

TOUT S'EXPLIQUE

PAR SYLVIE RIVIÈRE, EN COLLABORATION AVEC
JEAN-BAPTISTE DORÉ ET ÉRIC MERCIER (CEA-LETI)



Demain, la 6G

Préparée depuis une dizaine d'années dans les laboratoires, notamment ceux du CEA-Leti, la 5G se déploie aujourd'hui dans le monde entier. La R&D sur la génération suivante, celle de la 6G, a quant à elle déjà commencé.

C'est en 2020 que la 5G, cinquième génération des standards de la téléphonie mobile, a commencé à se déployer. Plus performante, notamment dans la bande des très hautes fréquences (26 GHz), elle doit permettre de répondre à l'explosion du trafic et de la consommation mondiale de données. Ses atouts ? Des débits plus élevés, une faible latence (1 ms annoncée entre un ordre passé sur un téléphone et sa réponse), la possibilité de prendre en charge un plus grand nombre d'appareils (jusqu'à 1 million de connexions annoncé par km²), une liaison plus stable, même en mobilité.

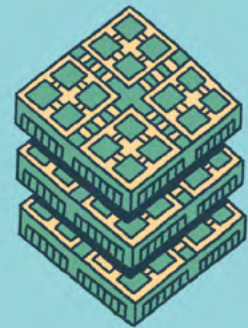
Outre des usages améliorés pour l'utilisateur, les changements les plus attendus de la 5G se situent au cœur

de la transition numérique : usine du futur, véhicules autonomes, villes intelligentes, Internet des objets, santé personnalisée... Autant de champs d'applications dans lesquels le CEA est déjà fortement impliqué. Parallèlement, et anticipant l'augmentation exponentielle du trafic, les ingénieurs du CEA-Leti travaillent déjà sur la 6G. Il s'agit notamment d'étudier, dans une approche de frugalité numérique, la faisabilité de ces communications sur des nouvelles bandes fréquences dont certaines atteignent la centaine de GHz, même si elles ne sont pas encore attribuées par les pouvoirs publics. « *Comme pour la 5G, il y aura d'énormes enjeux de souveraineté et de sécurité. À la fois pour protéger nos données et pour assurer une couverture réseau haut débit sur tout le territoire, essentielle pour la compétitivité des entreprises et industries* », souligne Jean-Baptiste Doré, responsable du programme 6G au CEA-Leti. Quant aux usages de la 6G, « *nul ne sait aujourd'hui ce que la société en fera !* ». Personne n'avait notamment anticipé l'envolée récente des réseaux sociaux, ni même l'arrivée des premiers smartphones à l'époque de la 3G...

FOCUS

Performance et frugalité énergétique

Acteur européen incontournable de la R&D en microélectronique et pour les réseaux mobiles, le CEA-Leti est à l'origine de Soitec, dont les produits (plaques de silicium sur isolant sur lesquelles sont gravées les puces électroniques) équipent 95 % des smartphones, mais aussi, plus anciennement, de la genèse de STMicroelectronics, fabricant mondial de semi-conducteurs. Sa technologie FD-SOI pour les transistors, plus performante et économe en énergie que celle d'Intel, la FinFet, est particulièrement adaptée aux défis de frugalité et de performance de la 5G. Elle est d'ailleurs au cœur de l'émetteur-récepteur du smartphone pixel 6 Pro de Google, lancé en octobre 2021.



Parlons santé

Dans l'état actuel des connaissances, les différentes autorités sanitaires ne relèvent pas de risque avéré en-dessous des seuils définis par les directives internationales. Pour la bande de fréquences 26 GHz de la 5G, non encore exploitée en France, l'Anses, l'organisme en charge de ces études, précise que les données sont encore trop peu nombreuses pour conclure à l'existence ou non d'effets sanitaires. Le CEA ne travaille pas sur ces thématiques, mais collabore avec l'agence, par exemple en concevant des équipements pour les expériences de mesure de l'exposition aux champs électromagnétiques.

Pour en savoir plus :

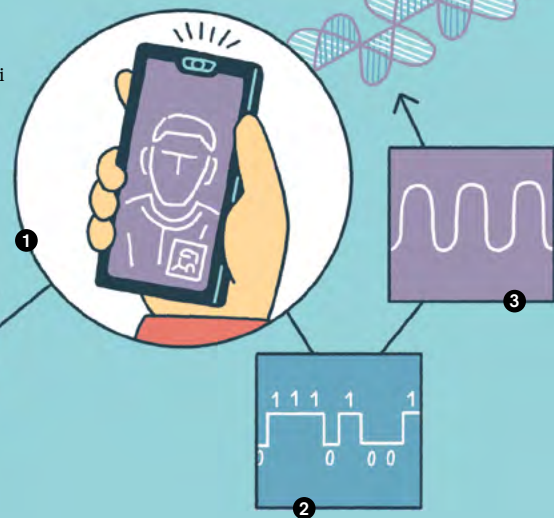
→ radiofrances.gouv.fr
→ anses.fr

Le voyage des données via la 5G

Avec la 5G, nous entrons dans l'ère des échanges colossaux et quasi-instantanés de données. Ces réseaux mobiles reposent sur tout un arsenal technique incluant antennes intégrées, circuits radiofréquences, modems et processeurs intégrés dans les téléphones et objets connectés, antennes-relais et centraux de communication, bandes de fréquences dédiées...

Nina et Arthur sont en appel vidéo

L'image de Nina, captée par la caméra de son téléphone ①, est transformée par un microprocesseur en un signal numérique sous forme de 0 et de 1 ②. Lui-même converti en signal électrique radiofréquence via un modem ③. Celui-ci se transforme en une onde électromagnétique émise à la vitesse de la lumière à l'aide de l'antenne du téléphone ④.



Dispositif avec des centaines de mini-antennes pour les très hautes fréquences (26 GHz).

L'onde électromagnétique est captée par l'antenne-relais la plus proche du téléphone de Nina

Ces antennes-relais ⑤ (qui appartiennent à chaque opérateur de téléphonie) localisent en permanence les téléphones mobiles situés dans leur périmètre, à savoir une zone géographique appelée cellule (de rayon variant entre 10 km et 500 m, voire moins pour la 5G). L'onde est convertie en signaux électriques; puis de nouveau numérisée (0 et 1) pour être décodée par un modem; et enfin reconvertie par exemple en onde lumineuse ⑥.



Les deux opérateurs entrent en communication

L'onde lumineuse est envoyée par fibre optique au central de communication de l'opérateur de Nina ⑦. Lequel le transmet à celui d'Arthur, qui l'envoie à l'antenne-relais la plus proche de son téléphone. Là, débute le traitement inverse... jusqu'à Arthur. Le tout en temps quasi-réel!



PROCESSUS IDENTIQUE



Pendant ce temps, par le même processus,

Théo ⑧ commande un engin de chantier à 200 km de distance ⑨. Dans l'usine, les robots communiquent en direct avec l'unité de traitement des données et ajustent leurs tâches en conséquence. En ville, des milliers de capteurs envoient leurs données pour optimiser en temps réel les réseaux d'énergie, de transport...

ZOOM Une histoire de fréquences

Un réseau de téléphonie mobile exerce sur une bande de fréquence donnée. Celle-ci est partagée entre les différents opérateurs, sur la base de licences d'exploitation obtenues auprès des pouvoirs publics. Par exemple, dans la bande des 3,5 GHz de la 5G (voir frise historique), 310 MHz ont été vendus aux enchères aux opérateurs français en 2020 et 2021 : 90 MHz pour Orange, 80 MHz pour SFR et 70 MHz chacun pour Bouygues Telecom et Free.

5G: nouvelles antennes pour très hautes fréquences

Plus élevée est la fréquence, plus courte est la portée. Avec deux conséquences pour la 5G dans la bande des 26 GHz : le besoin d'un plus grand nombre d'antennes, environ tous les 200 m; et la diminution drastique de leur taille (de l'ordre de celle de la longueur d'onde, ici millimétrique). Ces équipements, composés d'une multitude de mini-antennes (256, voire 512), permettent de connecter un grand nombre d'utilisateurs à la fois et de diriger le signal uniquement vers l'utilisateur concerné, seulement lorsqu'il le réclame (à l'inverse des antennes 4G qui émettent en continu sur la totalité de la zone couverte). Les smartphones étant aux aussi équipés de plusieurs mini-antennes, la capacité de transmission en sera accrue. Des « surfaces passives dites intelligentes » seront aussi prévues pour refléter l'onde électromagnétique et ainsi couvrir les zones masquées.

Consommation de données en croissance

8,1 milliards

nombre d'abonnements mobiles dans le monde en 2021

+ 50 %/an

augmentation mondiale des échanges de données via les téléphones portables

11 gigaoctets/mois

moyenne de la consommation mondiale de données par utilisateur de téléphone portable

Source : Ericsson Mobility Report, 2021.

De la 1G à la 6G, petit historique

1G

Fin des années 1980
Voix (appels téléphoniques)

2G

≈ 1990
+ SMS et MMS
Débit moyen : 50 kbits/s
Fréquences : 900 et 1800 MHz

3G

≈ 2000
+ Internet mobile, mails, lecture de vidéos
Débit moyen : 10 Mbits/s
Fréquences : 900 et 2100 MHz

4G

≈ 2010
Échange de grandes quantités de données : applications, e-commerce, etc.
Débit moyen : entre 10 et 100 Mbits/s
Fréquences : 700, 800, 900, 1800, 2100 et 2600 MHz

5G

≈ 2020
Objets connectés, jeux en ligne, industrie 4.0, ville intelligente, médecine à distance...
Débit moyen : entre 100 et 400 Mbits/s
Fréquences : 700, 800, 900 MHz (fréquences de la 4G); 3,5 GHz; 26 GHz (en 2022-2023)

6G

2030 ?
Réalité virtuelle, industrie 5.0...
Débit moyen : au-delà du Gbit/s
Fréquences : non encore attribuées