



## Sujet de thèse

# Évaluation des courbes POD basées sur des données issues de la simulation numérique

Parmi les différentes méthodes permettant d'évaluer les performances d'une inspection par contrôle non destructif (CND), les méthodes probabilistes ont l'avantage de tenir compte des incertitudes inhérentes à la mise en œuvre des inspections. Dans une approche probabiliste, les performances du contrôle sont caractérisées par des indicateurs statistiques tels que la Probabilité De Détection (POD). Une POD décrit la probabilité de détecter un défaut de taille donnée sachant que celui-ci est présent dans la pièce inspectée. L'établissement de courbes POD repose actuellement sur des données empiriques qui sont longues et coûteuses à regrouper.

Cette thèse s'inscrit dans un objectif d'optimisation des études qui sont nécessaires à l'établissement de courbes POD. Pour cela, une méthodologie couplant approche statistique et outils de simulation sera mise en place et validée sur des cas d'application représentatifs des besoins industriels. Au cours de ce travail de thèse, des formulations mathématiques originales permettant d'exprimer la POD en fonction d'une grandeur caractéristique du défaut seront établies. Les paramètres intervenant dans ces formulations seront estimés à partir de données issues de la simulation numérique.

### Descriptif du sujet:

Les essais non destructifs (END) rassemblent les techniques d'inspection utilisées dans l'industrie pour détecter la présence de défauts remettant en cause la conformité de la pièce testée. Leur importance est considérable puisqu'ils permettent de garantir un haut niveau de qualité et de sécurité des matériels. De nombreuses méthodologies associées à différentes techniques (ultrasons, courants de Foucault, radiographies, etc.) permettent de contrôler un large éventail de composants industriels pour y rechercher des défauts. Dans ce contexte, il est nécessaire d'évaluer les performances des méthodes de contrôle, c'est-à-dire de quantifier la capacité à détecter et à reconnaître les défauts nocifs tout en minimisant les possibilités de « fausses alarmes ».

Une approche probabiliste des END a été développée dans certains secteurs industriels et plus particulièrement dans l'aéronautique. Cette approche repose sur l'établissement d'indicateurs probabilistes comme la POD (Probability Of Detection). La POD indique, pour une méthode d'inspection donnée, la probabilité de détecter un défaut de taille donnée sachant que ce défaut est effectivement présent dans le composant inspecté. L'établissement d'une courbe POD repose actuellement sur des essais expérimentaux nécessitant de nombreuses éprouvettes contenant des défauts réels, ce qui entraîne des délais et des coûts importants. Parallèlement, ces dernières années on vu une évolution très importante des outils de simulation dédiés aux END. Plus particulièrement, le CEA LIST développe depuis de nombreuses années le logiciel

d'expertise en END CIVA. Ce logiciel permet de simuler une inspection dans de très nombreuses configurations réalistes ainsi que pour différentes techniques. Ces outils sont aujourd'hui mûrs pour une utilisation intensive au sein d'une approche statistique.

Ce travail de thèse s'inscrit dans un objectif de réduction du temps et du coût des analyses statistiques effectuées aujourd'hui et d'amélioration de la fiabilité de ces analyses. Pour y parvenir, une méthodologie couplant approche statistique et outils de simulation doit être mise en place. In fine, la quantité de données expérimentales nécessaire à l'établissement d'indicateurs statistiques de type POD sera ainsi minimisée. Cette méthodologie visera à établir des échantillons de données simulées à partir de plans d'expériences numériques. Les plans d'expérience s'appuieront sur une description réaliste des incertitudes liées à la mise en œuvre d'une méthode de contrôle ainsi que sur l'utilisation d'outils d'échantillonnage statistiques adéquates. Les courbes POD seront ensuite calculées à partir d'une analyse statistique des résultats des simulations. Cette analyse se basera sur une étude bibliographique des approches existantes et utilisées dans l'industrie (Berens...). En général, ces approches se basent sur des hypothèses simplificatrices portant sur la réponse des défauts et établies de façon empirique. Il est alors possible d'exprimer la probabilité de détection à l'aide d'une formulation dont les paramètres sont estimés sur des données provenant de l'inspection. Au cours de ce travail de thèse, le candidat travaillera à lever certaines de ces hypothèses afin de développer des expressions fonctionnelles originales ainsi que les estimateurs statistiques des paramètres de ces expressions. Il sera également possible de développer une nouvelle classe d'estimateurs afin de lever l'hypothèse paramétrique. En parallèle, le candidat s'attachera à rendre l'approche exploitable dans un cadre contraint par les exigences de l'industrie. En particulier, il sera possible d'étudier et de mettre en place des solutions basées sur l'utilisation de méta modèles afin de minimiser les temps de calcul qui sont intrinsèquement importants dans ce type d'approches. Finalement, cette méthodologie ainsi que les solutions innovantes mises en place par le candidat devront être validées sur des cas d'application représentatifs des besoins industriels.

Pour mener à bien ce travail, des connaissances de base des outils statistiques (théorie de la détection et de l'estimation) sont nécessaires. De plus, le candidat devra s'intéresser à la mise en œuvre de techniques d'inspection exploitant de phénomènes physiques complexes. A ce titre, de bonnes connaissances en physique des ultrasons ou en électromagnétisme sont un plus.

Contacts : Séverine Demeyer ([severine.demeyer@cea.fr](mailto:severine.demeyer@cea.fr))  
Frédéric Jenson ([frederic.jenson@cea.fr](mailto:frederic.jenson@cea.fr))

Prise d'effet : fin d'année 2011/début 2012