

Activités de recherche liées à la bioélectronique au sein des Laboratoires Microsystèmes et Instrumentation (LMI) et Etudes des Matériaux d'Electronique pour Applications Médicales (LEMEAMed)

Axe 1 : Utilisation des décharges plasmas pour le traitement de microorganismes vivants

Axe 2 : Développement de capteurs et biocapteurs à base de couches minces élaborées par plasmas.

Travaux menés dans l'axe 1 (Utilisation des décharges plasmas pour le traitement de microorganismes vivants)

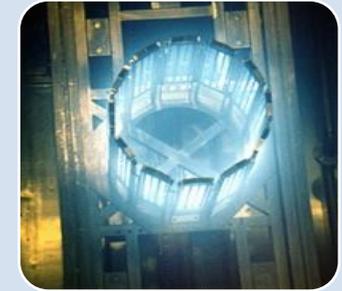
Axe mené au LMI

Développement de sources de plasmas froids en vue de leur utilisation dans divers domaines de la biotechnologie tels que :

- La stérilisation et la décontamination
- Les traitements en dermatologie, en oncologie et en dentaire
- L'amélioration de la germination des graines en botanique.



Méthodes de stérilisation conventionnelles



**Stérilisation
par la chaleur
sèche
(Poupinel)**

160°C - 2 h
180°C - 1/2 h

Matériels
thermosensible
Non efficace avec
les ATNC

**Stérilisation
par
la vapeur
d'eau
(Autoclave)**

134°C / 18
min

Matériels
thermosensible

**Stérilisation
par
immersion
dans une
solution**

immergé
pendant une
heure

Activité
antimicrobienne

**Stérilisation
par l'oxyde
d'éthylène**

45 à 55°C
3 à 6 h

Gaz toxique,
inflammable,
explosif

**Stérilisation
par
irradiations
ionisants**

Rayons γ ,
électrons,
UV

Manipulation de
sources
radioactives
Matériaux
radiosensibles



Plusieurs inconvénients des techniques de stérilisation conventionnelles!

→ trouver d'autres techniques de stérilisation

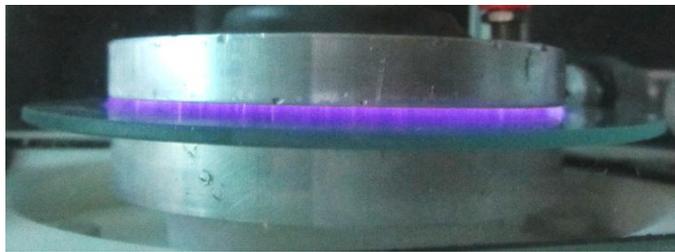
La **stérilisation par plasma froid** est l'une des alternatives les plus prometteuses.



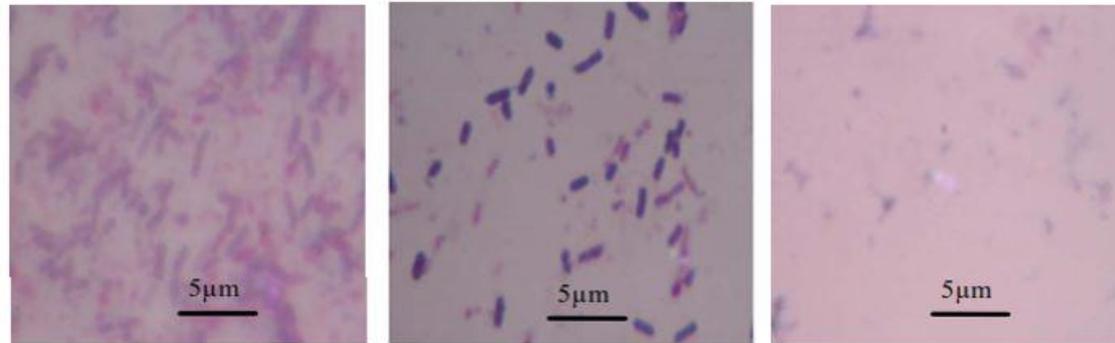
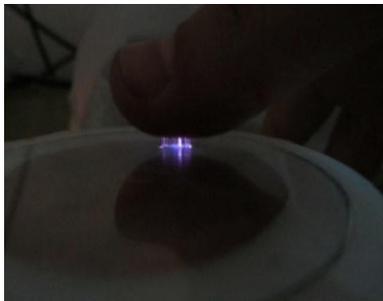
L'objectif de notre travail consiste à :

- **Réaliser un dispositif de stérilisation par plasmas froids en utilisant des composants disponibles localement.**
- **Appliquer le dispositif réalisé pour l'inactivation de certaines bactéries et contribuer à la compréhension des mécanismes de stérilisation par plasma.**

Une source plasma fixe réalisée localement a permis l'inactivation de cultures de bactéries de type E-coli et Bacillus suite à la dénaturalisation des constituants biologiques de ces microorganismes par les espèces créées dans le plasma.



Photographie d'un plasma DBD créé dans l'air à la PA ; $V_a = 9$ kV ; $F = 0,2$ kHz ; $d = 3$ mm.



Echantillon de contrôle

10 min

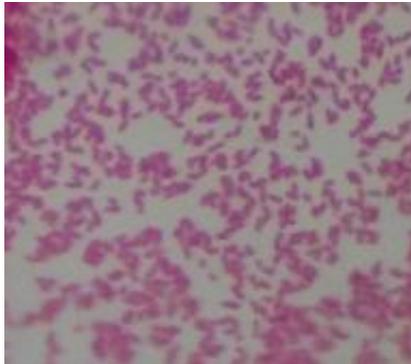
16 min

Photographes prises par microscope optique (x 1000) montrant la distribution et la structure de la bactérie E-coli avant le traitement par plasma et après 10 min et 16 min d'exposition au plasma DBD.

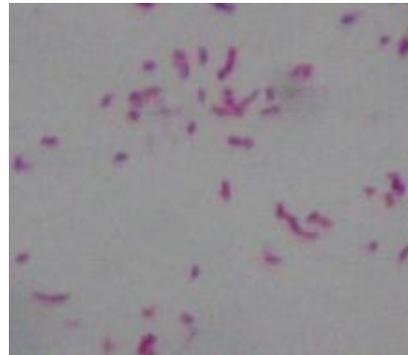
Ce travail a fait l'objet d'un projet PNR qui a été sélectionné parmi les projets les plus innovateurs réalisés durant la période 2011-2013.

Observations par microscope optique (mode décharge)

- Forte concentration de la bactérie E-coli
- Répartition inhomogène

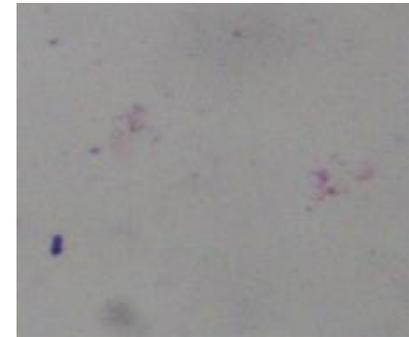


(a)



(b)

- Disparition quasi totale des cadavres des bactéries

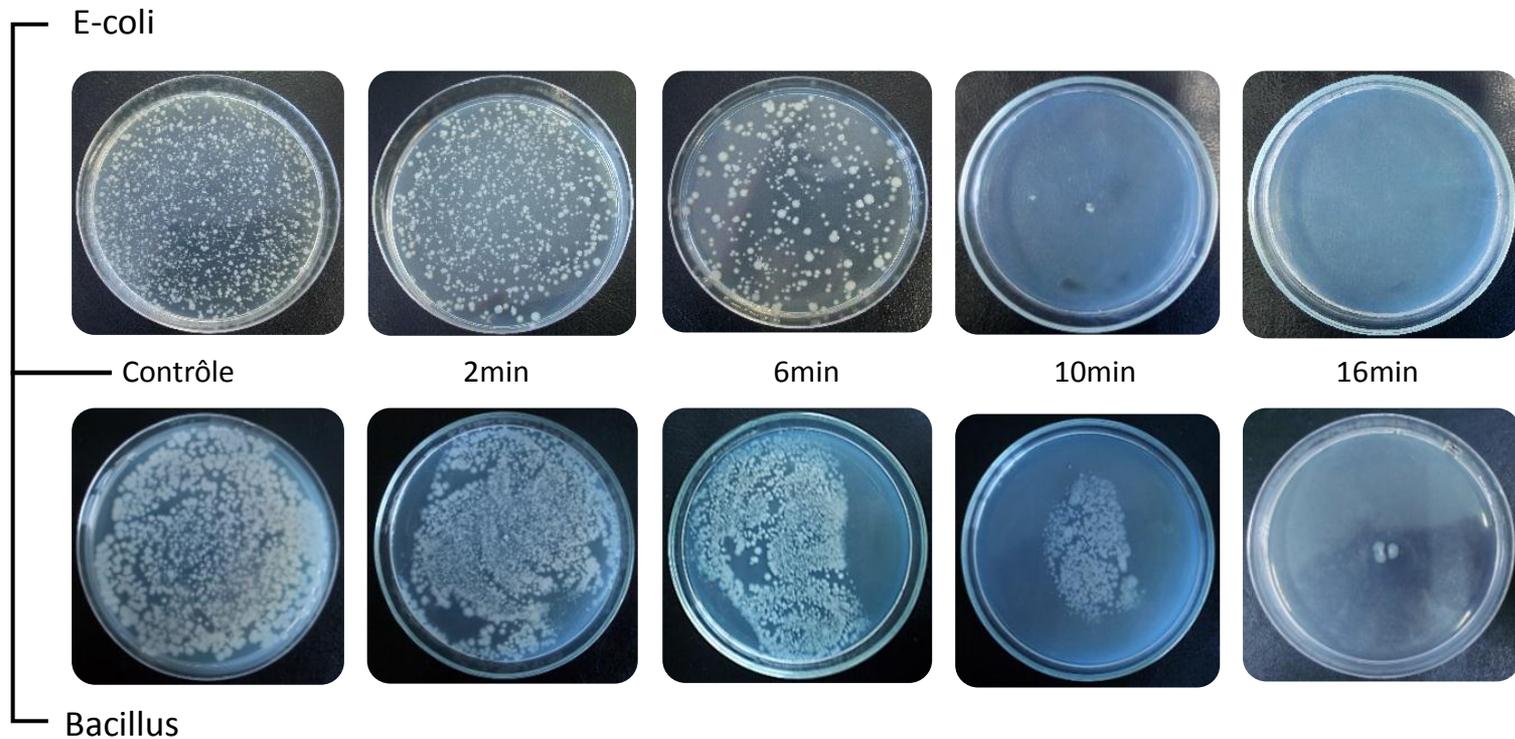


(c)

Photographies obtenues par microscope optique (grossissement x 1000) montrant la diminution de la concentration de la bactérie E-coli sur supports en LDPE avant et après traitement en mode décharge durant un temps de : (a) sans traitement, (b) 10 min, (c) 16 min (tension = 9 kV, distance interélectrode = 3 mm).

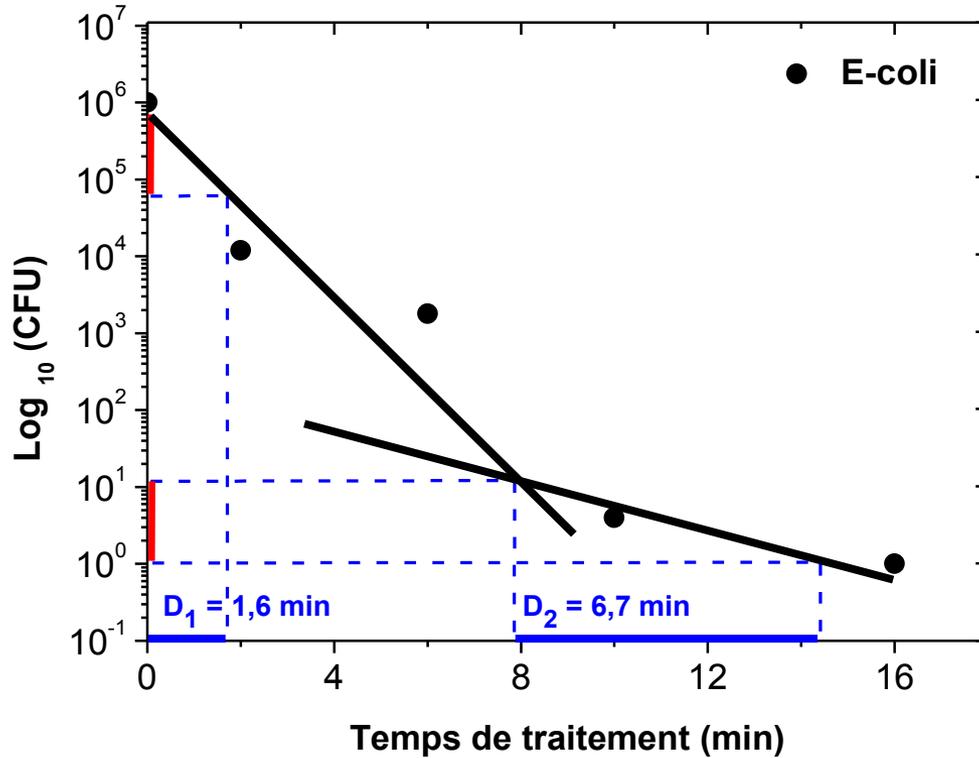
Etude de l'efficacité du dispositif dans l'inactivation des microorganismes

Observation à l'œil nue des colonies



Photos de la surface des boîtes de Pétri en verre montrant les colonies des bactéries E-coli et Bacillus Sp. après un traitement pendant différentes durées par un plasma DBD créé dans l'air avec une tension de 9 kV (0,2 kHz).

Courbes de survie : Cas de la bactérie E-coli

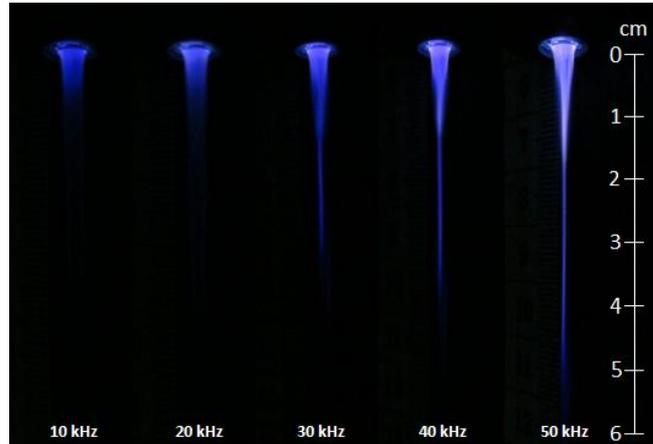


D_1 , D_2 (temps de réduction décimale) : le temps nécessaire pour réduire une population bactérienne d'un facteur 10 (1 décade ou 1 Log10)

Cinétique d'inactivation de la bactérie E-coli en utilisant un plasma d'air à la pression atmosphérique.

Développement de sources plasmas mobiles :

Une source de jet de plasma d'argon a été réalisée



Culture E-coli traitée en son centre.

Les résultats obtenus permettent d'envisager son application dans divers domaines du biomédical tels que le traitement de caries dentaires et le traitement de tumeurs.

Travaux menés dans l'axe 2 (Développement de capteurs et biocapteurs à base de couches minces élaborées par plasmas)

Les activités sur les capteurs sont menées conjointement aux laboratoires LEMEAMed et LMI.

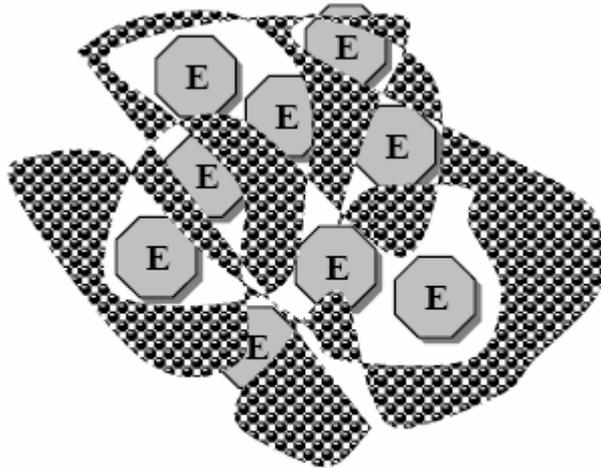
Les types des biorécepteurs :

- ✓ Les capteurs enzymatiques
- ✓ Les capteurs immunologiques
- ✓ Les capteurs cellulaires
- ✓ Les capteurs ADN

Les procédés d'immobilisation dans le cas du biorécepteur.



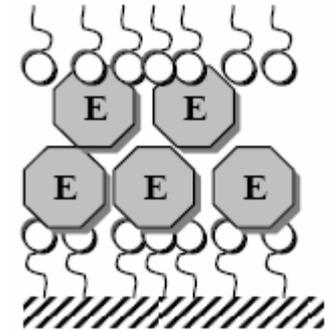
Adsorption



Inclusion dans un gel



Couplage covalent sur un support activé



Langmuir-Blodgett

L'adsorption physique

L'inclusion physique

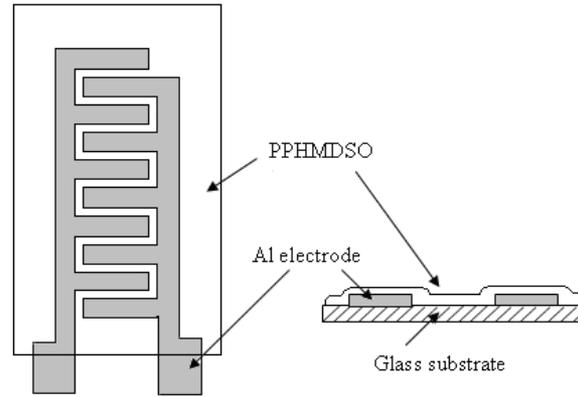
Couplage covalent

Langmuir-Blodgett

Les transducteurs ;

- **Les transducteurs électrochimiques**
- **Transducteurs piézoélectriques**
- **Transducteur optique**
- **Transducteur Thermique**

- Réalisation de **capteurs d'humidité** à base de couches minces organosiliciées déposées par plasmas sur des substrats à électrodes interdigitées.

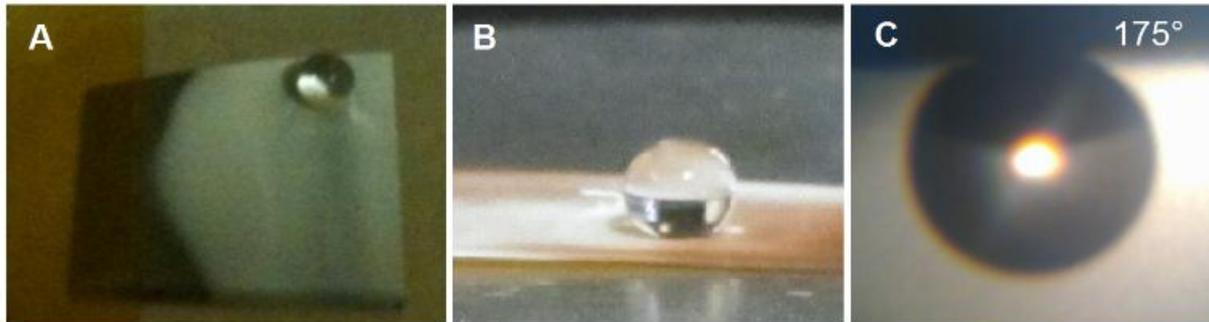


- Réalisation de capteurs pour la **détection de molécules organiques** volatiles (éthanol, benzène et chloroforme) en utilisant toujours des couches minces organosiliciées déposées sur des substrats de quartz et en ayant recours à une microbalance en quartz (QCM).

- Développement d'un **nez électronique** (ensemble de capteurs capable de détecter un mélange de différents analytes et de faire la distinction entre chacun de ces analytes).

- Activation de surfaces par plasmas froids menés pour **l'immobilisation d'enzymes** dessus et ce, en vue de réaliser des biocapteurs. Cette activité est actuellement à son début et en cours de prospection.

- Réalisation de de **surfaces superhydrophile ou superhydrophobe** par traitement de couches minces organosiliciées déposées par plasmas sur des substrats à électrodes interdigitées.



Surfaces superhydrophobe obtenue par traitement avec une couche mince déposée à partir de vapeurs organosiliciées

Equipes engagées actuellement dans ces thématiques :

III-1. Axe 1 (Responsable de l'axe : Prof. Salah SAHLI, directeur du LMI)

Salah SAHLI (Prof.) (LMI)

Saida REBIAI (Prof.) (LMI)

Mouloud KIHIL (MCA) (LMI)

Zehira ZIARI (MCA) (LMI)

Boubekeur Seddik BELKERK (MCB) (LMI)

Abdellah BEHAMOUDA (MCB) (LMI)

Abdelali SAOULI (MCB) (LMI)

Med Tahar BENABBAS (Doctorant 3ième cycle)

Nabil HITOUM (Doctorant 3ième cycle)

III-2. Axe 2 (Responsable de l'axe 2 : Prof. Azzedine BELLEL , chef équipe au LEMEAMed)

Azzedine BELLEL (Prof.) (LEMEAMed)

Salah SAHLI (Prof.) (LMI)

Meriem BOUTAMINE (MCB) (LEMEAMed)

Mouloud KIHIL (MCA) (LMI)

Omar Cherif LEZZAR (Doctorant 3ième cycle)

Raouia HABBACHE (Doctorante 3ième cycle)

Projets de recherche sur les thématiques de l'axe 1 et 2 :

a-Projet de recherche en cours :

-“Développement de multicapteurs à base de couches minces pour la détection des VOC », Projet CNEPRU agréé en 2014 (code **J0200920140029**), responsable du projet : Prof. A. Bellel

b-Projet de recherche en cours d'agrément :

“Etude et réalisation de sources mobiles de plasmas atmosphériques pour des applications en biomédical », Projet CNEPRU, responsable du projet Prof.S.Sahli .

c-Projets de recherche finalisés :

-Utilisation des plasmas froids pour la stérilisation en biomédicale », Projet PNR, responsable du projet Prof.S.Sahli. 2011-2013

-Développement d'un capteur de molécules organiques à base de microbalance à quartz et films organosiliciés », projet PNR, Responsable : Prof. A. Bellel .

-Traitement de surfaces de films de polymères par décharge électriques atmosphériques », CNEPRU (Code : J0200920100035), Responsable : Prof. S.Sahli

-Etude du comportement vis à vis de la vapeur d'eau de films minces déposés par plasma à partir d'hexamethyldisiloxane en vue de leur utilisation en tant que capteurs d'humidité », Projet CNEPRU (code J0200920060055) Janv. 2008 - Déc. 2011, Responsable : Prof. S.Sahli

Articles des cinq (05) dernières années publiés dans des revues Internationales dans les thématiques des axes 1 et 2

- O.C.Lezzar, A.Bellel, M.Boutamine, S.Sahli, Y.Segui, P. Raynaud, “Improvement in gas selectivity of plasma coated quartz crystal microbalance sensors”, [Sensor Letters](#) 13(3) (2015) 259-266
- I. Nouicer, S. Sahli, M. Kihel, Z. Ziari, A. Bellel, P. Raynaud, « Superhydrophobic surface produced on polyimide and silicon by plasma enhanced chemical vapour deposition from hexamethyldisiloxane precursor”, [Int. J. Nanotechnol.](#), 12(8/9) (2015) 597- 607
- M.T. Benabbas, S. Sahli, A. Benhamouda, S. Rebiai, « Effects of the electrical excitation signal parameters on the geometry of an argon-based non-thermal atmospheric pressure plasma jet ». [Nanoscale Research Letters](#) 9(1) (2014) 697.
- M.Boutamine, O.C.Lezzar, A.Bellel, S. Sahli, Y.Segui, P.Raynaud « Plasma polymerized highly hydrophobic Hexamethyldisiloxane layers: Investigation on the effect of monomer flow rate related to the film gas sensing properties », [Key Engineering Materials](#) 605 (2014) pp 275-278
- M. Boutamine, A. Bellel, S. Sahli, Y. Segui, P. Raynaud « [Hexamethyldisiloxane thin films as sensitive coating for quartz crystal microbalance based volatile organic compounds sensors](#) », [Thin Solid Films](#) 552 (2014)196-203
- Noubel Guermat, Azzedine Bellel, Salah Sahli, Yvan Segui, Patrice Raynaud « [Plasma Polymerization of Hexamethyldisiloxane and Tetraethoxysilane Thin Films for Humidity Sensing Application](#)”, [Defect and Diffusion Forum](#) Vol. 354 (2014) pp 41-47
doi:10.4028/www.scientific.net/DDF.354.41
- L. Benterrouche, S. Sahli, S.Rebiai, F.Z. Sebihi, A. Benhamouda, “Inactivation of E–coli bacteria by atmospheric dielectric barrier discharge”. [Int. J. Nanotechnology](#), Vol. 10, Nos. 5/6/7 (2013) pp543-552
- A. Bougharouat, A. Bellel, S. Sahli, Y. Ségui and P. Raynaud “Plasma polymerization of TEOS for QCM-based VOC vapor sensing”. [The European Physical Journal Applied Physics](#), 56 (2011) 24017