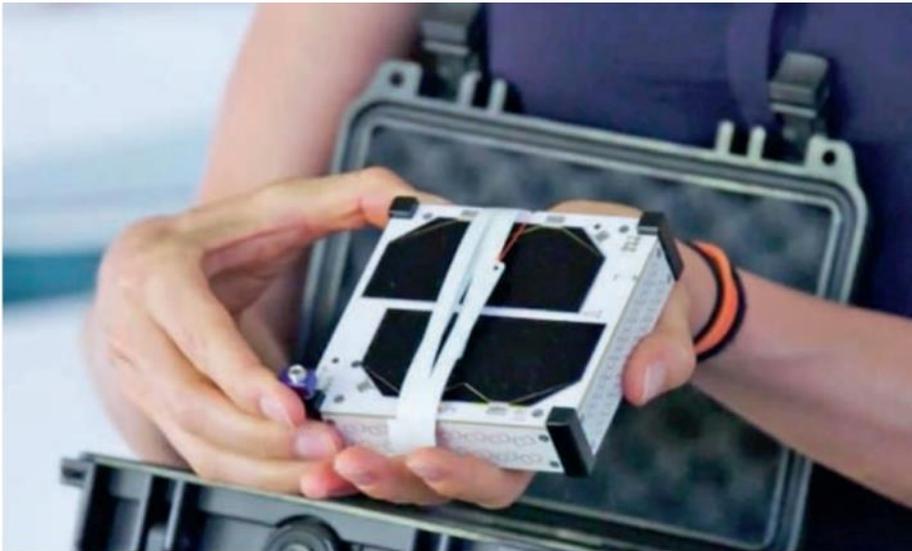


Réalité et perspectives de l'IoT spatial

Photo © D.R.



L'Internet des objets est considéré par de nombreux observateurs comme l'évolution naturelle du réseau Internet. Dans un futur proche, ce sont des milliards d'objets qui se connecteront au réseau pour accomplir de nombreuses tâches. Même si leurs capacités sont moindres, les petits satellites, en raison de leur faible coût, apparaissent comme des relais idéaux des communications avec les objets connectés, en particulier dans les lieux faiblement couverts par les réseaux terrestres. De nombreuses start-ups ont donc été créées pour bénéficier de l'avantage au premier entrant sur ce marché potentiel. Ce marché n'existe pas encore et pourtant plusieurs satellites ont déjà été lancés pour le servir. Cette course à l'IoT, qui a déjà fait mûrir le marché de la fabrication des petits satellites, pourrait pourtant ne jamais représenter une réalité économique structurante pour eux. En revanche, s'il devenait un marché viable, cette dynamique de rupture pourrait profondément modifier le secteur spatial actuel.

L'Internet des objets, plus connu sous son sigle anglais « IoT », pour *Internet of Things*, est un sujet brûlant pour l'évolution du réseau Internet. Parfois défini comme la suite logique du Web social qui caractérise la structure actuelle du réseau, l'IoT repose sur la supposition que de nombreux objets viendront se connecter à Internet dans un futur proche pour des applications variées. Ce type d'évolution fait écho à la vision développée par Mark Weiser dans les années 1990 : des milliards d'objets connectés au réseau auraient le potentiel de changer profondément l'usage d'Internet en le rendant omniprésent dans la vie quotidienne (Weiser, 1991).

Des objets connectés ont déjà commencé à émerger dans notre vie quotidienne : les compteurs Linky, les scooters en libre-service ou les enceintes connectées en sont des exemples.

Certains observateurs anticipent l'existence de 20 milliards d'objets connectés d'ici à 2020 (Hung, 2017), contre environ 7 milliards aujourd'hui (Lasse Lueth, 2018). Ce marché pourrait ainsi représenter à cette échéance plus de 450 milliards de dollars (Columbus, 2018). Certains analystes anticipent

l'apport des technologies spatiales pour ce type d'applications. L'objectif affiché par de nombreuses start-ups consiste à trouver une niche au sein du marché de l'IoT, mettant en avant le caractère global des télécommunications par satellite.

La « course » à l'IoT spatial

Le secteur des télécommunications par satellite a historiquement favorisé l'usage de l'orbite géostationnaire pour des raisons d'économie : les satellites sont en effet des appareils coûteux et lourds, leur poids se mesurant en tonnes. L'altitude de l'orbite dite « géostationnaire », située à 35 687 km de la surface terrestre, permet à un satellite d'apparaître fixe dans le ciel, un seul satellite offrant donc un relais de télécommunications couvrant une large partie du globe (Clarke, 1945). En orbite basse, les satellites « défilent » au-dessus de la surface, un nombre important de ceux-ci est donc nécessaire pour assurer une couverture globale. Un ensemble de satellites est traditionnellement décrit comme une « constellation ».

Les évolutions techniques dans la miniaturisation électronique ont permis depuis le début du XXI^e siècle de réduire considérablement le poids et la taille des satellites, et par conséquent leur coût de production à l'unité. Le standard « Cubesat » inventé en Californie est devenu particulièrement répandu : une unité (u) est constituée d'un cube de 10x10x10 cm. Un Cubesat 3u est un parallélépipède de 30x10x10 cm. Ces petits satellites peuvent désormais être produits en masse de façon relativement économique, ce qui était impossible pour des satellites lourds. Cela permet d'envisager la réalisation de constellations de satellites en orbite basse pour un coût raisonnable.

Ces satellites sont cependant beaucoup moins performants que les satellites géostationnaires. Ils sont incapables de transmettre les débits d'informations nécessaires à la diffusion d'images télévisées de bonne qualité ou à une connexion Internet pour un utilisateur humain. De plus, leur caractère défilant signifie qu'à moins d'en déployer des centaines voire des milliers, une couverture totale et permanente du globe ne peut être garantie.

L'IoT constitue potentiellement un cas d'usage dans lequel un débit faible et une latence importante ne sont pas des facteurs limitants. Certains objets connectés ont en effet des besoins de connexion modestes : un relevé par jour constitué d'un message court peut suffire à certaines applications (Holmes, 2018). Les petits satellites apparaissent particulièrement adaptés à un tel usage, car leur faible coût permet, avec un risque minime, de se positionner sur ce marché.

Ainsi, les entreprises Aerial & Maritime, AisTech, Analytical Space, Astrocast, Blink Astro, eightyLEO, Commsat, Fleet Space Technologies, Helios Wire, Hiber Global, Hongyan, Guodian Gaoke, Kepler Communications, Kineis, Lacuna Space, Myriota, NSL Comm, OQ Technology, Swarm Technologies, Spire Global, Sky and Space Global, SAT4M2M et Xingyun ont été fondées pour atteindre ce marché émergent.

À ces nouveaux entrants, il convient d'ajouter les acteurs traditionnels de la communication de machine à machine (M2M) : Iridium, Globalstar, Inmarsat, Thuraya et Orbcomm, qui connectent déjà des millions d'objets par satellite, mais pour un coût plus élevé. Eutelsat et Telesat, deux opérateurs de satellites de télécommunications géostationnaires, ont également annoncé leur décision de se lancer sur ce marché (Holmes, 2018). La nouvelle version des balises Argos, appelée Argos Neo, proposera vraisemblablement des applications IOT, gérées par la société Kineis (Cabirol, 2018).

Les projets des start-ups présentent certains points communs : la plupart utilisent des satellites basés sur le format Cubesat, prévoient des constellations en orbite basse terrestre et proposent des services basés sur un flux de données faible et intermittent à un coût nettement inférieur aux solutions actuelles (Crisp, 2018). Certaines différences pourraient cependant les départager dans cette nouvelle course à l'espace.

La seule entreprise à avoir opté pour l'intégration verticale de sa production de satellites est Swarm Technologies. Celle-ci a conçu des satellites originaux : ils sont en effet au format 0,25u, soit un quart de Cubesat. Ce format est à l'origine d'un scandale qui a affecté l'entreprise en 2018. La FCC avait en effet refusé d'autoriser le lancement de satellites-tests de ce format, par crainte que les radars de surveillance de l'espace soient incapables de suivre ces objets de si petite taille. Le lancement a pourtant eu lieu malgré cette interdiction (Harris, 2018). Swarm Technologies a dû renoncer au vol suivant et s'acquitter d'une amende de 900 000 dollars auprès du régulateur américain (Henry, 2018), ce qui n'a pas empêché l'entreprise de lever 25 millions de dollars en janvier 2019 (Pressman, 2019).

Les autres start-ups ont majoritairement décidé de confier la fabrication de leurs microsattelites à des entreprises établies. Le tableau ci-dessous résume les choix effectués par certaines d'entre elles. Certaines initiatives utilisent la station spatiale internationale comme segment spatial. Ainsi, la NASA a eu recours à une charge utile fabriquée par Digi-international, société américaine spécialisée dans les communications et la technologie de la machine à la machine, pour surveiller le fonctionnement de son dispositif exo-brake (Roberts, 2017). La start-up SAT4M2M, soutenue par l'ESA, a fait le même choix. Kineis est, quant à elle, une société française issue de l'entreprise CLS, qui souhaite capitaliser sur les acquis du projet Argos, notamment en utilisant la plateforme Angels pour développer sa constellation de vingt satellites. Ceux-ci seront des Cubesats 12u construits par Thales Alenia Space, Nexeya et Symlink (Henry, 2018). Les architectures diffèrent donc, mais ces entreprises ont un objectif commun : être parmi les premières à offrir des services IoT depuis l'espace.

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

Un marché présentant un réel potentiel, mais immature

La plupart de ces entreprises se concentrent sur les réseaux *Low Power Wide Area* (LPWA), qui comprennent les réseaux Sig-Fox, LoRa et NB-IoT. Comme dans la plupart des offres de télécommunications, il existe une concurrence entre les offres spatiales et les offres terrestres, les coûts affichés par ces dernières jouant généralement en leur faveur. Il semble que l'IoT ne fasse pas exception à cette règle.

En conséquence, les applications de l'IoT spatial sont essentiellement liées à des lieux peu couverts par les réseaux terrestres – soit 80 % de la surface du globe !. Les espaces maritimes et désertiques sont particulièrement concernés. Bien que cette proposition puisse avoir du sens pour certaines applications, particulièrement celles

liées à la logistique et à la connectivité des zones isolées (plateformes pétrolières, industrie minière, militaires en opération), certains analystes se montrent réservés sur la capacité de ces start-ups à proposer des services adéquats à leurs clients, étant donné la présence sur le marché de concurrents historiques offrant des services certes plus onéreux, mais également plus performants et fiables. Ainsi, si Northern Sky Research prévoit bien l'émergence d'un segment de marché couvert par des petits satellites, celui-ci serait limité à seulement 5,1 % du marché de l'IoT spatial (Crisp, 2018).

Par ailleurs, le grand nombre de constellations programmées nécessiterait, pour espérer un retour sur investissement, l'émergence d'un marché de millions d'objets connectés par constellation. Si tous les projets annoncés étaient menés à leur terme, ce serait plus de 1 600 satellites qui seraient lancés, ce qui, d'après certains analystes, est un nombre bien trop important au regard du marché potentiel.

Tim Farrar de TMF Associates explique ainsi que s'il est aisé pour la plupart des start-ups de lever 10 millions de dollars pour pouvoir prouver la viabilité technique de leur concept, il est beaucoup plus difficile pour elles de lever suffisamment de fonds pour développer leur business model (Higginbotham, 2018).

Face à l'anticipation de ce que seront les futurs marchés, il est logique de voir se multiplier les investissements dans différentes infrastructures et une forme de course à l'IoT spatial se mettre en place, incluant le lancement de satellites-tests prouvant la viabilité technique des projets envisagés, et ce malgré l'absence de clients. Il est également presque certain que toutes ces start-ups ne survivront pas et que les prochaines années verront une consolidation de cette industrie (Harris, 2018).

Une conséquence de cette course à l'IoT spatial est cependant déjà notable. Les commandes passées par ces start-ups auprès de fabricants de microsatsellites comme GomSpace ou AstroDigital ont contribué à l'arrivée à maturité de ce secteur, qui cherche désormais à concevoir des satellites de plus en plus performants pour le compte de clients toujours plus exigeants. Ainsi, GomSpace a-t-il été sélectionné par l'ESA pour la construction d'un Cubesat qui, dans le cadre de la mission HERA, sera envoyé vers un astéroïde. Les forces aériennes colombiennes ont également fait appel à eux pour la fabrication d'un satellite d'observation de la Terre. AAC Clyde est, pour sa part, passé de la construction de sous-systèmes pour Cubesats à la fabrication et à l'intégration de microsatsellites complets pour ses clients. Cette course à l'IoT spatial a donc eu pour effet de dynamiser le secteur de la construction de satellites, alors que le marché qu'il souhaite atteindre n'existe pas encore. La pérennité du secteur industriel des microsatsellites apparaît donc largement dépendante de l'évolution des besoins de l'IoT en termes de connectivité spatiale.

Les besoins de l'IoT semblent correspondre aux capacités des petits satellites, il est donc compréhensible que des entreprises se positionnent sur ce marché potentiel pour bénéficier de l'avantage du premier entrant. Il est tout à fait envisa-

geable aujourd'hui que l'IoT ne s'élève jamais à la hauteur de son potentiel estimé. Dans ce cas, les investissements consentis auront été relativement modestes. Si, en revanche, l'IoT devient un marché massivement desservi par les satellites, les ruptures technologiques engendrées par l'industrie des petits satellites auront des conséquences importantes sur le secteur spatial, surtout au regard de la période de fragilité qu'il traverse actuellement.

PAUL WOHRER

Chargé de recherche, FRS
p.wohrer@frstrategie.org

Références bibliographiques

- Cabirol M., « Le CNES confie le futur système Argos à Thales », *La Tribune*, 14 mai 2018.
- C. Clarke, Arthur, « Extra-Terrestrial Relays », *Electronics World*, 119 (1924):14, avril 2013.
- Columbus L., « 2017 Roundup of Internet of Things Forecasts », *Forbes*, 10 décembre 2017.
- CORDIS, « Space IoT takes off », *CORDIS*, 9 juillet 2018.
- Crisp A., *The bottom Line. The ROI challenge of IoT Smallsats*, Northern Sky Research, 3 octobre 2018.
- GOMSPACE, « The Colombian Air Force Orders its second advanced Nanosatellite platform from GomSpace », *PRS Newswire*, 1er décembre 2017.
- GOMSPACE, « ESA and GomSpace Sign Contract for Advanced Nanosatellite to join the HERA mission », *PRS Newswire*, 21 janvier 2019.
- Harris M., « SpaceX's Next Launch Will Spark A Space Internet Showdown », *Politico*, 27 novembre 2018.
- Harris M., « Why Did Swarm Launch Its Rogue Satellites? », *IEEE Spectrum*, 20 mars 2018.
- Henry C., « EightyLEO Details Vision for IoT SmallSat Constellation », *Via Satellite*, 22 octobre 2015.
- Henry C., « FCC fines Swarm \$900,000 for unauthorized smallsat launch », *SpaceNews*, 20 décembre 2018.
- Henry C., « French IoT company plans \$139 million smallsat constellation », *SpaceNews*, 10 septembre 2018.
- Higginbotham S., « Lacuna is bringing the internet of things to space », *Stacey on IoT*, 23 octobre 2018.
- Hill J., « Saceflight to Launch Fleet Space Centauri I on ISRO's PSLV This Year », *Via Satellite*, 3 juillet 2018.
- Holmes M., « Eutelsat Exec Discusses Possibility of Full LEO Constellations », *Via Satellite*, 9 mars 2018.
- Holmes M., « Telesat and LEO: Goldberg Answer the Burning Question », *Via Satellite Digital*, Janvier 2018.
- Hung M., *Leading the IoT*, Gartner, 2017.
- Jones A., « China to launch first Hongyan LEO communications constellation satellite soon », *GB Times*, 13 novembre 2018.
- Lasse Lueth K., « State of the IoT 2018: Number of IoT devices now at 7B – Market accelerating », *IoT Analytics*, 8 août 2018.
- Nyirady A., « Luxembourg Companies to Test IOT Technology », *Via Satellite*, 21 septembre 2018.
- ONEWEB, « Keyshot Module », site web de Oneweb, 2019.
- ORBCOMM, « ORBCOMM Surpasses Two Million Subscriber Communicators in The Industrial IoT Market », site d'Orbcomm, 28 novembre 2017.
- Man A., « Exclusive: Satellite Startup Swarm Raises \$25 Million For Space-Based Internet Plan », *Fortune*, 24 janvier 2019.
- Reichert C., « Satellite IoT start-up Myriota raises \$15m », *ZDNet*, 26 mars 2018.
- Roberts F., « NASA looks to bring IoT to space with wireless comms test », *Internet of Business*, 6 mars 2017.
- SAT4M2M, « SAT4M2M », site web de SAT4M2M, 2019.
- Weiser M., « The Computer for the 21st Century. Scientific American », vol. 265, septembre 1991, pp. 94-104.