

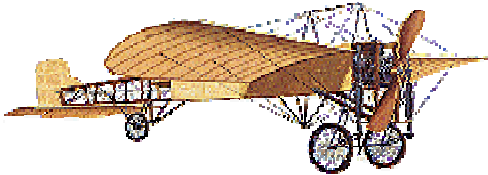
# L'Autonomie Décisionnelle des Systèmes de drones : pour demain ?

Résumé étendu

Patrick FABIANI, ONERA.

## 1. Généralités

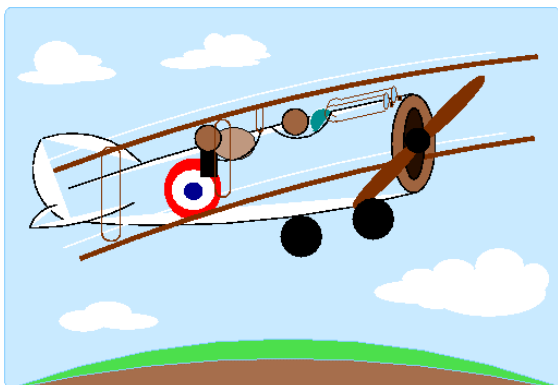
À la constitution des premiers corps d'aviation des armées vers 1912, l'utilité de l'aéroplane reste assez mal définie, à l'exception des missions de reconnaissance, d'observation, de photographie des lignes ennemies ou de correction des tirs d'artillerie.



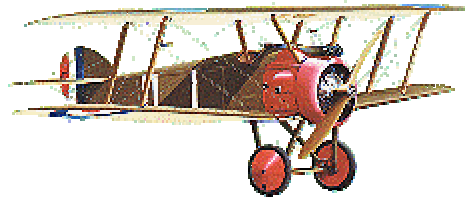
Entre avril et août 1915 se produisent les inventions décisives permettant le développement de l'avion comme arme de suprématie aérienne (chasse) et de destruction au sol (bombardement).

L'utilisation de drones équipés de capteurs est porteuse d'applications civiles et militaires nouvelles. C'est certainement une alternative technologique sérieuse à l'emploi de satellites d'observation. Plus prometteuse serait la possibilité d'employer ces engins dans des contextes d'intervention au sein d'ensembles plus complexes ou comme maillons actifs d'un réseau d'information et de décision.

Pour cela, l'augmentation des capacités de perception et de décision autonome des drones est un enjeu majeur en vue de leur utilisation efficace en contexte opérationnel, avec notamment une sécurité, une portée, une robustesse et une facilité d'emploi accrues. Les progrès technologiques concernant la chaîne d'acquisition et de traitement d'information jusqu'à la décision embarquée, et l'aide à l'opérateur (avionique de bord, station sol, et charge utile) sont constants.



Ces progrès sont susceptibles d'amener une évolution dans l'emploi des drones comparable à l'évolution de l'emploi des aéronefs au cours de la première guerre mondiale.



## 2. Aujourd'hui, les drones :

Les systèmes de drones actuels sont dotés de peu de capacités décisionnelles embarquées. Leur mise en œuvre impose des contraintes de maintien des liaisons, de permanence du contrôle et de vigilance des opérateurs qui limitent grandement les missions pouvant être réalisées.

Ils sont de ce fait limités en portée, détectables, vulnérables à la perte de liaisons, peu discrets, peu réactifs, peu manœuvrants et cantonnés à des missions militaires de reconnaissance, d'observation pour le renseignement ou de désignation d'objectifs (à comparer avec l'utilisation des aéronefs en 1914). Les drones ne sont pas utilisés dans le domaine civil du fait de problèmes de sécurité, de certification des aéronefs, de réglementation aérienne et d'insertion dans la circulation aérienne civile (« voir et éviter »).

Les petites et moyennes entreprises innovantes développant des drones n'ont pas les moyens de développer une avionique utilisant des techniques avancées d'acquisition, de traitement de l'information et de décision autonome.

Le risque technologique inhérent aux efforts de recherche encore nécessaires est trop grand pour les industriels du domaine aérospatial, du moins en France. De ce fait, les industriels aéronautiques développent des drones qui ne sont pas plus autonomes, même s'ils emportent des composants plus riches.

De fait, les utilisateurs potentiels de drones autonomes ne peuvent pas se faire une idée claire des potentialités de tels systèmes, faute de l'existence de démonstrateurs finalisés et volants.

Le marché peine à se définir et les donneurs d'ordre étatiques n'ont pas une visibilité suffisante sur l'état des techniques pour engager des projets sur des technologies très en amont du savoir-faire actuel et sur des besoins imparfaitement définis pour le moment.

## 3. Points durs et sauts technologiques nécessaires

Dans la plupart des retours d'expérience de mise en œuvre opérationnelle des drones, les défauts des systèmes actuels obligent à une forte mobilisation des personnels au sol pour tout juste compenser le manque de robustesse et d'autonomie embarquée, cet effort se faisant au détriment de l'efficacité opérationnelle.

Les points durs à surmonter pour la mise en œuvre de systèmes de drones opérationnels plus efficaces sont communs à la plupart des missions possibles, actuelles ou futures, pour des systèmes ou ensembles de systèmes aéronautiques autonomes.

Diverses études françaises et étrangères ont été menées sur une large gamme de missions possibles de surveillance, d'intervention (militaire ou de sécurité civile), de reconnaissance, d'observation (alternative aux satellites), de renseignement, d'inspection, etc.

Les points durs habituellement recensés pour le développement de systèmes de drones opérationnels peuvent être exprimés ainsi :

1. autonomie décisionnelle embarquée
2. intégration de la charge utile et du système de conduite
3. sécurité, sûreté de fonctionnement et certification
4. capteurs, capacités tout-temps, « voir et éviter »
5. liaisons de données.

Un nombre croissant de projets de robotique aérienne autonome fleurissent en Amérique, en Australie, au Japon et en Europe, impliquant des universitaires ou des industriels et travaillant sur ces points durs.

Dans les projets universitaires, on s'intéresse surtout à la mise en valeur de recherches académiques en Robotique, Vision ou Intelligence Artificielle.

Cependant, la crédibilité de ces recherches passe par une démonstration en vol sur un aéronef robotisé expérimental : les travaux purement en simulation n'ont aucune crédibilité.

Les aéronefs à voilure tournante sont particulièrement intéressants d'un point de vue expérimental. L'engin peut facilement être cantonné dans une zone limitée (quelques dizaines de mètres) ce qui simplifie les liaisons de données et l'obtention des autorisations de vol.

Ceci se traduit par la vogue actuelle dans les laboratoires de Robotique aux USA et en France pour acheter des hélicoptères sans pilotes de petite taille (diam. 3m).

En France, l'université de Compiègne a acheté des hélicoptères sans pilote et étudie le contrôle automatique du vol avec atterrissage et décollage sur site équipé (GPS différentiel). Le LAAS/CNRS à Toulouse travaille également sur la commande d'un hélicoptère sans pilote, a acheté un projet de ballon dirigeable pour le robotiser et s'intéresse à des patrouilles de petits avions sans pilote.

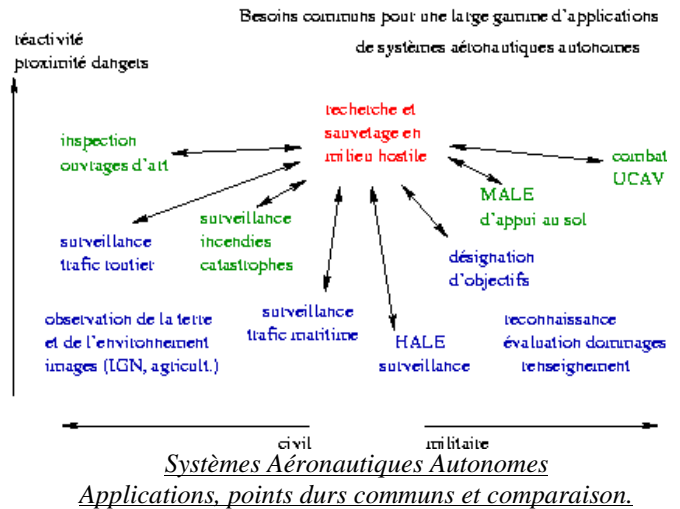
Ces projets ne visent pas l'intégration à bord de tous les composants de décision ou de perception du système volant : ils cherchent à travailler dans un périmètre de sécurité en obtenant le plus facilement possible l'autorisation de faire voler leurs engins.

Une partie de l'informatique de traitement d'information et de gestion de la mission reste au sol, connectée par simple liaison radio Ethernet.

Ces projets cherchent plutôt à démontrer la performance d'algorithmes pour le contrôle automatique du vol, la reconnaissance de formes et l'atterrissage automatique sur terrain bien connu (démonstration du projet de l'université de Berlin).

L'étape suivante consiste en l'intégration sur l'avionique de bord et au sol des différents moyens de calcul et algorithmes permettant de réaliser les fonctions d'autonomie décisionnelle à bord des drones et les fonctions d'aide à l'opérateur au sol.

#### 4. Vers des systèmes aéronautiques autonomes ?



Un grand nombre de missions en milieu hostile pour lesquelles il faut actuellement risquer la vie de plusieurs personnes pourraient être considérées autrement si était faite la démonstration de la faisabilité de drones dotés de capacités décisionnelles suffisantes.

Les missions de surveillance sont un bon exemple, pourvu que le système soulage véritablement l'opérateur des tâches de pilotage-guidage, ainsi que des tâches de veille pour lesquelles la vigilance humaine peut toujours faillir à la longue. Les missions de Recherche et Sauvetage de personnes en milieu hostile en sont un exemple encore plus intéressant : les drones pourraient permettre de ne pas exposer inutilement un grand nombre de personnes dans le but d'en sauver quelques autres.

Disposons nous d'un drone suffisamment autonome pour aider à mener à bien de façon digne de confiance une partie des tâches de reconnaissance, d'identification des menaces ou d'intervention sur les itinéraires utiles pour la mission de sauvetage complète ?

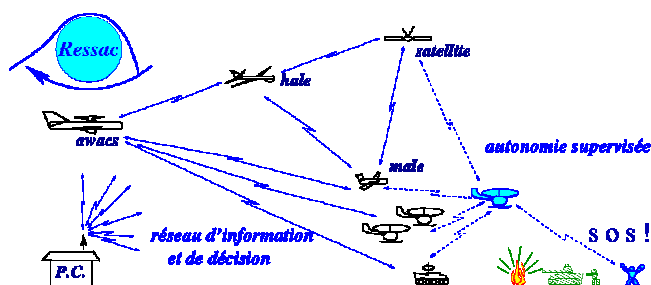
Le problème de l'insertion de tels engins dans la circulation aérienne civile n'est certes pas encore résolu. Cela pose d'importants problèmes technologiques et réglementaires, tant pour l'autonomie décisionnelle embarquée ou les capteurs anticollision tout temps, que pour la gestion des vols autonomes dans les espaces aériens civils ou militaires.

La communauté européenne est consciente de cette problématique et finance depuis 2001 le groupe thématique UAV-NET impliquant la compagnie israélienne IAI de compétence ancienne en matière de drones : les premières études visent à dégrossir les problèmes de sécurité et de réglementation posés par l'utilisation civile des drones.

L'université de Linköping en Suède mène le projet WITAS d'hélicoptère de surveillance du trafic routier. Le projet de dirigeable autonome AURORA au Brésil vise des applications de sécurité civile et de lutte anti-incendie. Les israéliens, grands utilisateurs et fabricants de drones, ont récemment annoncé être prêts à proposer une version civile de leur drone Eagle pour la surveillance anti-incendie.

L'ONERA lance en 2002 le projet de recherche (RESSAC) se proposant de développer des technologies générales pour le développement et l'intégration des fonctions d'autonomie sur l'avionique de bord de drones.

En vue de démonstrations en vol, il est prévu l'achat d'un couple de vecteurs Yamaha R-MAX à voilure tournante dont se sont également dotés la NASA, le projet WITAS, Carnegie-Mellon University, UC Berkeley, etc.



Le projet RESSAC: Recherche et Sauvetage par un Système Autonome en Coopération au sein d'un réseau d'information et de décision - ONERA .

## 5. Autonomie décisionnelle supervisée

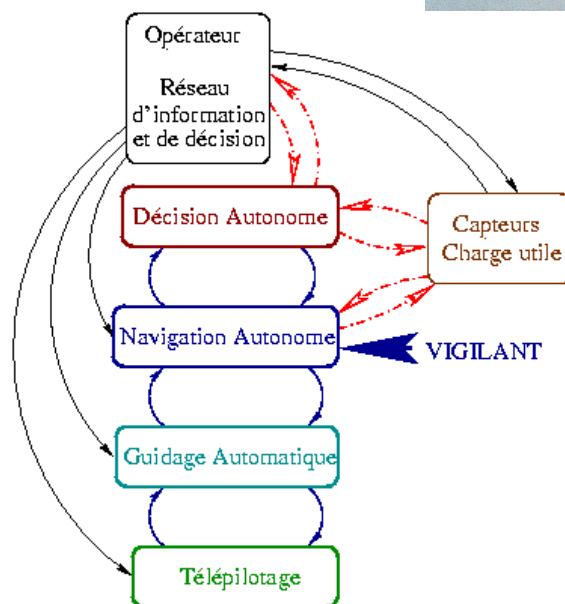
Il ne s'agit pas d'autonomie complète de décision, mais de toute façon, dans des contextes interdisant les communications, le drone doit se débrouiller seul pour retrouver le contact ou ne pas mettre en danger la sécurité des personnes au sol.

On vise à ce que le système coopère au sein d'un réseau d'information et de décision de façon utile et sans représenter un fardeau.

Donc il s'agit de permettre au couple opérateur - système de s'affranchir d'une liaison de communication quasi permanente qui restreint la portée, l'autonomie de vol, la discrétion du vecteur, détourne les capacités d'analyse de l'opérateur, augmente la vulnérabilité du système, etc. On peut distinguer plusieurs niveaux d'autonomie pour un drone :

- le niveau télépiloté,
- le niveau de pilotage-guidage automatique,
- le niveau de navigation autonome (avec points de passage et évitement d'obstacles ),
- le niveau de décision autonome (avec gestion de la mission et de la charge utile).

La plupart des drones en service actuellement sont télépilotés avec pilotage-guidage automatique.



*Hélicoptère Vigilant et niveaux d'autonomie*

Sous tutelle de la DGA, l'ONERA mène depuis plus d'une quinzaine d'années des études concernant la conduite à un plus haut niveau d'autonomie pour des systèmes aéronautiques, spatiaux ou sous-marins.

En matière de drones hélicoptères, l'ONERA a produit en 1998 une démonstration unique (du moins en France) de conduite avancée de mission du drone opérationnel Vigilant (TSI) sur un contrat financé par la DGA (SPMT). C'était alors une des premières intégrations réussies d'un système autonome et temps réel de conduite de vol et de navigation autonome complètement embarqué sur un drone hélicoptère.



*L'hélicoptère Vigilant*

L'hélicoptère Vigilant à ce jour est le seul drone en France ayant reçu une autorisation de vol « hors vue » sur terrain civil de la part de la DGAC, sur l'aérodrome de Revel.

Ce savoir faire a été ensuite directement réutilisé sur un modèle d'hélicoptère FUJI de taille plus importante. Il manquait dans cette étude l'intégration de la charge utile principale à la gestion de mission, avec l'acquisition et le traitement d'information pour la décision embarquée.

Les systèmes de drones actuels disposent de capacités de guidage-navigation autonome (par points de passage, mais généralement sans fonction d'évitement d'obstacles) et d'interfaces à l'opérateur correspondantes (système Hunter par exemple), mais restent généralement d'une mise en œuvre opérationnelle considérablement plus lourde.

L'ONERA a acquis dans le domaine du vol et de la navigation autonome des drones à voilure tournante une expérience, un savoir faire et des compétences certaines, qui lui permettent de se lancer aujourd'hui dans un projet plus ambitieux jusqu'à une démonstration convaincante d'un drone autonome en coopération avec un opérateur ou un réseau d'information et de décision

Le projet RESSAC vise maintenant l'étape technologique suivante en matière d'autonomie décisionnelle. Il s'agit de l'autonomie :

- de contrôle du vol et de conduite de mission,
- d'acquisition et de traitement d'information,
- de décision embarquée.

Il s'agit également de développer des outils de restitution d'information et d'aide à l'opérateur.

On doit aboutir à faire voler un hélicoptère sans pilote démonstrateur de décision embarquée dans le cadre d'un scénario de Recherche et Sauvetage. On développera également un simulateur expérimental d'interface à l'opérateur.

L'avantage du projet est de mener de concert des recherches sur les différentes composantes avioniques du système de conduite autonome d'un drone : contrôle du vol, perception (dont capteurs), conduite autonome et restitution d'information à l'opérateur. On recherche ainsi, au carrefour des disciplines scientifiques, des combinaisons innovantes de méthodes issues de domaines distincts et permettant de générer des ruptures technologiques en matière de perception et de décision autonome.

Il s'agit essentiellement de s'attaquer aux 3 premiers points durs identifiés ci-dessus concernant les systèmes de drones, la démonstration en vol venant valider les choix d'intégration à bord des fonctions d'autonomie décisionnelle.

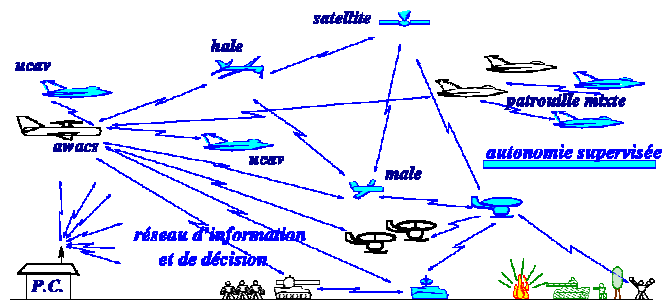
Il n'est pas exclu d'apporter dans un cadre bien précis des solutions adéquates aux points durs 4 et 5 identifiés ci-dessus, mais il n'est pas prévu de développer des solutions génériques dans ces domaines.

Un autre projet est en voie de préparation à l'ONERA, étudiant plus spécifiquement des capteurs et charges utiles spécifiques des drones.

Par ailleurs, il est prévu dans le projet RESSAC de coopérer avec le LAAS/CNRS à Toulouse, avec l'université de Cranfield, College of Aeronautics (UK), avec le projet WITAS Université de Linköping (Suède), et d'autres contacts encore.

## 6. Perspectives

L'ONERA est largement impliqué dans la réflexion de la DGA sur les drones au travers d'études technico-opérationnelles, de travaux d'expertise, de programmes de recherche. Sont étudiées les utilisations militaires possibles de systèmes de drones évoluant au sein d'un réseau d'information et de décision pour des missions de renseignement ou de désignation d'objectifs, voire des drones de combat en soutien de chasseurs pilotés. L'emploi des drones sur le théâtre des opérations et au sein du trafic aérien pose encore quantité de problèmes de partage d'autorité avec les opérateurs humains, de gestion de la complexité, de sécurité des systèmes, etc.



### Systèmes Autonomes dans un Réseau d'Information et de Décision

Cependant, la maîtrise de l'autonomie décisionnelle à bord de chaque engin est surtout un enjeu clé pour lever les dernières barrières qui font encore aujourd'hui une différence importante entre des systèmes aéronautiques inhabités et des aéronefs habités.

Les barrières semblent plus être de l'ordre de la réglementation, de la certification, de la définition de domaines d'emploi, etc. La frontière semble beaucoup plus floue du strict point de vue des ingrédients techniques déjà présents dans les avions d'aujourd'hui.

La maîtrise du verrou technologique de l'autonomie décisionnelle (supervisée) amènera essentiellement un bouleversement de notre façon de concevoir l'emploi des drones, tant dans le domaine civil que militaire. De nouvelles applications pourront être envisagées, impliquant des systèmes autonomes aériens, terrestres ou marins.

C'est cette évolution qui est au moins comparable à celle de l'emploi des aéronefs au cours des premières années de la première guerre mondiale.

Il ne s'agira pas de remplacer le commandant de bord par un ordinateur embarqué, mais plutôt de faire remplir à des systèmes autonomes des missions que les humains font moins bien, moins longtemps ou moins systématiquement, et qui de ce fait ne sont pas parfaitement réalisables aujourd'hui.