

Techniques de mesures appliquées

Exploration des multiples facettes de la mesure physique. Entre aspects environnementaux et écologie informatique, les domaines d'applications sont variés : mesure de la radioactivité, traitement d'image, filtrage de spam... L'ingénieur se doit plus que jamais de jouer la carte de la pluridisciplinarité.

Optimisation de portique de sécurité nucléaire

La surveillance du transport, illicite ou involontaire, de matières radioactives a été fortement développée depuis une dizaine d'années. Deux objectifs sont à l'origine d'un tel développement, à savoir la protection de la population et des travailleurs, ainsi qu'un contrôle de la prolifération des matières nucléaires stratégiques.

Dans cette optique, des portiques ont été conçus pour contrôler de manière dynamique les personnes, le chargement des véhicules ou des containers, ... Ces portiques qui utilisent souvent des détecteurs plastiques très sensibles et de grandes dimensions permettent de générer une alarme en cas de dépassement d'un certain seuil de radioactivité mais ne permettent pas l'identification de la matière radioactive détectée. Lorsque l'identification s'avère nécessaire, un autre type de détecteur doit être implémenté dans le portique. Le recours à l'utilisation d'un deuxième détecteur implique deux désavantages : l'augmentation du coût en matériel de détection à investir aux points de contrôles (douanes, ports), mais également la nécessité d'immobiliser le convoi le temps d'effectuer la seconde analyse, ce qui peut également se traduire par des pertes financières !

L'objectif de l'optimisation de portique de sécurité nucléaire est de permettre une identification de la matière radioactive détectée sans devoir utiliser un autre détecteur que le portique. Pour cela nous exploitons la méthode de déconvolution spectrale, qui pourrait permettre de récupérer une information spectrométrique permettant cette identification à partir des mesures faites avec le portique.

La méthode de déconvolution spectrale repose sur deux étapes successives. Basons-nous sur l'équation suivante pour illustrer cette dernière :

$$y = a \cdot x$$

où y est le signal de sortie du portique (spectre acquis par le portique)

a est la matrice de réponse du portique

x est le signal en entrée du portique (la radiation émise par la matière radioactive)

Notre but est de trouver x en n'ayant initialement que notre y comme donnée connue.

Premièrement nous devons calculer la matrice de réponse du portique a à l'aide de simulations informatique de type Monte Carlo.

Ensuite, nous pouvons isoler x et en déterminer sa valeur. Le calcul du produit $y \cdot a^{-1}$ est ce que nous appelons le calcul de déconvolution du spectre acquis par le portique.

Une fois le spectre déconvolué, nous devrions être capable de cibler le(s) radioélément(s) ayant été détecté(s) par le portique, sans passer par l'utilisation d'autre(s) détecteur(s).

Amélioration des performances d'une sonde environnementale de détection de rayonnement ionisant par application de techniques mathématiques

Le développement de systèmes de surveillance permanente de la radioactivité dans l'environnement a connu un grand essor après la catastrophe de Tchernobyl. Récemment, ce développement a encore été amplifié par le souci de détecter les activités nucléaires illicites et les trafics de matériaux nucléaires, tout en étant supporté par une attention croissante aux possibilités de concentration de la radioactivité naturelle dans l'industrie et aux rejets associés.

Ce projet de surveillance du rayonnement γ se situe dans le cadre du contrôle environnemental, en particulier des milieux aquatiques : canaux, rivières, lacs, mers,... Cette surveillance permet entre autres le contrôle des rejets radioactifs des installations nucléaires (centrales, usines de retraitement) ou non nucléaires (hôpitaux, industries des phosphates), mais aussi la détection de fuites de radioactivité (anciens sous-marins nucléaires, sites sous-marins d'essais de bombes nucléaires,...) ou encore la contamination des chaînes alimentaires aquatiques suite à un éventuel accident nucléaire ou à ses répercussions.

Le rayonnement gamma joue un rôle essentiel dans ce contexte car son caractère très pénétrant permet la détection des sources radioactives à distance. Il importe cependant de pouvoir distinguer les sources naturelles de rayonnement des sources artificielles, qui sont en général celles qui sont visées par le contrôle. Cette discrimination est particulièrement importante lors de mesures dans l'eau de mer, qui contient une activité naturelle appréciable sous forme de ^{40}K .

La discrimination est possible par l'analyse spectrométrique du rayonnement gamma. Malheureusement, les détecteurs les plus performants en la matière (détecteurs au Germanium, HPGe) sont très coûteux et fonctionnent à basse température (refroidissement en continu à 77 K), ce qui implique une alimentation électrique permanente, non disponible sur de nombreux sites d'installation. C'est pourquoi on leur préfère, pour ces raisons de même que pour des critères supplémentaires de robustesse, de coût et de maintenance, les détecteurs à scintillation, comme le NaI(Tl). Ces détecteurs à scintillation ont néanmoins une résolution en énergie médiocre, ce qui implique un étalement du spectre et donc des capacités limitées d'identification et de discrimination de radioéléments naturels et artificiels.

Ce manque de résolution des scintillateurs ne permet actuellement pas d'atteindre des limites de détection aussi basses qu'avec un détecteur HPGe. Nous avons montré, dans ce projet, qu'il est possible de corriger partiellement cet inconvénient par l'application des techniques de déconvolution des spectres expérimentaux. Ce traitement, purement mathématique, permet de reconstituer un spectre de raies plus étroites, et il devient alors possible de distinguer dans le spectre des raies spectrales indécélables par un simple dépouillement visuel du spectre expérimental, spectre dans lequel elles sont masquées par la présence d'un important fond continu.

Il est donc possible, après déconvolution, de détecter et de quantifier des activités artificielles sensiblement plus faibles!

Bien que cette technique soit complexe et actuellement exclusivement réservée à des applications de laboratoire, les perspectives d'industrialisation semblent réelles, ce qui amènerait à une information plus performante, mais également plus fiable et plus précise...

La fonction de réponse du détecteur CZT SPEAR

Le détecteur CZT SPEAR de la firme eV Microtronics est un détecteur à semi conducteur qui peut être utilisé à température ambiante. Il consiste en un cristal de CdZnTe de 5x5x5 mm³ inséré dans une structure compacte.

Le but de l'étude présentée ici est de caractériser la fonction de réponse du détecteur CZT SPEAR dans la gamme d'énergie allant de 10 à 150 keV. Le problème principal avec ce type de détecteur provient d'une différence de traitement entre les deux types de porteur de charges (électrons et trous) qui perturbe la formation de l'impulsion électrique.

Des mesures sont réalisées pour obtenir les spectres gamma de différents radioisotopes. Les spectres montrent une structure constituée d'un pic (structure assez étroite) et d'une asymétrie vers la gauche. Ce phénomène est d'autant plus important que l'énergie du rayonnement gamma augmente. Un modèle, utilisant un code de type Monte Carlo (MCNP) et un autre code réalisé en C++, a été utilisé pour définir la fonction de réponse. Ce modèle a été validé par les expériences réalisées avec le détecteur. Les paramètres nécessaires à la simulation ont été obtenus expérimentalement.

La fonction de réponse du CZT SPEAR a pu être définie comme une combinaison d'un pic (allure gaussienne) et d'une exponentielle avec des paramètres spécifiques à chaque détecteur.

Mesure de distance par traitement d'image

De nos jours, le traitement d'image par ordinateur fait partie intégrante des outils que l'on utilise quotidiennement : adaptation de contraste en fonction de la luminosité ambiante lors de conférences vidéo, détection de mouvements des nouvelles consoles de jeux, applications de réalité augmentée, etc.

Les applications de traitement d'image par ordinateur sont extrêmement nombreuses. Nous nous consacrons plus particulièrement à la réalisation d'applications dans le domaine de la 3D. La méthode utilisée le plus couramment est de filmer la scène avec deux caméras mises côte à côte et de reconstruire ensuite une image en 3D (stéréoscopie). Cette approche s'appuie sur le même principe que celui qui permet à l'être humain de voir en 3D.

Une autre méthode consiste à utiliser une caméra infrarouge. En envoyant un rayon infrarouge depuis une seule caméra vers la scène que l'on filme, on obtient une image de l'intensité des rayons réfléchis. Plus le rayon parcourt une longue distance, plus il s'atténue. Son intensité diminue donc proportionnellement à la distance parcourue. Chaque pixel de l'image infrarouge donnera alors la valeur de l'intensité du rayon réfléchi. Nous pouvons ainsi récupérer des informations sur la distance des objets d'une scène par rapport à la caméra, et donc reconstruire une image 3D.

Mesure de la "spamicité" par la reconnaissance optique des caractères.

Le courrier électronique, l'un des moyens de communication le plus employé dans notre société, est devenu également un excellent véhicule pour des mails non sollicités.

Ceux-ci peuvent contenir des virus, de chevaux de Troie, des annonces publicitaires malhonnêtes, de la pornographie, des escroqueries et canulars de toutes sortes. Regroupés sous le terme générique de *spams*, ils se sont développés de manière spectaculaire ces dernières années. Selon une étude réalisée par la société américaine Marshal (<http://www.marshal8e6.com/newsitem.asp?article=748>), spécialisée dans la sécurité Internet, 150 milliards de spams sont envoyés chaque jour, ce qui représente près de 85 % du trafic quotidien des courriers électroniques (2008).

Les coûts entraînés par la gestion des spams croissent de plus en plus. La Commission Européenne estime, qu'au niveau mondial, ils représentent près de 39 milliards d'euros par an. Cela représente, pour les entreprises, un coût compris entre 600 € et 1000 € par an et par employé.

Au niveau écologique, selon une étude conduite par ICF International en 2008, l'électricité nécessaire pour la gestion des 62 milliards de messages indésirables correspond à l'émission de 17 millions de tonnes de CO₂, soit 0.2 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) ou l'équivalent des émissions de GES de 3,1 millions de voitures en un an. De plus, certains utilisateurs impriment encore de nos jours, de manière systématique, l'ensemble de leurs mails y compris les spams. La diminution de ces derniers économisera une quantité importante de papier.

Il existe différentes techniques de mesure du taux de **spamicité**. La spamicité est une mesure estimant la probabilité que le mail soit un spam. Pour les spams de type « image », c'est la reconnaissance optique de caractères (OCR) qui est utilisée. L'OCR désigne les procédés informatiques pour la traduction d'images de textes imprimés ou dactylographiés en fichiers de texte.

Les étapes de traitement de la technique OCR peuvent être schématisées ainsi:

1. Pré-analyse de l'image : le but est d'améliorer éventuellement la qualité de l'image. Ceci peut inclure le redressement d'images inclinées ou déformées, des corrections de contraste, le passage en noir et blanc, etc.
2. Segmentation en lignes et en caractères (ou analyse de page) : vise à isoler dans l'image les lignes de texte et les caractères à l'intérieur des lignes.
3. Reconnaissance proprement dite des caractères : chaque caractère à reconnaître est comparé à une bibliothèque de formes connues, et on retient pour l'étape suivante la forme la plus « proche » (ou les N formes les plus proches), avec un score ou une distance.
4. Post-traitement : utilisant des règles linguistiques et contextuelles pour réduire le nombre d'erreurs de reconnaissance: dictionnaires de mots, de syllabes, etc.
5. Génération d'un fichier de sortie : création d'un fichier contenant le texte reconnu (.doc ou .txt).

Les mots ainsi extraits sont ensuite analysés. Une de ces techniques d'analyse est le filtrage dit « Bayésien ». En connaissant la probabilité que chaque mot a de se retrouver dans un spam, il est possible d'estimer la probabilité globale que le mail entier soit lui-même un spam.