

LE MILITAIRE RESTE UNE VALEUR SÛRE POUR L'ÉLECTRONIQUE



34 De grands contrats à l'international pour l'industrie française de l'armement

36 L'Europe de la défense relancée après l'élection de Donald Trump

37 Le militaire, un marché clé pour la sous-traitance de l'Hexagone

40 Le drone, nouvelles jumelles du militaire

42 «Les processeurs graphiques se multiplient dans les systèmes militaires»

44 Les applications militaires en pincet pour le GaN

45 Le test et la mesure accompagnent les évolutions en aéronautique et en défense

EXPORT

De grands contrats à l'international pour l'industrie française de l'armement

Rafale, sous-marins, hélicoptères, armement... les contrats ont été nombreux à l'extérieur de nos frontières, en Inde, au Koweït ou encore en Australie. Concernant les équipements dédiés aux forces militaires françaises, la DGA a aussi notifié des contrats pour la rénovation des Mirage 2000 ou encore le remplacement des drones tactiques.

Dans la continuité de 2015, l'année 2016 aura été une année exceptionnellement riche en contrats à l'export, mais aussi en France, pour les industriels de la défense. Des contrats ont été signés à l'international avec de nombreux pays, transformant le président de la République et le ministre de la Défense en de véritables VRP de nos grandes entreprises fabriquant des équipements de défense : Rafale, sous-marins, armement... signifiant pour ces dernières un regain d'activité pour plusieurs années, des embauches, voire de nouveaux sites de production. En septembre dernier, le ministre de la Défense, Jean-Yves Le Drian, et le Pdg de Dassault Aviation se sont rendus en Inde pour la signature d'un contrat de vente de 36 avions de combat Rafale. Une bonne opération, en particulier, pour les activités d'électronique de défense du groupe Thales. En effet, ce dernier avait relevé fin octobre, ses objectifs de commandes pour l'année 2016 suite à cette acquisition indienne. Thales fabrique tous les équipements électroniques présents à bord des Rafale. Conjugué à une bonne dynamique commerciale, ce contrat va doper son carnet de commandes dans les années à venir. Grâce à cet événement majeur dans l'industrie de l'armement, les commandes de Thales pour 2016 devaient atteindre environ 16 milliards d'euros au lieu des 13,6 milliards d'euros espérés initialement. Par ailleurs, suite au contrat avec l'Inde, l'avionneur Dassault et le conglomérat indien Reliance Group ont annoncé le 3



➔ Thales fabrique tous les équipements électroniques présents à bord des Rafale. Conjugué à une bonne dynamique commerciale, ce contrat va doper son carnet de commandes dans les années à venir.

octobre dernier, la création d'une coentreprise, Dassault Reliance Aerospace.

30 hélicoptères Caracal pour le Koweït

D'autres contrats ont été signés entre la France et le Koweït portant sur un volet de vente d'équipements militaires et sur la création d'un fonds d'investissement. Les contrats d'armement terrestre, aérien et maritime portent sur un montant de 2,5 milliards d'euros. Le Koweït avait indiqué en juin 2015 son intention d'acquiescer 24 hélicoptères lourds Caracal d'Airbus Helicopters pour un montant d'environ un milliard d'euros. Cette commande a ensuite été revue à la hausse pour atteindre 30 hélicoptères. Les premières livraisons pourraient intervenir d'ici deux ans. Le Koweït a par ailleurs signé un autre gros contrat pour renouveler ses équipements aéronautiques avec l'acquisition de 28 Eurofighter en

avril. Deux autres volets ont été discutés. Ils portent sur des véhicules terrestres de Renault Truck Defense ainsi que sur le réarmement de patrouilleurs de la société française DCI (Défense Conseil International), avec la marine koweïtienne. La création d'un fonds d'investissement public-privé destiné au financement de PME et ETI françaises dans les secteurs stratégiques, un partenariat de sécurité et de défense, ainsi qu'une coopération culturelle et scientifique sont également prévus avec le Koweït. Ainsi Bpifrance financera avec les institutions financières koweïtiennes des fonds français de capital-risque à hauteur de 450 millions d'euros.

Fin décembre, c'est avec l'Australie que la France a conclu un contrat pour la fourniture de douze sous-marins Shortfin Barracuda. Cette signature intervient huit mois après la sélection par les autorités australiennes du français DCNS pour

douze submersibles afin de remplacer les sous-marins Collins. Cet accord engage les deux États pour les cinquante prochaines années. Des premiers rendez-vous sont prévus pour suivre l'avancée du programme, en avril, puis en septembre 2017. En France, 4 000 personnes seront mobilisées pendant six ans chez DCNS et ses 200 sous-traitants. La part dans ce contrat revenant aux industriels français est estimée à 8 milliards d'euros. C'est dans la ville australienne d'Adélaïde, où se trouvent des chantiers navals, que les sous-marins seront construits. Environ 2 800 emplois devraient être créés sur place, selon le gouvernement australien.

En France, c'est la DGA qui est au centre des achats d'armement pour équiper nos forces militaires engagées sur les terrains internationaux pour lutter notamment contre l'État islamique au sein de la coalition internationale. En cohérence avec le livre blanc de 2013, ainsi que la loi de programmation militaire et son actualisation en 2015, la DGA a notifié un certain nombre de contrats auprès des industriels du secteur de la défense. Chantier de rénovation de 55 des 71 Mirage 2000D de l'armée de l'air (assurée par Dassault Aviation et MBDA) pour de premières livraisons attendues à l'horizon 2020, ou encore le contrat de remplacement des drones tactiques attribué à Safran. Ce contrat baptisé SDT (Systèmes de drones tactiques) prévoit la livraison de deux systèmes opérationnels destinés à l'armée de terre. Ces matériels remplaceront



DCNS

les systèmes de drones tactiques intérimaires, en service depuis 2004. Le programme SDT offre des performances accrues en termes d'endurance, de qualité des images produites et d'empreinte logistique ainsi qu'une capacité de recherche plus efficace obtenue par une approche multicapteur. Pour la réalisation du programme, Safran s'appuiera sur le « Cluster Patroller »,

↑ La France a conclu un contrat avec l'Australie pour la fourniture de douze sous-marins. 4 000 personnes seront mobilisées pendant 6 mois chez DCNS et ses 200 sous-traitants.

groupement de PME de hautes technologies majoritairement françaises, qui apportera des briques technologiques déterminantes pour la performance de la cellule et de la chaîne de mission. L'aéronef repose sur un partenariat avec la société allemande Ecarys (Stemme), avionneur réputé dans le domaine des moto-planeurs et avions légers.

JACQUES MAROUANI

LE BUDGET DE LA DÉFENSE VA AUGMENTER EN FRANCE

→ En septembre dernier, lors de l'Université d'été de la Défense, le gouvernement a annoncé que la France allait devoir continuer à augmenter son budget de défense, face à la menace terroriste, pour atteindre 2% du produit intérieur brut (PIB), et peut-être plus. Le budget français de la Défense atteint aujourd'hui 1,8% du PIB. Face à l'étendue de la menace, le chef d'état-major des armées, le général Pierre de Villiers, plaide pour que la France atteigne au plus vite cet objectif, avant l'échéance de 2025 sur laquelle les pays de l'Otan se sont engagés. L'effort, notamment sur les opérations extérieures, devrait se poursuivre, en raison des multiples enjeux sécuritaires pour l'Europe. Un tel effort doit notamment permettre de « combler les lacunes les plus marquantes »

en matière capacitaire (hélicoptères, avions de transport, drones, etc.).

→ De son côté, la DGA a souhaité la création d'un fonds d'investissement public pour l'innovation et la défense, à l'occasion du forum innovation qu'elle a organisé fin novembre, à l'École Polytechnique. Elle est particulièrement préoccupée par le rachat par des groupes étrangers de quelques PME spécialisées dans des composants électroniques et d'usage dual (civil et militaire), selon les dires du délégué général de l'armement, Laurent Collet-Billon.

→ « De plus en plus de sociétés d'autres continents tentent de s'emparer de certaines de nos PME "pépites" et nous n'avons pas d'outil pour les défendre, d'où la réflexion sur la création d'un fonds de défense pour investir

dans le capital de certaines de ces PME », a-t-il expliqué. Le fonds d'investissement en faveur de la défense devrait démarrer dès l'an prochain avec des moyens modestes, le but étant aussi d'avoir un effet de levier sur les investisseurs privés. Ce sont plus de 17 milliards d'euros d'investissements qui sont prévus au budget 2017 dans les équipements militaires. L'effort comprend également la création nette de 500 emplois, à la place de plusieurs milliers de suppressions prévues initialement. C'est ainsi que seront livrés, en 2017, trois avions de transport stratégique A400M, six hélicoptères d'attaque Tigre, une quatrième frégate multimissions (Fremm), des avions légers de renseignement, ainsi que des missiles de croisière navals.

POLITIQUE INDUSTRIELLE

L'Europe de la défense relancée après l'élection de Donald Trump

Objectif : faire en sorte que les Européens portent progressivement leurs dépenses militaires à 2 % du PIB dans chaque pays. À cette fin, un plan a été présenté afin de créer un programme européen de recherche militaire et un fonds européen de financement des capacités de défense.

Longtemps alignées sur les positions américaines en matière de défense, des voix de plus en plus nombreuses s'élèvent en Europe pour construire une force de défense indépendante. Mise au menu du Conseil européen de la défense des 15 et 16 décembre derniers, cette option a été défendue par François Hollande et Angela Merkel qui ont souligné l'importance d'augmenter les budgets nationaux de défense. Une nécessité renforcée, selon eux, par les déclarations et le positionnement du nouveau président américain, Donald Trump, qui a jugé que l'Otan coûtait trop cher aux États-Unis et qu'il fallait réduire l'engagement américain sur des terrains de bataille multiples, à la différence de George W. Bush et de son père, lors des deux guerres d'Irak. Donald Trump a proposé de faire contribuer davantage les Européens, faute de quoi, ils devraient se débrouiller seuls. Ce qui signifierait une augmentation sensible des moyens alloués par chacun des pays de l'Union européenne, et qui constitue autant d'opportunités pour ses industriels.

Sur les budgets nationaux, il s'agit d'obtenir un engagement des Européens afin qu'ils portent progressivement leurs dépenses militaires à 2 % du PIB dans chaque pays (comme l'a promis la France), dont 20 % en équipements, un objectif déjà fixé par l'Otan et que peu de pays atteignent.

Collectivement, l'Europe est en 2^e position mondiale en matière de dépenses militaires, après les États-Unis. Mais les budgets de défense en Europe n'ont cessé de diminuer ces dernières années, alors que d'autres acteurs mondiaux (la Chine, la Russie et l'Arabie saoudite) ont renforcé leur secteur de la défense dans une mesure sans précédent. En 2015, les investissements améri-



➤ Lors du Conseil européen des 15 et 16 décembre derniers, François Hollande et Angela Merkel ont souligné l'importance d'augmenter les budgets nationaux de défense.

cains dans le secteur de la défense représentaient plus du double des dépenses totales des États membres de l'Union européenne dans ce secteur. Ces dix dernières années, la Chine a augmenté son budget de la défense de 150 %, alors que les États membres de l'Union européenne ont diminué leurs dépenses en matière de défense de pratiquement 12 % en termes réels. Cette diminution n'a pas été compensée par une plus grande coopération européenne. Ce manque de coopération entre États membres dans le domaine de la défense et de la sécurité a un coût annuel qui, selon les estimations, oscille entre 25 et 100 milliards d'euros.

Un plan en trois volets

Concernant les instruments de financement, la Commission européenne a présenté un plan en trois volets : la création d'un programme de recherche militaire sur le budget européen, un fonds européen de

financement des capacités de défense, et l'extension du mandat de la Banque européenne d'investissement (BEI) pour financer certaines de ces activités.

« Afin de garantir notre sécurité collective, nous devons investir dans le développement conjoint de technologies et d'équipements d'importance stratégique – allant des capacités terrestres, aériennes, maritimes et spatiales à la cybersécurité. Il faut pour cela davantage de coopération entre les États membres et une mise en commun plus importante des ressources nationales. Si l'Europe ne prend pas en charge sa propre sécurité, personne d'autre ne le fera pour elle. Une base industrielle de défense forte, compétitive et innovante, voilà ce qui nous apportera une autonomie stratégique », a déclaré le président de la Commission européenne, Jean-Claude Juncker.

Le Fonds européen de la défense serait destiné à soutenir les investissements dans la R&D conjoints

d'équipements et de technologies de défense. Le fonds proposé comprendrait deux « volets » complémentaires, mais différents de par leur structure juridique et la source de financement de leur budget. Un « volet recherche », destiné à financer la recherche collaborative dans les technologies de défense novatrices telles que l'électronique, les métamatériaux, les logiciels cryptés ou la robotique. La Commission a déjà proposé d'allouer 25 M€ à la recherche en matière de défense au titre du budget de l'Union pour 2017, et pense que ce montant pourrait augmenter pour atteindre 90 M€ en 2020. Au titre du cadre financier pluriannuel de l'Union européenne post-2020, la Commission a l'intention de proposer un programme de recherche consacré à la défense et doté d'un budget annuel estimatif de 500 M€. En outre, un « volet capacités » servirait d'instrument financier permettant aux États membres participants d'acquérir certains biens tout en réduisant leurs coûts. Les capacités seraient définies d'un commun accord par les États membres, qui seraient propriétaires de la technologie et des équipements. Par

exemple, les États membres pourraient s'unir pour investir dans la technologie des drones ou acheter des hélicoptères en grandes quantités afin de réduire les coûts. Pour donner un ordre de grandeur, ce volet devrait être capable de mobiliser environ 5 Md€ par an.

Étude d'un drone européen

Il serait également question de promouvoir les investissements dans les PME, les start-up, les entreprises de taille intermédiaire et les autres fournisseurs de l'industrie de la défense. Les Fonds structurels et d'investissement européens et le groupe de la Banque européenne d'investissement (BEI) apportent d'ores et déjà un soutien financier au développement d'un certain nombre d'activités à double usage. Parmi les programmes européens à soutenir, figure sans nul doute celui du drone européen RPAS. Depuis octobre 2016, le développement d'un drone européen commun, envisagé depuis de nombreuses années, est en effet entré dans une nouvelle phase. Le contrat de l'étude de définition du programme de drone européen de moyenne altitude et longue endurance, baptisé Male RPAS

(*Medium altitude long endurance remotely piloted aircraft system*), a été confié à Airbus, Dassault Aviation et Leonardo-Finmeccanica, et a été officialisé à l'occasion d'une réunion présidée par l'Organisation conjointe de coopération en matière d'armement (Occar), en présence des représentants des états partenaires du programme (Allemagne, Espagne, France et Italie).

Le Male RPAS sera un système aérien sans pilote de nouvelle génération dédié aux missions armées de renseignement, surveillance, ciblage et reconnaissance (Istar). Son intégration au trafic aérien et sa certification en vue d'opérer dans l'espace aérien extrêmement dense de l'Europe font partie des principaux objectifs distinctifs de ce programme. L'étude de définition de deux ans a débuté durant le mois de septembre et sera menée conjointement par Airbus Defence and Space, Dassault Aviation et la Division Avions de Leonardo-Finmeccanica, à raison d'une répartition égale des tâches. Ces trois entreprises agiront par conséquent en tant que cotraitants dans le cadre de cette étude de définitions.

JACQUES MAROUANI

SOUS-TRAITANCE

Le militaire, un marché clé pour la sous-traitance de l'Hexagone

Nombre de sous-traitants maintiennent un brasage au plomb pour leurs clients de la défense. Le militaire est aussi demandeur de services de gestion de l'obsolescence des composants électroniques. Les grandes entreprises de sous-traitance comme les PME sont des fournisseurs de services pour ce domaine.

La défense demeure un marché important pour la sous-traitance en électronique de l'Hexagone. Chez AsteelFlash (5 000 personnes disséminées dans 18 sites dans le monde), numéro un de la sous-traitance de l'Hexagone et troisième européen, l'activité en militaire et aéronautique représente la troisième activité en termes de chiffre d'affaires. Les sites européens dédiés à ce secteur sont Langon (Ille-et-Vilaine) et Eberbach (Allemagne). Et en 2012, AsteelFlash a créé avec Cen-

→ La défense demeure un débouché majeur pour la sous-traitance en électronique de l'Hexagone. Sur la photo, un soldat du premier RI équipé du système Félin (Fantassin à Équipements et Liaisons Intégrés).

tum Adetel (ex-Adetel, 600 personnes, 60 millions d'euros de chiffre d'affaires), entreprise spécialisée en études et ingénierie pour l'aéronautique, la défense, la sécurité, les transports et le médical, une société conjointe réunissant les savoir-faire de Centum Adetel et les capacités de production d'AsteelFlash. Adetel est entré, en juillet 2016, dans le groupe indien Centum Electronics (1 500 personnes, 100 M\$ de chiffre d'affaires annuel) – qui inclut une



Ministère de la défense

filiale dédiée à l'électronique militaire et spatiale (Centum Strategic Electronics) –, prenant alors le nom de Centum Adetel. Cette opération facilite l'accès d'Adetel au marché indien et permet à ses clients européens d'avoir pied dans ce pays.

Nombre de grands sous-traitants français sont impliqués dans le militaire. Selha Group (900 personnes, 100 M€ de CA) réalise une grande partie de son chiffre d'affaires avec la défense et l'aéronautique et est certifié EN 9100 (aéronautique). Deux de ses sites sont certifiés Nadcap (*National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program*), une certification pour le militaire et l'aéronautique : l'usine Selha de Renazé (Mayenne) forte de 450 salariés, et, depuis août dernier, l'usine OB de Casablanca (Maroc) qui s'appuie sur 200 employés. Outre ces deux usines, Selha Group s'appuie sur LCO (Cossé-le-Vivien, Mayenne, 50 personnes) et EINEA (Eu, Seine-Maritime, 220 personnes). Spécialisé en télécoms (infrastructures et réseaux), EINEA a été acquis en décembre 2015 auprès d'Alcatel. Il apporte un complément à l'offre de Selha à destination de l'aéronautique et défense puisque les télécoms y jouent un rôle de plus en plus important. Les deux usines de Tronico (Saint-Philbert de Bouaine en Vendée, et Tanger au Maroc) sont certifiées EN



Eolane

Le site d'Angers d'Eolane est spécialisé dans les solutions microélectroniques encapsulées. Eolane s'appuie sur 3200 personnes et a réalisé, en 2015, un chiffre d'affaires de 360 millions d'euros.

9100 et Nadcap. Tronico (720 personnes, 65 M€ de CA 2015) est impliqué dans le projet Stratobus (voir « *Le drone, nouvelles jumelles du militaire* », p.40), un dirigeable notamment dédié à la surveillance des territoires : l'entreprise fabriquera les convertisseurs de puissance et assurera le câblage de l'aéronef. En 2015, Tronico a conclu un accord de partenariat avec Sogeti High Tech (3000 personnes) avec

pour objectif le développement conjoint d'objets connectés destinés aux applications industrielles en environnement sévère.

Maintenir une filière au plomb

Le brasage au plomb est toujours utilisé pour les équipements de la défense, de l'aéronautique, du ferroviaire ainsi que de certains matériels du médical. En France, la filière au plomb représente un chiffre d'affaires de l'ordre de 30 % de l'ensemble de l'assemblage des cartes électroniques. Chez Selha, le pourcentage atteint 60 %. Il est de 50 % chez TME (50 personnes), une PME située à Gorron, et de 30 % chez Actia, Arelis, Lacroix Electronics et chez la PME francilienne Micronique. Toutefois, le maintien d'une filière au plomb n'est pas sans poser problème : si les fours de refusion sont utilisables à la fois pour le plomb et le sans-plomb, il n'en est pas de même pour les équipements de brasage à la vague. D'où des dépenses de maintenance et d'investissements. En outre, il faut séparer les activités plomb et sans plomb (différents étiquetages, stocks, outillages...), ce qui occasionne des frais supplémentaires. Enfin, la raréfaction des composants en boîtiers BGA (*Ball Grid Array*) – pose problème. Pour les



Arelis

Arelis (45,8 M€ de CA 2015), groupe spécialisé dans les composants, sous-ensembles et ensembles destinés à l'aérospatial, à la défense, à l'énergie et aux télécommunications, réalise quelque 30 % de son chiffre d'affaires avec l'aéronautique et défense. Il est certifié EN 9100.



← Tronico est un spécialiste de la gestion de l'obsolescence. Il propose, par exemple, le stockage de longue durée (20 ans et plus) sous azote.

Tronico

BGA, il faut débiller les versions RoHS puis les rebiller avec des billes au plomb. Enfin, quand il est impossible de trouver des composants au plomb, les sous-traitants doivent braser au plomb des composants sans-plomb (procédés *backwards*), ce qui peut imposer des qualifications concernant la fiabilité des joints de soudure.

Du fait de la disparition des composants au plomb, la gestion de l'obsolescence est devenue une activité importante pour la sous-traitance en électronique travaillant pour la défense. En effet, le militaire utilise des matériels électroniques prévus pour fonctionner quelque 30 années alors que la durée de vie des semi-conducteurs est, elle, de l'ordre de 3 à 5 ans. Cette gestion de l'obsolescence passe par une veille technologique permettant de repérer les fins de vie (*End of Life*) ainsi que les dernières possibilités d'achats (*Last Buy Order*) émis par les fabricants. En cas d'obsolescence, le sous-traitant aide le donneur d'ordres à choisir la meilleure solution entre recherche de composants obsolètes via brokers... puis stockage de ceux-ci, recherche d'équivalents ou de modèles « approchants » (à empreintes différentes, ce qui nécessite la création d'une carte mezzanine servant à l'adaptation entre le composant trouvé et l'empreinte sur la carte électronique...), ou encore reconception du

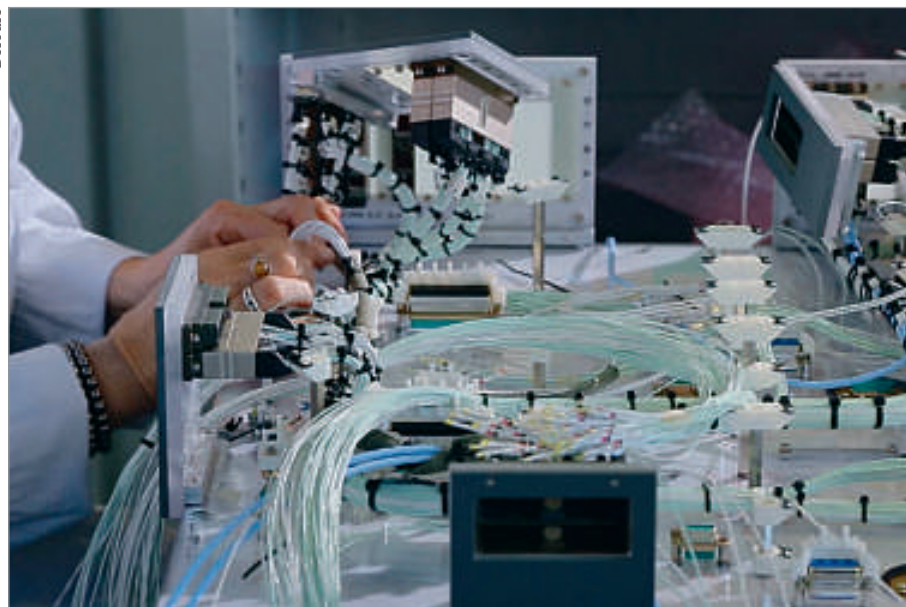
composant voire de la carte électronique. Les donneurs d'ordres sont eux-mêmes demandeurs auprès de la sous-traitance de plannings de gestion des obsolescences –incluant des bilans périodiques pour les cartes en fabrication. Les grands acteurs du domaine –Actia, Centum Adetel (10 % du CA en gestion de l'obsolescence), Eolane (3200 personnes, 360 M€ de CA 2015), Lacroix Electronics (3150 personnes, 311 M€ de CA 2015), Selha, Serma et Tronico– proposent de tels programmes. Actia les nomme plans de pérennisation, Centum Adetel, dossiers d'évolution... Pour prévoir les obsolescences, ces entreprises utilisent des outils compilant des informations en provenance de bases de données spécialisées ou se servent d'une base de données propriétaire (Celtique 2 créée à partir d'informations de listes GAM T de composants spécifiés pour l'armement, chez Eolane) ou précisent la criticité des composants en termes de technologies via des analyses de risque (Tronico).

Gérer l'obsolescence des composants

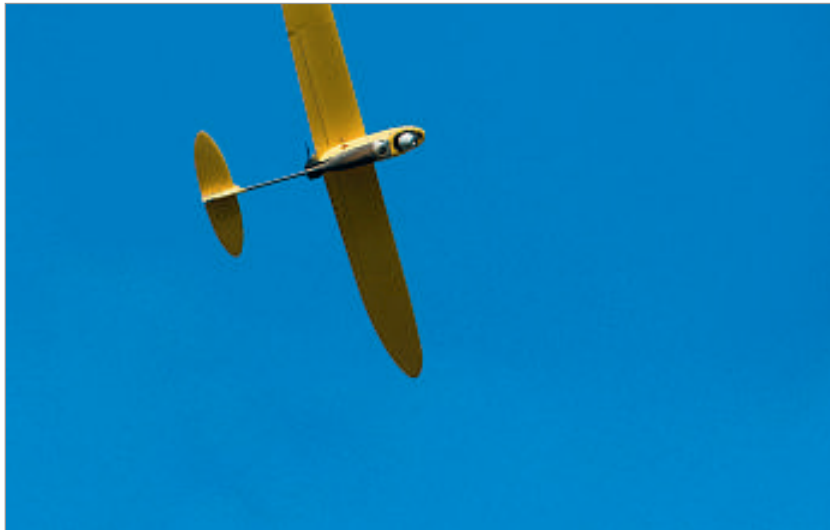
Le choix à effectuer entre stocker ou remplacer le composant obsolète par un équivalent –ce qui nécessite une requalification– est fonction du prix de la requalification. Dans le domaine de la défense, ce prix est élevé (plusieurs centaines de milliers d'euros). D'où la préférence des fabricants d'équipements militaires pour le stockage des composants. Les sous-traitants Centum Adetel,

Eolane et Tronico sont des spécialistes du stockage de longue durée (20 ans et plus) sous azote. Centum Adetel se sert, pour le stockage sous azote, du site de Langon (Ille-et-Vilaine) d'AsteelFlash. Pour se fournir en composants, il est aussi possible de faire appel à des sociétés spécialisées dans le stockage de puces nues et l'encapsulation, et/ou dans la re-fabrication de composants obsolètes (Rochester...). Enfin, quand il n'y a plus de documents ayant servi à la conception des composants, il est toujours possible de s'adresser à une société spécialisée dans le redesign de semi-conducteurs comme ID-MOS du groupe Serma. Nombre de sous-traitants qui proposent le redesign de composants sous-traitent ces opérations à ID-MOS (cas d'Actia et Centum Adetel). Enfin, quand il y a de nombreux composants obsolètes sur une carte, il peut s'avérer plus avantageux de reconcevoir (puis requalifier) la carte elle-même. Centum Adetel a, par exemple, reconçu de A à Z, sans documentation et à partir d'un exemplaire restant, une carte destinée à des sous-marins nucléaires. Une telle opération est complexe et coûteuse : le prix de la carte refabriquée par Centum Adetel a dépassé 500 000 € pour un coût initial de l'ordre de 1 000 €... Lacroix Electronics, qui réalise presque le cinquième de ses ventes avec l'aéronautique et défense et qui est certifié EN 9100, propose également des prestations de service en maintien en conditions opérationnelles et en gestion de l'obso-

Deroure



→ Spécialisé dans le câblage, Anjou Electronique (groupe Deroure) travaille notamment pour l'aéronautique et la défense. Le groupe Deroure inclut, outre les spécialistes du câblage Anjou Electronique et Anjou International, une filiale dédiée aux études et à l'ingénierie : Ametra.



Thales

← Trente-cinq Spy'Ranger, des drones de reconnaissance, mis au point par Thales en partenariat avec deux PME françaises (Aviation Design et Merio) vont être livrés à l'armée française.

lescence. Son accord de 2014 avec Ausy, une société internationale de conseil et d'ingénierie en haute technologie, lui a d'ailleurs permis de muscler son offre dans ce domaine. En aéronautique et défense, Lacroix Electronics propose notamment des cartes embarquées pour modules et calculateurs, des sous-ensembles conçus pour fonctionner dans des environnements extrêmes (température, pression, vibration).

Les petites entreprises aussi

Arelis (45,8M€ de CA 2015), groupe spécialisé dans les composants, sous-ensembles et ensembles destinés à l'aérospatial, à la défense, à l'énergie et aux télécommunications, réalise quelque 30% de son CA avec l'aéronautique et défense. Certifié EN 9100, il travaille notamment pour Airbus Defense & Space (baies de numérisation et de synthèse de fré-

quences) et pour Thales (modules pour radars). Il a musclé son offre en télécoms grâce à l'acquisition, en 2012, de Thomson Broadcast. Et il se développe à l'international : en 2015, il s'est allié avec le groupe indien Crompton Greaves, un fournisseur de la défense indienne. Moyennant des transferts de technologies et de savoir-faire à Compton, ce partenariat lui ouvre les portes du marché indien de l'aéronautique et défense. Or ce marché devrait doubler entre 2015 et 2020.

Le groupe Deroure (530 personnes, 35M€ de CA 2015), qui est certifié EN 9100, est axé sur l'aéronautique et militaire via Ametra (300 salariés), qui est un bureau d'études et d'ingénierie pour l'aéronautique, la défense, l'énergie et l'industriel, et via Anjou Electronique, sous-traitant basé à Longué-Jumelles (Maine-et-Loire) et spécialisé en câblage filaire, qui travaille en liai-

son avec Anjou International, son homologue en Tunisie. Exemple de travaux réalisés par Anjou Electronique : le câblage des commandes de vol du Rafale. Ametra regroupe 8 sites en France, spécialisés en fonction des demandes des régions qu'ils servent (nucléaire dans le sud-est, aéronautique dans le Toulousain...). Anjou Electronique et Anjou International poursuivent un programme Lean d'amélioration de la qualité. Dans le domaine du câblage à destination de l'aéronautique et défense, les donneurs d'ordres sont exigeants : certains imposent que le câblage soit réalisé par des opérateurs ayant au moins 5 ans d'expérience au sein de l'entreprise... Anjou Electronique dispose également d'un département dédié à la réalisation de prototypes fort d'une trentaine de personnes.

Les PME sont aussi des fournisseurs de services de production pour l'aéronautique et défense. Emka Electronique (150 personnes disséminées entre les sites de Pruniers-en-Sologne dans le Loir-et-Cher, et de Noyant-la-Gravoyère dans le Maine-et-Loire), qui est certifié EN 9100, travaille notamment sur des systèmes de détection, des systèmes laser et des équipements de radiocommunications. Basée à Brest, Asica (100 personnes, 12M€ de CA), opère aussi pour le compte de l'aéronautique et défense avec, par exemple, des travaux entrant dans le cadre de Félin (fantassin du futur) et des sous-ensembles de communication utilisant l'ostéophonie (conduction osseuse).

DIDIER GIRAULT

DÉTECTION

Le drone, nouvelles jumelles du militaire

L'utilisation de drones permet de voir avec précision au loin et de loin, sans être vu donc sans s'exposer. Plus généralement, les fournisseurs de la défense proposent des matériels de vision de plus en plus sophistiqués à destination tant du fantassin que du groupe.

Dans toutes les batailles, le fait de connaître la position et les forces de l'ennemi a constitué un avantage majeur, souvent décisif. Rien n'a changé aujourd'hui si ce n'est que la technique a fait évoluer les moyens de détection et de surveillance. Le

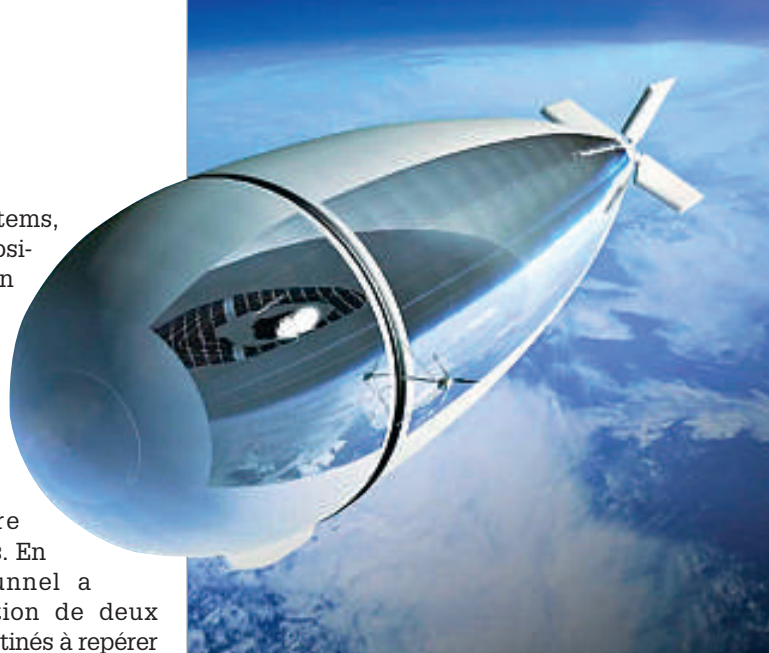
drone, qui allie déplacement dans les airs et détection via caméras (vidéo, infrarouge...), est le symbole même de cette évolution. Il permet de voir sans être vu, de voir la nuit, de voir avec précision au loin et de loin. Le combattant d'aujourd'hui peut, par exemple, s'appuyer sur le Black Hor-

net, un drone miniature et télécommandé pesant moins de 30 grammes, équipé d'une caméra infrarouge et d'une caméra vidéo, doté d'une autonomie de vol de 25 minutes et pouvant couvrir une distance de 1,6km. Le Black Hornet est fabriqué par le norvégien Prox Dynamics - qui a été

acquis par Flir Systems, spécialiste des dispositifs de surveillance, en décembre 2016. La surveillance des sites sensibles, qui fait aussi, et de plus en plus – terrorisme oblige –, partie des tâches de la défense, commence à être confiée à des drones. En juin 2016, Eurotunnel a annoncé l'acquisition de deux drones militaires destinés à repérer les intrusions sur son site de Calais (660 hectares) déjà surveillé par 500 caméras fixes et 300 vigiles. Ces drones sont équipés de caméras thermiques à longue portée fournissant des images de grande précision.

Le Stratobus : entre drone et satellite

Pour la surveillance des frontières ou de superficies importantes, l'armée utilise des drones à grande autonomie. En octobre 2016, Safran Electronics & Defense a inauguré un centre de R&D spécialisé en systèmes de navigation inertielle, en systèmes guidés de précision, en systèmes d'information tactique et en drones de surveillance à grande autonomie. Situé à Eragny-sur-Oise, ce laboratoire regroupe les équipes de Safran Electronics & Defense d'Argenteuil et d'Eragny. Il compte 1 200 salariés (75 % d'ingénieurs et cadres). La plupart des



Thales Alenia Space

drones sont affectés à des tâches de détection via un survol à basse altitude alors que les satellites surveillent de très haut.

Entre les deux, viennent aujourd'hui se glisser les HAPS (*High Altitude Pseudo Satellite*) dont un représentant est le Stratobus. Ce système est un dirigeable de volume 50 000 m³ destiné à évoluer à une altitude de 20 km, soit dans la couche basse de la stratosphère, là où l'air est suffisamment dense pour assurer la portance du ballon et où les vents sont suffisamment modérés (autour de 90 km/h pour la zone comprise entre les tropiques) pour lui permettre de se maintenir en position stationnaire (avec la motorisation électrique qui est la sienne). Le Stratobus sera taillé pour les missions de surveillance des frontières et des sites critiques (exemple : les plateformes off-shore), pour des missions de sécurité militaire (lutte contre le terrorisme...), de contrôle environnemental (détection des feux de forêt, des pollutions...) ainsi que de télécommunications (connexion à Internet de zones intertropicales non couvertes par les opérateurs ; relais de transmissions GSM entre structures terrestres et satellites). C'est Thales Alenia Space qui est le maître d'œuvre de ce projet ; il se charge notamment de la réalisation des générateurs photovoltaïques. CNIM

← Le Stratobus est un dirigeable de 50 000 m³ destiné à évoluer à une altitude de 20 km, taillé pour les missions de surveillance des frontières et des sites critiques, de sécurité militaire, de contrôle environnemental ainsi que de télécommunications.



Safran Electronics & Defense

← Les jumelles multifonctions JIM LR permettent la vision de jour et de nuit, et sont équipées d'un télémètre, d'un pointeur laser, d'un GPS et d'un compas magnétique. Elles peuvent transmettre les images et la localisation de celles-ci.

(Construction navale industrielle de la Méditerranée) travaille sur la structure, l'anneau et la nacelle, Solutions F sur la propulsion électrique, Airstar Aerospace sur l'enveloppe équipée, et le sous-traitant vendéen Tronico sur les convertisseurs de puissance et le câblage de l'aéronef. Un démonstrateur devrait être présenté en 2018 et le premier vol de qualification est prévu pour 2020. Le projet Stratobus bénéficie d'une aide de 16,6 M€ dans le cadre du programme des investissements d'avenir.

Des drones anti-drones

Si les drones sont utilisés pour la surveillance des sites sensibles, ils peuvent également permettre le survol illicite de tels sites. En 2015, plusieurs drones ont ainsi « fait le buzz » en survolant des centrales nucléaires et des sites militaires. Pour contrer de tels actes, des drones anti-drones sont à l'étude. Depuis août 2015, les sociétés JCPX Development, DSNA services, Aveillant, Skysoft ainsi que l'Enac travaillent à la mise au point d'un système baptisé UWAS (*UAV Watch And Catch System*) destiné à contrer les survols illicites de sites sensibles. Dans la pratique, l'UWAS permettra de détecter, suivre et intercepter des drones de moins de 25 kg grâce à un radar – mis au point par Aveillant, une filiale d'Altran – apte à la détection de drones de petite taille à une distance de 5 km. L'UWAS inclut également un système au sol de suivi de la cible pour la levée de doute, et une contrôle – commande (fixe ou portable). Lors de la dernière édition européenne du salon IFSEC International (Londres, du 21 au 23 juin 2016), Panasonic a, quant à lui, dévoilé un système de détection de drones reposant sur 32 microphones directionnels et une caméra de surveillance à rotation selon l'horizontale et la verticale. Ce dispositif permet de détecter un drone à 300 m.

Des jumelles infrarouges à longue portée

Outre l'arrivée sur la scène militaire de nouveaux systèmes, tels les drones, les équipements de vision plus traditionnels font l'objet de transformations innovantes. Des jumelles comme les JIM-LR (Jumelles Infanterie Multifonctions - *Long Range*) de Sagem, permettent aujourd'hui la vision de jour et de nuit (via détecteur ther-



← Le Black Hornet est un drone miniature de moins de 30 grammes, équipé d'une caméra infrarouge et d'une caméra vidéo. Doté d'une autonomie de vol de 25 minutes, il peut couvrir une distance de 1,6 km.

ner des secteurs d'observation, de télémétrer des objectifs et d'en transmettre les images et les coordonnées. Les jumelles JIM-LR sont aujourd'hui utilisées par les armées de plus de 40 pays. Plus de 9000 de ces matériels sont en service dont 2000 en France. Ils sont fabriqués par Sagem Poitiers.

Le dispositif de combat baptisé Félin (Fantassin à Équipements et Liaisons Intégrés), développé par Sagem Défense et Sécurité (devenu Safran Electronics & Defense) inclut un dispositif de vision : une lunette destinée à la vision diurne ainsi qu'à la vision infrarouge est montée, via un rail, sur le fusil d'assaut Famas Félin. L'image obtenue peut-être visualisée sur deux écrans (un au niveau de la poitrine et le second, au niveau du casque). La même lunette peut équiper la mitrailleuse Minimi et le fusil de précision FR-F2.

DIDIER GIRAULT

mique), la télémétrie, le pointage laser, l'enregistrement d'images et de vidéos, la fonction GPS et la fonction compas magnétique, ainsi que la transmission de données. Elles permettent donc de détermi-

L'OCCIDENT REDOUBLE DE PRUDENCE DANS L'OCTROI DES TECHNOLOGIES SENSIBLES

→ Le fait qu'en décembre dernier, le président Obama ait mis son veto au rachat d'Aixtron (713 personnes, 200 M€ de chiffre d'affaires), un fabricant d'équipements pour semi-conducteurs, est significatif d'un redoublement de prudence des pays occidentaux en ce qui concerne le partage des technologies «sensibles», c'est-à-dire utilisées par les militaires. En prenant cette décision, le président des États-Unis a suivi les préconisations du comité américain en charge des investissements étrangers (CFIUS - *Committee on Foreign Investment in the US*) qui s'était prononcé contre la

transaction en raison de risques pour la sécurité du pays. Les technologies proposées par Aixtron servent en effet dans la fabrication des radars et des lasers. Aixtron a d'ailleurs pour client Northrop Grumman, un fournisseur de la défense américaine.

→ À la suite de cette intervention, le fonds d'investissements chinois Fujian Grand Chip (FGC) a renoncé à acquérir Aixtron (pour un montant de l'ordre de 670 M€). Ce d'autant plus qu'en octobre dernier, Berlin, tout d'abord favorable à cette transaction, avait retourné sa veste et demandé du temps pour étudier plus à fond

le dossier. Les rachats de sociétés allemandes de hautes technologies sont, en effet, également devenus un sujet sensible outre-Rhin. La France s'aligne sur cette position : le 23 novembre, lors du forum Innovation organisé par la Délégation générale de l'armement (DGA) à l'école Polytechnique, Laurent Collet-Billon, délégué général de l'armement, a ainsi plaidé pour la création d'un fonds public d'investissements à destination des entreprises innovantes dont les technologies sont utilisées par la défense, de façon à pouvoir contrer les tentatives de rachat par des groupes étrangers.

CIRCUITS NUMÉRIQUES

« Les processeurs graphiques se multiplient dans les systèmes militaires »

Marc Couture, responsable du traitement numérique embarqué chez l'équipementier américain Curtiss-Wright, souligne la progression des processeurs graphiques issus du monde PC dans de multiples applications de défense allant du traitement de données issues de capteurs jusqu'à l'intelligence artificielle.

Depuis quand les applications militaires utilisent-elles des processeurs graphiques ?

MARC COUTURE Dès le début des années 2000, l'industrie de la défense s'est intéressée aux GPU, mais, dans un premier temps, uniquement pour des applications

graphiques, par exemple pour le rendu graphique de données issues des capteurs à dimensions et débits de données très élevés. Mais, petit à petit, ces processeurs graphiques standards ont trouvé d'autres applications, par exemple pour gérer les informations corrélées en temps réel de multiples capteurs, jusqu'à devenir un outil usuel du traitement numérique pour les systèmes militaires.

graphiques, par exemple pour le rendu graphique de données issues des capteurs à dimensions et débits de données très élevés. Mais, petit à petit, ces processeurs graphiques standards ont trouvé d'autres applications, par exemple pour gérer les informations corrélées en temps réel de multiples capteurs, jusqu'à devenir un outil usuel du traitement numérique pour les systèmes militaires.

Pourquoi cet intérêt des militaires pour les GPU ?

MARC COUTURE D'un point de vue

purement technique, ces processeurs graphiques issus du monde des PC éclipsent toutes les autres solutions en termes de performances par rapport à leur encombrement et à la puissance énergétique requise. Mais leur positionnement logistique est longtemps resté un frein à leur déploiement dans des systèmes militaires : concrètement, ces circuits n'avaient pas une durée de vie assez longue pour les applications de défense, et le suivi par les fabricants (Nvidia, AMD, Intel, etc.) n'était pas à la hauteur. Heureusement, ces fournisseurs se sont depuis recentrés sur tous les marchés de l'électronique embarquée, y compris la défense, et ont mieux pris en compte ces problématiques, en assurant notamment une longévité bien supérieure à leurs circuits intégrés.

Est-il plus ou moins simple de développer une application de défense sur un GPU

que sur un autre type de circuit ?

MARC COUTURE L'autre avantage des GPU réside dans l'aspect programmation. Les FPGA, qui constituent une alternative intéressante, sont encore considérés comme étant difficiles à mettre en œuvre au niveau logiciel, et donc associés à des temps et coûts de développement supérieurs. À l'inverse, les processeurs graphiques bénéficient aujourd'hui de langages de programmation intuitifs comme CUDA et OpenCL. En outre, par rapport à un microprocesseur classique pour lequel l'utilisateur doit gérer de nombreux échanges de données avec l'extérieur (transferts DMA, interruptions, etc.), un GPU constitue un système plus autonome, plus cohérent. Enfin, les processeurs graphiques sont naturellement doués pour le calcul en virgule flottante en précision simple ou même double, là où les autres circuits restent plus à l'aise avec les calculs en virgule fixe.

Quelles sont les applications de défense les plus à même de profiter des performances offertes par les GPU ?

MARC COUTURE La première qui vient à l'esprit, c'est bien sûr l'imagerie de surveillance. Les capteurs d'images optiques ou infrarouges génèrent des quantités de données très importantes, et les proces-

seurs graphiques y sont dans leur pré carré. Idem pour les radars, qui impliquent généralement un large FPGA, mais ce dernier ne peut prendre en charge qu'une part limitée de traitement numérique : un GPU est alors utilisé comme coprocesseur pour mettre en œuvre le gros du traitement (compression, transformées, algorithmes, etc.), souvent en conjonction avec un microprocesseur x86. Dans le domaine de la guerre électronique

learning, comme en témoigne l'initiative CUDA Deep Neural Network.

Comment ces composants sont-ils déployés dans des applications en environnement sévère ?

MARC COUTURE Souvent, on les retrouve dans des modules durcis OpenVPX VITA 46/65 en taille 3U ou 6U, ou sous forme de modules mezzanines standards MXM. Nvidia et AMD ont ainsi déjà produit plu-

Curtiss-Wright



MARC COUTURE, responsable du traitement numérique chez Curtiss-Wright

“Les processeurs graphiques trouvent leur place dans tous les systèmes de défense basés sur des capteurs complexes, mais aussi dans la guerre électronique et dans le domaine de l'intelligence artificielle.”

(sécurisation des communications, brouillage, etc.), les GPU induisent parfois un temps de latence trop élevé, mais lorsque cette caractéristique n'est pas essentielle, ils permettent par exemple de calculer d'énormes transformées de Fourier pour des systèmes de traitement en fréquence intermédiaire ou de DRFM (*digital radio frequency memory*), et, de manière générale, ils facilitent la gestion du spectre pour optimiser la réception et le brouillage en bande étroite. Enfin, il est permis de penser que les processeurs graphiques trouveront leur place dans les systèmes militaires d'intelligence artificielle impliquant la prise de décision en temps réel à partir de nombreuses données et s'appuyant sur les techniques de *deep*

siècles générations de modules MXM basés sur processeurs graphiques et la mémoire GDDR5 associée. Ces modules sont ensuite insérés dans des boîtiers VPX 3U ou 6U qui en assurent la protection et prennent également en charge la dissipation thermique.

Par exemple, dans un seul boîtier VPX 6U, il est possible d'embarquer deux modules Tesla M6 basés sur des processeurs Maxwell GM204 de Nvidia, pour une puissance de calcul totale dépassant les 5 TFlops. De quoi constituer un solide module d'accélération de traitement numérique, par exemple en parallèle avec un autre boîtier VPX comprenant deux processeurs Core i7 associés à un commutateur PCIe.

**PROPOS RECUEILLIS
PAR FRÉDÉRIC RÉMOND**

HYPERFRÉQUENCES

Les applications militaires en pincement pour le GaN

Dans nombre d'applications militaires, notamment celles impliquant des radars à antennes actives ou des systèmes de guerre électronique, le nitrure de gallium s'impose de plus en plus, généralement au détriment de l'arséniure de gallium, pour réaliser des amplificateurs de puissance ou encore des LNA robustes.

Il est depuis peu beaucoup question de l'utilisation de composants de puissance haute fréquence à base de nitrure de gallium pour des applications civiles professionnelles ou grand public. En particulier, le GaN s'annonce incontournable pour les futures stations de base 5G. Les militaires se sont quant à eux très tôt penchés sur le berceau de ce matériau semi-conducteur à large bande interdite aux propriétés remarquables pour, notamment, réaliser des amplificateurs de puissance micro-ondes. Ainsi, dès la fin des années 1990, la DGA (Direction générale de l'arme-

ments importants avaient été réalisés aux États-Unis et au Japon, son ambition était de fédérer laboratoires et industriels issus de sept pays européens (France, Allemagne, Espagne, Italie, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède) afin de faire émerger une filière de production de circuits intégrés monolithiques micro-ondes (MMIC, *Monolithic microwave integrated circuit*) en technologie HEMT GaN. Toujours sous l'égide de l'AED, après Korrigan, d'autres travaux ont vu le jour dans le cadre des projets Manga (*Manufacturable GaN*) en 2010, puis Magnus (*GaN with UMS*)

mances de bruit et de linéarité. Dans les applications militaires ou autres, il se révèle digne d'intérêt non seulement pour réaliser des amplificateurs de puissance, mais aussi des commutateurs, des mélangeurs et des amplificateurs faible bruit (LNA, *Low-noise amplifier*) robustes. À cet égard, le choix d'un LNA en GaN sera aussi justifié par sa capacité à encaisser de forts signaux. Dans les antennes radar, il sera dès lors possible de faire l'impasse sur les traditionnels limiteurs requis pour protéger les LNA en GaAs. Sur le front de la guerre électronique, on appréciera aussi la possibilité de réaliser des amplificateurs de puissance large bande pour les systèmes de contre-mesures.

Les radars à antennes actives et leurs milliers de modules T/R (transmit/receive), dont l'impact est grand sur le coût et le poids du système, sont les plus à même de tirer avantage des MMIC en GaN. Des radaristes de renom comme Lockheed Martin, Northrop Grumman, Thales et Raytheon, l'ont bien compris et ont migré vers la technologie nitrure de gallium. Par exemple, à l'occasion du dernier salon de l'aéronautique ILA de Berlin, Raytheon a présenté son dernier radar de conduite de tir associé au système Patriot. Pour ce radar AESA, doté d'une nouvelle antenne d'acquisition et de poursuite, et de deux antennes complémentaires permettant de mener une recherche simultanée sur 360°, il a été fait grand usage de semi-conducteurs en GaN. Ce qui a permis d'intégrer un grand nombre d'éléments rayonnants de taille réduite, tout en conservant un fort niveau de puissance d'émission. Selon l'américain, l'intégration de ces nouveaux éléments se traduira aussi par une réduction du coût d'entretien du radar.

PHILIPPE CORVIER



Raytheon

ment) est convaincue que le GaN succèdera à l'arséniure de gallium, notamment dans les domaines des radars à antennes actives (AESA, *Active electronically scanned array*) et des systèmes de guerre électronique. Il est aussi apparu que, dans un secteur aussi critique, le développement d'une filière industrielle indépendante européenne était une nécessité. Financé par l'Agence européenne de défense (AED), le programme Korrigan (*Key organisation for research in integrated circuits in GaN technology*) a ainsi démarré dès 2005. Dans un contexte international où des investisse-

ments importants avaient été réalisés aux États-Unis et au Japon, son ambition était de fédérer laboratoires et industriels issus de sept pays européens (France, Allemagne, Espagne, Italie, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède) afin de faire émerger une filière de production de circuits intégrés monolithiques micro-ondes (MMIC, *Monolithic microwave integrated circuit*) en technologie HEMT GaN. Toujours sous l'égide de l'AED, après Korrigan, d'autres travaux ont vu le jour dans le cadre des projets Manga (*Manufacturable GaN*) en 2010, puis Magnus (*GaN with UMS*)

L'arséniure de gallium menacé

Par rapport au GaAs qu'il ambitionne de détrôner, le GaN permet des gains importants en termes de densité de puissance, de rendement et de tenue électrique, tout en garantissant de bonnes perfor-

Le radar de conduite de tir 360° AESA Patriot de Raytheon exploite avec profit les semi-conducteurs en GaN.

INSTRUMENTATION

Le test et la mesure accompagnent les évolutions en aéronautique et en défense

Entre la demande de bande passante toujours plus grande, la progression du numérique, la maintenance des équipements, les fabricants de systèmes de test et de mesure doivent rendre leurs solutions encore plus performantes, flexibles et économiques. Cela grâce à des produits sur étagère et à l'instrumentation modulaire.

Que ce soit les aéronefs, les véhicules terrestres, les soldats eux-mêmes, les matériels et équipements militaires intègrent de plus en plus d'électronique. « *Les forces armées (fantassins, drones, véhicules) sont de plus en plus modernes et de plus en plus communicantes* », constate Richard Keromen, directeur marketing pour la région Méditerranée chez National Instruments. « *Il y a un effort mondial à créer des forces armées plus petites et intégrant toujours plus de technologies* », ajoute Darren Nicholls, EMEA Aerospace & Defense Marketing Industry Manager chez Keysight Technologies. Qui dit électronique, dit forcément test et mesure. Et avec ses groupes industriels comme Airbus, ArianeSpace, Dassault Systèmes, Safran ou encore Thales, la France est très bien positionnée sur ce domaine et représente donc un marché porteur pour les fabricants de solutions de test et de mesure.

La situation n'est toutefois pas aussi simple que cela, selon que l'on s'intéresse au secteur aéronautique, spatial ou de la défense. « *Dans l'aéronautique, le plus grand donneur d'ordres se trouve actuellement en phase de production, avec la fabrication de différentes déclinaisons de sa plateforme. Cela rend le marché du test et de la mesure atone, et se traduit aussi par une forte pression sur les prix* », explique Éric Fauxpoint,



Rohde & Schwarz

➔ Les équipements dans le domaine de l'aéronautique et de la défense évoluant, les solutions de test et de mesure doivent accompagner ces changements. À l'instar, par exemple, de la génération d'échos radar pour le test des récepteurs (solution SMW-K78 de Rohde & Schwarz).

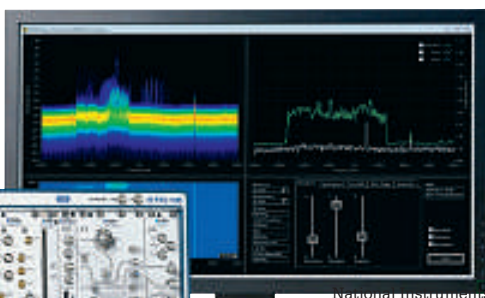
directeur du développement des nouvelles activités EMEA chez Anritsu et vice-président trésorier de l'Acstel Alliance électronique. Les fabricants cherchent des vecteurs d'innovation ailleurs, dans les télécommunications avec la 5G par exemple.

« *Dans le secteur du spatial, nous constatons, au sein de l'Acstel Alliance électronique, deux phénomènes différents : les industriels français rentrent des contrats, ce qui s'accompagne par la consommation d'appareils de test et de mesure. À cela s'ajoute le phénomène de constellation de petits satellites pour rendre l'Internet haut débit accessible partout dans le monde* », poursuit Éric Fauxpoint. Ce marché se distingue par une progression

rapide du nombre de satellites relativement économiques et avec une durée de vie orbitale courte, des lancements bien plus fréquents et aux coûts plus faibles, l'utilisation prolifique des composants sur étagère. « *Ces nouveaux acteurs recherchent ainsi des solutions capables de réduire les coûts de test et les temps de mise sur le marché* », insiste Renaud Courtois, responsable Grands comptes Aérospatial & Défense chez National Instruments France. Un bémol, néanmoins : un certain nombre de ces nouvelles sociétés présentes dans l'Internet par satellites ne produisent pas en Europe.

Des performances toujours plus élevées

« *Enfin, les industriels présents dans la défense affichent des services à l'exportation croissants, générateurs d'investissements en test et mesure. Au point que certains de ces industriels sont confrontés à un manque de personnel qualifié* », poursuit Éric Fauxpoint (Anritsu et Acstel Alliance électronique). Jean Laury, AVP EMEA Oscilloscope Sales chez Teledyne LeCroy, fait toutefois remarquer que « *les Rafale vont certes générer du business pour Thales, mais pas pour nous, parce que la fabrication des avions se fera en Inde ou ailleurs* ». Ce qui fait dire aussi à Darren Nicholls (Keysight Technologies) que « *le coût de développement et de production des futurs équipements est hors de portée financièrement et technologiquement de la plupart des pays européens seuls. D'où notamment la création de centres d'excellence multinationaux. Le changement le plus important est la transformation de la passation de marchés étatiques vers des achats directs ou du*



National Instruments

← De par la bande passante accrue, l'importance d'une latence minimale, la possibilité de mettre en œuvre des FPGA, le PXI est une plateforme clé pour les applications de test et de mesure dans l'industrie aérospatiale et la défense.



type "paiement à l'utilisation". »

Pour Françoise Sango-Carbonel, directrice commerciale et marketing Test & Mesure de Rohde & Schwarz France, « nous bénéficions par ailleurs, malheureusement, du contexte actuel des attentats, avec le renforcement des investissements pour la sécurité, la traque des terroristes, la cybersécurité. Même s'ils ne sont pas forcément à la hauteur des besoins, la France étant en retard – elle est plus réactive plus que proactive. » Ce que confirme Alain Ricard, Strategic Accounts pour l'Espagne, la France et le Portugal chez Tektronix, qui ajoute que « l'État ayant débloqué des budgets, nous avons constaté le lancement de nouveaux projets (contrôle d'accès, détection de dangers potentiels). Globalement, l'aéronautique et la défense sont des marchés importants, mais stables ». Ce qui fait dire à Éric Fauxpoint (Anritsu et Acsiel Alliance électronique) que « de nouveaux clients, tels que les opérateurs de télécommunications, qui ont investi des millions, les services étatiques, les armées, les services de secours, apparaissent dans le domaine de la surveillance du spectre, les outils devenant des moyens de gestion et non plus de diagnostic. » Renaud Courtois (National Instruments France) affirme même que « l'une des grandes tendances concerne la maîtrise de l'information. Aussi bien l'échange des données entre les différents acteurs sur un champ de bataille que dans le cyberspace. Le ministère de la Défense a beaucoup investi dans la cyberdéfense (bâtiments construits, personnels compétents). On parle même de créer une 4^e armée ».

Comment se traduisent ces grandes évolutions au niveau du test et de la mesure ? « Il y a une escalade des performances, en termes de bande passante, de bande d'analyse, de précision, de niveau de bruit, etc. À cela s'ajoutent l'importance grandissante du numérique, même si l'analogique a encore de belles heures devant lui, ainsi que le développement de bus de plus en plus complexes, avec des protocoles spécifiques (codage Manchester, par exemple) », résume Françoise Sango-Carbonel (Rohde & Schwarz France). « Les radars de nouvelle génération et les équipements pour



Keysight Technologies

la guerre électronique ont besoin de bande passante plus élevée, de largeur d'analyse en temps réel. Notre tout dernier analyseur de signal large bande RSA7100A affiche une largeur d'analyse en temps réel jusqu'à 800 MHz », explique Alain Ricard (Tektronix). C'est ainsi que les nouveaux équipements (radars, communications satellites) travaillent dans les ondes millimétriques. « Le besoin se fait jour également d'échanger des signaux RF acquis ou déjà enregistrés d'un équipement à un autre à des débits minimum de 10 Gbit/s, ce qui équivaut à une largeur de modulation d'environ 2 GHz », indique Darren Nicholls (Keysight Technologies). « Et n'oublions pas, en plus de la bande passante accrue, l'importance d'une latence

↖ Pour les applications de satellites, Keysight Technologies a développé une Reference Solution, basée sur une instrumentation modulaire et des logiciels, capable de surveiller de larges blocs de spectre et d'analyser d'une manière précise la modulation numérique.



Marvin Test Solutions

↖ En maintenance en condition opérationnelle (MCO), les industriels cherchent à réaliser des opérations de maintenance au plus près du terrain, pour réduire encore les coûts. Les testeurs vont de plus en plus souvent sur site, pour un premier niveau de réparation.

minimale. C'est d'ailleurs l'une des raisons pour lesquelles nous avons choisi le standard PXI Express, rappelle Renaud Courtois (National Instruments France). L'instrumentation modulaire offre d'autres avantages, tels que la création de systèmes de test multivoies et en cohérence de phase (typiquement une antenne MIMO) ou la possibilité de mettre en œuvre des FPGA. Ces derniers peuvent prendre en charge l'extraction de données, l'émulation de canaux de propagation, l'analyse de spectre en temps réel. » Et les instruments définis par logiciel complètent également l'instrumentation traditionnelle de par leur flexibilité et les économies qu'ils génèrent.

« Les oscilloscopes numériques voient, quant à eux, leur dynamique et leur sensibilité s'étendre et les dernières améliorations apportées aux générateurs de formes d'onde arbitraires portent sur l'amplification, afin d'accroître encore un peu plus les niveaux de sortie, et sur l'ajout de filtres intégrés pour améliorer la pureté spectrale », poursuit Alain Ricard. Toujours en oscilloscopie, Jean Laury (Teledyne LeCroy) constate que « les industriels recherchent des oscilloscopes facilement interfaçables à Matlab pour analyser les données, souvent en mode fréquentiel. À l'instar de ce qui se passe en automobile, les acteurs en aéronautique sont demandeurs de solutions pour analyser la puissance électrique (moteurs électriques pour se déplacer au sol). Mais cela n'est pas si simple, et l'on est plutôt à la limite de ce qui est réalisable ».

La MCO est encore plus importante

Les acteurs de la guerre électronique veulent aujourd'hui surveiller un spectre électromagnétique donné de plus en plus longtemps. D'où la tendance à disposer de systèmes d'enregistrement et de rejeu large bande. La simulation est une chose intéressante, mais les utilisateurs préfèrent le contenu réel de l'environnement, pour réaliser des tests de régression, des traitements inconnus – la personne ne sait pas ce qu'elle cherche – ou des traitements trop complexes. « Le marché de l'aéronautique et de la défense recherche de plus en plus souvent



D'où la demande pour des instruments identiques, que l'on arrive à trouver sur le marché de l'occasion, ou pour des appareils répondant aux mêmes commandes», poursuit Victor Fernandes. En ce qui concerne les nouveaux projets, les industriels se tournent vers des testeurs basés sur les standards de l'instrumentation modulaire (PXI, PXI Express, PCI, CompactPCI, VME), en fait des produits sur étagère, au lieu de recourir encore à des développements spécifiques, sauf peut-être pour les applications embarquées.

Vers des convergences technologiques

Toujours au niveau de la Maintenance en condition opérationnelle (MCO), une autre tendance se fait

Des fabricants comme Tektronix ont choisi le concept suivant pour gérer cette flexibilité et l'obsolescence : « Nous avons en fait dissocié la partie matérielle (l'acquisition) de la partie logicielle (le traitement et la visualisation) sur la nouvelle génération d'appareils RSA. La partie logicielle fonctionnant sur un PC externe, l'évolution de Windows ne rend pas l'appareil obsolète au bout de trois, quatre ans », explique Alain Ricard (Tektronix). Un autre avantage de disposer d'un matériel séparé du logiciel est de pouvoir mutualiser un système de test entre plusieurs ingénieurs qui, une fois leurs mesures réalisées, peuvent exploiter de leur côté les valeurs, laissant libre le système de test pour un collègue. « La flexibilité offerte par l'instrumentation modulaire est également de se donner plus de

des solutions de simulation et/ou d'émulation. Nous faisons évoluer notre environnement de conception Advanced Design Systems (ADS) et nous proposons également les émulateurs de canaux PropSim, développés par Elektrobit repris en 2013 par Anite, après son rachat deux ans plus tard », rappelle Jacky Mütschler, responsable marketing EMEA secteurs Aéronautique, Défense et Télécom chez Keysight Technologies.

S'il y a bien une contrainte que tous les industriels partagent, quel que soit leur domaine d'activité, c'est bien le coût. « Tout le monde est à la chasse au prix et veut faire plus, plus vite, mais moins cher », affirme Victor Fernandes, European Manager chez Marvin Test Solutions. Mais les industriels présents dans l'aérospatial et la défense sont aujourd'hui confrontés à une équation complexe. « Les avions et autres équipements actuels, développés il y a 20, 25 ans, voient leur durée de vie reconduite pour 10 ou 15 ans supplémentaires, ce qui imposera une maintenance pour une durée totale de 40 ans. Excepté que ces équipements ont été entre temps mis à jour et que, par conséquent, les systèmes de test, eux aussi conçus à l'époque, ne sont plus en phase avec la nouvelle électronique », rappelle Victor Fernandes.

Les fabricants doivent donc faire en sorte que leurs testeurs puissent à la fois être capables de récupérer les informations nécessaires pour valider les anciens équipements et de supporter les tout derniers équipements. « Mais on ne se risque à modifier ni les interfaces, ni les programmes logiciels, car les industriels ne possèdent plus les compétences ou les personnels adéquats.

À l'image du nouvel analyseur de signal RSA7100A de Tektronix, les instruments de test et de mesure voient leur bande passante ou leur largeur d'analyse en temps réel (jusqu'à 800 MHz pour le RSA7100A, par exemple) augmenter.



En plus de performances toujours plus importantes, les industriels recherchent aussi des oscilloscopes numériques facilement interfacés à Matlab et/ou dotés de solutions pour analyser la puissance électrique (en aéronautique).

jour. Pour réduire encore un peu plus les coûts, les industriels cherchent à réaliser des opérations de maintenance au plus près du terrain. « Au lieu de renvoyer à la base militaire un module défectueux d'un équipement, voire en usine pour étalonnage et/ou réparation – le stockage et la logistique sont très onéreux –, les testeurs vont de plus

capacités à innover », affirme Renaud Courtois (National Instruments France).

À entendre les différentes personnes interrogées, on se rend compte qu'il existe des passerelles, voire des convergences entre les évolutions dans le domaine de l'aérospatial et de la défense et celles d'autres industries. À l'instar de la convergence entre les technologies militaires et civiles (IEEE 802.11ad et 5G, par exemple), entre les protocoles Tetra (pour la voix) et LTE (pour les données) dans les équipements de secours, d'où forcément de nouveaux besoins de test. Et Darren Nicholls (Keysight Technologies) de conclure : « En plus de la technologie 5G que l'on retrouve dans les liaisons de données haut débit des satellites, on trouve également les défis imposés par les ondes millimétriques et la cyber-vulnérabilité via la RF en automobile, ainsi que les solutions basse consommation dans les objets connectés ».

CÉDRIC LARDIÈRE



La surveillance du spectre devient une activité de plus en plus importante pour les industriels, les organismes étatiques, la sécurité, etc. D'où l'apparition de solutions optimisées pour ces applications, telles que l'analyseur MS103A d'Anritsu.

en plus souvent sur site, pour un premier niveau de réparation », constate Victor Fernandes. Ce que confirme Françoise Sango-Carbonel (Rohde & Schwarz France) : « La portabilité des appareils et leur autonomie sont des critères importants pour pouvoir intervenir directement à bord. » L'une des contraintes de ces nouveaux types de testeurs doit être leur grande polyvalence.