

Fusion d'informations pour la caractérisation d'environnements incertains

La problématique de l'identification trouve de nombreuses applications opérationnelles dans différents environnements aériens, maritimes ou terrestres pour des applications civiles ou militaires. Il est ainsi par exemple important de caractériser l'environnement évolutif d'une automobile ou d'un théâtre d'opérations, identifier les cibles mobiles ou fixes afin d'estimer les menaces. Dans le cadre de la numérisation de tels environnements se pose le problème de la fusion des informations captées et de leur utilisation. La fusion d'informations permet d'intégrer les nombreuses données hétérogènes (incertaines, imprécises) provenant de différentes sources pour produire une information unifiée, spécifique et compréhensible. Dans le cadre de systèmes d'aide à la décision pour l'identification, de nombreux capteurs entrent en jeu dont il faut gérer les spécificités propres, et leurs complémentarités. Selon ces capteurs et selon le domaine d'application de nombreuses caractéristiques discriminantes peuvent être extraites des signaux à partir de traitements appropriés. Ces caractéristiques peuvent être exprimées sous des formes très variées. A partir des caractéristiques discriminantes issues de chaque capteur, l'identification nécessite de définir une modélisation adaptée. Cette étape de modélisation doit permettre de tenir compte des imprécisions (défaut quantitatif de connaissance) et incertitudes (défaut de conformité à la réalité) de ces caractéristiques, mais également des incomplétudes (défaut d'observabilité) de ces caractéristiques. Le système d'identification doit également permettre la combinaison des informations issues des différents capteurs en intégrant leur fiabilité et leur dépendance éventuelle. Le système doit aussi pourvoir gérer les conflits. L'architecture d'un tel système d'identification doit être pensée en fonction de l'application, ainsi il pourra être utile de concevoir une architecture dynamique pour la mise à jour des informations, ou encore rendre disponible des informations intermédiaires dans une optique d'aide à la décision de l'opérateur humain, en gérant différents référentiels.

Différents cadres théoriques permettent de répondre à de telles exigences pour la réalisation d'un système d'identification, notamment les théories de l'incertain telles que les approches bayésiennes, la théorie des possibilités et des sous-ensembles flous et la théorie des fonctions de croyance. Les approches bayésiennes présentent des limites de modélisation liées à l'utilisation des probabilités, en particulier l'additivité et l'exclusivité nécessitent des artifices peu intuitifs. Il est de plus difficile de modéliser l'ignorance sur des phénomènes peu ou mal connus. La théorie des possibilités fondée sur la théorie des sous-ensembles flous permet une modélisation des imprécisions et des incertitudes. Une multitude d'opérateurs de combinaison dans le contexte de cette théorie, fait que le choix d'un opérateur plutôt qu'un autre reste subjectif. De plus la théorie des possibilités peut être vue comme un cas particulier de la théorie des fonctions de croyance. Cette dernière fondée sur la manipulation de fonctions de croyance définies sur l'ensemble des disjonctions de l'espace de discernement, permet de résoudre l'ensemble de problèmes soulevés précédemment tout en restant parfois complexe à mettre en œuvre. Récemment la communauté scientifique a proposé sur le plan international une extension de cette théorie (DSmT) permettant la modélisation de fonctions de croyance sur l'ensemble de toutes les disjonctions et conjonctions de l'espace de discernement, rendant ainsi le cadre encore plus riche.

Depuis 2003, le laboratoire E³I² EA3876 de l'ENSIETA a particulièrement étudié la théorie des fonctions de croyance dans le cadre de systèmes d'identification tenant compte des problèmes soulevés précédemment pour des applications de caractérisations et reconnaissance

de cibles à partir de données radar et sonar. Ainsi le laboratoire a proposé des solutions efficaces (<http://www.ensieta.fr/e3i2/>) par exemple pour la combinaison de classifieurs et pour la gestion des conflits dans les modèles libres de la théorie des fonctions de croyance étendue par Dezert et Smarandache (DSmT). Nous avons de plus particulièrement travaillé sur l'évaluation des méthodes de fusion entre elles.

Cette théorie des fonctions de croyance, étendue ou non, présente encore des difficultés d'application sur des problèmes nécessitant des cadres de discernement importants et/ou lorsque le nombre de capteurs dépasse quelques unités. De plus, tout comme la théorie des fonctions de croyance initialement proposée, son extension pour traiter des problèmes avec des cadres de discernement continus reste à ses balbutiements. Afin de tenir compte des imperfections du milieu et des capteurs, il faut pourtant franchir ce pas pour résoudre des problèmes d'estimation *via* ces théories.

Les axes de recherche proposés concernent donc le développement théorique de ces deux aspects – (i) cadre de discernement et/ou nombre de capteurs grand, (ii) cadre de discernement continu – dans le cadre de la théorie des fonctions de croyance, étendue ou non, en vue d'un système d'aide à la décision pour l'identification.

Nous proposons de développer ces axes de recherche autour de trois applications :

- Caractérisation de cibles radar : La caractérisation de cibles radar en environnements aérien et maritime peut être particulièrement délicate. Les approches de fusion d'informations permettent de rendre plus robuste la détection et reconnaissance d'avions ou de navires.
- Caractérisation de fonds marins à partir d'images sonar : Les images sonar sont acquises dans un milieu souvent mal connu et sont souvent dégradées lors de l'acquisition. Ainsi nous n'avons pas de consensus entre les experts sur la réalité terrain. Les approches des théories de l'incertain permettent ainsi de modéliser finement des imperfections.
- Aide à la conduite automobile par fusion de radar : Un challenge actuel est l'automatisation de la conduite. Un premier objectif est d'informer le conducteur des dangers environnants. Pour ce faire de plus en plus de capteurs sont embarqués pour caractériser l'environnement proche du véhicule. Les approches de fusion d'information permettent d'intégrer ces capteurs dans un système d'aide à la décision.