

## AU SOMMAIRE

14 IDENTIFIER ET NEUTRALISER LES DRONES

20 LA GENDARMERIE S'ÉQUIPE

23 19 NOVADEM POUR LES GENDARMES

24 UNE EUROPE POUR LES DRONES

26 7 MILLIONS DE DRONES EN 2050



Le fusil « UAV Scrambler » du projet Boreades.

PROTECTION

## IDENTIFIER ET NEUTRALISER LES DRONES

Suite à un appel d'offres de 2015, trois consortiums ont proposé des systèmes pour lutter contre les drones. Ces derniers ont été présentés le 18 novembre lors d'une journée de démonstration à Villacoublay.

↳ GABRIELLE CARPEL

Il y a un peu de plus de deux ans, des drones ont été aperçus au-dessus de zones sensibles. Si ces incursions n'ont pas eu de retombées sécuritaires, cela a créé un impact médiatique et psychologique important.

Les responsables français se sont alors rendu compte que les systèmes de défense anti-aérienne existants

n'étaient pas forcément adaptés aux petits drones de moins de 150 kg, et plus particulièrement aux mini-drones de moins de 25 kg.

Le constat est donc posé : la France ne dispose pas de moyens adaptés, elle doit s'équiper. Le SGDSN (Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale) lance alors en 2014 avec l'ANR (Agence nationale de Recherche)

un appel à projets de un à deux ans qui aboutit aujourd'hui (cf. AS n°21). Trois concepts, menés par différents consortiums, ont été sélectionnés : Angelas, Boreades et Spid (cf. encadré p.16).

L'appel d'offres demandait aux projets de développer trois grandes fonctions : détection, identification et neutralisation. La détection consiste à surveiller 24/24h, à valider ou lever les doutes en cas de menace potentielle et à donner une première localisation. L'identification doit confirmer ou infirmer la menace, par exemple s'il s'agit d'un oiseau ou d'un drone, et s'il s'agit d'un drone, dire lequel, et le localiser plus précisément.

### RÉPONDRE AUX RISQUES RÉCEMMENT CONSTATÉS

#### DES SYSTÈMES ADAPTABLES

Les trois projets sélectionnés ont été l'objet de recherches et d'essais durant 18 mois (Angelas et Spid) ou 12 mois (Boreades). Même s'ils présentent tous des approches différentes, une idée reste commune : proposer un système adaptable aux différentes menaces et situations. En effet, l'enjeu n'est pas du tout le même pour la protection d'un site nucléaire isolé ou une attaque en milieu urbain. Pour cela, chaque consortium a développé des systèmes modulaires, multi-capteurs, adaptables en fonction du site et de la menace.

« Nous avons regardé un vaste panel de technologies », explique Henry de Pleinval, Directeur du programme Drone à l'Onera, qui a participé au projet Angelas. « Cela présente deux intérêts : être capable d'envisager plusieurs scénarios bien sûr, mais aussi regarder ●●●

C. Bruneau - Aerospatium



Le serveur Spid permet de regrouper toutes les informations sur une seule interface.



Cedarnet

● ● ● l'avenir et préparer les menaces de demain ».

### TAILLE, NOMBRE ET RAYON D'ACTION

Ces petits et micro drones constituent une menace car – précisément – ils sont de petite taille et ont une faible vitesse et une altitude de vol basse. Ainsi, aujourd'hui, ils ne sont pratiquement pas détectables par le réseau de radars déployé par l'armée de l'Air sur le territoire national.

« La question de la taille est fondamentale », explique Denis Chaumartin, directeur du projet Boreades chez la société CS Systèmes d'Information, « il est important que les clients déterminent quel type de drone est dangereux pour eux ».

Angelas a ciblé des drones dont la

masse est comprise entre 1 et 25 kg. En dessous, il juge que le danger est négligeable en raison de leur charge utile très faible. Au-dessus, « le drone est vu de plus loin ». De son côté, Spid a aussi testé son système face à des plateformes différentes, allant de 600 g à 25 kg.

Deuxième critère à prendre en compte : le nombre de drones. « Une des bonnes méthodes pour tuer un système, c'est de le saturer », explique Eric Georges, président de la société Roboost qui a participé au projet Spid. « Nous avons donc fait en sorte que tous nos systèmes d'identification soient multi-drones. »

Cependant, la capacité uni- ou omnidirectionnelle a un impact direct sur la portée du système. Dans le cas du brouillage par exemple, il n'est pas possible de brouiller toute une zone

urbaine et rendre ainsi inutilisable tous les téléphones dans le rayon d'action concerné. Les systèmes d'aujourd'hui proposent une capacité de détection à partir de quelques kilomètres, puis de neutralisation lorsque la cible arrive à quelques centaines de mètres.

Les différentes technologies répondent ainsi chacune à leur manière à une ou plusieurs fonctions de détection, d'identification et de neutralisation. On peut dénombrer : l'acoustique, l'optronique, la radiogoniométrie, les radars, le leurrage et le brouillage.

Dans l'ensemble, les trois projets ont développé des systèmes comprenant l'ensemble de ces capteurs mais chacun a développé des spécificités.

### ACOUSTIQUE

Tout d'abord, les systèmes acoustiques se basent sur l'écoute pour détecter un drone en approche, via un maillage de micros autour d'un site. Ils servent ainsi à l'alerte avancée. Un des systèmes de Spid permet non seulement d'identifier les drones via leur signature acoustique,

### ORGANISATION

#### TROIS CONSORTIUMS

Chaque projet a été mené par un consortium d'industriels et centres de recherche :

- Angelas : Onera, Thales, Telecom Paris Sud, CEA Leti, Exavision, EDF, Université Paris II ;
- Boreades : HGH Infrared Systems, MC2 Technologies, CS, Diginext, Spectracom, FLIR, Epcots ;
- Spid : Byblos, Roboost, Cyberio, laboratoire DYNIS, Optronics Detection, Rohde&Schwarz, TrustComs, Cedarnet, Columbus, Fondation pour la recherche stratégique, SNCF, RedBird.

mais aussi la phase de vol dans laquelle ils se trouvent (décollage, atterrissage et croisière ne produisent pas les mêmes bruits).

### OPTRONIQUE

Comme son nom l'indique, l'optronique regroupe l'ensemble des systèmes utilisant à la fois l'optique et l'électronique. Les technologies dans ce secteur recouvrent différents niveaux de maturité (cf. encadré p.18). Les caméras HD, sur le spectre infrarouge ou visible, sont opérationnelles. Angelas a travaillé sur la technologie d'imagerie laser 2D afin de la faire monter en TRL. Elle consiste à éclairer la cible avec un laser (de jour ou de nuit) pour identifier le drone.

Spid a développé un système de caméra panoramique - qui offre une couverture à 360°. « Nous n'avons pas besoin d'une tourelle qui tourne en permanence », explique Eric Georges. « Nous utilisons deux caméras distantes de 20 m environ, ce qui permet d'avoir une vision stéréoscopique et de géolocaliser la menace potentielle. Tout le reste repose sur l'analyse et le traitement d'images. Grâce à la détection en temps réel, nous pouvons même avoir la trajectoire de vol. » L'équivalent avec des caméras infrarouges n'a pas été développé mais l'algorithme est prévu pour le traiter.

Côté Boreades, la caméra ultra HD (120 mégapixels) permet de ● ● ●

### PRÉVOIR

#### QUELLE MENACE ?

« La première question qui se pose est : pourquoi utiliser des drones contre des sites sensibles ? », a résumé Patrick Oswald, directeur commercial France « air et sécurité » chez Airbus Defence & Space. Il s'exprimait lors d'auditions à l'Assemblée nationale le 24 novembre 2014 sur le thème « Les drones et la sécurité des installations nucléaires ». « Un individu ou un organisme cherche à attaquer un site sensible pour mener trois types d'actions : du sabotage, de l'espionnage et – ce qui est un peu plus récent et qu'on ne retrouve pas forcément dans le domaine militaire – un effet psychologique ou médiatique. Pour assurer ces missions, l'attaquant trouve dans un drone toutes les qualités qu'il recherche, et c'est pour cela que les militaires s'en sont dotés. Un drone est un camion volant qui permet d'apporter une charge utile sans mettre en danger le pilote. La plupart du temps ils sont commandés à grande distance, avec une certaine discrétion – on l'a vu avec les épisodes récents sur les centrales nucléaires –, et pour des coûts qui peuvent être beaucoup plus faibles qu'avec des vecteurs pilotés. »



C. Bruneau - Aerospatium

**LA PRISE DE CONTRÔLE D'UN DRONE EST AUJOURD'HUI INTERDITE EN FRANCE**



## RECHERCHE

## MONTÉE EN TRL

Chaque consortium a développé un système de lutte anti-drones mais a aussi permis de faire monter en maturité certaines briques technologiques. « Par rapport aux autres participants, nous avons choisi de taper assez haut en TRL [Technology readiness level, niveau de maturité technologique selon une échelle établie par la Nasa, ndlr] », explique Denis Chaumartin, directeur du projet Boréades chez la société CS Systèmes d'Information. « Nous avons choisi des technologies proches de l'opérationnel qu'il suffisait d'adapter. Par exemple, les radars existaient déjà, il suffisait de les adapter aux drones. C'est pour cela que nous avons pu mener notre projet à bien en moins d'un an. » De son côté, le projet Spid a visé en partie des technologies non matures. « Les gens me trouvaient très ambitieux », explique Eric Georges, président de la société Roboost qui a participé au projet Spid. « Il est clair que tout n'est pas industrialisable, mais nous avons bien dégrossi certaines technologies ». Les responsables du projet Angelas assurent de leur côté avoir choisi des technologies dans différents TRL. Ainsi, à l'Onera, le développement des technologies à bas TRL, aux industriels l'industrialisation des technologies matures.

● ● ● détecter « tout ce qui bouge dans le champ et de différencier s'il s'agit d'une cible organique ou non ».

## RADIOGONIOMÉTRIE

La radiogoniométrie consiste à écouter les ondes électromagnétiques, entre le drone et la station sol dans notre cas. « Avec deux goniomètres, la triangulation permet de localiser la station au sol et d'envoyer les gendarmes chercher l'opérateur », explique Henry de Plinval. On tombe donc dans la détection mais aussi la neutralisation dans une certaine mesure. « Plutôt que de courir dans tous les sens, il est intéressant de savoir où sont les opérateurs », résume



Les systèmes ont été testés sur un grand nombre de plateformes.

C. Bruneau - Aerospatium

Eric Georges, dont un des systèmes à radiogoniométrie active, qui ne fait pas qu'écouter les ondes électromagnétiques mais peut aussi en émettre, permet de couper la liaison entre la station au sol et le drone en vol. Cela neutralise le drone qui, en général, se pose alors à l'endroit où il se trouve.

## RADAR

Enfin le radar permet de déterminer la position du drone ou de l'opérateur. Les radars actifs émettent des ondes et c'est grâce à leur réflexion sur la cible et les signaux de retour que le système va pouvoir localiser la cible. Dans le cas de radar passif, le système n'émet rien et se contente d'utiliser les ondes présentes dans l'environnement pour localiser la cible.

Un des défis pour les différents groupes a bien sûr été l'identification du type de drone. Pour cela, Spid a étudié un grand nombre de drones et développé des bases de données à partir de leurs observations sur plus de 130 machines de 50 constructeurs. Ainsi, leur système Ardronis parcourt le champ de fréquences complet et dé-

tect automatiquement les émissions qui correspondent aux radiocommandes de drones. Une fois détectée, le système peut dire de quel type de radiocommande il s'agit et donc quel type de drone y est associé. « Avec DroneBlocker [leur deuxième solution, ndlr], nous avons même décrypté les protocoles. Et cela va nous permettre de "hacker" le drone », s'enthousiasme Eric Georges.

## NEUTRALISATION

La dernière solution correspond bien entendu à la neutralisation du drone. Cependant, la loi n'autorise pas la prise de contrôle des drones, seulement le « brouillage » du GPS, des télécommandes ou même de la liaison vidéo. En attendant l'évolution de la réglementation, les consortiums ont tout de même étudié différentes solutions pour neutraliser le drone, une fois celui-ci détecté et identifié.

« Le leurrage GPS [interdit aujourd'hui et donc non testé, ndlr] consiste à envoyer un faux signal GPS pour faire croire au drone qu'il n'est pas là où il croit être. On en prend donc totalement le contrôle pour l'amener où on

veut », présente Henry de Plinval.

Le brouillage GPS, avec l'envoi d'une onde au niveau des fréquences GPS pour masquer le vrai signal, est, lui, autorisé. Le drone va alors s'arrêter, chercher le signal pendant quelques secondes, puis se poser. Le brouillage des télécommandes est un principe voisin. Cette fois-ci, le brouillage est fait sur les télécommunications entre le drone et la station sol. Enfin, le brouillage des liaisons vidéo a aussi été démontré par le consortium Angelas lors de la journée de démonstration à Villacoublay. Le but est là de ne pas permettre la retransmission des images prises par un drone « en mode paparazzi ».

Le programme Spid a proposé une solution qui couple un système de brouillage à la radiogoniométrie. « Ainsi, le brouilleur qui est installé sur une tourelle se focalise directement sur la localisation du drone et répète très exactement la fréquence en bande très étroite. Cela permet d'éviter les effets collatéraux », annonce Eric Georges.

Le consortium de Boreades a lui choisi de présenter un système portable que l'opérateur peut embarquer sous la forme d'un fusil électro-magnétique. Ce dispositif peut neutraliser un drone à environ 300m en brouillant sa liaison radiocommandée, le flux vidéo ou encore le signal GPS.

Eric Georges explique qu'il est aussi possible, par la combinaison de différents systèmes, de définir un périmètre interdit et d'y empêcher tout décollage d'un drone. Par ailleurs, si un drone entre en volant dans la zone, il y a rupture de liaison et donc l'aéronef se posera au sol.

## INTÉRÊTS ET FAIBLESSES DE CHAQUE TECHNOLOGIE

Au-delà du fait que certains systèmes sont aujourd'hui interdits en France, chaque solution présente des faiblesses. Concernant le brouillage, les conséquences sur les autres utiliza-

teurs (par exemple de WiFi ou du GPS) sont à prendre en compte dans la zone brouillée. De plus, les machines pourront bientôt voler sans GPS (ou signal équivalent) mais à partir des images et de leur traitement.

L'acoustique de son côté est moins efficace dans un environnement bruyant et l'optronique n'est plus très opérant en cas de brouillard. Les radars ou radiogoniomètres actifs ne peuvent pas être utilisés dans n'importe quel cadre, un aéroport par exemple. « Faire tomber un avion pour faire tomber un drone de 500g, c'est un peu dommage », résume Eric Georges.

Concernant la radiogoniométrie et les bases de données établies, efficaces que ce soit en cas de vent ou de nuage, le système n'est plus du tout adapté en cas de drone « fabriqué dans un garage » et qui ne correspond à rien de connu sur le marché. Ne reconnaissant pas la fréquence utilisée, il ne plus intervenir, que ce soit pour l'identification ou la neutralisation.



Le consortium Angelas a étudié un large panel de technologies.

C. Bruneau - Aerospatium

Pour la neutralisation, beaucoup de systèmes ont été évalués par les consortiums : lance-roquette, arme à énergie dirigée, canon à eau... « Le problème est qu'il y a les effets collatéraux. Dégrader le drone c'est bien, mais il ne faut pas qu'il aille se crasher n'importe où », résume Eric Georges. L'idée est de réquisitionner le matériel « proprement », pour éviter les risques collatéraux d'une part mais aussi pour pouvoir récupérer les empreintes ou autres indices, pour une éventuelle enquête.

Aucune technologie n'étant parfaite, tous les consortiums sont arrivés à la même conclusion : il faut des systèmes multi-capteurs, adaptables à la situation. ●

## FONDS

## APPEL D'OFFRE EUROPÉEN

Un appel d'offre européen, dans le cadre de du programme de recherche européen Horizon 2020 et dont les résultats doivent être annoncés avant la fin de l'année, reprend dans les grands axes les demandes de l'appel d'offre français de l'ANR. Il va peut-être permettre à certains consortiums de continuer leurs recherches autrement que sur fonds propres.