

**Mise au point d'une méthodologie de mesure d'impédances d'extrémité de torons de câbles non blindés pour l'alimentation d'une base de donnée en vue de la modélisation d'un avion de type Falcon**

REINEIX Alain, alain.reineix@xlim.fr

Tél : 03355545754

GUIFFAUT Christophe, christophe.guiffaut@xlim.fr

Tél : 033555457736

Equipe : CEM, Limoges

**Mots clés :** câblage aéronautique, impédances de charge, Compatibilité Electromagnétique

**Résumé de la thèse :**



Le sujet de thèse vise à mettre au point une technique permettant de réaliser des mesures in situ permettant de remonter aux impédances d'extrémité des câblages. Ces dernières seront intégrées dans les logiciels de simulation électromagnétique



The objective of this thesis is to develop an approach for the design of a tool able to determine the load impedances at the extremities of cables directly on planes. These impedances will be integrated on EM simulators.

**Objectifs :**

Mettre au point et valider une technique de mesure in situ pour déterminer les impédances d'extrémités de câbles sur avion.

**Description complète du sujet de thèse :**

Le projet proposé entre dans le cadre de la volonté d'intégrer l'utilisation des outils numériques dans les phases de certification des avions qui sont demandées lors de la mise sur le marché de tout nouvel avion. Cette volonté portée par les avionneurs et en particulier par Dassault Aviation répond à un enjeu économique mais nécessite une parfaite confiance aux codes utilisés lors de ces phases.

L'objectif recherché n'est pas de remplacer les expérimentations normatives mais de diminuer leur temps de réalisation. En effet, les expérimentations normatives demandent l'immobilisation d'un appareil plusieurs mois pour vérifier que les niveaux de parasites induits au niveau des équipements respectent les gabarits normatifs. L'objectif final est ici de continuer à mesurer certains points stratégiques sur l'avion et de faire tourner des simulations en parallèle pour vérifier ces points d'une part et extrapoler à tout l'avion d'autre part. En effet, l'intérêt de la simulation numérique est de fournir les niveaux de parasite induit en tout point de la structure avion. Certaines comparaisons ont déjà été réalisées entre un Falcon échelle 1 et des simulations numériques réalisées par le code TEMSI-FD développé à XLIM. Les résultats sont tout à fait conformes aux attentes et ont permis de vérifier la fiabilité de nos modèles notamment dans la bande de fréquence foudre qui fait l'objet d'une attention toute particulière. Ces modèles concernent d'une part la structure avion en prenant en considération les matériaux composites et d'autre part les câbles lorsque ces derniers sont blindés. Un point qui n'a pas été abordé jusqu'à présent concerne les câbles non blindés, c'est dans ce cadre que se place le projet. Il s'agit de lever un des derniers verrous qui permettra ensuite d'être en

mesure de proposer un code de calcul fiable à l'industriel capable de traiter toute la complexité de l'avion

Dans ce cadre, le projet se focalisera plutôt sur la mise au point d'une méthodologie de mesure d'impédances de mode commun d'extrémités de torons de câbles en vue de déterminer des modèles paramétriques (à définir aussi au cours de ce projet) qui seront intégrés dans le code de calcul électromagnétique développé par l'équipe (TEMSEI-FD) en tant qu'impédance d'extrémité de câblage non blindés. La finalité est de pouvoir évaluer les niveaux de courants induits sur ces câbles lors du foudroiement d'un avion ou, plus généralement, lorsqu'il est soumis à des parasites électromagnétiques. En effet, il faut savoir que les niveaux de ces courants sont fortement dépendants des impédances de charge des câblages.

A l'heure actuelle, il n'existe que peu de logiciels robustes capables de réaliser la détermination de parasites sur un avion échelle 1 en prenant en compte toute la complexité de l'avion. La gamme ASERIS développée par AIRBUS (Anciennement EADS IW) constitue le principal concurrent du code développé. Toutefois, leur stratégie suivie par AIRBUS consiste à évaluer les champs environnants autour des câbles sans la présence des câbles et à appliquer ceux-ci sur un modèle de type théorie de ligne (donc approché). Or des travaux récents effectués avec Dassault Aviation en collaboration avec l'ONERA ont montré les limites de cette approche. Aussi, notre stratégie visant à intégrer les torons de câbles directement dans la grille de modélisation 3D à l'aide du modèle de fils obliques que nous avons mis en place s'avère être une stratégie plus générale. Notons à ce stade que ce type de modèle dans des codes de calcul temporels comme l'approche Différences Finies est original et n'a pas d'équivalent.

L'étude proposée répond à un réel besoin. En effet, considérons le foudroiement d'un aéronef comme exemple de parasite typique, un courant foudre d'amplitude crête pouvant atteindre les 200kAmpères va circuler sur la peau de l'avion ; de plus la présence de matériaux composites diminue l'effet cage de Faraday de la structure, ce qui a pour conséquence la plus grande pénétration des parasites dans la structure avion. En parallèle, la volonté d'aller vers l'avion plus électrique demande une attention particulière à l'étude des niveaux de parasites couplés sur les câbles et arrivant sur les calculateurs vitaux pour le prolongement du vol. Ainsi, un avion mis sur le marché doit répondre à certaines normes et le concepteur doit faire la démonstration du bon comportement à l'aide de mesures normatives qui sont longues et coûteuses notamment en durée d'immobilisation de l'appareil. Ainsi, avec Dassault Aviation, nous travaillons depuis quelques années à démontrer que la simulation numérique peut venir en complément avec les expérimentations, en effet, à condition d'avoir confiance aux simulations, ce qui se traduit dans notre cas par la vérification en quelques points de mesure théorie / expérimentation alors il est possible d'extrapoler et de connaître les champs et courants en tous les points par simulation. Cet aspect présente l'intérêt de ne pas avoir d'a priori sur les positions des capteurs et d'avoir l'information globale du comportement de l'avion stockée sur des centaines de Méga octets voire des Giga octets. L'industriel va donc faire une économie importante en diminuant drastiquement le temps de mesure et d'immobilisation de l'appareil.

Le projet présente un fort caractère émergent dans le domaine de l'aéronautique, en effet, le fait de faire entrer la simulation est dans l'air du temps, mais le pas n'a pas encore été franchi. Il s'agit d'une problématique qui pourra être étendue à d'autres domaines. Il est donc essentiel pour nous de poursuivre l'effort dans ce sens pour pouvoir se positionner dans cette thématique et devenir incontournables.

Il est à noter que lors de ce projet, des mesures seront réalisées sur le centre de Dassault Aviation se trouvant à Mérignac. Le projet comporte donc un aspect intra régional important.

La thématique proposée entre dans un cadre plus général de traitements de données pouvant provenir de plusieurs sources et de la consolidation des résultats obtenus en croisant les différentes sources de données. Lorsque théorie et expérimentation donnent des résultats similaires, on peut avoir une confiance accrue dans les résultats obtenus et exploiter beaucoup plus de résultats par l'approche la moins coûteuse. C'est un des principes appliqués dans les techniques de multifidélité que nous menons par ailleurs dans nos recherches en statistiques et qui trouve ici tout son champ d'application.

Concernant le simulateur TEMSI, il est opérationnel et largement validé dans le cadre d'application aéronautiques sur les ordinateurs du CNRS, en effet, la modélisation de structures de ce type demande de paralléliser les codes pour faire du calcul intensif. Toutefois, au jour d'aujourd'hui, on ne sait pas encore modéliser avec précision les torons de câble non blindés, ce projet permettra de répondre à cette problématique en comblant ce manque. Il sera effectué à travers une thèse cofinancée par Dassault Aviation qui nous fournira des résultats expérimentaux de torons réels sur avions. Ainsi, , il est sollicité à la région 1/2 financement d'un doctorant sur 3 ans.

Le projet se déroulera sur 3 ans come suit :

- 1ère année : étude bibliographique et prise en main des codes de calcul de Xlim, familiarisation avec la problématique aéronautique
- 2ème année : mise en place d'un banc de mesure d'impédance sur des câblages simples (nombre de fils limités), récupération des données dans une base de donnée compatible avec une lecture par le code de calcul TEMSI.
- 3ème année : expérimentation sur avion et simulations grandeurs nature de l'ensemble avion / câblage et de l'expérimentation par retour coaxial.

Le candidat sera en grande partie sur le site de Xlim qui pilotera les recherches, des réunions tous les 6 mois avec Dassault Aviation permettront de faire le point sur l'avancement du projet et permettront de recadrer si besoin.

Il est prévu de valoriser à travers au deux publications internationales dans une revue à comité de lecture et des présentations à des congrès dédiés à la CEM et /ou à la problématique foudre dont une internationale et la seconde est le congrès CEM international en langue Française qui regroupe toute la communauté CEM Francophone tous les deux ans.

### **Compétences à l'issue de la thèse :**

Connaissance du câblage aéronautique, compétences en simulation numérique

### **Présentation de l'équipe d'accueil :**

L'équipe CEM s'intéresse principalement à la modélisation un couplage entre des parasites et des systèmes contenant de l'électronique , notamment pour des applications dans le domaine aéronautique

**Financement :** Lot 2: Sujet avec demande de financement institutionnel en cours

**Spécialité de Doctorat :** Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication

**Domaine de compétences principal:** Sciences pour l'Ingénieur

**Domaine de compétences secondaire:** Physique

**Candidat :**

**Compétences souhaitées :** Connaissances en Compatibilité Electromagnétique, en électromagnétisme

**Conditions restrictives de candidature :** Aucune

**Date Limite de candidature :** 8 juin 2017 18H