

**FSRF2009/6**

## **Observation et identification des mécanismes athermiques des interactions entre le champ électromagnétique hyperfréquences et des porteurs de charges. Application à des systèmes biochimiques**

A. Fourier-Lamer<sup>a</sup> et O. Meyer<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Laboratoire d'Electronique et d'Electromagnetisme, 75252 Paris CEDEX 05, France

<sup>b</sup>Laboratoire de Génie Electrique de Paris-Supélec, 91192 Gif-sur-Yvette, France  
arlette.fourrier@upmc.fr

Les travaux rapportés dans cette communication ont été effectués au sein de l'équipe que j'ai créée, intitulée "Electromagnétisme des Milieux Complexes pour Dispositifs Micro-ondes" sur une dizaine d'années, d'abord au sein du Laboratoire de Dispositifs Infrarouge et Micro-ondes de Paris 6, puis après l'association de l'équipe au CNRS, au Laboratoire de Génie Electrique de Paris à Supélec(LGEP). A l'heure actuelle, ces travaux sont poursuivis dans ce dernier laboratoire, par O. Meyer, ainsi qu'au laboratoire d'Electronique et d'Electromagnétisme de Paris 6 (L2E) - que j'ai rejoint, depuis janvier 2009. Les collaborateurs sont : A. Loupy (CNRS Paris 11), M. Delmotte (ENSAM, Paris), J.C. Lacroix (ITODYS, Paris 7), F. Maurel (ITODYS, Paris 7), N. Baumann (INSERM, La Pitié-Salpêtrière), J. Massoulié (CNRS, ENS, UIm).

L'objectif premier, en collaboration avec les chimistes, fut de justifier la rapidité des synthèses de réaction chimique sous micro-ondes par rapport au traitement thermique classique, entraînant la sélectivité. Rompant délibérément avec la méthode classique de bilan thermique, nous nous sommes intéressés aux premiers instants d'application du champ électromagnétique, par exemple les 30 premières secondes, au cours desquelles la température macroscopique varie très peu, ce qui permettra plus tard de prévoir d'étendre notre méthode aux systèmes biochimiques, avant que la circulation sanguine n'instaure la régulation thermique. Notre équipe, formée d'électroniciens spécialistes de l'électromagnétisme aux hyperfréquences, curieux de la physique des matériaux, a choisi deux types de marqueurs de réaction, la fréquence de relaxation des dipôles électriques et la conductibilité des ions, ce qui correspond respectivement à la viscosité d'une solution contenant des dipôles (temps de relaxation) et à la diffusion des ions (taux de conversion), grandeurs utilisées par les chimistes. Ces deux marqueurs, fréquence et conduction, ont été mesurés grâce à une technique de caractérisation diélectrique très large bande, qui va du continu aux hyperfréquences avec le même échantillon placé dans une cellule unique, sur laquelle est aussi appliqué le champ micro-onde (de fréquence fixe et de grande amplitude) de transformation de la matière. Le champ électromagnétique à fréquence variable, de très petite amplitude, est alors considérée comme une faible perturbation. Cette instrumentation originale fut dûment publiée par l'équipe, entre autres, dans la revue IEEE Transactions on Microwaves Theory and Techniques.

Le premier pré-requis fut donc d'identifier les dipôles de relaxation propres aux réactifs ainsi que les ions mis en jeu au cours de la réaction chimique, qui nécessitait ou non un catalyseur.

Nous avons observé que les variations de fréquence et de conductibilité étaient accélérées en présence de champ par rapport au traitement classique, c'est-à-dire que la vitesse de rotation des dipôles et de sauts d'ions était augmentée.

L'évolution de la fréquence de relaxation des dipôles et celle de la conductibilité des ions en fonction du temps, jusqu'au déclenchement de la réaction chimique, nous a conduits à introduire l'énergie transmise à chaque entité électrique pour une puissance incidente donnée, et d'en déduire que l'état de transition n'était pas le même qu'en traitement thermique classique, à savoir, la barrière de potentiel était abaissée, ce qu'avaient prévu les chimistes. Ceci n'a pu être identifié que parce que nous avons démontré que la barrière de potentiel chimique était la même grandeur que la barrière de potentiel de relaxation lorsque le dipôle électrique occupe le site réactif. Nous avons donc supposé que l'entropie des systèmes était modifiée par le champ, en d'autres termes que la conformation des molécules était modifiée. Des travaux de modélisation en chimie quantique et mécanique moléculaire confirment cette hypothèse sous certaine condition de champ local.

En effet, à l'heure actuelle, pour valider ces travaux pour l'application de ces résultats aux systèmes biomoléculaires du cerveau, nous avons entrepris de distinguer le champ extérieur appliqué, du champ local moléculaire, compte tenu des forts champs dipolaires régnant dans le cerveau. Ces travaux devraient débiter au L2E en 2010.

Il est important de souligner que nos résultats ne concernent que les premiers instants d'application du champ : à terme, la thermique reprends ses droits.

L'application de nos résultats aux systèmes biochimiques a débuté en octobre 2007 avec un doctorant DGA de Paris 6, au LGEP, C. Gilbert, qui adapte l'instrumentation existante à la recherche des mêmes phénomènes athermiques : accélération des porteurs de charges et modification de la barrière de potentiel chimique en présence d'un champ. La réaction chimique, dont l'étude est envisagée, est l'hydrolyse de l'Acétylcholine (Ach) en présence d'un catalyseur, l'Acétylcholinestérase (AchE). Cette synthèse possède une formulation proche de celle de la saponification des esters que nous avons étudiée, mais présente des caractéristiques biologiques que nous devons prendre en compte : température macroscopique au voisinage de 37°C, présence d'eau à très forte permittivité, d'où un traitement de signal optimisé. Parallèlement, les travaux de modélisation d'une stagiaire, M. Janin, en chimie quantique, ont été effectués à l'Idodys en 2007. Elle a introduit à côté d'une accélération, la possibilité d'inhibition de la réaction, ce que nous serons aussi amenés à rechercher, par l'observation, dans ce cas, d'une augmentation de la barrière de potentiel de relaxation.

L'application des résultats obtenus sur des systèmes non biologiques à des systèmes biologiques appartenant au cerveau humain, va dans le sens de la généralisation de l'utilisation du rayonnement hyperfréquence à différentes applications civiles et militaires qui entraînent l'interaction des individus avec ce dernier.

Une vingtaine de publications ont illustré à ce jour l'ensemble de ces travaux dont certains ont été soutenus par des contrats publics.

A.FOURRIER-LAMER.Remarque : au cours d'un entretien, Joël Hamelin m'a proposé de soumettre ces résultats expérimentaux à la Fondation, dans le but de montrer les méthodes physiques que nous avons exploitées jusqu'à maintenant, entourés de collaborateurs de diverses disciplines. Dans cette démarche, nous avons rassemblé différentes compétences pour travailler sur des molécules identiques avec les moyens qui leur sont propres.

Nombre de mots du résumé: 931

Mots-clé:

Thème: Mécanismes physiologiques et moléculaires

Session spéciale: Non spécifié(e)

Présentation: Présentation orale de préférence

Équipement particulier: Vidéo-projecteur (beamer)