

USB-C, Thunderbolt, M.2, USB 3.1, PCI-Express... Tous savoir sur la connectique dernière génération

Les connecteurs récents débouchent sur des interfaces bien plus rapides. Pourtant, derrière une simplicité apparente, les nouveaux connecteurs comme l'USB-C ou le M.2 posent souvent bien plus de questions qu'il n'y paraît. Votre port USB-C est-il en 3.1 ou en Thunderbolt ? Peut-il gérer l'affichage ? Votre SSD M.2 est-il SATA ou PCI-Express ? Est-il géré par le CPU ou par le chipset ? Nous allons vous aider à vous y retrouver.

AU SOMMAIRE



La norme USB	p.37
Le port Thunderbolt	p.39
Les connecteurs internes	p.40
La connectique vidéo	p.42

Dossier réalisé par Alexandre Pedel - illustrations DR

Que ce soit en interne sur une carte mère, au dos d'un PC ou sur les côtés d'un laptop, la connectique est un facteur prépondérant de la machine. Elle déterminera la manière dont on pourra utiliser des périphériques spécifiques, comme les moniteurs, les disques durs internes ou externes, etc.

Ces dernières années, plusieurs nouvelles technologies ont vu le jour et, avec elles, a débarqué une connectique de nouvelle génération. Au départ, un effort de simplification semblait perceptible dans la volonté des industriels d'implémenter ces nouveaux standards. On allait enfin simplifier la connectique, se débarrasser de

vieux connecteurs encombrants et pas pratiques... D'une certaine manière c'est vrai, mais que ce soit en interne avec la connectique M2 ou en externe avec l'USB-C par exemple, la simplification s'est arrêtée net. Et au final, il est devenu bien difficile de dire a priori ce qui se cache derrière le port USB-C de votre ordinateur.

Les nouvelles interfaces

Dans ce dossier, nous allons nous concentrer sur les nouvelles interfaces, principalement l'USB et le Thunderbolt via le connecteur USB-C. Nous aborderons le cas de l'USB qui arrive à cacher deux standards der-

rière un seul nom (l'USB 3.1) et une seule prise. Nous ferons le tour également de la connectique interne, avec les sockets M2 très populaires aujourd'hui, mais pouvant cacher plusieurs normes et des écarts de performances assez importants. Enfin, nous traiterons aussi le problème de la connectique d'affichage nouvelle génération, découlant en droite ligne des nouveaux standards que sont l'USB-C et le Thunderbolt.

La connectique de dernière génération est un vrai bienfait. Des connecteurs plus petits, des interfaces diaboliques de vitesse... mais qui nécessitent toutefois un minimum d'apprentissage pour être maîtrisés correctement et pour éviter les achats fortuits. ■



© Adobe Stock

USB: ports et standards

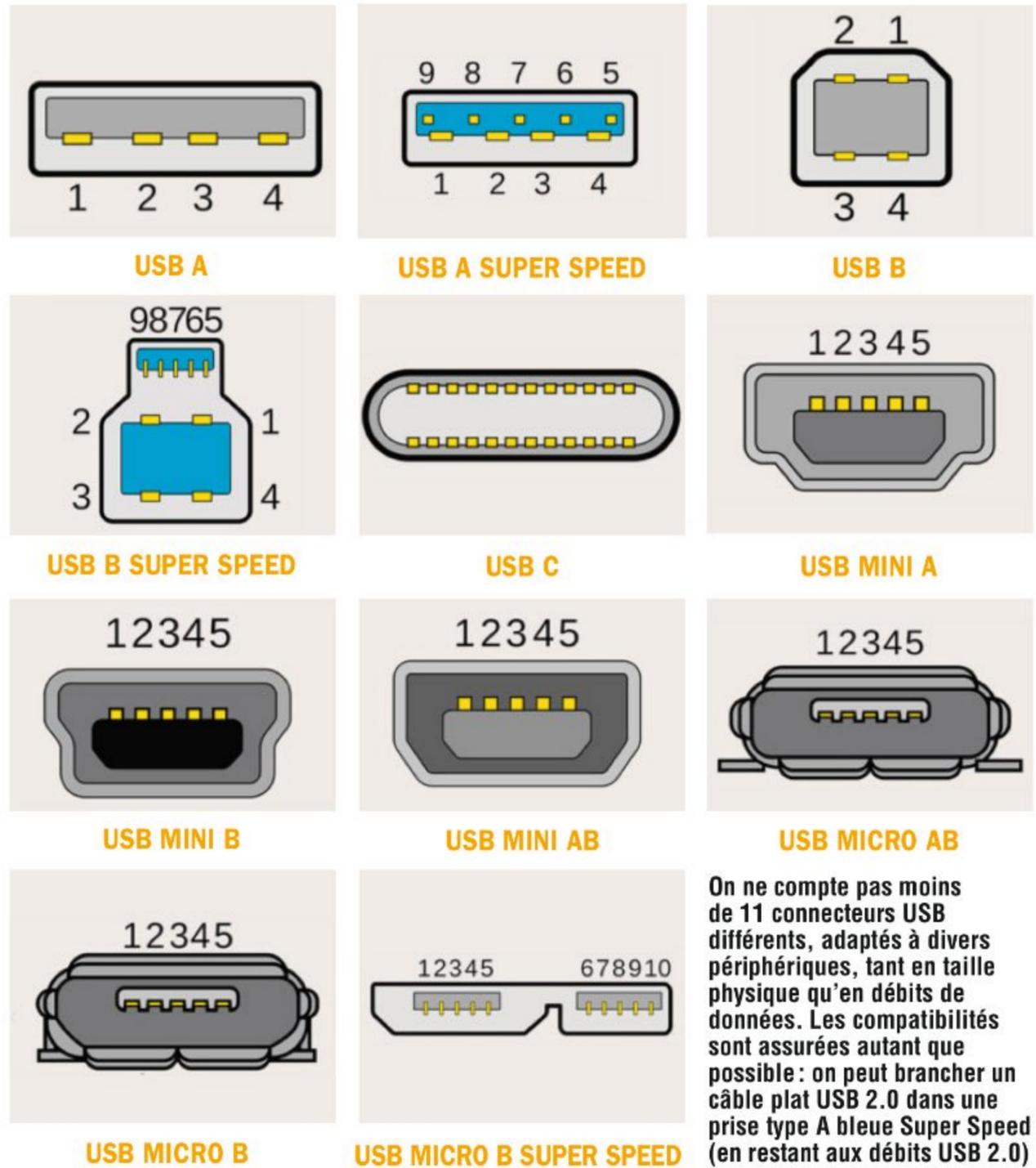
Au fil du temps, les organismes qui se trouvent derrière le standard USB ont eu la fâcheuse tendance à compliquer les choses. À tel point qu'il est devenu difficile de s'y retrouver sur les dernières évolutions de l'USB. Tant en termes de connecteurs que de débits.

L'USB est aujourd'hui le standard le plus répandu. C'est aussi un des plus anciens qui a su évoluer avec le temps pour offrir toujours plus de bande passante et plus de fonctions, faisant au passage évoluer son connecteur de manière drastique. C'est un standard très pratique et assurant une rétrocompatibilité au fil des évolutions. Vous pourrez utiliser un vieux périphérique USB 1.1 sur un port USB 3.1 par exemple, sans toutefois profiter de la bande passante du connecteur le plus récent.

Les débits de l'USB

L'USB a vu le jour au milieu des années 90 avec pour objectif de simplifier et d'infuser les très nombreuses interfaces spécifiques qui proliféraient sur les ordinateurs. Série, parallèle, PS/2, DIN... À l'époque, on en est à l'USB 1.1 qui définit deux modes : "Low Speed" à 1,5 Mbps et "Full Speed" à 11 Mbps. Ces débits cantonnaient clairement l'USB au rôle d'interface de connectique pure, le Low Speed convenant à des périphériques d'entrée comme les claviers et les souris, le Full Speed à des périphériques transférant des données comme les imprimantes.

En l'an 2000, l'USB va s'attaquer à des périphériques encore plus gourmands en bande passante : les disques durs, les lec-

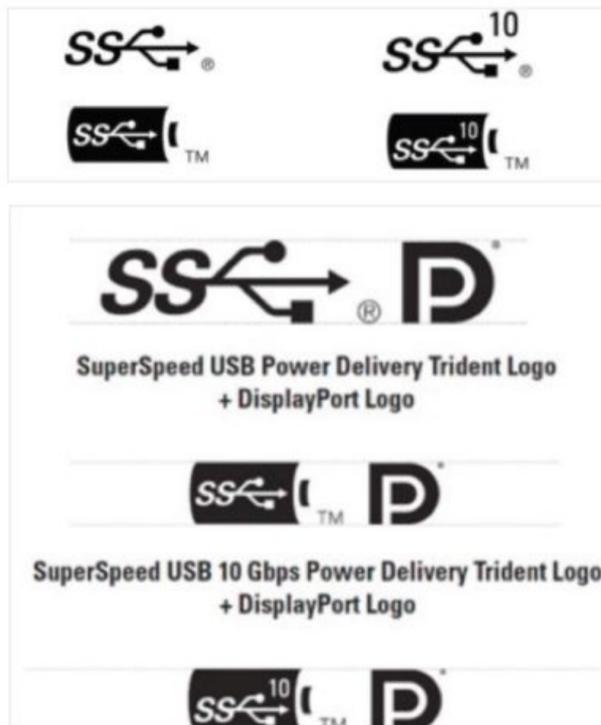


On ne compte pas moins de 11 connecteurs USB différents, adaptés à divers périphériques, tant en taille physique qu'en débits de données. Les compatibilités sont assurées autant que possible : on peut brancher un câble plat USB 2.0 dans une prise type A bleue Super Speed (en restant aux débits USB 2.0) ou brancher un câble Micro B (USB 2.0) dans la partie gauche d'une prise Micro B Super Speed.

Évolution de la norme USB

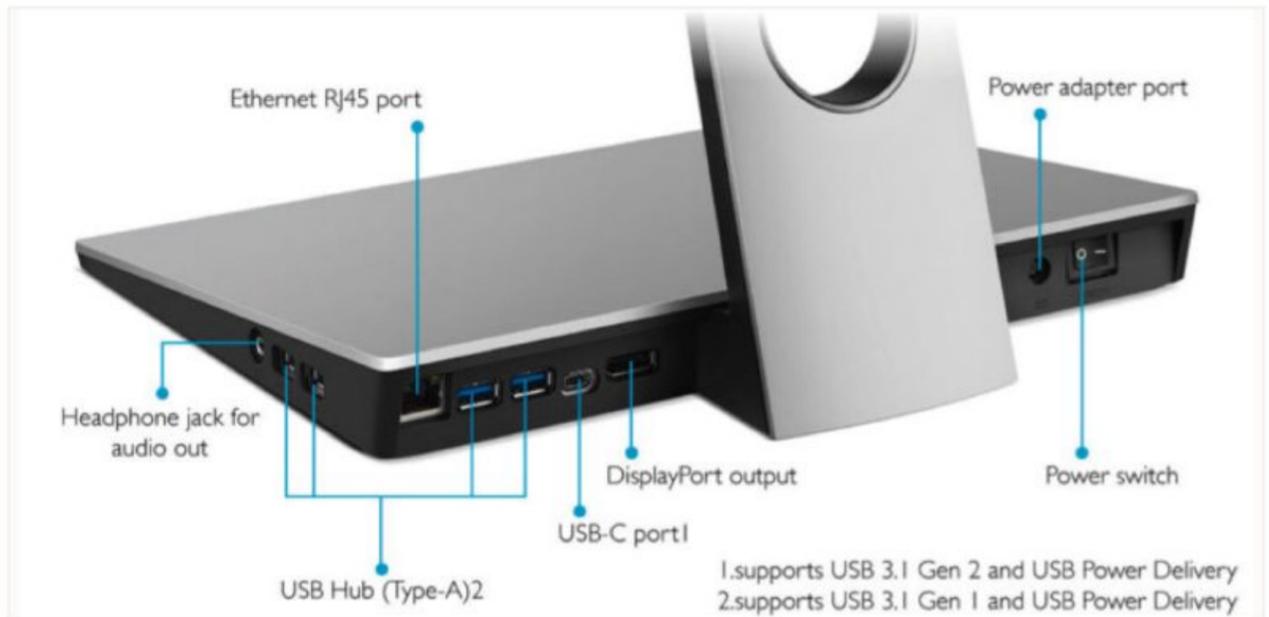
Date	Norme	Nouvelle appellation	Bande passante	Périphériques
1990	USB 1.1		1,5 Mbps	Clavier, souris
1990	USB 1.1		11 Mbps	Imprimantes
2000	USB 2.0		480 Mbps	Disques durs, lecteurs optiques, graveurs
2008	USB 3.0	USB 3.1 Gen 1	5 Gbps	Clés USB, SSD
2013	USB 3.1	USB 3.1 Gen 2	10 Gbps	Tous
Prochainement	USB 3.2 Gen 2x2		20 Gbps	Tous
Prochainement	USB 4.0		40 Gbps	Tous

Symbol		Max Speed	Power	Video
	USB 2.0	480 Mbit/S	No	
	USB 3.0 (USB 3.1 Gen 1)	5 Gbit/S	No	
	USB 3.1 (USB 3.1 Gen 2)	10 Gbit/S	No	
	USB 3.0 (USB 3.1 Gen 1)	5 Gbit/S	Yes	
	USB 3.1 (USB 3.1 Gen 2)	10 Gbit/S	Yes	
	Thunderbolt 3	40 Gbit/S	Yes	Yes
	DP Alt mode	This symbol will be found next to the above symbols to identify that this port supports video		Yes



◀ Un connecteur USB C peut cacher de multiples protocoles ou capacités. Pour simplifier la vie des utilisateurs, plusieurs constructeurs peuvent, selon leur bonne volonté, apposer des marquages spécifiques permettant de savoir ce que le connecteur permet. Le tableau ci-contre regroupe les pictogrammes standard apposés à côté des ports USB-C. Le SS indique les USB 3.1 Gen 1 à 5 Gbps, le SS et un 10 signalent les USB 3.1 Gen 2 à 10 Gbps. Leur inclusion dans une pile indique qu'ils gèrent l'USB Power Delivery (alimentation électrique). Si vous voyez un éclair à côté du connecteur, c'est un port Thunderbolt 3. Si vous voyez un logo DP stylisé à côté d'un des pictogrammes USB, c'est que le connecteur USB est câblé pour faire sortir un flux Display Port.

teurs optiques, les graveurs, tous ces périphériques de lecture et d'enregistrement de données externes. Pour y parvenir, le standard passe en version 2.0 et booste la bande passante à 480 Mbps. À l'époque, c'est une bande passante suffisante pour les périphériques reliés, mais rapidement le besoin se fait sentir d'augmenter encore les débits. Les clés USB sont plus grosses et les mémoires plus véloces, les SSD commencent à se populariser. Les 480 Mbps de la norme 2.0 sont trop justes. En 2008, place à la norme 3.0 qui arrive avec 5 Gbps, suivie de l'USB 3.1 en 2013 qui fait passer les débits à 10 Gbps. C'est le maximum disponible aujourd'hui. Deux nouvelles normes, les USB 3.2 Gen 2x2 et USB 4.0 ont été annoncées et définies, avec des bandes passantes de respec-



tivement 20 Gbps et 40 Gbps. L'USB 4.0 devant, selon toute vraisemblance, signer la fusion des normes USB et Thunderbolt dont nous parlons plus loin. ■

▲ Les normes USB sont parfois trompeuses. Il est souvent nécessaire de consulter les notices des appareils afin de savoir ce qu'est chaque port USB exactement. L'USB 3 est particulièrement trompeur et une prise Type A bleue ne garantit pas les 10 Gbps de débit...



▲ Illustration de l'utilisation des pictogrammes USB-C : ici le port USB-C de ce portable est de type USB 3.1 Gen1 à 5 Gbps et supporte l'alimentation USB.

Le port **Thunderbolt**

Le Thunderbolt est une création d'Intel, destinée à faire transiter de grosses quantités de données, très rapidement. Complexe, la norme nécessite quelques éclaircissements...

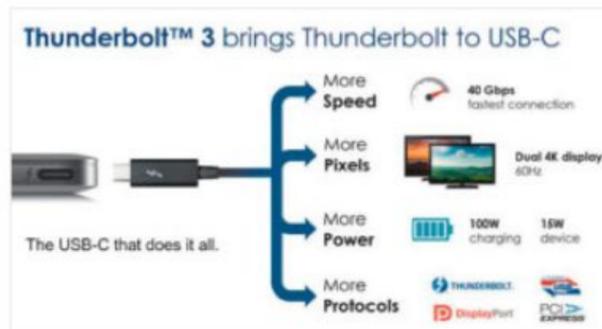
A côté de l'USB-C et de l'USB 3.1, se développe un autre standard, à la fois concurrent et compatible, le Thunderbolt. Attention là encore à la confusion : le Thunderbolt 3 utilise une prise USB-C et supporte le protocole USB, mais ce n'est pas de l'USB. Si tous les ports Thunderbolt 3 peuvent accepter un périphérique USB-C, la réciproque n'est pas vraie. On peut donc par exemple relier un périphérique USB-C à un port TB3 (brancher son téléphone par exemple) et ça fonctionnera. Mais si on relie un périphérique TB3 à un port USB 3.1 en USB-C, rien ne se passera. Le TB3 a besoin de ses contrôleurs dédiés pour fonctionner, et le bus USB ne les utilise pas. Dans sa version initiale le connecteur Thunderbolt, similaire au Mini Display Port, cumulait les signaux Display Port (affichage numérique) et PCI-Express sur une seule interface. Dans sa révision actuelle, le Thunderbolt 3 offre des bandes passantes de 40 Gbps. Pour ce faire, ce protocole lancé en 2011 n'utilise pas le bus USB ou SATA, mais le bus PCI-Express bien plus rapide.

Historique

Le Thunderbolt 1 offrait 20 Gbps de bande passante mais sur deux canaux distincts de 10 Gbps en utilisant quatre voies PCI-Express 2.0. Il incluait aussi un flux Display Port 1.1a. La version 2 du Thunderbolt sort assez rapidement après et va rendre la technologie plus souple. La bande passante reste inchangée mais les deux canaux de 10 Gbps peuvent être agrégés pour un total effectif de 20 Gbps. Le lien Display Port passe, lui, en DP 1.2 permettant d'alimenter un écran



▲ Les choix radicaux d'Apple sur le Thunderbolt 3 nécessitent de recourir à des docks externes pour récupérer la connectique supprimée des portables. Ici ce dock Belkin propose une connectique DP, Thunderbolt, USB 3.1 Gen 2, RJ-45 (réseau) et audio.



▲ **Résumé des capacités de Thunderbolt 3 :** elle rentre dans un connecteur USB-C et offre une bande passante de 40 Gbps, gère l'affichage vidéo et l'alimentation, ainsi que des protocoles annexes comme l'USB 3.1 et le Display Port.

4K ou deux écrans QHD. Les connecteurs physiques des Thunderbolt 1 et 2 sont similaires et les câbles compatibles.

Thunderbolt 3 et prise USB-C

Le Thunderbolt 3 va tout chambouler et lancer la technologie dans la course à l'universalité. En effet, pour sa troisième déclinaison, Intel fait le choix d'une prise USB-C et intègre l'USB 3.1 gen 2. On a donc un standard utilisant 4 voies PCI-Express 3.0 offrant 40 Gbps de bande passante, compatible en tout point avec l'USB 3.1 et avec les périphériques USB-C. L'intégration de l'USB-C apporte un autre avantage au Thunderbolt : depuis le début, des câbles en fibre optique et des câbles en cuivre coexistaient. Les modèles en fibre optique ne pouvaient pas alimenter électriquement un périphérique, et le protocole ne prévoyait qu'assez peu de puissance électrique pour les câbles en cuivre. En utilisant le câblage USB-C sur du câble en cuivre, le Thunderbolt peut désormais incorporer la norme USB Power Delivery et fournir jusqu'à 100 W de puissance, de quoi alimenter un gros ordinateur portable.

Câbles actifs ou passifs

Pour rester au rayon câbles, avec le Thunderbolt 3, Intel a ouvert la voie à l'utilisation de câbles passifs USB-C moins onéreux, et leur permet de faire transiter des données sans utiliser la totalité de la bande passante, mais plus rapidement que via un port

USB 3.1. Voici une initiative bienvenue, les câbles Thunderbolt dédiés étant encore bien plus chers que les USB 3.1. On pourra n'y avoir recours que lors de scénario d'utilisation précis nécessitant d'utiliser l'intégralité des 40 Gbps de bande passante. Ce type de scénario se profilera lorsqu'on utilisera une capacité propre au Thunderbolt : le chaînage. En effet, il est possible de chaîner jusqu'à six périphériques sur un seul port, ce que l'USB 3.1 ne permet pas. Chaîner signifie qu'on branche un câble Thunderbolt au connecteur de son ordinateur ; ce dernier va sur un moniteur Thunderbolt, on relie alors le moniteur via un autre câble Thunderbolt à un NAS Thunderbolt, que l'on reliera de la même manière à un autre périphérique Thunderbolt, etc. Et ce jusqu'à six appareils, voire douze sur certains modèles d'ordinateurs disposant de deux contrôleurs TB3. Dans la pratique, il est rare d'arriver à six, mais chaîner un dock TB3 avec un moniteur 4K et un ou plusieurs lecteurs de SSD externes, c'est courant et pratique.

Longueur des câbles

Il faut bien faire attention à la longueur des câbles : si le câble fait 50 cm au maximum, il peut être passif et utiliser l'intégralité de la bande passante (40 Gbps). Au-delà de cette longueur, si on utilise un câble passif (bon marché), on tombe à 20 Gbps. Les câbles actifs (plus onéreux) permettent de conserver la bande passante au-delà de 50 cm. Enfin, nous avons signalé qu'il existait des câbles Thunderbolt en cuivre et d'autres en fibre optique. La longueur est, là encore, un facteur décisif puisque les câbles en cuivre pourront avoir une longueur maximale de 3 m, même actifs, alors que la fibre optique permet d'aller bien au-delà (60 m) mais sans capacité d'alimentation.

Dans la pratique, le Thunderbolt 3 est une merveille de puissance pour ceux qui manipulent de très grosses quantités de données et qui disposent de périphériques rapides capables de profiter d'une telle bande passante : beaucoup de SSD SATA 3, des SSD NVMe externes, etc. C'est idéal pour l'édition vidéo 4K par exemple, y compris depuis un ordinateur portable. On peut transcoder ses fichiers en ProRes (ce qui les rend faciles à éditer mais beaucoup plus volumineux) et éditer depuis les SSD externes sans avoir à importer quoi que ce soit sur le SSD de son laptop. Pratique. ■

Les connecteurs internes (PCI-Express, M.2, SATA, NVME)

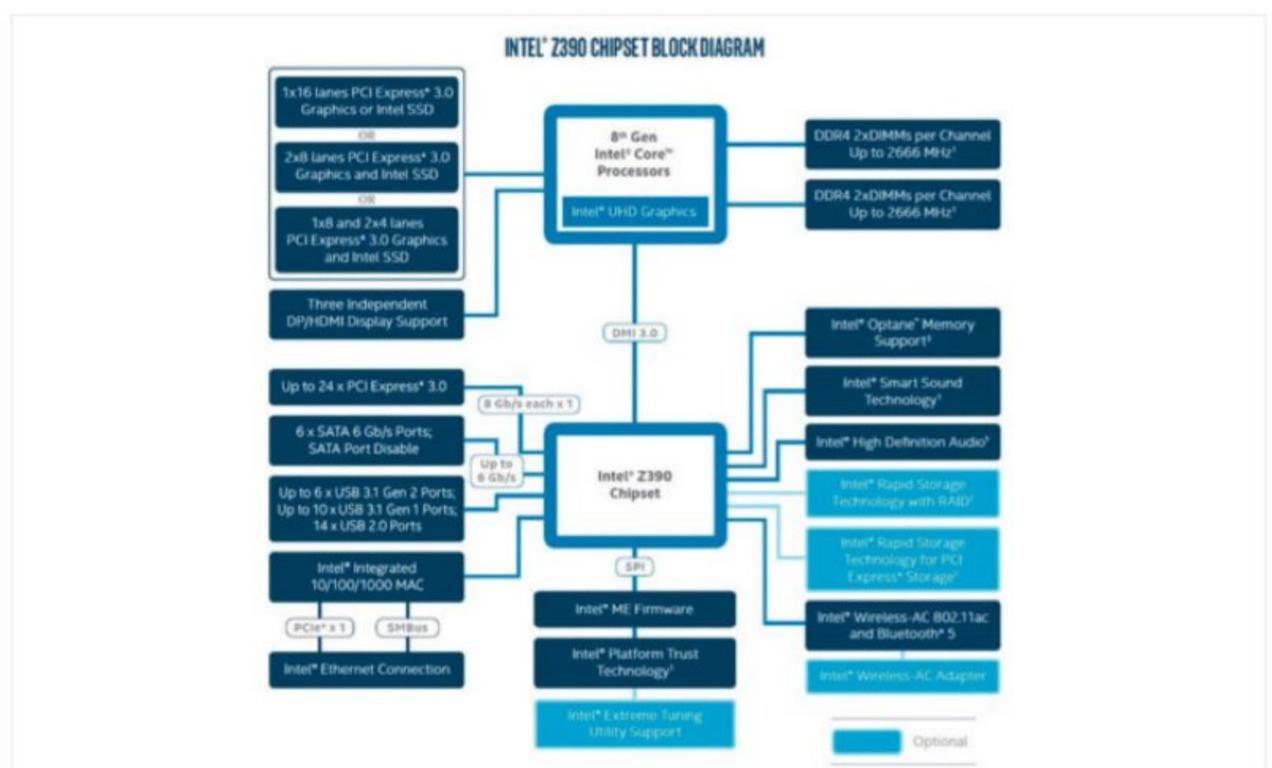
Si on plonge à l'intérieur de son PC, on se trouve face à une carte mère, bourrée de connecteurs en tous genres. C'est assez déstabilisant a priori, mais assez facile à intégrer rassurez-vous. Le plus important (et complexe) est de comprendre comment les données sont transférées à l'intérieur du PC, en commençant par le fonctionnement du PCI-Express sur un ensemble carte mère/CPU.

Le PCI-Express

Le PCI-Express remplace le PCI. Ce n'est plus un "bus" à proprement parler puisque le PCI-Express utilise des connexions directes point à point et non une architecture centralisée avec des "nœuds" communiquant entre eux. Le PCI-Express simplifie donc l'architecture, a priori. On parle désormais de voies "PCI-Express". Ces voies peuvent être combinées dans des canaux, c'est la raison pour laquelle vous entendez parler de PCI-Express x1, x4, x8 ou x16. Chaque canal peut traiter 1 bit de données par cycle. 16 canaux peuvent donc en traiter 16 à chaque fois. Dans la pratique, chaque voie PCI-Express délivre un peu moins de 1 Go/s de débit. C'est énorme.

CPU et chipset

Il existe deux types de voies PCI-Express. Celles qui sont câblées au CPU lui-même et celles qui sont câblées au PCH (Platform Contrôler Hub, l'ancien South Bridge). Le CPU intègre ses propres voies PCI-Express. Sur les CPU "grand public", on en trouve en général 16, principalement à connecter la ou les cartes graphiques. Mais 16 voies ce n'est pas assez. Tout aujourd'hui (ou presque) utilise le PCI-Express. Il faut donc rajouter des voies. Ce sera fait de deux manières : soit au sein du CPU (certains processeurs comme les Threadripper disposent de 64 voies PCI-Express), soit dans le PCH, le chipset. La plupart du temps, les chipsets proposent une extension de 20 voies PCI-Express, à ajouter aux 16 de votre CPU. Ces voies sont reliées à des connecteurs PCI-Express x1, x2 ou x4. Les voies PCI-Express du chipset sont reliées au CPU par un lien PCI-Express x4 emprunté aux voies du



▲ En termes de connectique interne, il est primordial de savoir à quoi se raccorde chaque connecteur. C'est surtout vrai pour le PCI-Express qui peut être relié au CPU directement ou au chipset.

CPU. Chez Intel, ce bus s'appelle DMI (Direct Media Interface) et est actuellement en version 3.0 fournissant un peu moins de 4Go/s sur les quatre voies PCI-Express du bus.

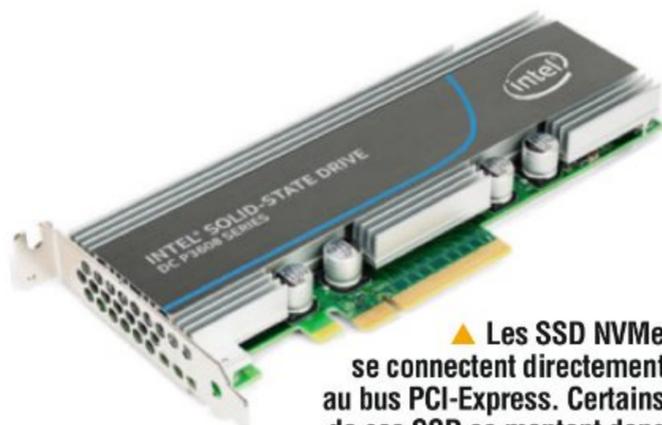
Schéma de câblage

Chaque connecteur a une taille physique différente selon le nombre de voies PCI-Express câblées. Les plus petits sont les 1x, les 4x Le plus compliqué pour le client est de comprendre où arrivent les voies PCI-Express de chaque connecteur. En effet, le bus de communication entre le chipset et le CPU peut, dans certains cas, brider les transferts. Tous les périphériques connectés au PCI-Express du chipset doivent partager in fine les voies du bus BMI (en nomenclature Intel, mais la logique est similaire chez AMD). Si vous avez peu de composants gloutons (comme des SSD NVME) sur le chipset,

pas de soucis. Mais il faut garder à l'esprit que l'embouteillage pourra arriver. De même, il est dorénavant primordial de travailler sa configuration avant l'achat. En effet, il est impossible de rajouter des voies PCI-Express a posteriori... Si, par exemple, vous voulez une configuration à plusieurs cartes graphiques, il faudra prendre un CPU doté d'assez de voies PCI-Express et une carte mère disposant d'assez de ports PCI-Express x16 ou x8 câblés sur le CPU.

Le bus SATA

L'autre bus de données habituel est le bus SATA, géré par le chipset et servant normalement à relier des périphériques de stockage comme des disques durs ou des SSD. Le SATA a succédé au P-ATA en 2003 apportant plusieurs avantages comme les débits augmentés, les connecteurs plus petits et



▲ Les SSD NVMe se connectent directement au bus PCI-Express. Certains de ces SSD se montent donc directement sur un connecteur PCIe standard.

le branchement à chaud rendu possible. Depuis 2009, les cartes mères vendues embarquent un contrôleur SATA III opérant à 6 Gbps. Cette interface est idéale pour des disques durs ou des SSD mais les stockages rapides récents saturer les débits théoriques de l'interface. C'est la raison pour laquelle les SSD SATA III plafonnent tous aux mêmes vitesses en lecture et en écriture (autour de 550 Mo/s). Les connecteurs SATA sont facilement reconnaissables à leur forme coudée, et sont reliés soit au chipset, soit à un contrôleur supplémentaire. En général, les chipsets supportent 6 connecteurs SATA III à 6 Gbps. Si le fabricant de la carte mère décide d'en proposer plus, les autres seront câblés à une autre puce dédiée. Les manuels des cartes mères serviront à différencier quels ports vont au chipset et quels ports vont à un autre contrôleur. Pour différencier les deux, les fabricants optent parfois pour des connecteurs de couleur différente. Dans tous les cas, le manuel de la carte mère fera état des connexions respectives de chaque port SATA. Dans la pratique, si vous installez votre système sur un SSD SATA III il est préférable de brancher ce SSD sur un connecteur relié au chipset, histoire d'éviter d'éventuels problèmes liés au contrôleur additionnel. Mais en termes de performances, il n'y aura aucune différence entre chipset et contrôleur additionnel.

NVMe: le stockage sur le PCI-Express

Le bus SATA III étant devenu une source de ralentissement, un groupe d'une soixantaine de constructeurs proéminents a stan-

dardisé une nouvelle manière d'accéder au stockage : en passant par le PCI-Express. Le NVMe Express est né en 2011. Aujourd'hui en version 1.3, il offre une bande passante théorique maximale de 4 Go/s et permet même d'utiliser une partie de la mémoire du PC comme cache. Les performances (temps d'accès et débits) sont très nettement améliorées. Au départ, les SSD NVMe étaient montés sur des cartes filles PCI-Express que l'on enrichit dans un connecteur PCI-Express libre de la carte mère. Aujourd'hui, c'est le connecteur M.2 qui assure ce rôle.

Connecteur M.2: attention au bus!

Ce connecteur est techniquement le successeur du mSATA. On le trouve dans les ordinateurs portables et sur le PCB des cartes mères de nos desktops. Mais les choses se compliquent vite. Primo car le connecteur M.2 peut être câblé au choix sur le bus PCI-Express de la carte mère, ou sur le bus SATA. Ce premier écueil est assez vite évité en consultant la fiche technique de votre carte mère. Acheter un SSD NVMe rapide et le monter sur le bus SATA III serait dommage. Pour le même prix, vous aurez un SSD SATA classique plus gros et un niveau de performances identique. Un SSD NVMe doit être inséré dans un connecteur M.2 relié au PCI-Express.

Une norme ultra-complexe

Le connecteur M.2 est assez complexe. C'est une de ces normes à tiroirs dont raffole l'industrie et qui réclame quelques clarifications. Le M.2 peut utiliser trois sockets différents, avoir plusieurs longueurs, chaque socket pouvant avoir quatre brochages différents (les clés) positionnant des détrompeurs (encoches) à différents endroits du socket. Le Socket 1 est habituellement réservé à des modules Wi-Fi ou Bluetooth (entre autres) et fait 16 mm, 22 mm ou 30 mm de large. Le Socket 2 pour SSD dispose d'une clé B (encoche à droite) et fait 22 mm de large. On y branche des modules

M.2 à clé B ou B+M (à deux encoches). Le socket 3 pour SSD est similaire au socket 2 mais avec une clé M (encoche à gauche) et accepte les SSD en brochage M ou B+M.

Longueur et brochage, vitesse

Pour les SSD, les modules sont quasiment toujours en 22 mm de large mais ont une longueur différente selon l'usage: 30 mm (M.2 2230), 42 mm (M.2 2242), 60 mm (M.2 2260), 80 mm (M.2 2280) et 110 mm (M.2 22110). Un SSD Samsung EVO 970 par exemple est en M.2 M Key et fait 80 mm de long (M.2 2280).

Attention, un port M.2 en brochage M relié au PCI-Express peut aussi être limité à un PCI-Express x2. C'est parfois le cas de connecteurs M.2 reliés au chipset et non au CPU directement. Est-ce un problème? Pas obligatoirement puisqu'il existe des SSD NVMe x2 (souvent en brochage B+M), bien moins chers mais encore plus performants qu'un SSD SATA. Pas de soucis de compati-



▲ Le slot M2 sur un PCB de carte mère est parfois configurable en SATA ou en PCI-Express. Les différents pas de vis servent à fixer des modules de différentes longueurs.

bilité puisque, comme nous l'avons vu plus haut, on peut parfaitement utiliser un SSD à clé B+M dans un Socket en clé B ou en clé M.

Là encore il est primordial de le savoir avant en lisant bien le manuel ou la fiche technique de sa carte mère. Mais les choses sont parfois complexes, le panachage de périphériques sur le bus PCI-Express peut déboucher sur des complications surprenantes. Parfois, un connecteur M.2 partage son bus avec un connecteur PCI-Express standard et utiliser le M.2 peut rendre l'autre inopérant ou le brider. Encore une fois, ces situations ne seront éludées qu'en choisissant la liste de ses composants avec précision et en étudiant les possibilités de branchement de chaque composant sur la carte mère choisie. En cas de problème apparent, il faudra changer la carte mère ou certains composants. ■



▲ Vous pouvez voir trois SSD au format M2. Les trois sont pourtant très différents et adoptent des brochages (les clés) spécifiques à chaque format. Le plus rapide est le SSD NVMe en clé M et interface en PCI-Express x4 (le Samsung). Le Corsair MP300 est un SSD NVMe également, mais interface en PCI-Express x2 et utilisant une clé B+M. Cette même clé, on la retrouve sur le dernier SSD, le WD Blue qui, lui, n'utilise pas le PCI-Express mais le bus SATA.

La connectique vidéo (HDMI, DVI, DP, USB-C)

Les connecteurs d'affichage ont beaucoup évolué au fil du temps. Ils ont dû s'adapter à des contenus vidéo toujours plus gourmands. En quelques années, nous sommes passés de moniteurs VGA au Full HD pour en arriver à la 4K et bientôt à la 8K.



▲ Les premiers câbles Thunderbolt étaient des câbles Mini Display Port.

Toujours plus de pixels à des fréquences toujours plus élevées, puisqu'on arrive maintenant sur des 4K 120p ou des 8K 30p voire 60p! Ce sont des quantités de données énormes à faire transiter de la carte graphique à l'écran... en supposant qu'on en ait qu'un puisque les nouveaux connecteurs doivent même parfois pouvoir gérer plusieurs affichages en simultané. Les contraintes sont énormes. Rien d'étonnant donc à constater que la connectique a évolué, tout comme les câbles.

DVI: les premiers câbles numériques

Juste avant l'an 2000, le DVI signait la première révolution dans l'affichage des ordinateurs: c'était le premier câble numérique dédié à la sortie d'un signal vidéo. Avant lui, les câbles VGA sortaient un signal analogique. Le connecteur DVI se retrouve encore fréquemment au dos de nos ordinateurs. On trouve un total de cinq prises possibles, selon trois normes différentes. Le DVI-A, le moins répandu qui utilise une prise DVI pour transmettre des signaux ana-



▲ De plus en plus de moniteurs intègrent des interfaces USB-C, qu'elles soient USB 3.1 ou Thunderbolt.

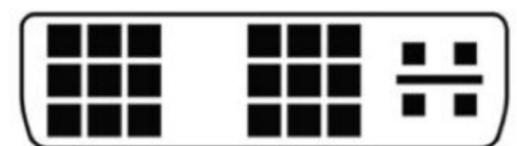
logiques, comme le VGA. Le DVI-D qui est 100 % numérique et qui propose deux prises différentes: single link (3,7 Gbps de bande passante) et dual link (7,4 Gbps). Enfin, le DVI-I plus souple qui accepte les signaux analogiques et numériques et qui propose lui aussi une version single link et dual link. Pour les DVI-I et D, les versions single et dual link sont facilement identifiables au brochage des prises: les single link sont dotées de 18 broches réparties en deux carrés de 9 broches. Les dual link disposent de 24 broches occupant toute la surface du connecteur. Volumineux et ne véhiculant que des signaux vidéo, le câble DVI tend à disparaître au profit de connecteurs plus souples, plus petits, et plus polyvalents.

HDMI: le vidéaste polyvalent

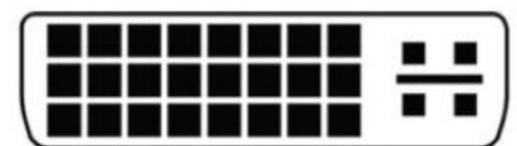
Le connecteur HDMI arrive au début des années 2000. Plus orienté vidéo (cinéma), il propose de transmettre vidéo et audio en un seul câble. Polyvalent et plus petit, le connecteur HDMI se répand vite, devient un standard de la vidéo, sur PC ou dans le salon. La prise HDMI dispose de plusieurs versions: le type A qui est la prise HDMI "standard" que l'on retrouve sur les TV par exemple. Un type B a été prévu au départ pour être l'équivalent du DVI dual link, mais n'a jamais vu le jour, la révision 1.3 du HDMI permettant d'atteindre ces débits sur un câble de type A. Sur des appareils plus petits, une prise C (Mini HDMI) et D (micro HDMI) ont été prévues.

Le câble HDMI est censé pouvoir fonctionner à plein jusqu'à 10 mètres, mais si vous utilisez des câbles bon marché il est préférable de réduire la longueur au maximum. Pour des câblages d'installations qualitatives et nécessitant de grandes distances de câble,

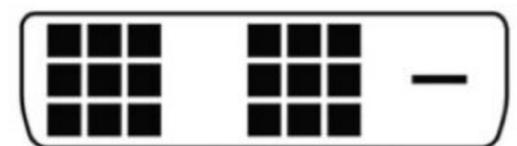
il faudra investir dans des câbles de qualité supérieure (utilisant du cuivre et non des aciers cuivrés, correctement blindés, etc.) ou dans des répéteurs de signal. Il est à noter que le HDMI est compatible avec le DVI par utilisation d'un simple adaptateur, mais uniquement sur la transmission de données vidéo, le DVI ne sachant pas gérer l'audio. La première version du HDMI était équivalente au HDMI en termes de vidéo numérique et rajouter un flux audio 7.1 pour un débit légèrement inférieur à 5 Gbps. Au fil du temps, la norme HDMI a évolué pour s'adapter aux contenus disponibles. Ce qui nous donne pas moins de 15 normes HDMI offi-



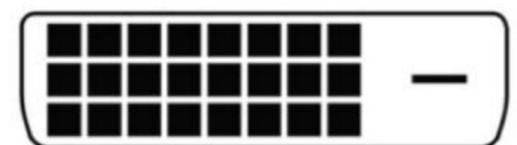
DVI-I (Single Link)



DVI-I (Dual Link)



DVI-D (Single Link)

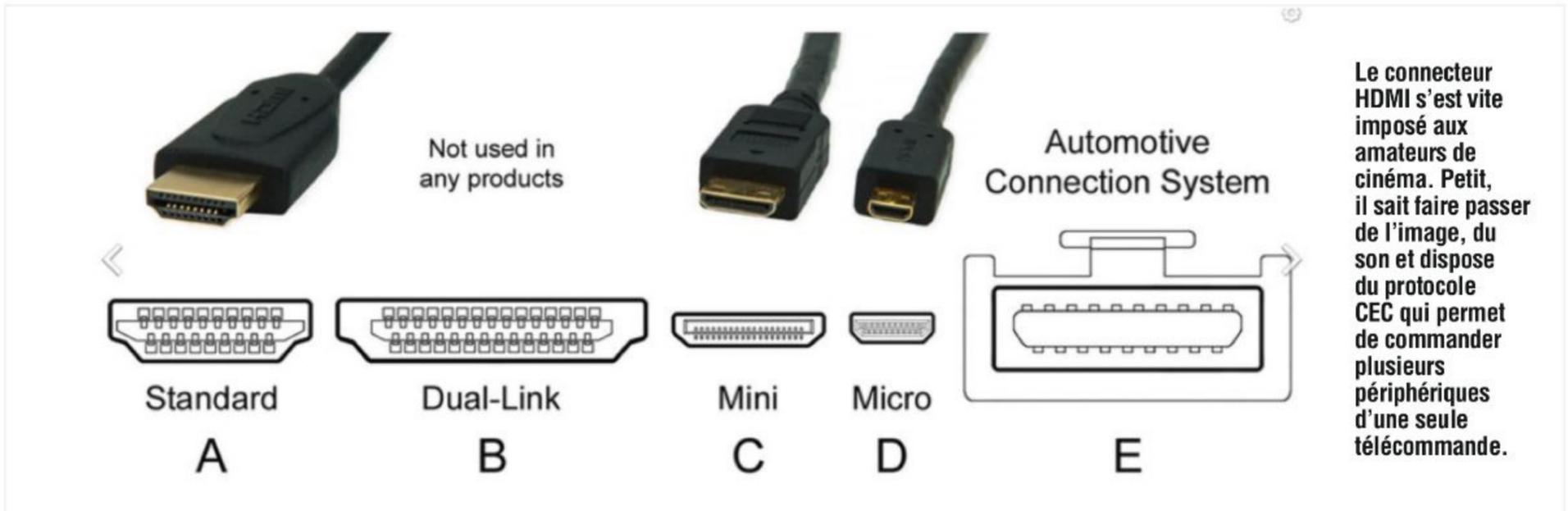


DVI-D (Dual Link)



DVI-A

▲ Le câble DVI a révolutionné l'affichage vidéo. C'était le premier câble numérique, succédant au VGA analogique.



cielles. Chacune augmentant les débits du connecteur pour s'adapter à la montée en définition des contenus (et à leur frame rate de plus en plus rapide), et rajoutant la prise en charge de fonctions comme le HDR ou le HLG, ou diverses normes audio elles aussi en constante évolution. Avoir un port HDMI ne signifie pas forcément que vous pourrez l'utiliser pour n'importe quel contenu... la version du port est primordiale. Inutile d'espérer faire passer un film en 4K 60p sur un connecteur HDMI 1.3 par exemple. Dans les versions les plus récentes, le HDMI 2.0 offre 18 Gbps de bande passante gérant la 4K 60p. Pour afficher du contenu 4K HDR, il faut un connecteur HDMI 2.0a sorti deux ans plus tard et, pour le HLG, il faut un connecteur 2.0b. Enfin, le HDMI 2.1 (48 Gbps) annoncé fin 2017 supporte les dernières normes HDR (Dolby Vision ou HDR10+) et gère la 4K 120p ou la 8K 60p. Pour un type de contenu, il faut le connecteur adéquat et le câble compatible... pas toujours simple.

Et le Display Port ?

En 2008, le Display Port fait son apparition. Au départ pensé pour faire passer un flux vidéo, le DP ne permet pas de faire passer l'audio. La connectique dispose toutefois d'un canal auxiliaire à 1 Mbps permettant de transmettre diverses informations comme les données d'une dalle tactile ou un petit micro par exemple. Avec plus de 10 Gbps de bande passante pour la vidéo, le connecteur était destiné aux moniteurs. Rapidement la bande passante du canal auxiliaire va être

boostée à 720 Mbps permettant de faire passer 8 canaux audio non compressés. Cette partie est toutefois optionnelle. Dans sa norme actuelle, le Display Port offre 32,4 Gbps de bande passante, et sait gérer des flux 4K 120p HDR ou du 8K 60P HDR. On notera qu'il existe deux versions du câble DP, la version standard de taille peu ou prou similaire à celle du HDMI, et le Mini DP qui a beaucoup aidé à la popularisation du format. En effet, Apple et Intel l'ont très tôt retenue pour les modèles portables et desktop de la Pomme, incluant au connecteur la technologie Thunderbolt (vidéo numérique Display Port + PCI-Express).

Display Port ou HDMI ?

HDMI et Display Port étant assez similaires sur le papier, beaucoup se posent la question du choix d'une interface par rapport à l'autre. Pour simplifier, on peut recommander le Display Port pour la connexion d'écrans informatiques haute définition, surtout en configuration multi-écrans. Le DP offre une bande passante plus élevée et supporte également le "daisy chaining" si les moniteurs sont compatibles. On compte aujourd'hui une quinzaine de références permettant cette configuration, chez Dell, Viewsonic, BenQ, Lenovo ou Asus, que ce soit en Full HD ou en UHD. Les moniteurs compatibles doivent avoir un port DP in et un DP out. On relie le PC au DP in et, avec un autre câble DP, on relie le DP out de l'écran au DP in du second moniteur. On peut gérer de la sorte quatre écrans Full HD ou deux écrans UHD.

De plus, le Display Port est recommandé pour les joueurs en cartes graphiques nVidia puisqu'il supporte les technologies FreeSync et G Sync, alors que le HDMI ne supporte que la FreeSync, même si diverses techniques alternatives semblent exister. Les amateurs de cinéma préféreront le HDMI pour la partie audio, et pour la technologie CEC qui permet de contrôler plusieurs périphériques home cinéma avec une seule télécommande compatible.

L'USB-C: pour les données, l'alimentation... et la vidéo

Récemment, un nouveau protagoniste est apparu sur le segment des connecteurs vidéo : l'USB-C. Rappelons que l'USB-C n'est pas un standard de communication mais un simple connecteur permettant le câblage de plusieurs fonctions, au rang desquelles le Thunderbolt 3 et les flux vidéo. Il est possible de câbler un port USB-C pour qu'il véhicule des données Display Port ou HDMI, ainsi que l'audio via le protocole Audio USB. Plus petit que les HDMI et DP, symétrique (il n'a pas de sens de connexion) et permettant les configurations en Daisy Chaining du DP, l'USB-C devrait rapidement trouver grâce auprès des fabricants de matériel. On trouve d'ores et déjà sur le marché des moniteurs dotés de prises USB-C, en Thunderbolt ou en USB 3.1. Ce connecteur, correctement câblé, est très pratique et vraiment universel, permettant de faire presque tout transiter (données, alimentation, audio et vidéo) sur un seul câble. ■



◀ Le connecteur Display Port est similaire en taille à celui du HDMI.

Wi-Fi 6 : plus vite, pour plus de clients en même temps

Le Wi-Fi 6 est conçu pour les environnements réseau de demain. Il est plus rapide, et peut distribuer l'information à plus de clients en même temps et réduire les risques d'interférence avec les routeurs voisins. C'est l'arme absolue pour les entreprises, les lieux publics ou encore les foyers dopés aux accessoires et à l'IoT.

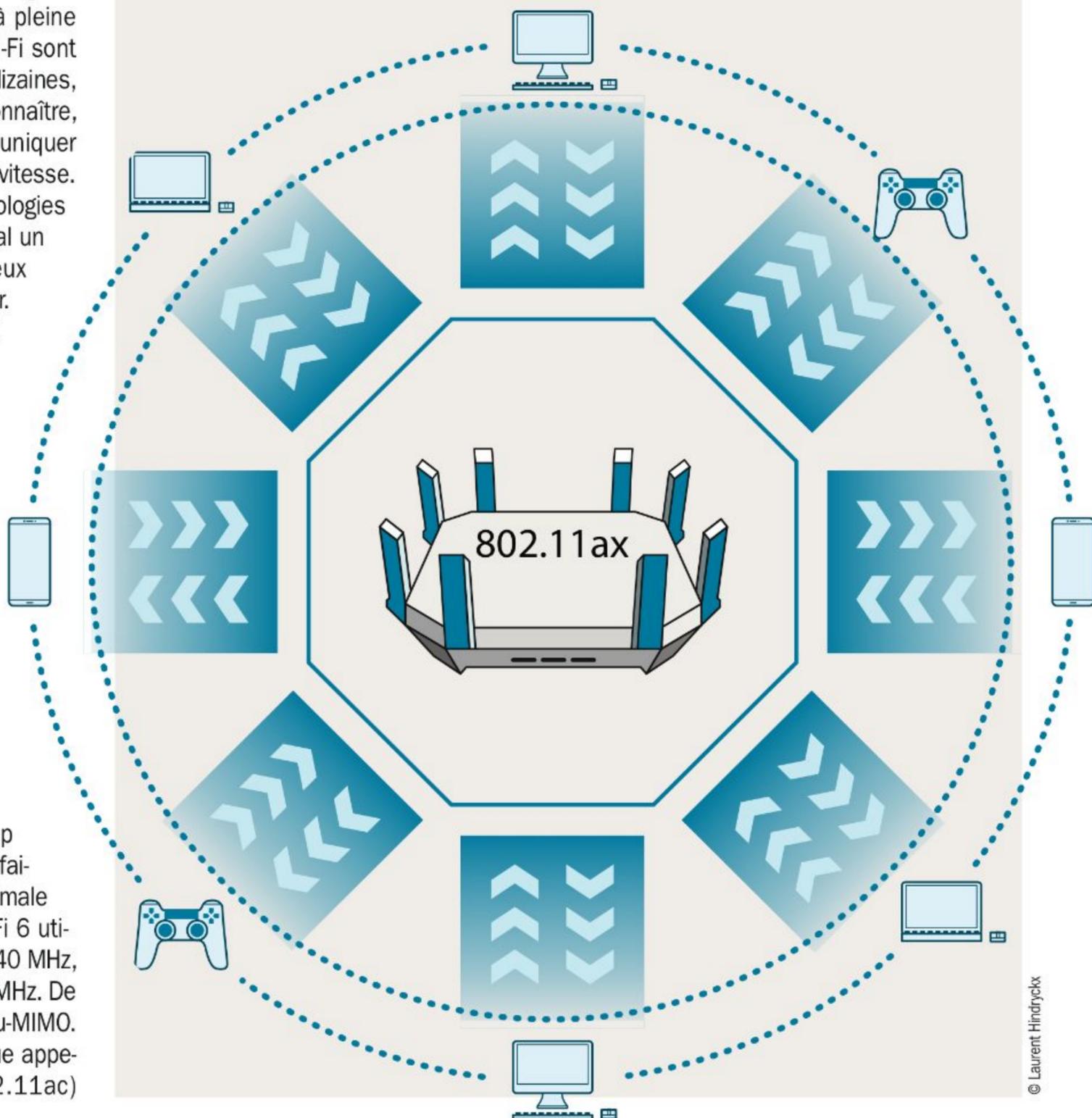
Certains n'hésitent pas à dire que le Wi-Fi 6 aura un impact plus important sur notre quotidien que la 5G. Bien qu'un peu exagéré, c'est sans doute vrai dans une certaine mesure. En effet, le Wi-Fi 6 – aussi appelé 802.11ax – va vraiment bouleverser les réseaux sans fil domestiques. Pour une raison toute simple : il est capable de gérer plus d'appareils en même temps à pleine vitesse. En théorie, les routeurs Wi-Fi sont déjà capables d'en gérer plusieurs dizaines, mais s'ils sont capables de les reconnaître, ils ne peuvent pas vraiment communiquer avec tous en même temps à même vitesse. Les foyers avaient autrefois des topologies Wi-Fi assez simples, avec en général un ou deux PC portables et un ou deux téléphones reliés en Wi-Fi au routeur. Aujourd'hui, il faut y ajouter les TV, les haut-parleurs intelligents, les montres, les liseuses, et potentiellement toute une ribambelle de gadgets domestiques divers. Plusieurs experts tablent sur une moyenne d'une cinquantaine de terminaux Wi-Fi par foyer d'ici quelques années, Internet of Things (IoT) oblige. Et oui, très bientôt, tout dans votre maison sera connecté.

Plus rapide, mais ce n'est pas l'essentiel

Sur le papier, le Wi-Fi 6 est beaucoup plus rapide que l'actuel 802.11ac, faisant passer la bande passante maximale à 9,6 Gbps. Pour y parvenir, le Wi-Fi 6 utilise plusieurs fréquences : 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz et, grande nouveauté, 160 MHz. De même, il gère jusqu'à 8 canaux Mu-MIMO. Enfin, le Wi-Fi 6 utilise une technique appelée 1024 QAM. Le Wi-Fi 5 (802.11ac)

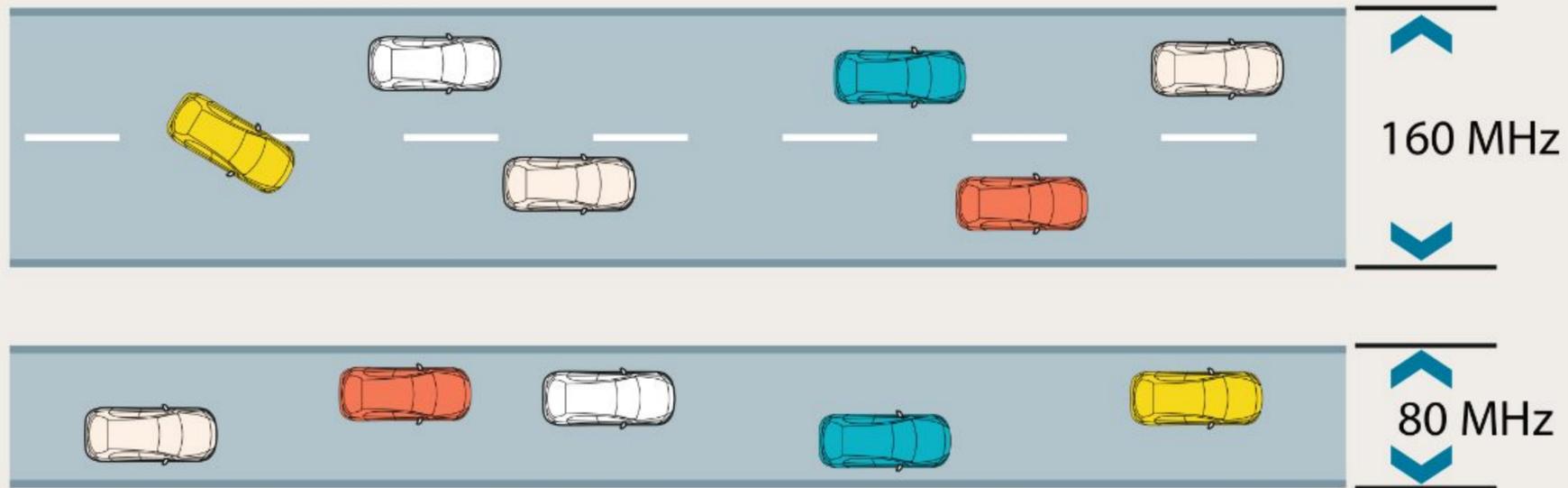
PLUS DE PÉRIPHÉRIQUES, EN MÊME TEMPS

Le Wi-Fi 6 utilise le Mu-MIMO (Multi User Multiple Input Multiple Output) qui n'est pas nouveau en lui-même, mais qui peut désormais être utilisé sur des flux montants et descendants, alors qu'auparavant seuls les flux descendants étaient servis. Le Wi-Fi 6 peut accueillir plus de périphériques sur un même point d'accès en même temps, sans que cela n'impacte leur latence. Une aubaine pour les foyers connectés dotés d'équipements IoT.



CANAL DOUBLÉ, DÉBIT AUGMENTÉ

Le Wi-Fi 6 gère désormais des canaux de 160 MHz au lieu des 80 MHz des standards précédents, l'un des éléments permettant l'augmentation des débits de la nouvelle version Wi-Fi.



utilisait le 256 QAM, une technique de modulation qui transportait 8 bits de données par symbole, alors que le 1024 QAM passe à 10 bits, soit une augmentation de 25 %. Tout ceci cumulé permet au Wi-Fi 6 d'atteindre cette bande passante maximale théorique flirtant avec les 10 Gbps. Toutefois, tous les appareils estampillés Wi-Fi 6 n'atteindront pas cette vitesse, tout dépend du nombre de canaux dont ils disposent. Les systèmes à deux canaux proposeront donc une bande passante de 2,4 Gbps, et on atteindra les 4,8 Gbps sur des matériels à 4 canaux. Ce sont les configurations les plus communes actuellement en rayon, la plupart des périphériques (smartphones ou ordinateurs portables) fonctionnant sur deux canaux. Attention encore, dès que l'on utilise des fréquences différentes, les débits par canal baissent en conséquence; en passant sur 80 MHz par exemple, on passe à 600 Mbps par canal. Dans les faits et dans des conditions optimales, vous constaterez une très nette amélioration des débits. Les différentes marques mettent en avant une amélioration des débits de l'ordre de 40 % par rapport au 801.11 ac, ce qui est effectivement l'amélioration constatée au quotidien. C'est donc une belle amélioration, mais pourtant ce n'est pas là le véritable intérêt du Wi-Fi 6.

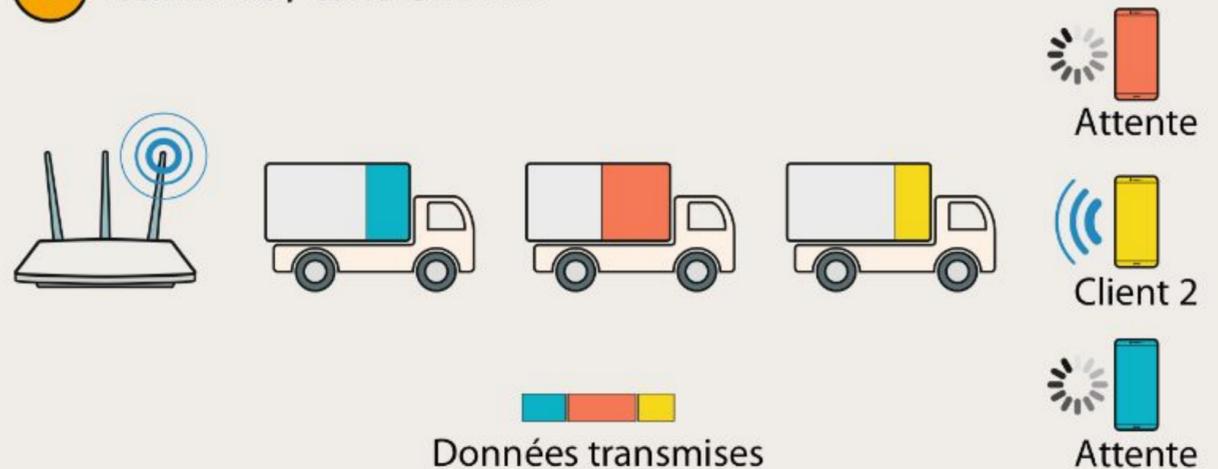
OFDMA: vers la fin de l'encombrement réseau

La vraie révolution du Wi-Fi 6 est une technologie au nom un peu barbare: l'Orthogonal Frequency Division Multiple Access, ou OFDMA. Véritable bouleversement, l'OFDMA

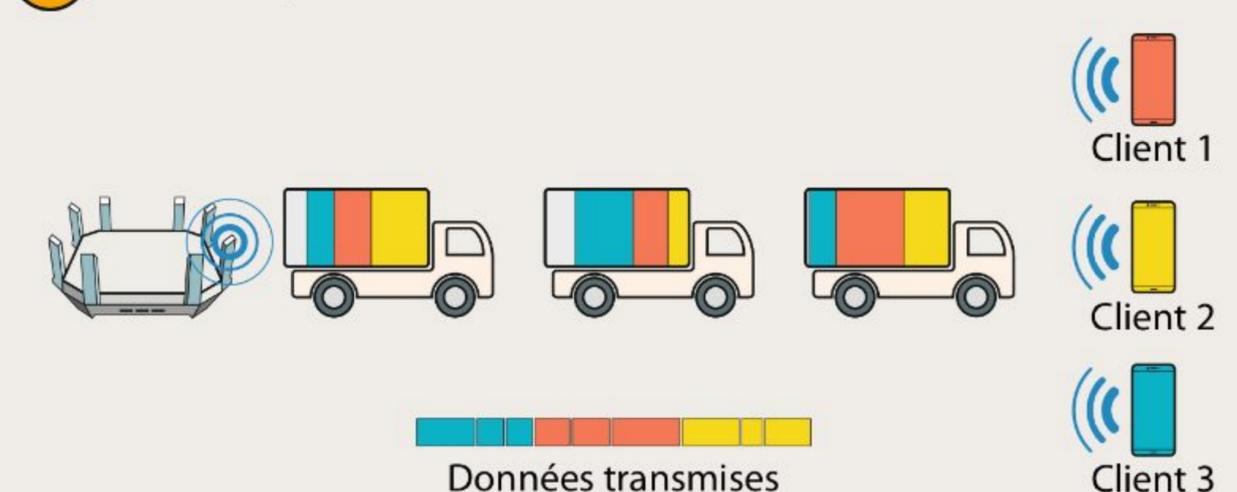
OFDMA : LA VRAIE RÉVOLUTION

L'OFDMA est la pierre angulaire du Wi-Fi 6. Non seulement les canaux sont élargis, les flux spatiaux sont augmentés et bidirectionnels mais, en prime, l'OFDMA permet de passer d'une gestion des données à tour de rôle (1) à une gestion groupée (2). Plus d'attente, et des débits naturellement plus fluides dans des environnements réseau très denses.

1 802.11ac / sans OFDMA



2 802.11ac / OFDMA



© Laurent Hindryckx

© Laurent Hindryckx

permet à de multiples utilisateurs de transmettre des données en même temps. L'analogie routière volontiers reprise par les constructeurs de matériel est assez pertinente pour en comprendre le principe. Imaginez trois utilisateurs connectés au même point d'accès, avec chacun trois activités online différentes (un consulte du Web, l'autre joue et le troisième regarde un film en streaming). En 802.11ac (ou Wi-Fi 5), le protocole CDMA traiterait chaque utilisateur comme trois « camions » différents et les fait passer l'un après l'autre. Plus il y a d'utilisateurs en simultané, plus les risques d'encombrement sont élevés. La technologie OFDMA permet de traiter ces trois utilisateurs comme faisant partie du même camion chargé de trois contenus différents, et de tout faire passer en une seule fois. La révolution est là : le Wi-Fi 6 est fait pour les réseaux denses.

BSS: survivre dans des environnements saturés

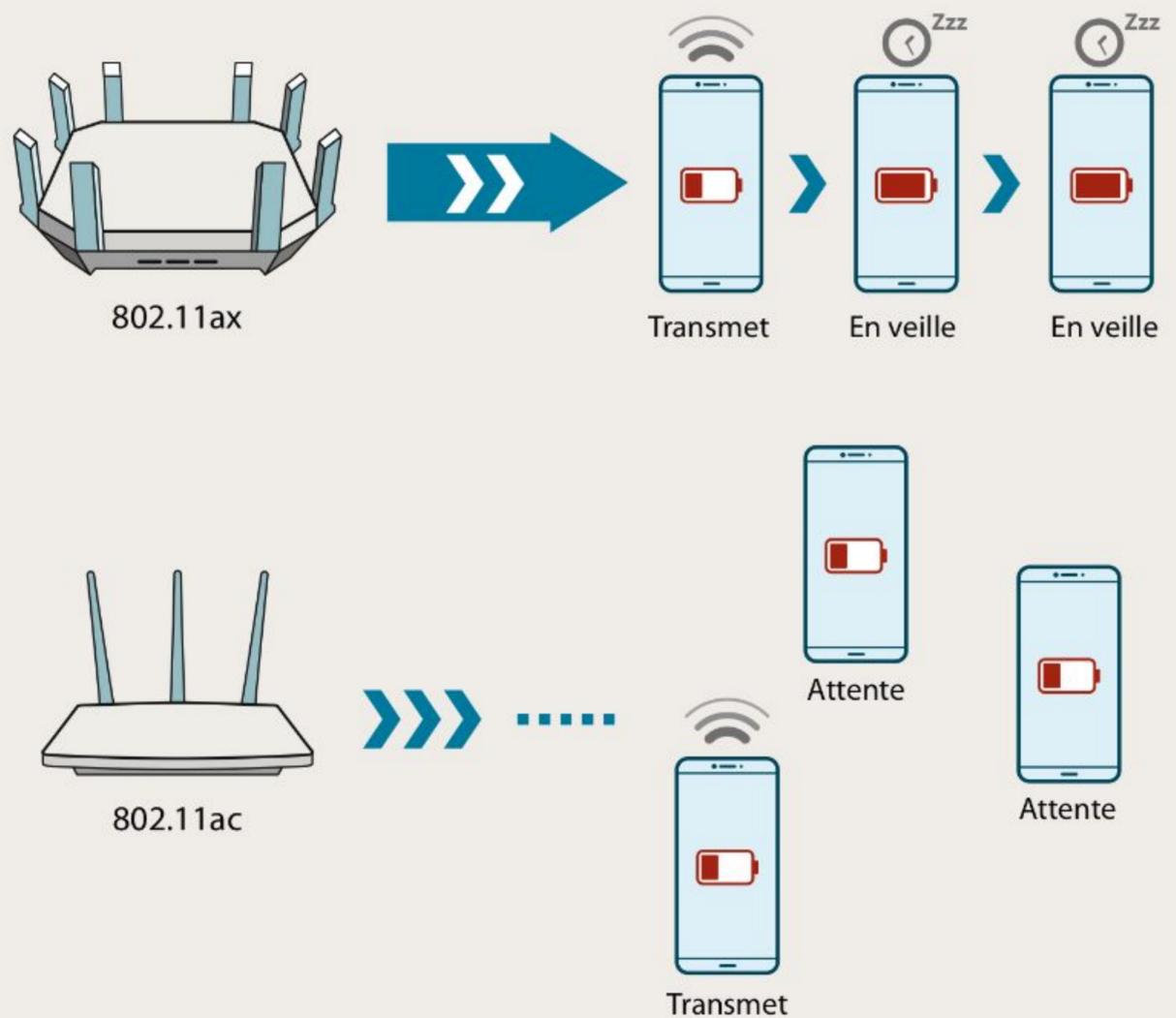
De même, l'introduction du BSS dénote du côté « environnements intensifs » pour lequel le Wi-Fi 6 a été pensé. Car si les routeurs s'avèrent capables de traiter plus de requêtes de clients en simultané, le Basic Service Set permettra d'éviter les problèmes lorsque plusieurs routeurs auront des zones de superpositions, ces zones de couverture desservies à même canal et pouvant amener à une certaine confusion sur les périphériques clients. Le Wi-Fi 6 associe à chaque canal un code couleur. Ces derniers sont utilisés par les clients et les points d'accès pour déterminer des seuils de détection spécifiques ainsi que des puissances d'émission adaptées, permettant au client des mieux s'y retrouver. Ce sera pratique en entreprise par exemple, mais aussi pour les particuliers puisque les ondes Wi-Fi ne s'ar-

Grand renommage

La sortie du Wi-Fi 6 est l'occasion pour les responsables de la Wi-Fi Alliance de procéder à un renommage des technologies, présentes et passées. Le 802.11ax est donc le Wi-Fi 6; le 802.11ac devient le Wi-Fi 5 et le 802.11n devient le Wi-Fi 4. Le changement est assez bienvenu, et la nomenclature plus claire pour le client qui n'aura plus à subir les abréviations complexes: plus le nombre sera grand, plus la norme sera récente et potentiellement plus rapide.

LE WI-FI 6 EST AUSSI MOINS ÉNERGIVORE

Plus rapide et capable de gérer plus de périphériques en même temps, le Wi-Fi 6 est aussi moins énergivore pour les périphériques. Le Target Wake Time permet à un routeur Wi-Fi 6 de communiquer avec les clients et appareils IoT et de prévoir quand et à quelle fréquence ces derniers doivent sortir de veille pour envoyer et recevoir des données. Ces périphériques n'étant donc plus en permanence en train de chercher des données sur le réseau, ils passeront plus de temps en veille, épargnant d'autant leur batterie.



rêtent pas gentiment au mur de votre appartement. Vos voisins d'à côté, du dessus et du dessous ont aussi des routeurs qui viendront peut-être empiéter sur votre couverture Wi-Fi... Le BSS permettra d'éviter les problèmes. Enfin signalons que le Wi-Fi 6 devrait également permettre de ménager la batterie des périphériques mobiles sur lesquels il est installé, grâce au TWT (Target Wake Time) qui permet à chacun de déterminer à quelle fréquence ils devront se réveiller pour envoyer et recevoir des données, épargnant le temps de veille pur des appareils mobiles.

Déjà une évolution en vue...

Faut-il se ruer sur des routeurs Wi-Fi 6? Grande question, à la réponse incertaine pour le moment. En effet, si les routeurs sont déjà disponibles en magasin, leurs prix reste encore assez élevés, d'autant que les périphériques dotés du Wi-Fi 6 sont encore

assez rares. Côté smartphones, on pourrait citer l'iPhone 11 ou les Samsung S10 et Note 10, alors que les portables dotés de contrôleurs Wi-Fi 6 commencent tout juste à se répandre. Toutefois, on trouve dans le commerce des contrôleurs Wi-Fi 6 permettant de facilement upgrader le Wi-Fi d'un laptop ou d'un desktop, rendant intéressant le passage sur un routeur Wi-Fi 6.

Terminons en signalant que le Wi-Fi 6 devrait rapidement évoluer en Wi-Fi 6E, ouvrant au Wi-Fi 6 l'utilisation de la bande des 6 GHz en plus des 2,4 GHz et 5 GHz. Les avantages d'une bande supplémentaire seront énormes mais il faudra, pour en profiter, avoir un routeur et des périphériques Wi-Fi 6E. Pour le moment, l'ouverture des 6 GHz reste sujette à l'approbation des autorités de divers pays. En admettant que le feu vert soit donné et que le Wi-Fi 6E arrive, on en sera sans doute déjà à parler de Wi-Fi 7... ■

Alexandre Pedel

© Laurent Hindryckx