

# Fusion de données appliquées à la lutte anti drone

*Par le Capitaine Alexandre RIBUN*

Depuis plusieurs années, des survols de sites sensibles par des drones ont été enregistrés. Des centrales nucléaires, des aéroports, des sites militaires ou encore des emprises ministérielles ont ainsi été visités par de petits engins volants qui n'ont occasionné aucun impact sur leur environnement. Une mobilisation a dès lors été lancée sous l'impulsion de l'état français afin que des solutions fonctionnelles répondent à ce nouveau type de menace. Les solutions proposées reposent toutes sur une intégration de plusieurs dispositifs qui nécessite des algorithmes de fusion de données dans le but de corréler les informations pour obtenir les estimations de trajectoires les plus fiables.

Plusieurs systèmes regroupant des outils de détection, d'identification et d'interception ont ainsi été développés. Le salon du Bourget, vitrine pour cette discipline nommée UWAS<sup>1</sup>, a permis de révéler ces acteurs parmi lesquels nous pouvons citer JCPX Development, Aveillant, SkySoft et l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile (ENAC). Ces dispositifs comprennent des radars pour détecter les « Unmanned Aerial Vehicle » (UAV), des caméras pour vérifier leur identité et les localiser, mais aussi selon les choix techniques retenus des drones pour recueillir des données, voire les neutraliser grâce à une impulsion magnétique. Ces systèmes succèdent à deux projets primés par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) pour le compte du Secrétariat général de la Défense et de la Sécurité nationale (SGDSN). Le premier, « [BOREADES](#) », développé par CS Systèmes d'information et deux PME, regroupe un système enregistrant la signature thermique du drone, le recueil de son image grâce à un réseau de caméras au sol, un leurre des repères GPS du drone, et une neutralisation de la télécommande de l'opérateur. Le second, « [ANGELAS](#) », piloté par l'Office Nationale d'Etudes et de Recherche Aérospatiales (ONERA) dans le cadre d'un consortium réunissant trois industriels et quatre laboratoires publics de recherche, recouvre la détection et l'identification des drones grâce à des caméras et des lasers, des équipements radars et acoustiques. Il peut utiliser le brouillage électronique des données de navigation (ondes radios, liaison wifi et guidage GPS).

Les techniques de fusion se doivent d'être particulièrement efficaces pour dresser en temps réel la situation tactique et assurer la fonction renseignement. Seront présentées les méthodes les plus connues pour pister un ensemble de cibles avec des capteurs homogènes (filtre de Kalman, et ses variantes utilisées pour répondre au problème de trajectographie aléatoire). Puis une extension au cas multi-cible mono-capteur puis multi-capteur.

## **Pistage Mono-Cible**

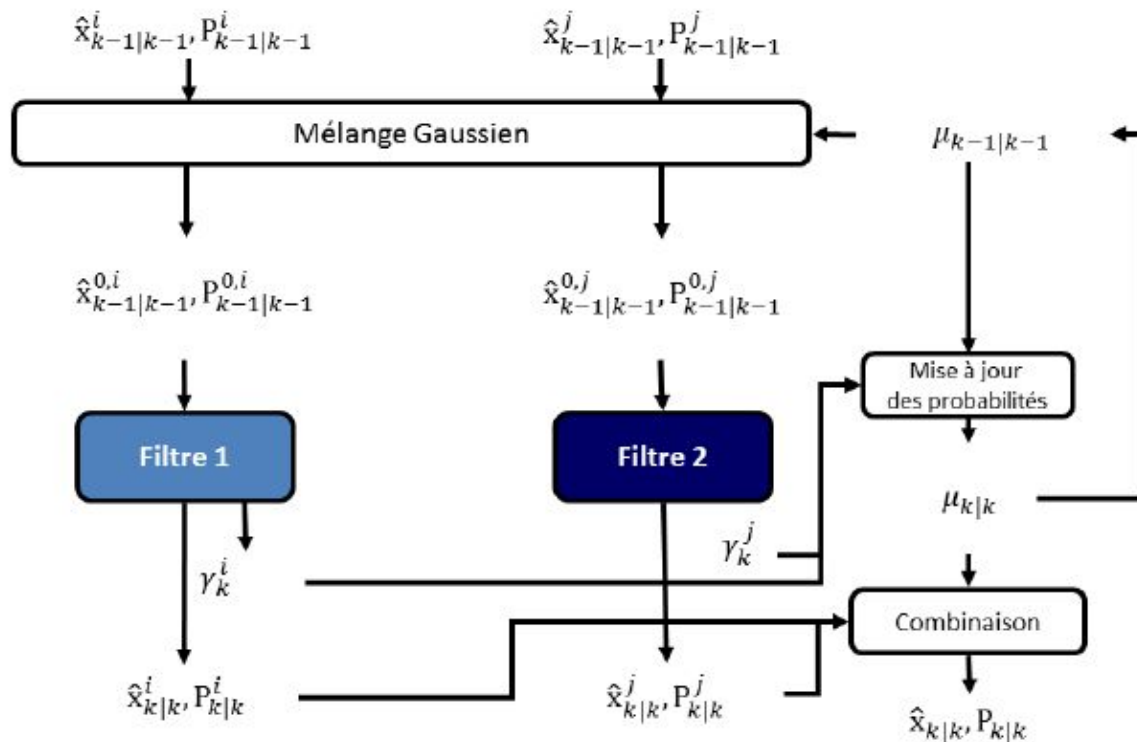
Le filtre de Kalman est utilisé dans une large gamme de domaines technologiques (radar, vision, communication...). Ce filtre fait appel à la dynamique d'une cible qui définit son évolution dans le temps pour obtenir une estimation (par exemple, la position et la vitesse d'un drone volant à vitesse constante). Cette estimation est ensuite

---

<sup>1</sup> UAV Watch and Catch System

comparée à une observation elle-même entaché d'erreur de mesure puis moyenné pour donner une prédiction de l'état de la cible. Ainsi ce filtre permet de réduire l'effet du bruit et d'assurer un suivi optimal tout en restant associé à un modèle dynamique unique.

Compte tenu de l'aléa des trajectoires, une variante consiste à combiner différents modèles dynamiques (soit plusieurs filtres de Kalman fonctionnant en parallèle) et à retenir celui qui répond au mieux à l'observation par une pondération des modèles.



Il s'agit du filtre à interaction multi-modèle (IMM)

### Pistage multi-cible et mono-capteur

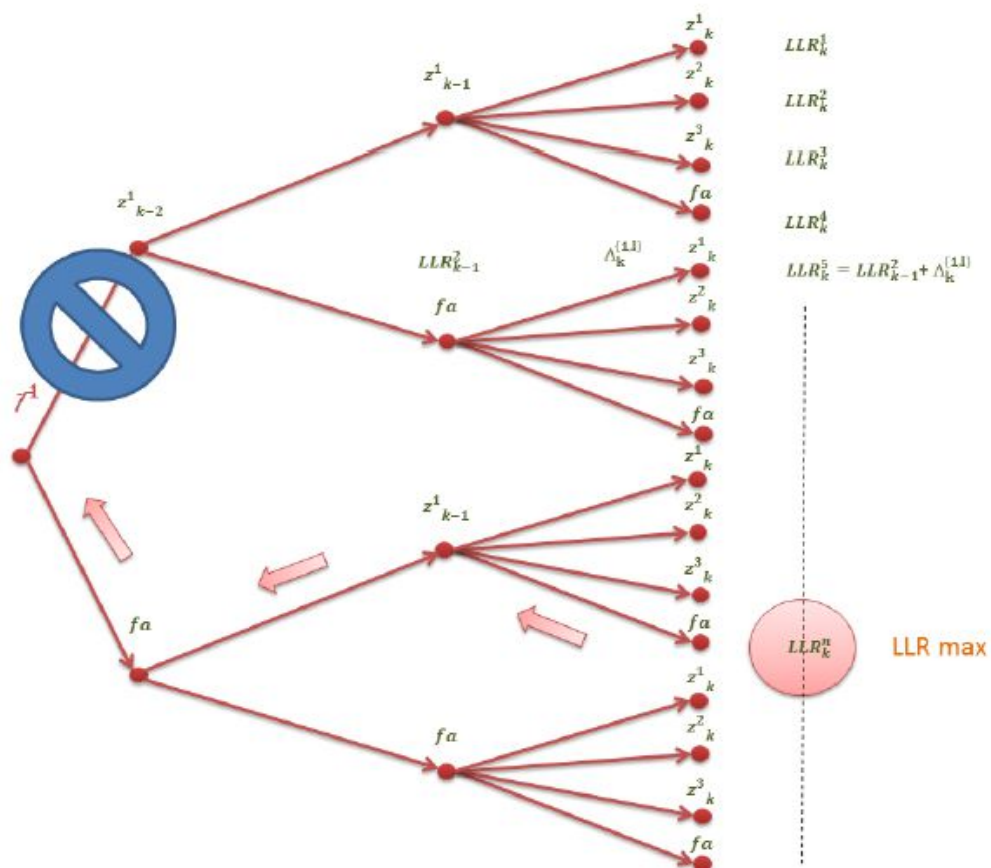
Les capteurs fournissent bien souvent une multitude de mesures de leur environnement qui sont soit d'autres cibles, soit de fausses alarmes. Afin de réduire le nombre d'association faisable entre une piste (ensemble de plots d'une cible) et un ensemble de mesures, il s'agit d'appliquer des algorithmes permettant d'allouer de la vraisemblance aux données collectées. On y recense dans ce domaine pour le plus élémentaire, l'algorithme du plus proche voisin nommé filtre NNSF (Nearest Neighbor Standard Filter). Ce filtre consiste à utiliser uniquement à chaque instant la mesure validée la plus proche de la mesure prédite de la cible pour mettre à jour l'état de la piste. Le filtre de poursuite consiste généralement en un filtre de Kalman standard. Bien qu'extrêmement simple à mettre en œuvre, cette méthode conduit à des performances médiocres de pistage quand la densité de fausses alarmes est importante.

Plus élaboré, l'algorithme PDAF (Probabilistic Data Association Filter) consiste à pallier le problème d'association d'une piste à une mesure dans un contexte riche

<sup>1</sup> UAV Watch and Catch System

en fausses alarmes. L'idée repose sur la création d'un état estimé qui est la somme probabilisée par l'ensemble des états estimés « possibles ». Autrement dit cela consiste à réduire le nombre d'associations possibles en sélectionnant un ensemble de mesures sur des critères statistiques.

Présentant l'aboutissement du pistage, plus robuste mais nécessitant de davantage de ressources que le précédent filtre, l'algorithme MHT (Multi-HypoThèse) élabore différents scénarios pour l'association des mesures. Ainsi la probabilité pour que chaque mesure disponible provenant soit d'une fausse alarme, soit d'une cible existante, soit d'une nouvelle cible est évaluée. Le principe est donc de générer un ensemble d'hypothèses (arbre d'hypothèses) sur l'origine de chaque mesure. La probabilité a posteriori de chaque hypothèse est calculée récursivement en tenant compte des détections manquantes, des fausses alarmes et de l'apparition de nouvelles cibles et permet de ne sélectionner que les pistages les plus probables (élimination des autres pistes).



Construction de l'arbre d'hypothèses MHT en fonction des scénarii d'association

### Pistage multi-cible, multi-capteur

Afin de couvrir l'ensemble des missions auxquelles un système doit répondre : surveillance d'une large zone, détection, classification et identification dans des zones denses en fausses alarmes, l'emploi de capteurs différenciés devient incontournable. L'enjeu de la fusion multi-capteur consiste donc à exploiter les

<sup>1</sup> UAV Watch and Catch System

informations homogènes et hétérogènes pour assurer une capacité de surveillance optimale et bénéficier des synergies capteurs. La fusion permet d'apporter de l'information dans des zones pour lesquelles un ensemble de capteurs est imprécis, renchérir de l'information par redondance ou par utilisation d'une information de plus haut niveau, d'exploiter les conflits quand deux sources sont contradictoires ...

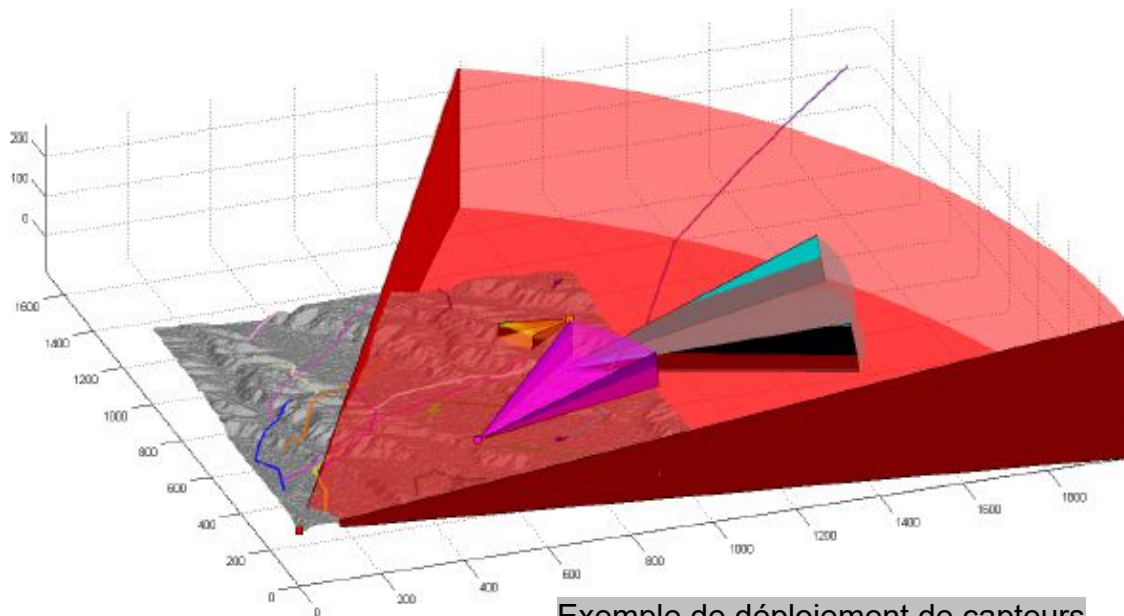
Trois types d'architectures existent pour fusionner les données :

- la fusion centralisée,
- la fusion hiérarchique,
- la fusion distribuée.

La fusion centralisée consiste à estimer l'état des cibles à partir de toutes les mesures fournies par les capteurs. Pour ce type d'architecture il faut résoudre l'association plot à plot avant de pouvoir mettre à jour les pistes de plus cela nécessite d'intégrer le temps et la fréquence d'arrivée des données (flux synchrone/asynchrone).

La fusion hiérarchique ou fusion piste à piste est un processus très employé dans les forces pour faciliter les remonter d'information et la génération d'une Situation TACTique (SITAC) globale non observable par les nœuds de fusion locaux.

La fusion distribuée est une architecture qui repose sur la redondance de l'information transmise aux différents nœuds de fusion. Cela permet de créer sur chaque nœud des scénarios d'association qui sont ensuite comparée pour obtenir la meilleure estimation.



Nous venons de décrire des algorithmes qui permettent de traquer des cibles dans un environnement complexe par l'emploi de capteurs différenciés. Cette étape préliminaire s'inscrit dans un processus qui intègre sur la phase suivante l'identification des cibles. Ce domaine donne des résultats satisfaisants en se basant

sur des critères dynamiques (vitesse, accélération) et géométriques (ration de dimensionnement) mais tends vers une limite qui sera franchie par une génération d'algorithmes utilisant le « deep learning ». Discipline qui tend à s'imposer de par ses résultats prometteurs...