



PLASMAS REACTIFS HORS EQUILIBRE – (PRHE)

Responsable : Mohammed YOUSFI, Directeur de Recherches

☎ : 33.(0)5.61.55.68.95 – 📠 : 33.(0)5.61.55.63.32

✉ : yousfi@laplace.univ-tlse.fr

▪ Objectifs généraux :

L'équipe PRHE-LAPLACE développe, optimise et exploite diverses sources plasmas générant des espèces actives par décharges électriques sous différents modes d'alimentation électrique et électromagnétique aussi bien à la pression atmosphérique qu'à la pression réduite. L'équipe maîtrise parfaitement les outils de diagnostics expérimentaux de ces plasmas froids hors équilibre ainsi que les outils de modélisations physiques validées expérimentalement. L'équipe couvre un large spectre d'activités de recherche sur les plasmas réactifs allant des études fondamentales sur les données de base jusqu'aux applications notamment biomédicales sans omettre ni la valorisation (brevets), ni l'aspect technologique

(par exemple participation au développement de prototypes de stérilisation). Ces activités de recherche sont regroupées autour de 3 axes de recherche.

Composition de l'équipe :

8 Enseignants Chercheurs UPS, 4 chercheurs CNRS, 1 Assistant Ingénieur UPS

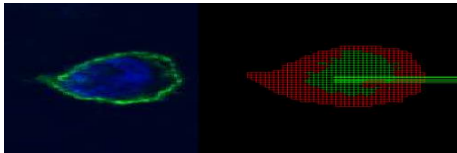
BENHENNI Malika, MCF (HDR)
DUCASSE Olivier, MCF
EICHWALD Olivier, PR
LEDRU Gérald, MCF
MARCHAL Frédéric, MCF (HDR)
MERBAHI Nofel, MCF (HDR)
SEWRAJ Neermalsing, MCF (HDR)
GARDOU Jean Pierre, MCF

BORDAGE Marie-Claude, CR
RICARD André, DR (Emérite)
SARRETTE Jean Philippe, CR
YOUSFI Mohammed, DR
Julien HUNEL (Assistant-Ingénieur)

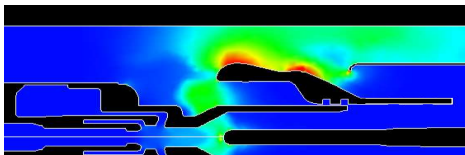
15 doctorants et post-doctorants

• Axe 1 : Données de base

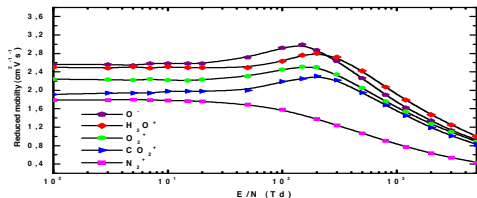
- ▶ Interactions particules chargées/gaz : modélisation et validation expérimentale
- ▶ Cinétique des états excités par diagnostics laser (LIF: Laser Induced Fluorescence, TALIF)
- ▶ Interactions gaz/surface
- ▶ Interactions électrons-photons/matière et bio-matière pour la radiothérapie
- ▶ Claquage et Recouvrement diélectrique dans les disjoncteurs HT



Modélisation d'une cellule humaine maligne (A431CEA) et simulation du dépôt d'énergie d'un rayonnement ionisant.



Zone de claquage (en rouge) lors du recouvrement diélectrique du gaz dans un disjoncteur HT (résultats en collaboration avec AREVA TD)

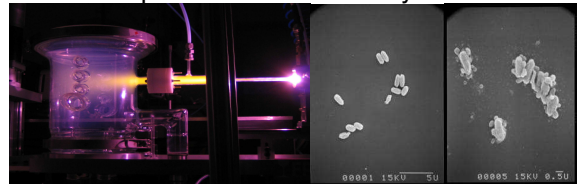


Mobilité de quelques ions présents dans une décharge hors équilibre dans un gaz d'échappement à la pression atmosphérique

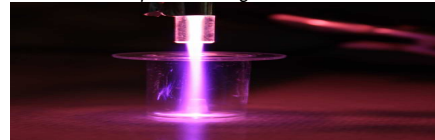
• Axe 2 : Applications biomédicales et environnementales

- ▶ Stérilisation et décontamination
- ▶ Traitement de biomatériaux naturels
- ▶ Plasmas pour la médecine

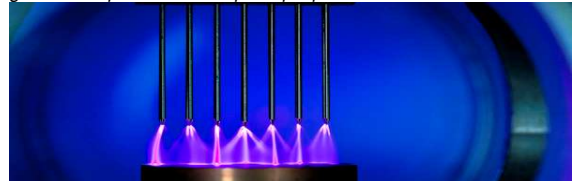
- ▶ Dépollution
- ▶ Sources d'espèces actives et de rayonnement VUV



Stérilisation par post-décharge en flux à pression réduite. A gauche: réacteur de traitement. A droite: bactéries avant et après exposition à la post-décharge



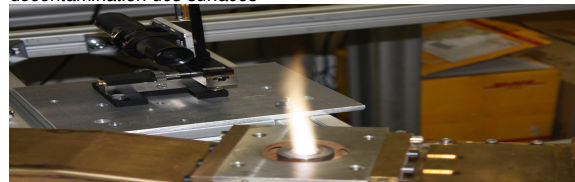
Exemple de configuration pour le traitement d'un liquide (sang par exemple) contenu dans une cupule KC10, par jet de plasma froid généré à la pression atmosphérique par DBD dans l'hélium



Rideau de décharges corona pour la dépollution



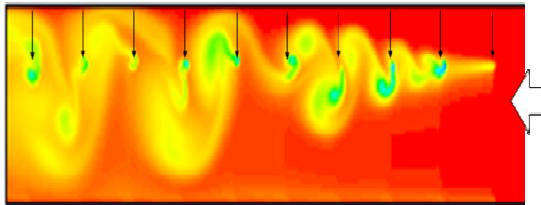
Décharge couronne de surface générée dans l'air ambiant pour la décontamination des surfaces



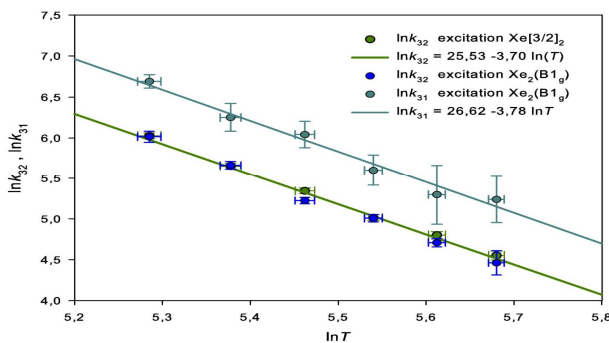
Plasma tiède généré par cavité résonante micro-ondes pour l'étude des propriétés diélectriques et cinétiques des gaz

Axe 3 : Outils de diagnostics et de Modélisations validées expérimentalement

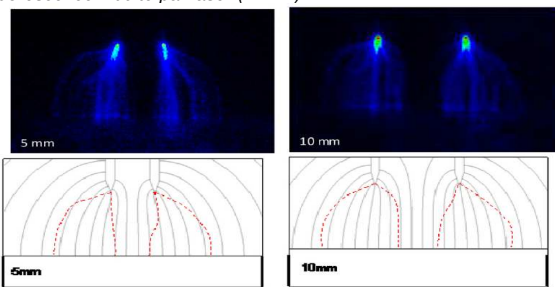
- ▶ Caractérisations électrique, spectroscopique (OES, LIF, TALIF, ...) et imagerie des décharges (couronne, DBD, de surface et micro-ondes) et des jets de plasmas froids
- ▶ Modélisation fluide des écoulements réactifs
- ▶ Cinétique chimique et réduction chimique
- ▶ Modélisation électro-hydro-dynamique des décharges hors équilibre et des streamers
- ▶ Couplage des modèles de décharge et post-décharge en flux
- ▶ Modélisations particulières (Equation de Boltzmann, Simulation Monte Carlo et modèles PIC)



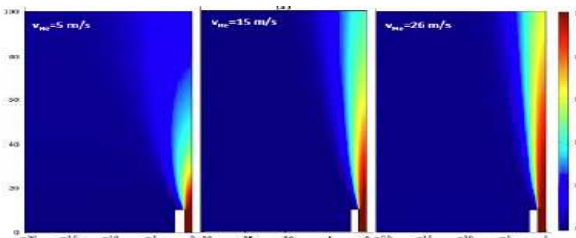
Évolution de l'oxyde d'azote à l'instant $t=10ms$ dans un réacteur plasma de type corona multi-pointes traversé par un flux latéral d'air à 5m/s après le passage de 100 décharges couronne positives successives avec une fréquence de répétition de 10KHz et une tension sur chacune des 10 pointes anodiques de 7.2kV



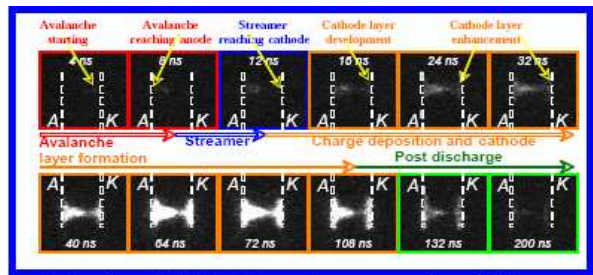
Variations des constantes de collision à trois corps de formation des excimères de xénon en fonction de la température obtenues par fluorescence induite par laser (TALIF).



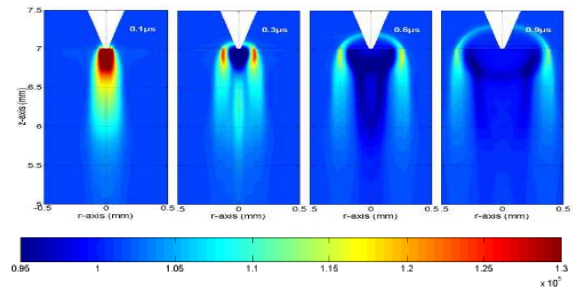
Effets mutuels entre 2 décharges couronne générées par 2 pointes distantes de 5 mm puis 10mm : Imagerie CCD (en haut) et calcul des lignes de champs électriques correspondantes (en bas)



Calcul de la concentration réduite de l'hélium dans l'air ambiant à la sortie du tube de quartz (diamètre intérieur= 2mm) pour 3 débits de gaz dans le cas d'un jet de plasma froid généré par DBD



Développement d'une décharge à barrières diélectriques typique dans un gaz rare ou moléculaire dans un espace inter-électrodes (anode A et cathode C) distant de 2mm, alimenté par une tension sinusoïdale de fréquence 20 kHz et Imagerie CCD avec un temps d'exposition de 3.9 ns, un pas de temps de 4ns et une accumulation 300 vues par images.



Ondes de pression (en Pa) à proximité de la pointe d'une décharge couronne dans l'air par couplage entre les modèles de dynamiques du streamer et du gaz pour micro-actionneur plasma

Mots clés:

Génération, caractérisation et optimisation des plasmas réactifs
 - Plasmas froids pour le biomédical - Données de base -
 - Modélisations physiques des décharges hors équilibre -
 - Couplage dynamiques des streamers et des gaz -
 - Diagnostics laser (LIF, TALIF,...) - Spectroscopie moléculaire -
 - Stérilisation-décontamination, Traitements de Biofilms et biomatériaux,
 - Plasmas pour la médecine-
 - Dépollution chimique-
 - Interactions rayonnement/bio-matière -
 - Sources de rayonnement UV et UVL -
 - Interactions plasma-surface -
 - Claquage des gaz-
 - Cinétique des plasmas réactifs.

Domaines d'application (voir axe 2)

Productions scientifiques de 2007 à 2010:

- Articles revues internationales: 72 ACL (Soit 1,5 ACL par an et par chercheur)
- Brevets: 5
- Conférences internationales avec actes: 87
- Conférences invitées: 15
- Thèses soutenues: 7 ; HDR: 3

Collaborations :

✓ Supports institutionnels

Europe – ANR – PEPS CNRS – GDR SEEDS – Programme ECOS – Programme Egide – Projet CNRS-DRU – Projet Hubert Curien

✓ Partenariat universitaire

Universités de Patras, Oran, Monastir, Mexico, Virginia, Chine, Corée du sud, Barcelone
 INIST de Lisboa (Portugal)
 IFFM de Gdansk (Pologne)
 INP de Greifswald (Allemagne)
 III Canberra (Australie)
 ININ Mexico

✓ Partenariat industriel :

SIEMENS-Berlin, CEA-DIF, AREVA-TD, Société SATELEC (Équipementier)