

# OBSERVATOIRE DU MONDE CYBERNÉTIQUE



Lettre mensuelle – Août 2020 – Disponible sur [omc.ceis.eu](http://omc.ceis.eu)

## Table des matières

ANALYSES .....	
1) Les technologies clés de l'ère post-digitale.....	1
2) Le New Space et la course à l'Internet spatial .....	7
FOCUS INNOVATION .....	
MainChain (Vistry) : la confiance par la technologie .....	13
CALENDRIER.....	
29/09 : Cyberdéfense et espace : quels enjeux ? .....	14
ACTUALITÉ .....	
Le plan de relance prévoit 7 milliards d'euros pour le numérique .....	14

## ANALYSES (1/2)

### LES TECHNOLOGIES CLES DE L'ERE POST-DIGITALE

---

La crise Covid-19 a généré un véritable big bang de la transformation numérique, avec une accélération sans précédent des usages digitaux. Elle marque aussi les prémises d'une ère post-digitale, caractérisée par une hybridation totale des usages et une imbrication croissante du monde physique et de l'espace numérique. Au cœur de cette transformation, les technologies DARQ<sup>1</sup> (*distributed ledger, artificial intelligence, extended reality, quantum computing*) auxquelles on peut ajouter l'impression 3D. Certaines ont montré leur potentiel, mais aussi leurs limites, pendant la crise sanitaire, tandis que d'autres restent encore à l'état embryonnaire.



Cet article est une synthèse du deuxième volet de l'événement "Cyberdéfense et Stratégie 2021 – Vers un monde post-digital ?" intitulé : Les technologies clés de l'ère post-digitale.

#### **Questions au général de division aérienne (GDA) Didier Tisseyre Commandant de la cyberdéfense**

##### Pourquoi s'intéresser aux technologies « post-digital » ?

Le cyberspace évolue très rapidement. Notre stratégie s'appuie sur les hommes mais aussi sur des technologies. Il est donc important d'identifier ces technologies émergentes. Certaines peuvent avoir une implication sur les questions de cybersécurité. D'autres pourront être utilisées dans la manœuvre militaire. Il faut anticiper pour être au rendez-vous pour défendre nos réseaux, systèmes d'information et systèmes d'arme numérisés, mais aussi potentiellement pour intégrer ces technologies dans le cadre d'actions offensives. La supériorité informationnelle se fonde à la fois sur des technologies de pointe, sur des hommes capables de les intégrer et sur des doctrines.

##### Quelles évolutions en matière de cybersécurité ?

Il faut mettre en place une approche « zero trust ». Chaque composant du système doit être porteur de sa propre sécurité pour ne pas mettre en danger le système global. Les attaques peuvent en effet avoir un effet systémique, faire tomber un système complet et donc porter atteinte au métier.

---

<sup>1</sup> <https://www.universite-paris-saclay.fr/recherche/axes-et-grands-projets/quantum-centre-en-sciences-et-technologies-quantiques>

Retrouvez [ici](#) la suite de l'interview du GDA Didier Tisseyre.



## L'intelligence artificielle (IA) : technologie-clé de l'ère post-digitale

La crise sanitaire a largement mis en avant l'intelligence artificielle (IA), qui constitue la technologie clé de l'ère post-digitale. Il ne s'agit en effet plus d'une technologie « exacte » dans laquelle on injecte des données pour obtenir un résultat. Comme le souligne Dominique Turc, sociologue, « *l'IA est par définition approximative. Elle est une machine à réduire les coûts d'estimation. Elle ne fait qu'aider. Elle ne prend pas la décision<sup>2</sup>* ».

Elle joue de fait un rôle majeur en matière de santé : compréhension de la structure du virus, création de modèles prédictifs à partir de réseaux d'agents, compréhension des paramètres qui déclenchent la virulence du virus et sa propagation, analyse des réseaux sociaux pour comprendre le mécanisme des « fake news » etc. « *Indépendamment du Covid, l'IA permet d'accélérer le rythme du diagnostic et aussi d'élargir son champ. Elle permet d'éviter la barrière du spécialiste là où nous en manquons* », souligne Olivier Ezratty.

Dans le même temps, la crise a aussi montré la principale limite de ces technologies : le « machine learning » requiert l'utilisation de données du passé pour que le système puisse s'entraîner. Or dans un contexte comme celui de la crise Covid-19 par exemple, les données sont insuffisantes voire inexistantes. Les technologies issues de l'IA impliquent donc une décision dans un environnement dit « ambigu », avec une logique purement humaine. On confond d'ailleurs souvent deux choses. D'une part, la qualité qui consiste à disposer de données propres et bien labellisées, qui permettent par exemple la reconnaissance d'objets dans des images, et d'autre part, la capacité d'un jeu de données à couvrir tout le champ des possibles. Disposer d'une donnée « propre » ne suffit pas. « En matière d'IA, nous sommes donc entre deux eaux », poursuit Olivier Ezratty.

« *On rentre dans une phase d'apprentissage par les entreprises, avec forcément un peu de désillusion. On tâtonne. Beaucoup des acquis datent d'il y a cinq ou dix ans et on cherche la vague suivante qui est encore incertaine.* » Beaucoup de progrès ont été réalisés grâce à l'amélioration de la puissance de calcul, ce qui est par exemple très utile dans l'imagerie médicale. Mais la prochaine frontière est celle de l'IA générale, c'est-à-dire de la capacité à raisonner de façon plus générique, ce qui est en revanche beaucoup plus incertain...

Retrouvez [ici](#) l'intervention d'Olivier Ezratty :

---

<sup>2</sup> <https://www.frenchweb.fr/les-ambitions-de-la-france-dans-le-quantique/388804#gsc.tab=0>



## La réalité virtuelle à la traine

---

Alors que le cabinet IDC prévoyait il y a cinq ans que le marché de la réalité virtuelle atteindrait 162 milliards de dollars en 2020, il n'est aujourd'hui que de 18 milliards de dollars. « *Un bon exemple de ralentissement d'une accélération supposée de l'adoption d'une technologie* », remarque Olivier Ezzatty. De fait, 20 ans après leur émergence suite aux attentats de 2001, les applications de visio-conférence ont envahi notre quotidien mais l'abolition de la distance reste un rêve. La réalité mixte, étendue ou augmentée, ne concerne pas encore le grand public qui est faiblement équipé. Le tourisme virtuel ou le voyage à distance, par exemple, ne décollent pas. Les technologies ne sont pas encore matures. En revanche, des progrès considérables ont été faits sur des usages très spécifiques comme l'entraînement militaire ou la rééducation des blessés. « *Certaines solutions permettent de reproduire la chaleur, le mouvement, la pression sur la peau, la sensation de coupure* », souligne Olivier Ezzatty. La société britannique Teslasuit<sup>3</sup> propose ainsi une combinaison dotée de 80 capteurs et actuateurs capables de reproduire les sens. Samsung a de son côté développé une solution permettant de créer des avatars 3D photo humains réalistes et de grande dimension<sup>4</sup>. Une technologie beaucoup plus efficace que les hologrammes qui soulèvent encore beaucoup de difficultés.

## La blockchain adoptée pour des usages localisés

---

Même si Gartner n'attend pas d'explosion du marché de la blockchain avant 2028<sup>5</sup>, des cas d'usage se développent, y compris au sein des armées (cf. encadré ci-dessous). Lionel Albert, directeur « supply chain » EMEA chez Oracle, cite par exemple le cas d'une entreprise souhaitant contrôler le respect de la chaîne du froid dans les transports et utilise la blockchain pour s'assurer de son intégrité. Volvo l'utilise de son côté pour certifier le cobalt utilisé dans ses batteries, tandis qu'un producteur italien s'en sert pour garantir l'appellation d'origine contrôlée de son huile d'olive.

Autre cas, cité par Alexandre Pedemonte, Président-fondateur de la digital factory Vistory : l'homologation du couple plan-procédé/méthode et le calcul du Mean Time Between Failure (MTBF), essentiel pour les industriels. La technologie est ainsi progressivement adoptée pour des usages localisés, ce qui imprime le sens de la marche mais est insuffisant pour une adoption globale rapide. « *Il y a eu beaucoup de sur-promesses faites par l'écosystème qui la pousse, ce qui génère un peu de désillusion* », relève Olivier Ezzatty. Le défi est en réalité celui de la standardisation et de l'interopérabilité de ces solutions : même s'il s'agit d'un

---

<sup>3</sup> <https://teslasuit.io/>

<sup>4</sup> <https://siecledigital.fr/2020/01/06/neon-humain-artificiel-imaginer-par-samsung/>

<sup>5</sup> <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-10-08-gartner-2019-hype-cycle-shows-most-blockchain-technologies-are-still-five-to-10-years-away-from-transformational-impact>

processus uniquement logiciel, donc facile à déployer, chaque organisation ou au mieux chaque écosystème souhaite aujourd'hui créer sa propre blockchain, ce qui réduit d'autant les effets de réseau.

Retrouvez [ici](#) l'intervention de Lionel Albert, directeur « supply chain » EMEA chez Oracle :



### **Le Service de la maintenance industrielle terrestre (SIMT) expérimente une blockchain dans le cadre de l'opération Barkhane**

Main-Chain est une plateforme blockchain développée par Vistory<sup>6</sup>. Elle a été testée dans le cadre de l'opération Barkhane par le SIMT pour garantir l'intégrité des fichiers utilisés par deux imprimantes 3D déployées, ainsi que la conformité des équipements produits (qui n'engagent exclusivement pas la vie des soldats). Une blockchain peut ainsi couvrir tout le cycle de vie des produits et sécuriser le modèle économique de l'industriel qui s'assure que la pièce détachée n'est pas produite de façon incontrôlée.

Retrouvez [ici](#) l'intervention d'Alexandre Pedemonte, Président-fondateur de Vistory :



## **L'Europe à la pointe sur l'usine du futur**

Systèmes cyber-physiques, cobots, OT (Operational Technology), systèmes embarqués, impression 3D, exosquelettes... : toutes ces technologies, qui interconnectent et marient mondes digital et réel, sont au cœur de l'usine du futur. Après la mécanisation, l'électrification, la digitalisation, cette quatrième révolution est non seulement un facteur de performance et de business, mais aussi de résilience des organisations. Certains industriels, ayant déjà fait la bascule, ont ainsi pu redémarrer leurs activités et piloter leurs installations à distance pendant le confinement, notamment grâce à des « jumeaux numériques » (ou *digital twin*). Cette véritable « maquette numérique » des équipements et processus industriels permet non seulement de contrôler à distance les opérations mais aussi de réaliser des simulations à des fins de test, de maintenance,

---

<sup>6</sup> <https://www.vistory.com/>

d'entraînement et de formation. Un concept allemand au départ sur lequel l'Europe est très nettement en pointe face aux États-Unis, avec par exemple la présence de Dassault Système, de Schneider Electric, de Siemens ou de Bosch.

La crise sanitaire a également mis en avant les « makers » qui ont fabriqué des masques à partir d'imprimantes 3D. Il est cependant difficile d'imaginer que cette technologie permette de relocaliser massivement des productions. Elle permet surtout une personnalisation des produits et une production en flux tendus (exemple : le fabricant de chaussures de sport qui imprime en 3D des semelles sur mesure) et l'impression de formes très complexes (ailettes de réacteur). Elle facilite également le maintien en condition opérationnelle en permettant à un mainteneur d'imprimer certaines pièces détachées. Le marché de l'impression 3D est donc très éclaté, entre l'impression plastique qui est maintenant « semi grand-public » et l'impression 3D métal au laser réservé à des chaînes de production industrielle très sophistiquées.

### Le projet IceSL en quelques mots

À l'intersection entre l'impression 3D et la géométrie computationnelle, le projet IceSL de l'INRIA permet de fabriquer des objets semi-rigides dont on contrôle l'élasticité. Il permet par exemple d'imprimer des objets qui résistent à l'absorption de chocs (exemple : drone léger). Les domaines d'application sont nombreux : santé, confort corporel, robotique...

Accédez [ici](#) à la présentation du projet IceSL par Jonas Martinez, INRIA :



Même si elle constitue un facteur de résilience, l'imbrication des couches physique et logique augmente également la surface d'exposition aux risques de l'usine du futur. Comme le souligne Kavé Salamatian, professeur à l'Université de Savoie, les attaques vont de plus en plus cibler cette couche de convergence entre la représentation virtuelle et la réalité pour générer des divergences. « *Il faut avoir des moyens de vérification et de validation de la cohérence entre ce que l'on pense que la machine fait et ce qu'elle fait réellement* », remarque-t-il tout en soulignant le fait qu'un système ne doit pas être optimal pour être résilient. « *Il y a une incohérence, une incompatibilité entre les concepts d'optimisation et de résilience* ».

Retrouvez [ici](#) l'intervention de Kavé Salamatian, professeur à l'Université de Savoie :



## Le quantique : opportunité stratégique pour l'Europe

---

Même si personne n'est capable de prédire à quelle échéance arrivera l'ordinateur quantique ou quels seront les laboratoires ou les technologies qui l'emporteront, le domaine quantique représente une formidable opportunité pour la France et l'Europe. Celle-ci comporte aussi le risque de rendre obsolète l'algorithme RSA, clé du chiffrement actuel. « *Cette menace est cependant la plus lointaine* », affirme Olivier Ezratty. « *Le progrès et l'innovation sont des processus continus. Casser les codes RSA nécessite 23 millions de qbits. Nous en sommes à 50 aujourd'hui. Et avant de passer à 23, nous passerons à 100, 150 etc.* ». L'enjeu est donc aujourd'hui d'avoir des acteurs qui travaillent à la fois sur le hardware et sur les solutions logicielles capables de tirer parti de la puissance du calcul quantique au fur et à mesure. L'objectif est de créer et d'expérimenter des solutions permettant de faire naître des usages qui seront d'abord très spécialisés. Un terrain de jeu sur lequel la France a de sérieux atouts avec des acteurs comme Quantum, le centre en sciences et technologies quantiques de l'Université Paris-Saclay<sup>7</sup>, ou des sociétés comme Atos qui s'est engagée sur le sujet dès 2016. Il existe ainsi dans le monde sept à huit filières différentes travaillant sur le sujet et il est encore impossible de déterminer laquelle remportera la course. « *C'est justement parce qu'il y a une incertitude qu'il faut se battre* », indique Olivier Ezratty. Côté français, il est d'autant plus urgent d'accélérer le lancement du plan gouvernemental qui arrive derrière ses homologues européens.

Outre la mobilisation de l'écosystème R&D, la conquête de ces nouveaux territoires passera nécessairement par le développement d'écosystèmes. « *Une application sans un écosystème ne fonctionne pas. Beaucoup d'échecs sont liés à cela* », souligne Olivier Ezratty. L'éducation et la formation joueront également un rôle. « *Il faut réenchanter les jeunes avec la science* », plaide Olivier Ezratty. Le besoin est en effet non seulement de former des spécialistes mais aussi des généralistes capables d'embrasser toute l'étendue de la transformation en ayant une « culture générale scientifique ». Déjà distendu, le lien entre la science et le citoyen s'est encore abîmé avec la crise Covid, comme en témoigne la polarisation des débats créée par l'environnement médiatique, qui favorise les débats à l'emporte-pièce et les visions simplistes.

---

<sup>7</sup> L'acronyme DARQ a été créé par Accenture dans un rapport de 2019 : <https://www.accenture.com/fr-fr/insights/technology/new-emerging-technologies-darq>

## ANALYSES (2/2)

### LE NEW SPACE ET LA COURSE A L'INTERNET SPATIAL

---

Depuis plus d'une dizaine d'années, le « New Space<sup>8</sup> » bouleverse le domaine spatial, dont les capacités étaient jusqu'ici l'apanage de quelques puissances étatiques. Mouvement né aux États-Unis, le New Space regroupe des entreprises de toutes tailles, pour la plupart issues du monde du digital, qui ont pour ambition de faciliter l'accès et l'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, et notamment la mise en place d'un Internet spatial reposant sur de nouvelles capacités satellitaires. L'utilisation de satellites pour accéder à Internet n'est cependant pas une pratique nouvelle. Certaines entreprises comme HughesNet<sup>9</sup> ou Viasat<sup>10</sup> proposent déjà ce type de service, qui reste néanmoins très couteux et limité en matière de performance<sup>11</sup>.

#### **L'Internet spatial**

L'Internet spatial existe depuis les années 1990. Avant que l'arrivée de la fibre ne fasse migrer le trafic vers les câbles terrestres et sous-marins, les satellites supportaient même l'essentiel de ce qui allait devenir Internet. Aujourd'hui, l'Internet spatial repose sur des satellites géostationnaires placés en orbite à 36 000 km de la Terre et offre un débit équivalent à l'ADSL, soit de 30 Mbit/s en réception et 6 Mbit/s en émission. S'il permet ainsi de couvrir des zones à la couverture réseau insuffisante voire nulle, il présente en revanche un temps de latence bien plus important que l'ADSL, d'entre 240 et 280 millisecondes contre 30 à 90 millisecondes pour l'ADSL.

Le renouveau de l'Internet spatial réside donc dans l'émergence des nano-satellites, ou « Cubsats », des satellites de petite taille et à bas coût, déployés en constellation de centaines voire centaines de millions, en orbite terrestre moyenne (de 2000 à 35 786 km) ou basse (entre 500 et 2000 km), pour assurer, à moindre coût, une couverture Internet sur toute la surface de la Terre avec un débit suffisamment important.

Le nombre de projets d'Internet spatial a très rapidement augmenté ces dernières années, à tel point que l'on assiste aujourd'hui à une véritable compétition entre les acteurs du New Space. Si ces projets n'en sont actuellement qu'aux premiers stades de développement, ils sont suffisamment avancés pour susciter des inquiétudes et des critiques de la part des experts du domaine spatial et du monde cybernétique.

#### **La course à l'Internet spatial, un enjeu technologique et commercial**

---

Aujourd'hui, deux catégories de projets d'Internet spatial peuvent être distinguées : d'une part, des projets globaux d'accès à Internet qui s'appuient sur des méga-constellations de satellites, et d'autre part des projets de moins grande ampleur qui ciblent spécifiquement le marché des objets connectés (IoT spatial). À plus long

---

<sup>8</sup> <https://jeunes.cnes.fr/fr/new-space>

<sup>9</sup> <https://www.hughesnet.com/>

<sup>10</sup> <https://www.viasat.com/>

<sup>11</sup> <https://www.pwc.fr/fr/decryptages/territoires/acces-a-internet-un-enjeu-spatial.html>

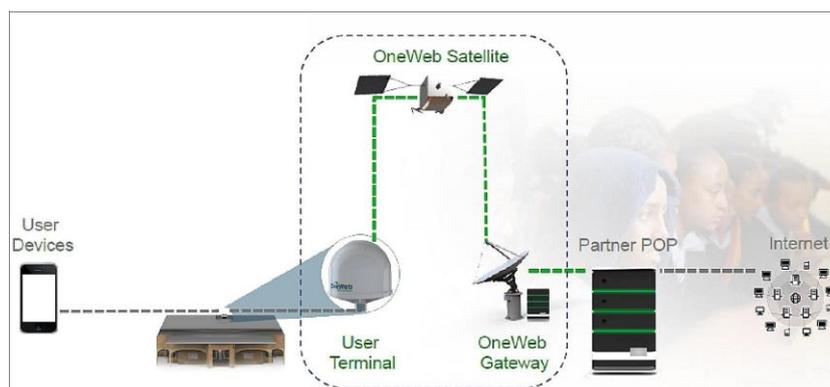
terme, ces deux catégories de projets devraient toutefois se rejoindre puisqu'elles sont basées sur les mêmes technologies (nano-satellites) et ont le même objectif (fournir un accès Internet sur toute la surface terrestre).

### **Le New Space ou le rêve d'une couverture Internet totale**

Principalement portés par les grands acteurs du New Space, ces projets visent à offrir un accès à Internet aux zones non ou mal desservies par les infrastructures physiques terrestres, ce qui représente plus de la moitié de la population mondiale en termes d'utilisateurs potentiels. L'enjeu est donc élevé pour les acteurs du New Space et les géants du numérique, d'autant plus que ces projets se développent rapidement et devraient être testés opérationnellement dans les prochaines années.

Si de nombreuses organisations se lancent dans la conquête de l'Internet spatial, la course est aujourd'hui largement dominée par l'entreprise américaine d'Elon Musk, Space X, avec son projet Starlink. Il a pour ambition d'offrir un accès Internet depuis l'espace extra-atmosphérique, aux États-Unis et au Canada d'abord dès 2020, puis au reste du monde à partir de 2021. Pour ce faire, Space X a été autorisé par le régulateur américain des télécommunications, la Federal Communications Commission (FCC,) à mettre en orbite 12 000 de ses satellites. Space X a également demandé à l'Union internationale des télécommunications (UIT), via la FCC, la possibilité d'en déployer 30 000 autres<sup>12</sup>. Pour l'heure, la constellation Starlink compte plus de 450 satellites, ce qui est encore trop peu pour assurer un service minimum. La société estime qu'un nombre minimal de 800 satellites est nécessaire pour couvrir l'Amérique du Nord avec une connexion de meilleure qualité que celle proposée par les fournisseurs traditionnels d'accès à Internet (FAI) par satellites<sup>13</sup>.

Successeur de WorldVu, créée en 2014 pour fournir un accès Internet haut débit aux particuliers via une constellation de 1 000 satellites, le projet OneWeb porté par l'entreprise américaine Oneweb Satellites et Airbus Defence and Space<sup>14</sup> est aujourd'hui le second projet d'Internet spatial le plus avancé. Projet de constellation de 600 satellites circulant sur une orbite basse, il avait pour objectif de fournir des équipements et l'accès à Internet aux zones les plus reculées et les moins bien desservies en infrastructures Internet terrestre d'ici 2022, ainsi que pour les urgences (catastrophes naturelles, interventions humanitaires<sup>15</sup>...).



OneWeb system architecture (image credit: OneWeb)

<sup>12</sup> <https://www.usine-digitale.fr/article/spacex-veut-deployer-30-000-satellites-supplementaires-pour-son-projet-de-mega-constellation-starlink.N894964>

<sup>13</sup> <https://www.zdnet.fr/actualites/le-service-internet-de-spacex-se-precise-avant-sa-beta-prevue-en-aout-39904737.htm>

<sup>14</sup> <https://www.oneweb.world/>

<sup>15</sup> <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/oneweb>

En 2019, le projet change d'échelle quand OneWeb demande à la FFC l'autorisation de déployer une constellation de 48 000 satellites pour fournir un service global d'accès Internet depuis l'espace à partir de 2021<sup>16</sup>. Si le projet OneWeb se pose ainsi en concurrent direct de Starlink, à la fois en termes de marché et de technologie, l'entreprise n'a pour le moment placé que 74 satellites en orbite et a même fait faillite en mars 2020. La question de son rachat a suscité l'intérêt d'autres acteurs de l'Internet spatial comme Starlink lui-même mais aussi des GAFAs, et notamment d'Amazon, ainsi que d'autres opérateurs de satellites traditionnels comme Eutelsat. Ce sont finalement le gouvernement britannique et l'opérateur de téléphonie indien Bharti Global Limited qui l'ont acquis en juillet de la même année, conscients du potentiel et de l'importance stratégique d'acteurs industriels comme OneWeb pour le développement des capacités spatiales d'un État, à la fois en termes de technologies et de savoir-faire<sup>17</sup>.

Amazon s'est d'ailleurs lancé dans la course à l'Internet spatial dès 2019 avec son projet Kuiper, qui devrait rassembler plus de 3 000 satellites. Après avoir reçu le feu vert de la FCC en juillet 2020, le géant du numérique a annoncé un investissement de plus de 10 milliards de dollars pour mener à bien le projet<sup>18</sup>. Le réseau satellite mis en place dans le cadre du projet Kuiper devrait être notamment utilisé pour soutenir les services d'Amazon Web Services<sup>19</sup> (AWS). Pour le moment, aucune date n'est envisagée pour les premiers lancements de satellites, ni pour la mise en service du réseau.

D'autres projets de méga-constellation pour un Internet spatial moins avancés mais tout aussi ambitieux peuvent être également mentionnés comme par exemple les projets de Boeing (2 400 satellites prévus), de Samsung (4 000 satellites) ou le projet chinois Hongyun. Ce dernier prévoit de déployer une constellation d'environ 150 satellites en 2022 qui devrait permettre l'accès à Internet des zones rurales en Chine<sup>20</sup>.

Enfin, des initiatives s'appuyant sur d'autres technologies aérospatiales devraient venir directement concurrencer ces projets, comme par exemple l'utilisation de ballons stratosphériques gonflés à l'hélium dans le cadre du projet Loon de Google<sup>21</sup>.

### **L'IoT spatial : un marché en cours de consolidation**

En attendant que tous ces projets se concrétisent, les nano-satellites permettent déjà de répondre aux besoins de l'Internet des objets, qui peut s'accommoder d'un débit faible et d'une latence certaine<sup>22</sup>. Les nano-satellites apparaissent donc particulièrement adaptés pour répondre au besoin de suivi d'actifs, d'amélioration de la chaîne logistique et de traçabilité industrielle dans les régions peu couvertes par les réseaux terrestres<sup>23</sup>.

Nombreuses sont les entreprises et les start-ups à avoir investi ce secteur et ce marché émergent, suivies par les opérateurs de satellites traditionnels comme Eutelsat et Telesat, ou de la communication Machine-to-

---

<sup>16</sup> <https://www.oneweb.world/media-center/oneweb-seeks-to-increase-satellite-constellation-up-to-48000-satellites-bringing-maximum-flexibility-to-meet-future-growth-and-demand>

<sup>17</sup> <https://www.industrie-techno.com/article/oneweb-rachete-par-le-gouvernement-britannique-et-l-operateur-telecoms-bharti.61091>

<sup>18</sup> <https://www.zdnet.fr/actualites/avec-son-projet-kuiper-amazon-se-lance-a-son-tour-dans-l-internet-satellitaire-39907521.htm>

<sup>19</sup> <https://www.zdnet.fr/actualites/internet-amazon-demande-l-autorisation-de-lancer-des-satellites-39887305.htm>

<sup>20</sup> [http://www.circleid.com/posts/20190604\\_hongyun\\_project\\_chinas\\_low\\_earth\\_orbit\\_broadband\\_internet\\_project/](http://www.circleid.com/posts/20190604_hongyun_project_chinas_low_earth_orbit_broadband_internet_project/)

<sup>21</sup> <https://loon.com/>

<sup>22</sup> <https://www.frstrategie.org/publications/defense-et-industries/realite-perspectives-liot-spatial-2019>

<sup>23</sup> [http://www.l embarque.com/internet-des-objets-spatial-quels-seront-les-usages\\_010076](http://www.l embarque.com/internet-des-objets-spatial-quels-seront-les-usages_010076)

Machine (M2M) comme Orbcomm, Globalstar Iridium ou Inmarsat. La plupart de ces sociétés ont confié la construction de leurs satellites à des entreprises bien établies<sup>24</sup> :

### **Exemple de start-ups spécialisées dans l'loT spatial**

Start-ups	Fabricant de satellites	Origine du constructeur
Kepler Communications NSL Comm	AAC Clyde	Grande-Bretagne
Astrocast	Airbus	Europe
Helios Wire Lacuna Space	Astrodigital	Etats-Unis
Hongyan	CASC	Chine
Xingyun	Casic	Chine
Aerial & maritime AisTech Hiber Global Sky and Space Global OQ Technologies	GomSpace	Danemark
Blink Astro	Nanoavionics	Lituanie
Kineis	Thales Alenia Space, Nexeya et Symlink	France
Fleet Space Technologies	Pumpkin Space Systems	Etats-Unis
Myriota	SpaceQuest	Etats-Unis

Source : FRS

#### **Le projet français Kinéis**

L'opérateur français Kinéis<sup>25</sup>, soutenu par le Centre national d'études spatiales (CNES), constitue l'un des principaux acteurs du New Space français et de l'loT spatial. Ayant bénéficié d'une levée de fonds de 100 millions EUR, le projet vise à mettre en orbite 25 satellites en 2022 qui serviront à connecter des objets via des liens satellitaires bas débit<sup>26</sup>.

Cependant, il est aujourd'hui difficile de savoir si le marché de l'loT spatial s'élèvera à la hauteur de son potentiel dans les prochaines années. En effet, si de nombreux secteurs pourraient être intéressés, comme l'industrie pharmaceutique, les transports, la logistique ou la recherche scientifique, il reste difficile d'évaluer dans quelle mesure les acteurs de l'loT spatial pourront proposer des services adaptés aux besoins spécifiques de leurs clients et au marché même de l'loT. Enfin, rappelons que les projets d'loT spatial reposent sur les mêmes technologies et principe d'Internet spatial que les projets globaux portés par les grands acteurs du New Space comme Starlink ou OneWeb. À terme, les entreprises de l'loT spatial pourraient alors :

- Être absorbées par les grands acteurs du New Space qui souhaiteraient proposer des services d'loT spatial à travers leur méga-constellation ;
- Faire évoluer leurs offres vers un projet plus global d'accès à Internet.

<sup>24</sup> <https://www.frstrategie.org/publications/defense-et-industries/realite-perspectives-liot-spatial-2019>

<sup>25</sup> <https://www.kineis.com/>

<sup>26</sup> <https://www.usinenouvelle.com/article/le-new-space-tricolore-decolle.N927994>

## Une compétition à hauts risques

---

La prolifération des nano-satellites qu'implique les projets des acteurs du New Space présente des risques pour l'accès à l'espace ainsi qu'en matière de cybersécurité, d'autant plus que le cadre réglementaire de ces capacités spatiales est encore peu contraignant et mal adapté.

### **Vers une saturation de l'espace extra-atmosphérique ?**

Les projets d'Internet spatial et leurs constellations de centaines ou de milliers de satellites placés en orbite autour de la Terre présentent le risque d'augmenter les chances de collision entre les engins spatiaux. À titre d'exemple, l'Agence spatiale européenne a dû procéder, en septembre 2019, à une manœuvre d'évitement sur son satellite Aeolus, qui risquait d'entrer en collision avec l'un des satellites de Starlink<sup>27</sup>.

De son côté, l'Union astronomique internationale (IAU) a dénoncé, dans un communiqué de juin 2019, les risques que présentent ces constellations pour l'observation spatiale et les recherches scientifiques<sup>28</sup>. Par exemple, l'IAU souligne que ces méga-constellations réfléchissent trop de lumière, et perturbent ainsi l'utilisation des télescopes d'observation.

### **Une exposition accrue aux cyber-attaques**

Les menaces cybernétiques comptent parmi les plus sérieuses pour les capacités satellitaires<sup>29</sup>. Les nano-satellites reposent en effet sur des technologies à bas coût et peu réglementées, insuffisamment sécurisées, et qui présentent de nombreuses vulnérabilités. La prolifération des nano-satellites et leur fonctionnalité d'accès à Internet devrait donc amener les pirates informatiques à s'intéresser de plus en plus aux systèmes d'informations et aux équipements utilisés dans le domaine spatial. En outre, les projets de méga-constellation offrent une très large surface d'attaque aux potentielles cyberattaquants<sup>30</sup>. Les infrastructures spatiales font face à 4 grands types de menaces<sup>31</sup> : le brouillage, l'usurpation, l'interception, et le piratage des réseaux de communication.

- Le brouillage, de la même façon qu'une attaque par déni de service, consiste à surcharger le signal, soit sur la liaison descendante entre les satellites et les récepteurs, soit sur la liaison montante entre les stations terrestres émettrices et les satellites, pour interrompre la communication ;
- L'usurpation, ou spoofing, peut, elle aussi, être appliquée à la fois au récepteur et à l'émetteur. Il s'agit pour l'attaquant d'envoyer un signal reçu comme légitime par sa cible, sans que cette dernière ne réalise qu'elle est victime d'une attaque. On considère que c'est sans doute cette technique qu'a employée l'armée iranienne en 2011 pour capturer en drone américain<sup>32</sup>. Plus largement, le risque de détournement de satellites à des fins d'espionnage ou de vols de données, notamment celles issues de l'IoT, demeure un véritable sujet d'inquiétude ;

---

<sup>27</sup> <https://www.lesechos.fr/industrie-services/air-defense/lagence-spatiale-europeenne-alerte-sur-le-risque-accru-de-collision-entre-satellites-1128611>

<sup>28</sup> <https://www.space.com/astronomy-group-worries-about-starlink-science-interference.html>

<sup>29</sup> <https://omc.ceis.eu/745-2-capacites-satellites-defi-menace-cyber/>

<sup>30</sup> <https://theconversation.com/hackers-could-shut-down-satellites-or-turn-them-into-weapons-130932>

<sup>31</sup> <https://omc.ceis.eu/745-2-capacites-satellites-defi-menace-cyber/>

<sup>32</sup> Ibid.

- L'interception, c'est-à-dire l'écoute illégitime d'un signal à des fins de renseignement (eavesdropping) ou comme première étape d'une compromission des systèmes (hijacking), est aujourd'hui un moyen relativement aisé et peu coûteux de capturer un signal satellite. Il ne permet cependant pas de casser le chiffrement pour pouvoir exploiter des informations captées qui auraient été chiffrées ;
- La compromission des réseaux de communication peut viser tant les systèmes du satellite que les stations au sol. Elle peut cibler soit la prise de contrôle cinétique du satellite, soit l'interception des données y transitant, soit encore le simple déni de service. Une attaque de ce type a le potentiel de compromettre le service de l'ensemble de la constellation correspondante.

Les risques liés à l'utilisation des satellites ont été rappelés à de nombreuses reprises par les acteurs de la cybersécurité. Trend Micro considère par exemple que les capacités satellitaires sont soumises aux mêmes vulnérabilités que les systèmes de contrôle industriel en réseau. En juillet 2019, l'OTAN a publié un rapport soulignant l'importance d'enquêter sur les vulnérabilités des satellites pour ses opérations<sup>33</sup>.

En dépit de ces menaces, la sécurité de ces dispositifs ne semble pas encore être une priorité pour les acteurs du New Space, qui concentrent pour l'instant leurs forces sur le développement et la production à grande échelle des nano-satellites.

### **Un cadre réglementaire encore peu contraignant et mal adapté**

Pour concilier le développement de l'internet spatial et la sécurité, l'enjeu sera de faire émerger une régulation s'appliquant aux acteurs du New Space. En effet, ces dernières sont actuellement soumises à une régulation non contraignante ou trop peu respectée<sup>34</sup>. Par exemple, aucune limitation sur le nombre de satellites pouvant être déployés n'est réellement prévue à ce jour, exceptée pour les satellites de télécommunications pour lesquels une demande doit être déposée auprès de l'UIT pour éviter de parasiter les fréquences satellitaires. En outre, en dehors de la France qui est le seul pays à avoir adopté une réglementation concernant les constellations, le devenir des satellites dans l'espace n'est encadré que par des codes de bonne conduite qui sont mal appliqués, notamment en l'absence d'organisme de contrôle. On considère en effet que seul un satellite sur cinq actuellement placés en orbite respecte ces principes<sup>35</sup>. Soulignons que ce cadre réglementaire peu contraignant pourrait contribuer, dans un contexte de prolifération des engins spatiaux, à renforcer la militarisation de l'espace, ainsi qu'à l'utilisation des capacités satellitaires à des fins malveillantes.

La réglementation est aujourd'hui mal adaptée aux projets d'Internet spatial et devrait, pour être efficace, concerner à la fois l'accès à l'espace et les exigences en matière de cybersécurité, en raison du caractère stratégique et critique de ces derniers.

---

<sup>33</sup> <https://www.objetconnecte.com/satellites-iot-cybersecurite/>

<sup>34</sup> <https://www.lci.fr/sciences/4000-satellites-en-orbite-comment-eviter-les-bouchons-et-les-accidents-dans-la-banlieue-proche-de-la-terre-cnes-one-web-cubesats-2116253.html>

<sup>35</sup> <https://www.lci.fr/sciences/4000-satellites-en-orbite-comment-eviter-les-bouchons-et-les-accidents-dans-la-banlieue-proche-de-la-terre-cnes-one-web-cubesats-2116253.html>

## FOCUS INNOVATION

### MainChain (Vistry) : la confiance par la technologie

#### Présentation

Fondée en 2013 par Alexandre Pedemonte, Vistry est une start-up française spécialisée dans la transformation digitale, le développement d'applications mobiles et la R&D externalisée. Conçue comme une « Digital Factory », ses solutions visent à stimuler l'innovation, la productivité et la performance des organisations. Elles s'articulent autour de trois axes : le cloud, la blockchain et la sécurité.

#### MainChain : la première blockchain en opérations extérieures (OPEX)

MainChain est la première solution blockchain utilisée en OPEX, dans le cadre du déploiement d'imprimantes 3D par la Structure Intégrée du Maintien en condition opérationnelle des Matériels Terrestres (SIMMT).

Sorte de cadastre notarial électronique qui garantit la sécurité des informations dans toutes ses dimensions (intégrité, disponibilité, confidentialité, accessibilité), MainChain est une solution blockchain privée basée sur Ethereum<sup>36</sup> qui vise à rassembler l'ensemble des acteurs de la chaîne logistique des imprimantes 3D déployées : l'opérateur sur le terrain, la Direction centrale de la SIMMT, les fabricants d'imprimantes de pièces de rechange et les fournisseurs des fichiers conçus par ordinateur.

MainChain est conçue pour organiser la circulation des informations entre tous ces acteurs et pour sécuriser les échanges. Elle permet notamment de certifier l'intégrité du plan 3D et de ses spécifications, d'automatiser et de sécuriser la facturation, ainsi que de façon plus générale les relations contractuelles entre les parties prenantes. Elle détermine également plus facilement les responsabilités en cas d'incident ou de panne sur une machine, et introduit une nouvelle approche de la gestion du cycle de vie d'un produit.



#### Perspectives

Pour permettre une plus large utilisation de cette solution, à la fois dans le cadre d'OPEX et de maintenance en condition opérationnelle, Vistry prévoit pour la solution MainChain plusieurs développements à court terme :

<sup>36</sup> Contrairement à la blockchain du Bitcoin, elle permet l'intégration de smart contracts, c'est-à-dire de microprogrammes exécutant automatiquement des conditions définies en amont.

- D'abord, il est prévu d'étendre le périmètre de cette expérimentation dans le sens d'un plus grand nombre de pièces fabriquées, de théâtres couverts et d'industriels impliqués. À terme, MainChain pourra aussi inclure des sous-traitants.
- Plusieurs questions d'ordre technique devront ensuite être résolues, notamment le choix de la technologie Cloud utilisée.
- Il s'agira enfin de faciliter le processus de contractualisation en intégrant des clauses de fabrication additive dans le cycle des pièces de rechange dès la signature d'un marché.

## CALENDRIER

### **29/09 : Cyberdéfense et espace : quels enjeux ?**

L'espace est un champ de compétition stratégique, économique et bientôt militaire. L'exploitation de l'environnement extra-atmosphérique est indispensable à la vie quotidienne comme à la conduite d'opérations militaires. L'affirmation de la puissance de la France, comme de son autonomie stratégique, dépend en partie de sa présence dans l'espace. La pertinence de notre appréciation souveraine des situations et de nos décisions militaires, politiques comme diplomatiques, découlent de la qualité et de la résilience de nos capacités satellitaires qui sont en perpétuelle évolution.

Comme les autres domaines d'opérations, l'espace est de plus en plus exposé au risque cyber. Il l'est d'autant plus au regard de l'interdépendance entre les milieux spatial et cyber. Les capacités spatiales (telles que les satellites et les stations au sol) sont de plus en plus numérisées et donc plus vulnérables aux cyber-risques et aux cyberattaques. Elles sont également de plus en plus critiques, notamment en matière de télécommunications militaires, d'observation et de renseignement. Comme le souligne la Stratégie Spatiale de Défense française de 2019, « *les développements technologiques permettront d'envisager de nouvelles applications à forte valeur ajoutée, grâce au lien entre l'infrastructure satellitaire et les domaines de l'Internet des objets, de la télémédecine, de la pédagogie numérique ou des véhicules autonomes* ».

Ces nouvelles interdépendances soulèvent de nouveaux enjeux pour les armées : enjeux sécuritaires et opérationnels d'abord, politiques et géostratégiques ensuite, organisationnels et de ressources humaines enfin. Comment appréhender ce nouveau domaine pour les armées ? Quels sont les autres enjeux à venir ?

## ACTUALITÉ

### **Le plan de relance prévoit 7 milliards d'euros pour 2 ans pour le numérique**

Les montants annoncés devraient notamment bénéficier aux jeunes pousses et aux technologies d'avenir. Celles-ci se voient octroyées non moins de 3,7 milliards d'euros, soit plus de la moitié du montant total alloué au numérique. 2,3 milliards sont également dédiés à la transformation numérique de l'État et des PME, 500 millions d'euros à la fibre optique et à la lutte contre l'illectronisme, et 300 millions enfin à la formation aux métiers du numérique.

Comme l'a indiqué le secrétaire d'État chargé de la Transition numérique et des communications électroniques, Cédric O, l'un des principaux objectifs de ces financements est de soutenir les start-ups françaises face aux GAFAs sur la scène européenne et mondiale : « *Nous devons faire émerger des entreprises de 10, 15 ou 20 milliards d'euros de capitalisation boursière. La France compte 9 licornes sur un objectif de 25 licornes d'ici 2025. Nous y arriverons*<sup>37</sup> ».

Pour ce faire, 500 millions d'euros sur 2 ans seront versés en soutien aux fonds propres, soit via l'entrée au capital de jeunes pousses à travers BPI France, soit via des structures d'investissement. Le gouvernement a précisé que ce montant pourrait être progressivement étendu pour atteindre 2,5 milliards sur 5 ans. Mais surtout, près de 2,3 milliards d'euros seront alloués aux technologies de rupture, et notamment l'intelligence artificielle, l'informatique quantique et le cloud, via des plans dédiés qui pourraient prévoir des enveloppes entre 2 et 3 milliards d'euros sur dix ans pour chacune de ces technologies.

En plus de ces financements, les aides à l'innovation du Programme des investissements d'avenir (PIA), traditionnellement allouées à la French Tech, seront augmentées de 60% pour atteindre 800 millions d'euros.

La **Direction générale des relations internationales et de la stratégie (DGRIS)** propose les analyses politiques et stratégiques contribuant à renforcer l'appréciation des situations et l'anticipation. Elle soutient la réflexion stratégique indépendante, en particulier celle menée par les instituts de recherche et organismes académiques français et étrangers. Elle contribue au maintien d'une expertise extérieure de qualité sur les questions internationales et de défense.

À ce titre, la **DGRIS** a confié à **CEIS** la réalisation de cet **Observatoire du Monde Cybernétique (OMC)**, qui s'inscrit dans le contrat-cadre n°2018-02. Les opinions développées dans cette étude n'engagent que leur auteur et ne reflètent pas nécessairement la position du Ministère de la Défense.



#### Ministère des Armées

Direction générale des relations internationales et de la stratégie

60 Boulevard du Général Martial Valin – CS21623 – 75 509 Paris Cedex 15



#### CEIS

Tour Montparnasse – 33, avenue du Maine – BP 36 – 75 755 - Paris Cedex 15

Téléphone : 01 45 55 00 20

E-mail : [omc@ceis-strat.com](mailto:omc@ceis-strat.com)

<sup>37</sup> <https://business.lesechos.fr/entrepreneurs/actu/0603840172401-plan-de-relance-le-numerique-obtient-une-enveloppe-de-7-milliards-339510.php>