

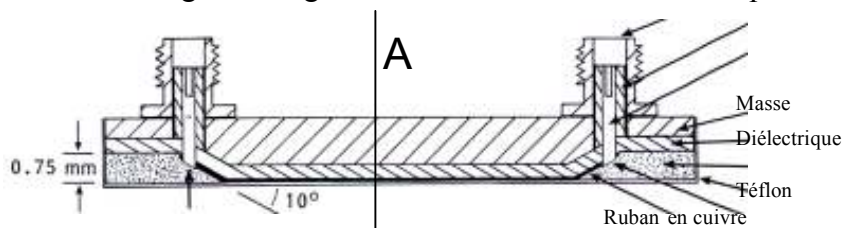
AVANTAGES D'UNE STRUCTURE COPLANAIRE POUR LE RAYONNEMENT D'UN CAPTEUR HYPERFREQUENCE DANS UN TISSU BIOLOGIQUE MULTICOUCHE

P. Xavier¹, N. Corrao¹, S. Clerjon²

1 IMEP-LAHC, UMR5130, CNRS-INPG-UJF-U.Savoie, Minatec, 3 Parvis Louis Néel, BP 257, 38016 Grenoble Cedex 1 ;
Tel bureau : 04 56 52 95 69 ; Fax : 04 56 52 95 01 ; courriel : xavier@minatec.inpg.fr
2 INRA, UR370 QuaPA, F-63122 Saint Genès Champanelle ; clerjon@clermont.inra.fr ; 04-73-62-45-93

Introduction

Le capteur hyperfréquence *Distell Fish Fat Meter* (figure ci-dessous) est destiné à la mesure in vivo du taux de lipide intramusculaire de poissons de différentes espèces. Ce capteur développé par M. Kent [1] est basé sur la transmission d'une onde électromagnétique à 2 GHz le long d'une ligne microruban en contact avec le poisson sous test.

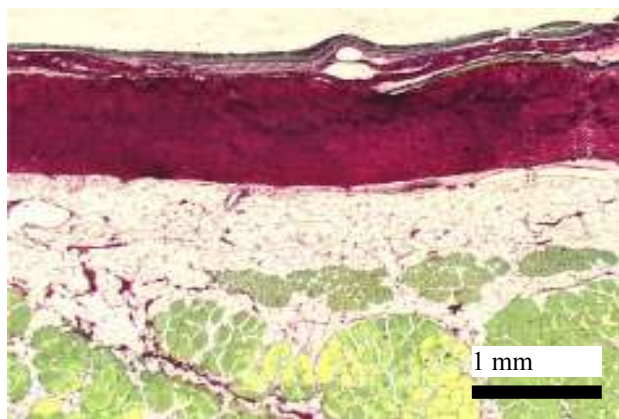


Cet appareil est utilisé par les industriels en pisciculture et également à l'INRA pour mesurer l'impact des facteurs d'élevage sur la teneur en lipide intra-

musculaire. Son utilisation sur poissons vivants a permis via la sélection d'individus « gras » ou « maigre » d'obtenir des lignées de truites divergentes sur le taux de gras musculaire [2].

Problématique

Les utilisateurs observent fréquemment des résultats de mesure qui paraissent aberrants. Pour mieux comprendre le fonctionnement de ce capteur, une modélisation de son rayonnement dans un tissu biologique multicouche a été réalisée sous COMSOL Multiphysics. Cette modélisation a permis d'aboutir à deux résultats principaux :



Ecailles et peau

Tissu adipeux

Muscle

l'anisotropie des propriétés diélectriques du muscle [3, 4] peut expliquer une erreur de mesure de quelques %, mais surtout, le rayonnement du *Fish Fat Meter* est mal adapté à l'étude du gras intramusculaire puisque ce capteur semble être 5 fois plus sensible à l'épaisseur de peau et de gras sous cutané qu'au taux de lipide

intramusculaire. En effet, dans le cas du poisson (coupe microscopique ci-contre), la peau et le gras sous cutané sont les premières couches rencontrées par l'onde hyperfréquence et les caractéristiques de ces couches (épaisseur, composition) sont déterminantes dans l'absorption du signal.

Dispositif de test

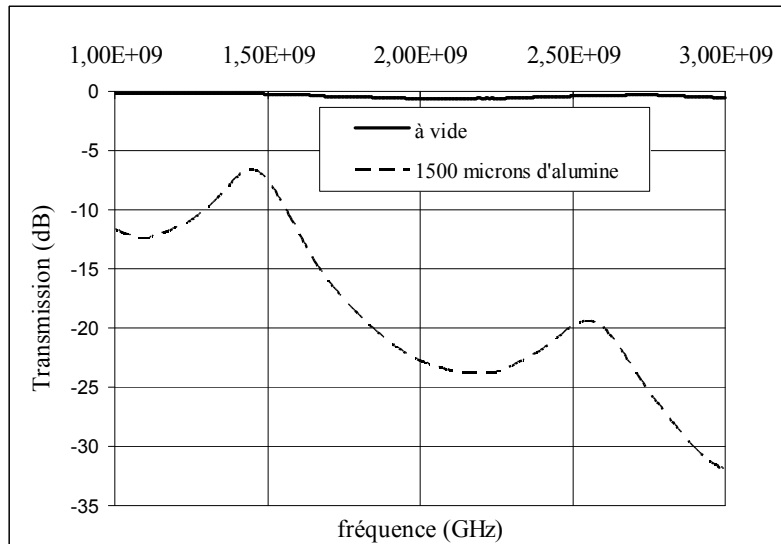
La technologie microruban de ce capteur n'est pas *a priori* la mieux adaptée pour optimiser le rayonnement dans les couches profondes du matériau. L'objectif recherché est en effet de confiner spatialement le champ pour rendre le dispositif moins sensible aux variations

d'épaisseur de peau et de gras sous cutané, à la fois en profondeur (le champ doit s'étendre principalement dans le muscle) et en largeur (de façon à réduire l'influence des inhomogénéités). Le choix d'une technologie coplanaire semble plus justifié dans la mesure où, pour un substrat donné, la topologie des lignes de champ peut être contrôlée via deux paramètres, la largeur W du ruban et le gap S entre ruban et plan de masse, contrairement à la technologie microruban où seule la largeur W du ruban donne un degré de liberté.

Afin de valider cette hypothèse, des modélisations de différentes structures coplanaire ont été réalisées sous COMSOL Multiphysics afin de déterminer une géométrie optimale en terme de répartition du champ dans le muscle. Une ligne d'impédance caractéristique 50Ω de largeur $W = 1,87$ mm et de gap $S = 0,4$ mm avec un substrat ROGERS 6010 ($\epsilon_r = 10,2$) d'épaisseur $H = 0,635$ mm a ainsi été déterminée.

Mesures et interprétation

Cette ligne étant réalisée, une caractérisation en paramètres S a été effectuée sur un analyseur vectoriel de réseau HP8510 entre 1 et 3 GHz avec un étalonnage SOLT dans les configurations suivantes : ligne à vide, ligne placée sur du gel d'échographie ($\epsilon_r = 76$ et pertes importantes) recouvert d'une couche d'alumine ($\epsilon_r = 9$) d'épaisseur 500, 1000, 1500, 2000 ou 2500 microns. L'alumine est censée représenter la couche de peau et de gras et le gel représente le muscle.



Nous avons comparé les mesures de $|S_{21}|$ effectuées avec une ligne microruban 50Ω équivalente au *Fish Fat Meter* et avec la ligne coplanaire. Sur le gel et par rapport à la mesure de référence « à vide », on constate que la ligne coplanaire a dans toutes les configurations une meilleure sensibilité que la ligne microruban (en moyenne 2dB de mieux).

De plus, la variation de cette sensibilité avec l'épaisseur d'alumine est plus faible avec la ligne coplanaire qu'avec la ligne microruban (+1,2dB par mm contre +2,5dB par mm). Les ondulations résiduelles observées sur les courbes (voir exemple ci-dessus) proviennent des désadaptations d'impédance caractéristique localisées aux transitions coaxial / planaire non corrigées par la procédure d'étalonnage.

Ces mesures semblent donc confirmer que l'utilisation d'un capteur coplanaire optimisé permettrait de diminuer significativement l'influence de l'épaisseur de peau et de gras sur les mesures de transmission. Il reste cependant à confirmer ces résultats par une comparaison directe en utilisant le *Fish Fat Meter* sur le même échantillon alumine/gel.

Références

- [1] Kent M.. Hand-held instrument for fat/water determination in whole fish. *FoodControl* 1 1: 47-53, 1990.
- [2] Quillet E., Le Guillou S., Aubin J., and Fauconneau B.. Two-way selection for muscle lipid content in pan-size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 245 1-4:49-61, 2005.
- [3] Felbacq D.and Clerjon S., Damez JL., and Zola F.. Modeling microwave electromagnetic field absorption in muscle tissues. *The European Physical Journal Applied Physics* 19: 25-27, 2002.
- [4] Clerjon S., Damez JL.. Microwave sensing for meat and fish structure evaluation. *Measurement Science and Technology* 18: 1038–1045, 2007.