma par effet piézoélectrique

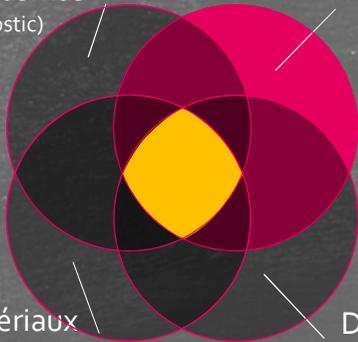
La fonctionnalisation électrodynamique des surfaces

- ❑ allumer un plasma avec 1V
- ❑ pas de source haute tension
- ❑ Une décharge sans passage à l'arc

Génération de plasma par effet piézoélectrique

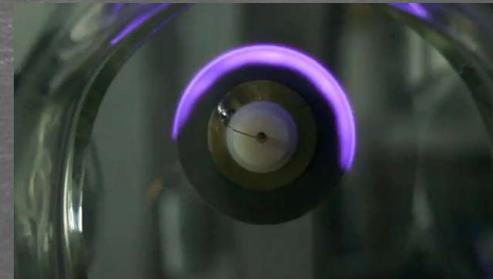
Physique des plasmas
(modélisation, diagnostic)

Génie électrique
(modélisation, conception, caractérisation)



Science des matériaux
(synthèse, caractérisation)

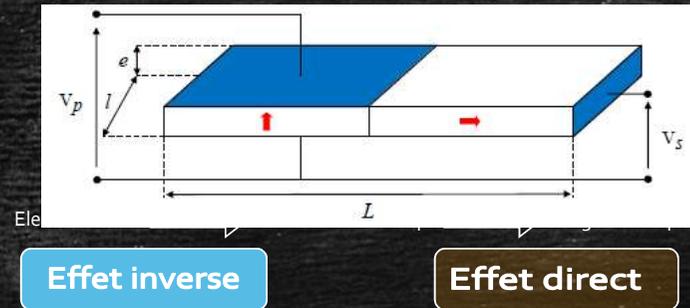
Domaine applicatif
Ex: science du vivant (protocole, analyse)



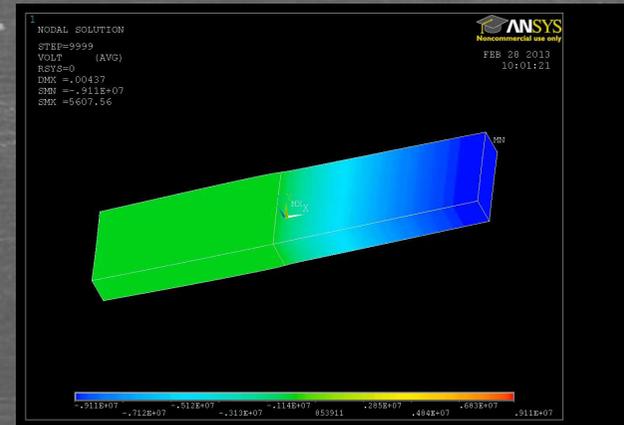
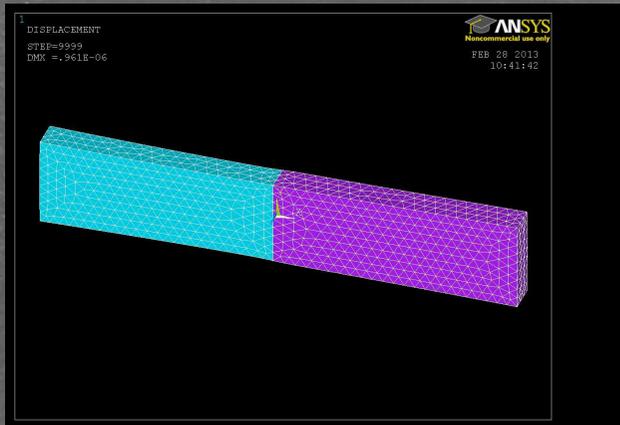


La génération de plasma par effet piezoelectrique

Le principe



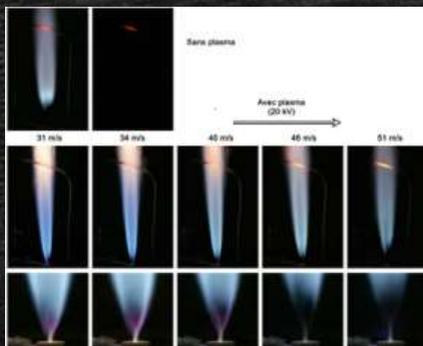
- Elévation de tension localisée
- Bénéfice des propriétés diélectriques du matériau
- Augmentation de la puissance transmise à la décharge





Champ applicatif

Assistance for combustion in engines



Polymerization in dental surgery



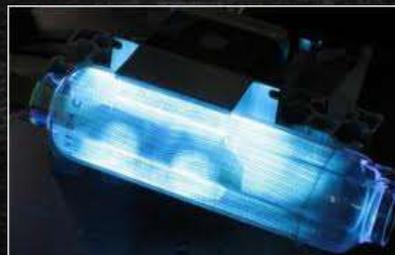
Flow control in boundary layer



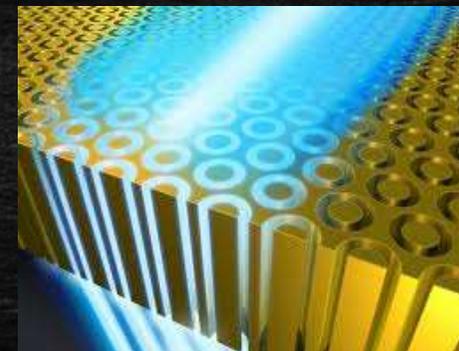
Sterilization



Water Pollution Control by excimer lamp

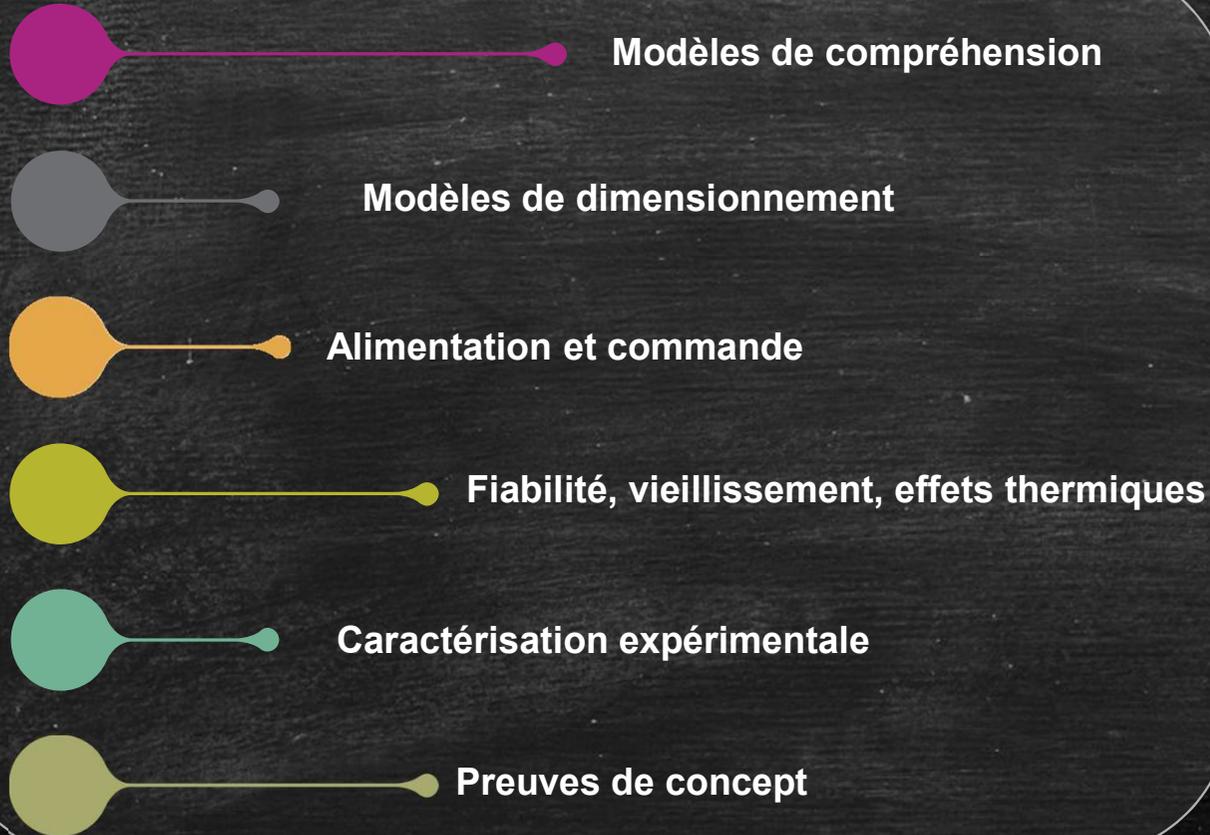


Electromagnetic Meta materials





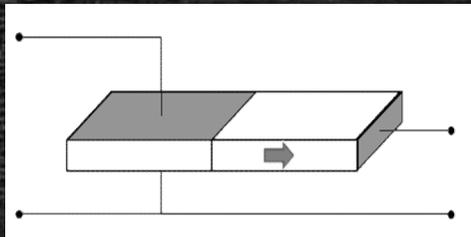
La fonctionnalisation électrodynamique des surfaces





Modèles de compréhension Non-linéarités dans les transformateurs Hors décharge

Transformateur Rosen à vide



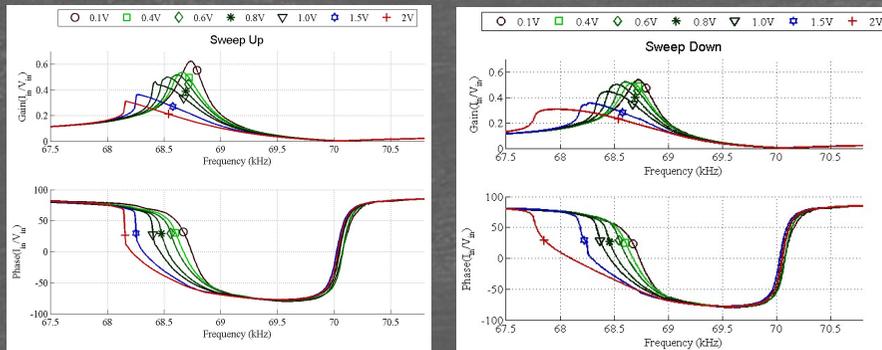
Révision du modèle linéaire des lois constitutives de la piézoélectricité

$$K_{11} = \bar{c}_{11} u_{1,1} + \bar{e}_{31} \phi_{,3} + \bar{\xi}_{31} u_{1,1}^2 + \bar{\gamma}_{31} u_{1,1}^3$$

$$D_3 = \bar{e}_{31} u_{1,1} - \bar{e}_{33} \phi_{,3}$$

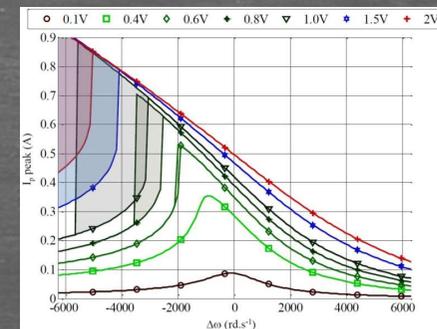
Expérience

Diagramme de Bode d'admittance sweep up/sweep down



Modèle

Diagramme de Bode d'admittance

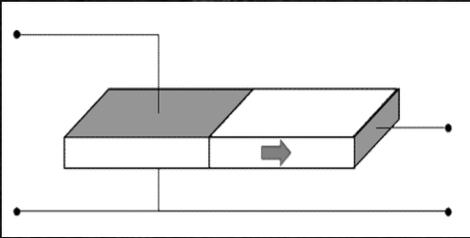


Validation du modèle



Modèles de compréhension Couplage faible source/décharge plasma

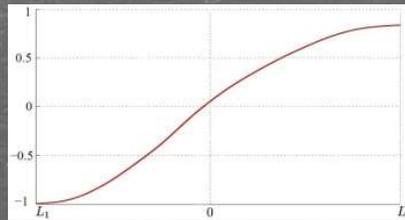
Transformateur Rosen en décharge (basse pression)



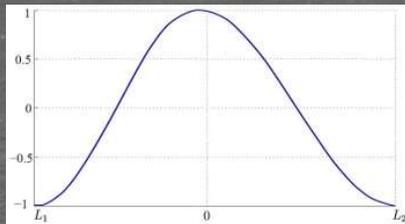
Modèle

Modèle de déformées mécaniques

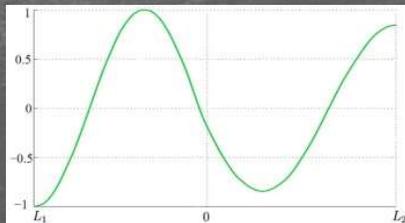
$\lambda/2$ mode



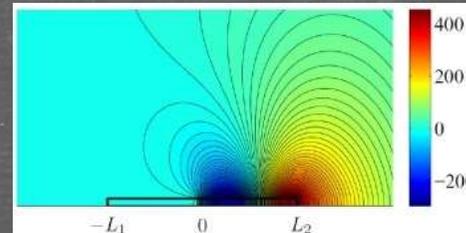
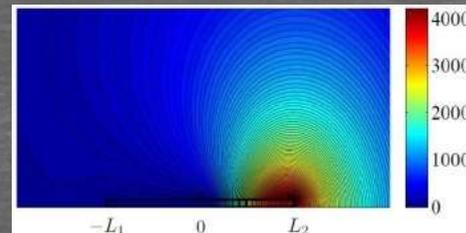
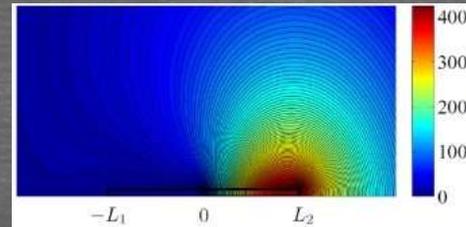
λ mode



$3\lambda/2$ mode

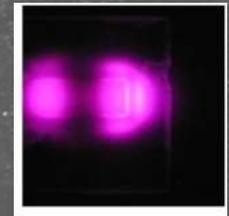
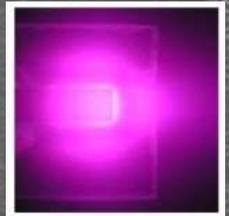
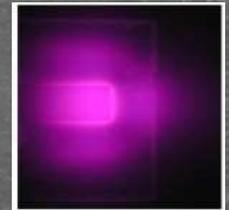


Distribution du champ électrique (hors décharge)



Expérience

Observations à basse pression





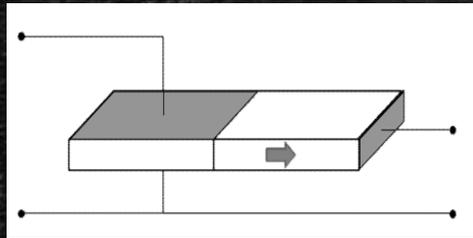
Modèles de compréhension

Condition de transition allumage/extinction du plasma

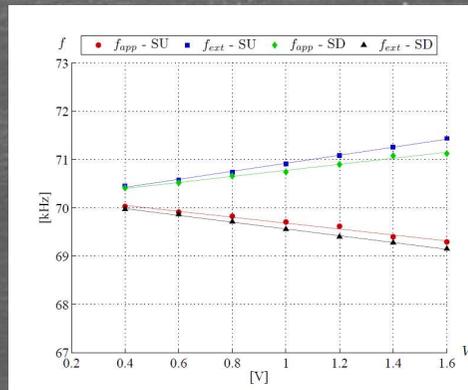
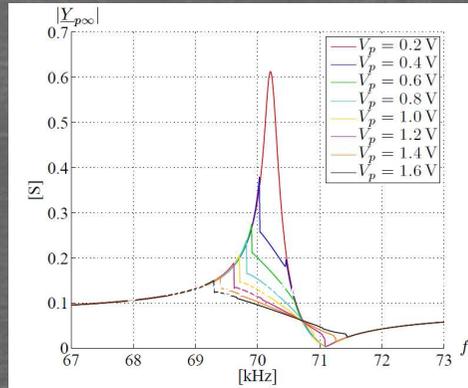
Expérience

Modèle

Transformateur Rosen en décharge (basse pression)



Observations des événements d'allumage et d'extinction

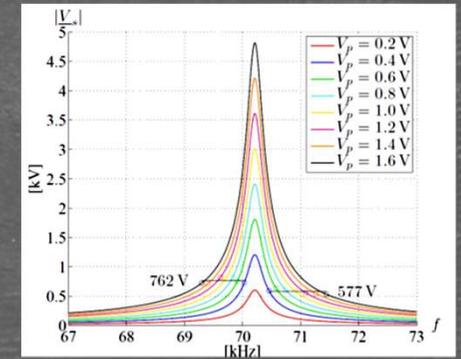


$$|G| = \frac{|z_s|}{|z_p|} = \frac{\psi}{\sqrt{\left[1 - \delta \left(\frac{\omega^2}{\omega_s^2} - 1 - \frac{Q}{Q_m}\right)\right]^2 + \left[\frac{\delta}{Q_m} \frac{\omega}{\omega_s} + \delta Q \left(\frac{\omega}{\omega_s} - \frac{\omega_s}{\omega}\right)\right]^2}}$$

$$f(v_p) \approx \frac{\omega_p}{2\pi} (1 \pm \theta |v_p|)$$

$$\theta = \frac{|\psi|}{|v_s|(\delta + 1)}$$

Evaluation des tensions d'allumage et d'extinction



La génération de plasma par effet piézoélectrique

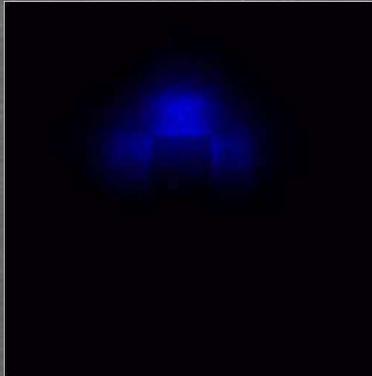


Modèles de compréhension

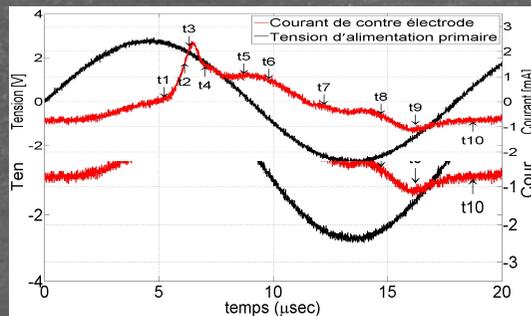
Couplage faible source/décharge plasma

Expérience

Evolution dynamique de la décharge à basse pression



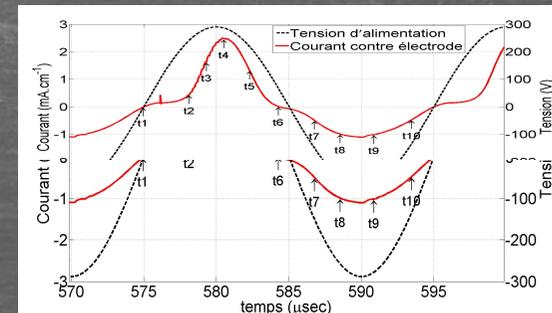
Courant de décharge (expérimental)



Modèle

Résolution des équations de transport fluide couplées à l'équation de Poisson

Courant de décharge (simulation)





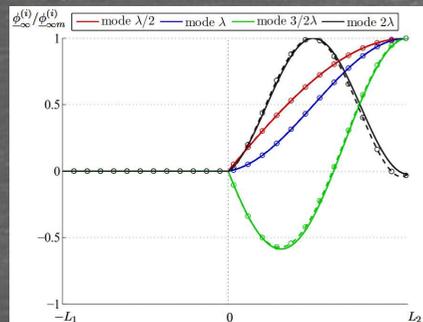
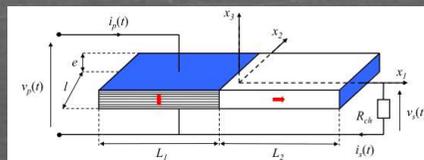
Modèles de dimensionnement

par approche variationnelle

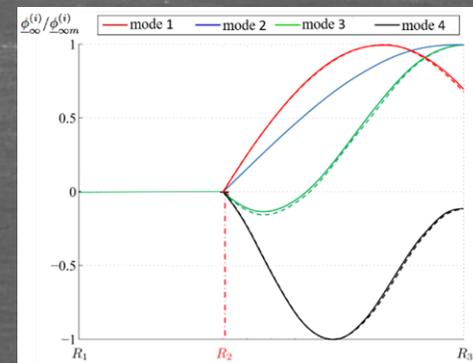
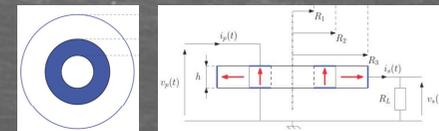
Mise en place d'une approche systématique et rigoureuse pour la formulation analytique

- Approche variationnelle étendue (Lagrange étendu électrique et mécanique)
- Modèle linéaire
- Résolution des équations d'ondes (mécaniques) pour les formes géométriques simples
- Réduit aux modes principaux de déformation

Transformateur Rosen



Transformateur Rosen annulaire





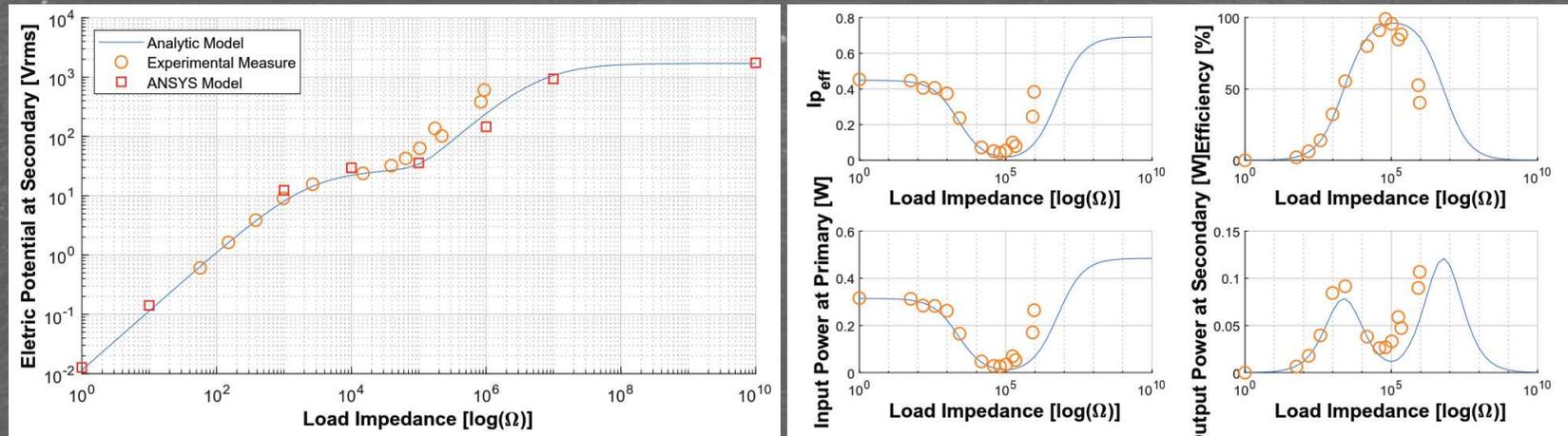
Modèles de dimensionnement

par approche variationnelle

Mise en place d'une approche systématique et rigoureuse pour la formulation analytique

- Approche variationnelle étendue (Lagrange étendu électrique et mécanique)
- Modèle linéaire
- Résolution des équations d'ondes (mécaniques) pour les formes géométriques simples
- Réduit aux modes principaux de déformation

Modèle électrique du transformateur – couplage à la charge



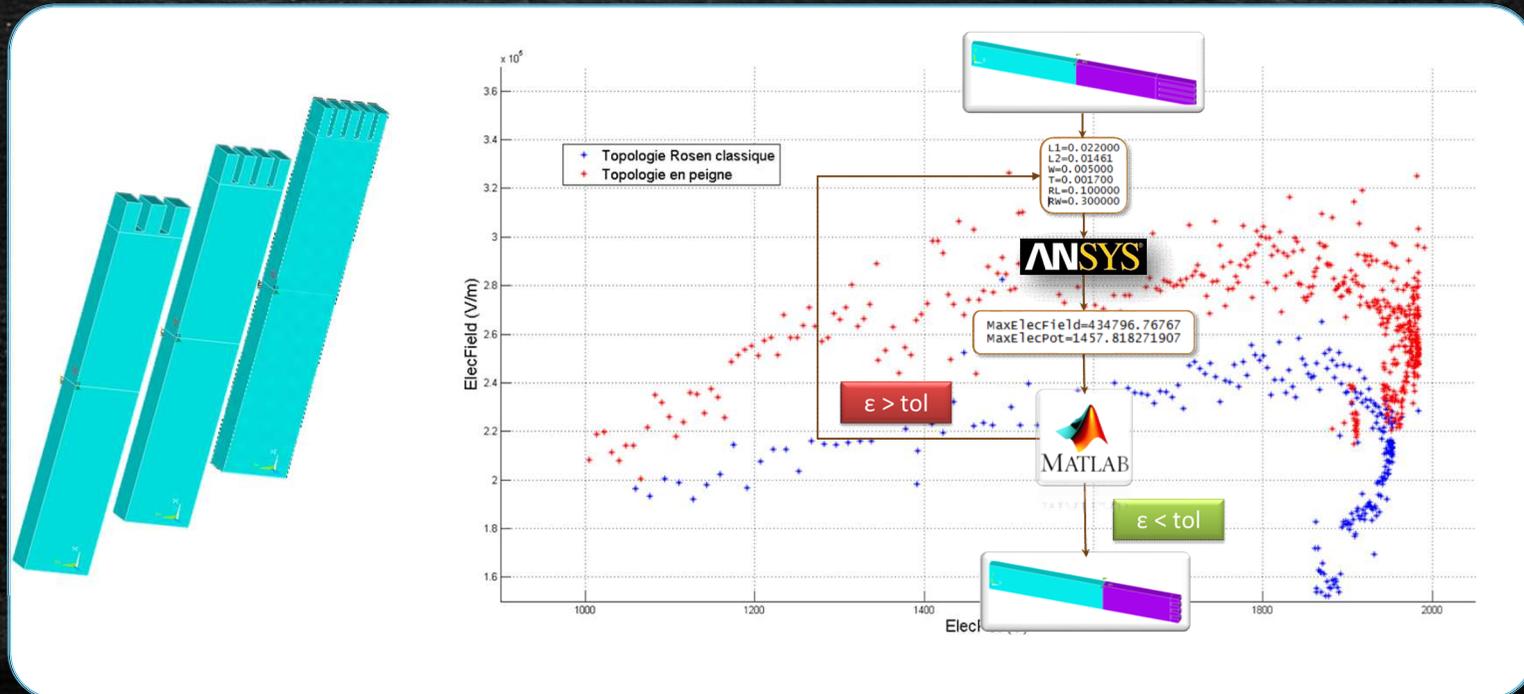


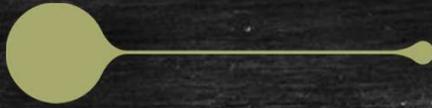
Modèles de dimensionnement

Optimisation

Formulation d'un modèle analytique (couplé numérique) pour l'optimisation paramétrique

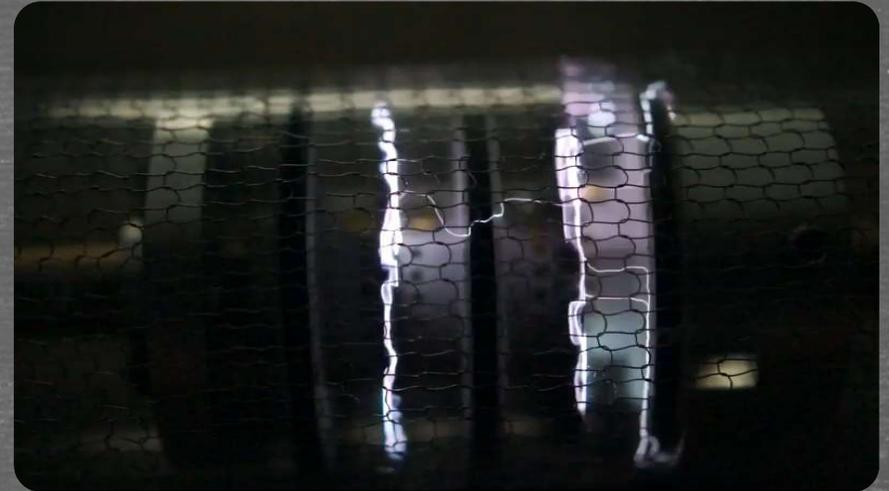
- ❑ Application de méthode d'optimisation déterministe globale par arithmétique d'intervalles (IBBA)
- ❑ Application de méthode d'optimisation locale sous-contrainte (quasi-newton)

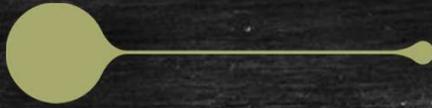




Preuves de concept

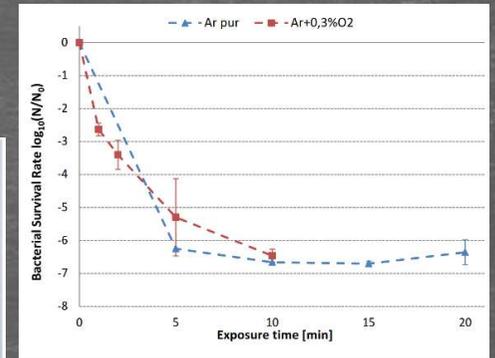
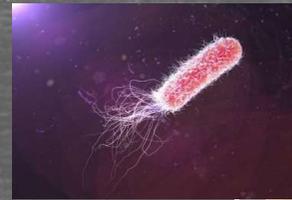
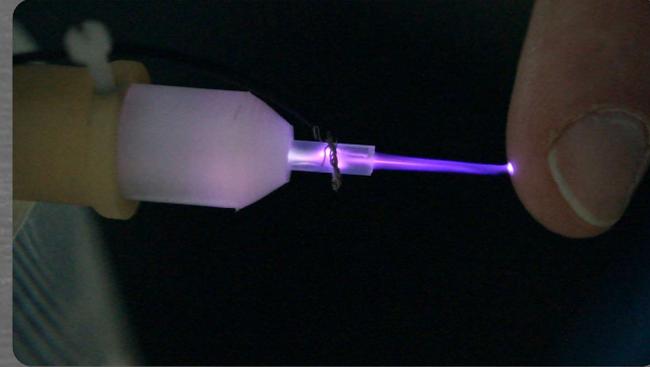
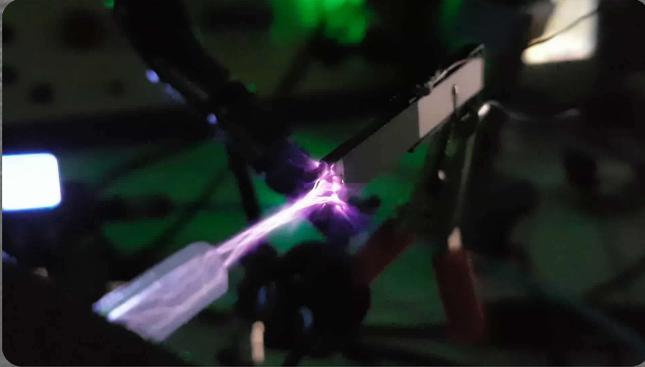
Expérience





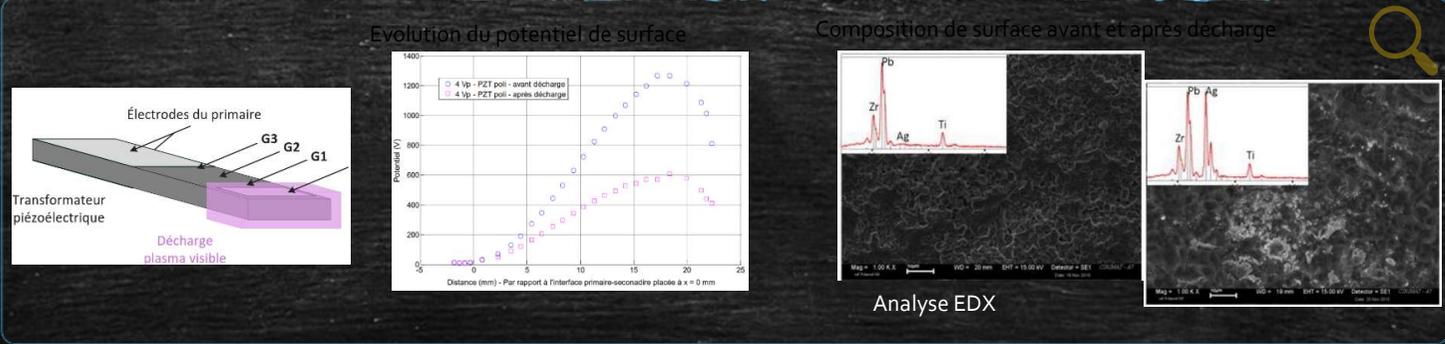
Preuves de concept

Expérience





Fiabilité et vieillissement Caractérisation électrique et physico-chimique



Les effets thermiques

