

SUR LA MÊME LONGUEUR D'ONDE



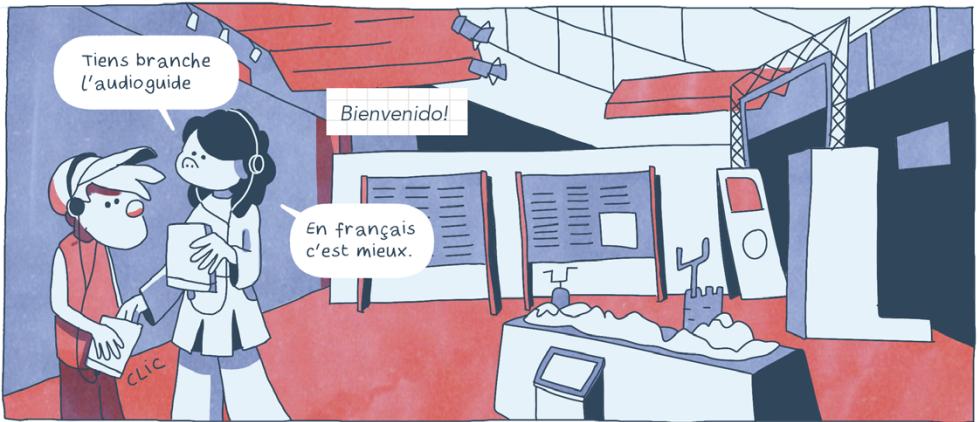
Écrit et illustré par
Coline Weinz

Édité par
Chadi Jabbour









Les télécommunications sont: l'émission, la transmission et la réception d'un signal d'information depuis un émetteur jusqu'à un récepteur.

Voici des exemples de technologies qui reposent sur les télécommunications :



Un des premiers systèmes de télécommunication était le télégraphe optique de Chappe, en 1790.

Les messages étaient codés par de grands bras articulés manuellement.

Exemple de code officiel :



C'est Samuel Morse qui inventera le télégraphe électrique et brevettera le code «Morse» en 1840. Chaque lettre est un signal court ou long.



EASTERN TELEGRAPH CIRCUIT SYSTEM AND ITS GENERAL CONNECTIONS.



Ce système permettra d'abord de façon électrique puis sans fil (la radiotélégraphie), d'envoyer des messages à distance.



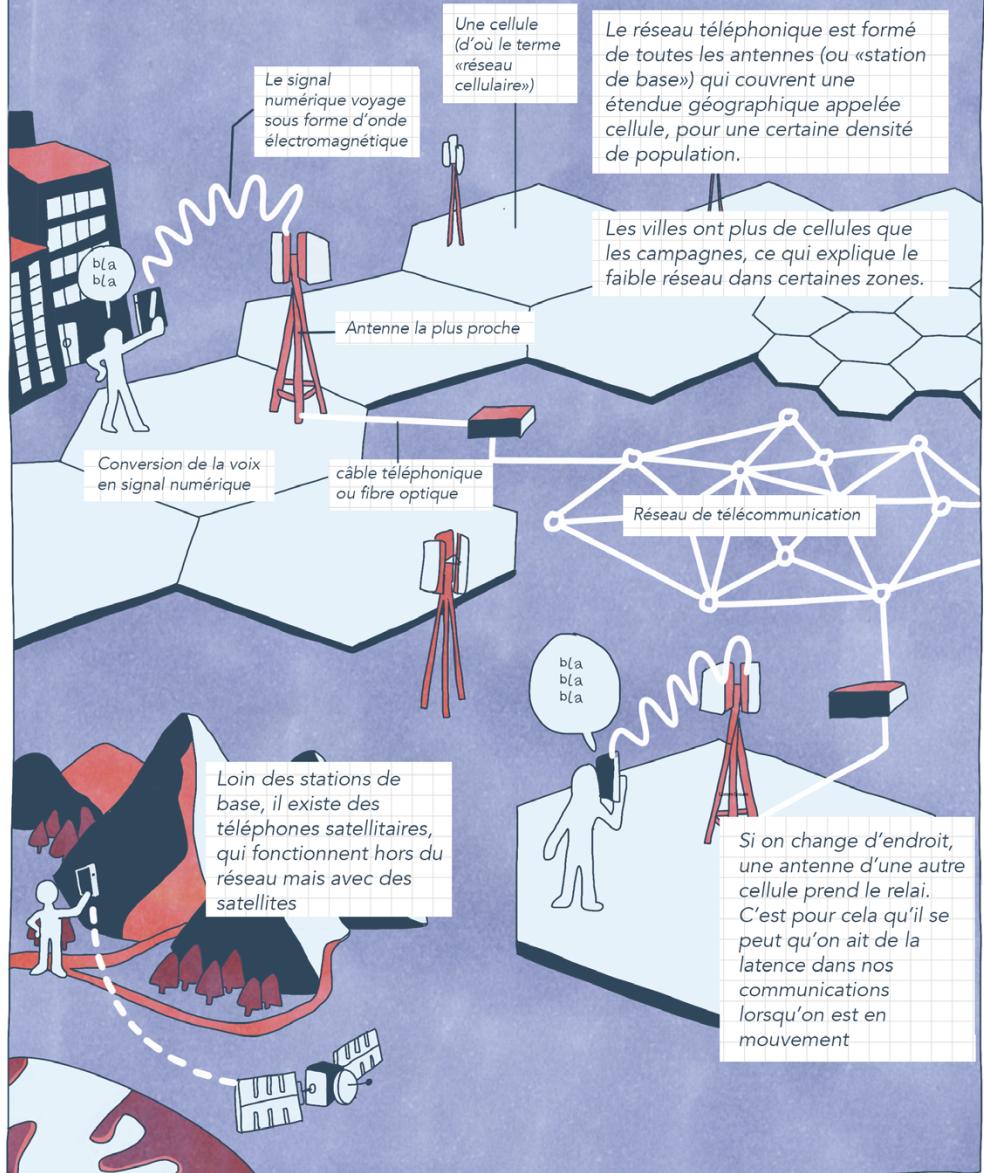
Le premier téléphone date de 1876. Le signal est envoyé comme avec le télégraphe, mais maintenant on a compris comment transmettre la voix.



Dans les années 1930, le téléphone est popularisé et les personnes sont mises en communication via les opératrices...



Désormais, la communication est sans fil mais le principe de transmission est resté le même. Il est question d'émission, de conversion et de transmission de signaux.



L'usage des communications sans fil était réservé à un usage militaire jusqu'à dans les années 80. Les particuliers se sont ensuite peu à peu équipés de ces nouvelles technologies.

1G (G pour génération)

Dans les années 80, Motorola fait partie des premiers à développer et commercialiser ce téléphone, qui permet de transmettre la voix à distance.



2G (On a eu une génération tous les 10 ans environ)

Une meilleure qualité de voix (signal désormais numérique). Utilisée dans les années 90, la 2G permet aussi l'envoi/réception de texte. Le système GSM permet de garder la connexion aux antennes relais au fur et à mesure des déplacements.



3G

Le bond le plus important : l'internet mobile arrive avec la 3G dans les années 2000



4G

Plus haut débit, meilleure couverture du réseau

5G

Vous êtes ici !



Maintenant la vitesse de navigation ou de téléchargement de vidéo est quasiment la même qu'avec un rattachement filaire au réseau internet !



On demandera à ma mère !
Je pense qu'elle saura nous répondre.



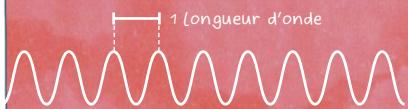


La fréquence d'une onde peut être plus ou moins élevée. Elle est exprimée en Hertz (Hz) : 1 Hz = 1 oscillation par seconde, 1 GHz = 1 milliard d'oscillations par seconde

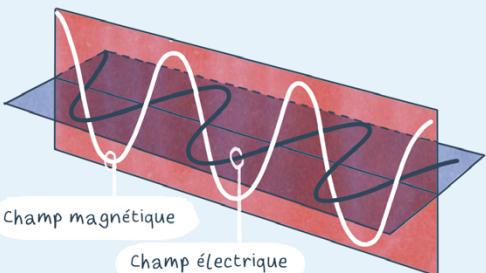
Basses fréquences : oscillations lentes



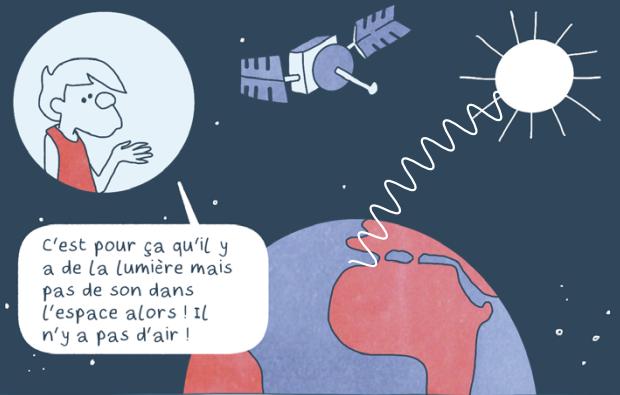
Hautes fréquences : oscillations rapides



Les télécommunications utilisent les ondes électromagnétiques. Ces ondes sont constituées d'ondes électriques et magnétiques qui se déplacent perpendiculairement.



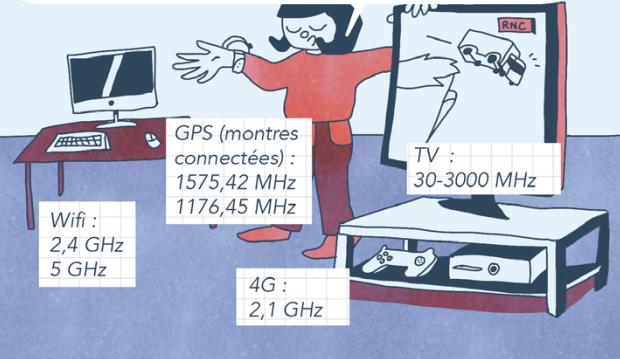
À la différence des ondes électromagnétiques, comme la lumière, qui peuvent se propager aussi bien dans un milieu matériel que dans le vide, les ondes mécaniques, telles que le son, nécessitent un support matériel comme l'eau ou l'air pour se déplacer et ne peuvent pas se propager dans le vide.



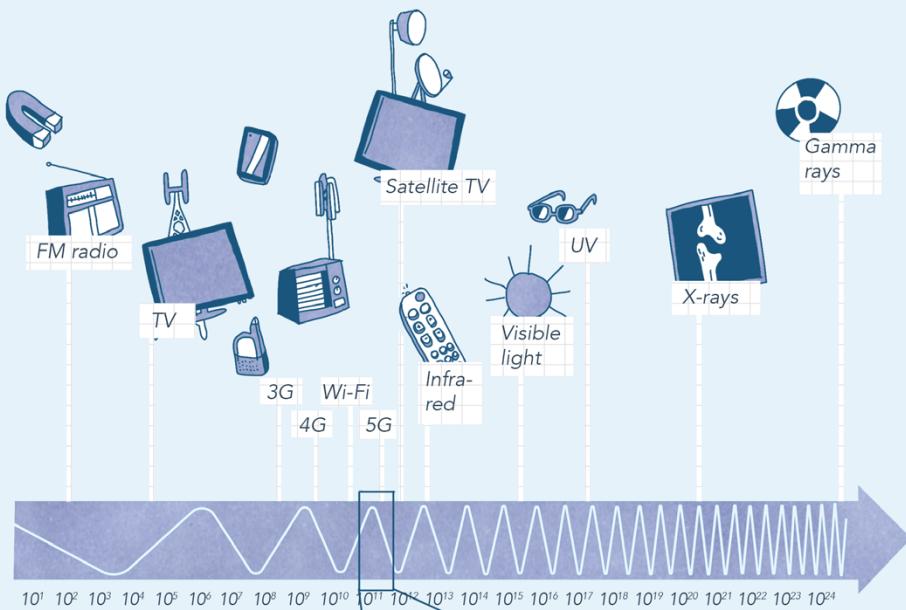
Et donc quel est le rapport avec les télécommunications ?



Toutes ces technologies fonctionnent sur des bandes de fréquence différentes pour ne pas créer de brouillage.



Tous les appareils qui fonctionnent avec des ondes électromagnétiques sont répartis sur le spectre des fréquences et fonctionnent donc sur des plus ou moins hautes fréquences.



Donc il faut se mettre d'accord pour déterminer quelles technologies utilisent quelle partie du spectre pour communiquer.

Si des appareils fonctionnent sur les mêmes fréquences, on peut avoir un brouillage du signal

C'est pour ça qu'on se met en mode avion par exemple, pour ne pas que nos téléphones brouillent les signaux de l'avion



Beaucoup de bandes de fréquence sont déjà saturées. C'est pour cela que la 5G est développée avec des plus hautes fréquences.

En 2020, l'attribution des bandes 5G (3,4 - 3,8 GHz) s'est faite aux enchères. Le prix était d'environ 70M d'€ par bloc de 10 MHz. Les 4 dossiers instruits étaient ceux d'SFR, Bouygues T., Free et Orange.

La répartition a été faite comme ceci :



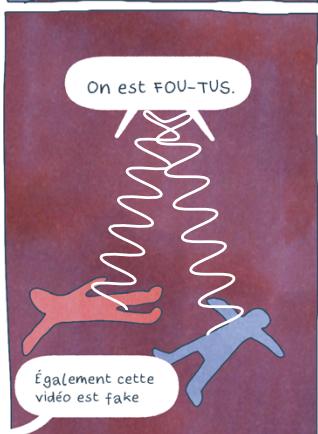
En 2025, il y a d'autres bandes dédiées à la 5G : À 700 MHz, bientôt à 1800 MHz, et dans le futur on en trouvera à plus de 26 GHz

Si je gagne au loto je me prends une bande de 5G et je l'appelle la bande organisée.

Toutes ces infos, on les trouve très facilement sur le site de l'ANFR.



On a en moyenne 1 antenne 4G/km²



D'abord, à partie la plus haute du spectre ($>10^{15}$ Hz) a des effets dangereux prouvés. On dit de ces ondes qu'elles sont ionisantes : elles ont le pouvoir de déplacer les électrons des atomes, on les utilise pour l'imagerie médicale par exemple.



Toute onde qui génère un échauffement de plus d'1°C sur la température du corps, peut avoir des conséquences sanitaires, tout est une affaire de puissance.



Par exemple : le micro-onde fonctionne sur la même fréquence que la wifi mais beaucoup plus puissamment pour chauffer

Les expositions aux ondes sont cadrées par l'union européenne, bien en dessous des seuils de réchauffement.

D'ailleurs on capte beaucoup plus les radiations émises par notre propre téléphone que celles des antennes relais.



En plus les émissions d'ondes diffèrent beaucoup entre la 4G et certaines bandes de 5G



Contrairement à la 4G qui «arrose» tout autour d'elle...

...une partie de la 5G cible ses rayonnements vers la cible de la transmission.

Ces ondes «millimétriques» ont une portée plus faible que celles utilisées pour la 4G. Pour compenser, on utilise le beamforming, une technologie qui dirige les ondes directement vers le récepteur, évitant ainsi les pertes inutiles



Ces rayonnements ciblés sont moins énergivores, mais leur portée est réduite, nécessitant plus d'antennes.



Cela permet aussi de limiter les interférences

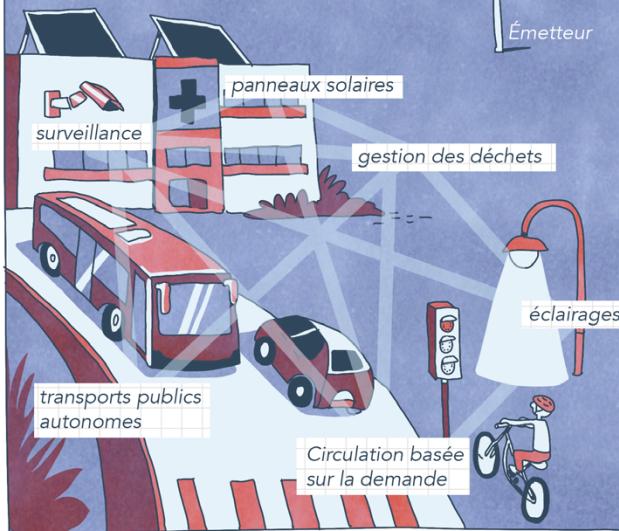
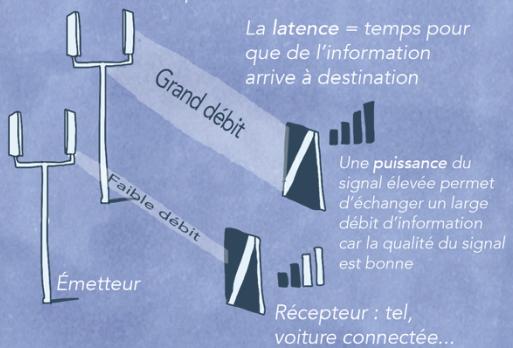
Bon et alors qu'est-ce qu'on gagne avec la 5G ?

La 5G a un meilleur débit et une meilleure latence que la 4G. On peut adapter la 5G à plus d'usages pour lesquels il faut un meilleur réseau.

Il y a par exemple les «smart cities» : ces villes connectées qui, à l'aide de capteurs, recueillent, traitent et utilisent des données pour être mieux optimisées (écologie, sécurité...)

Le débit = quantité de données transmises (en octets par seconde)

La latence = temps pour que de l'information arrive à destination



Ces nouveaux réseaux pourraient permettre de contrôler les énergies vertes: par exemple orienter les pales d'une éolienne en fonction du vent...



Vert, vert, vert...

Toutes ces nouvelles technologies ne sont pas sans conséquences sur l'environnement

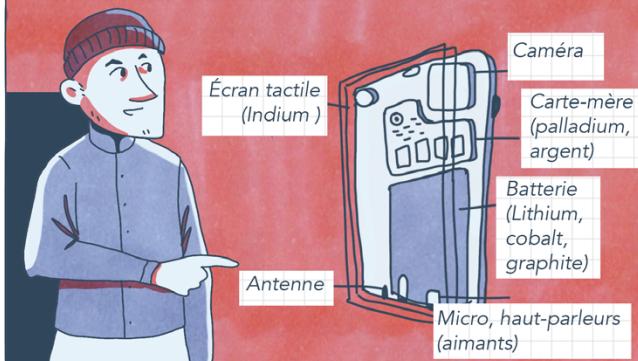
Et d'ailleurs je l'ai eu mon permis.



J'Imagine qu'il faut de plus en plus de matériaux pour fabriquer tout ça ? C'est ça ? Ah ces écolos...



Regarde comme c'est complexe un portable,
c'est un ordinateur miniature !



On y trouve de 50 à 75 éléments du tableau périodique dans 1 seul appareil. Certains sont des terres rares...



C'est pas tant qu'elles sont rares...

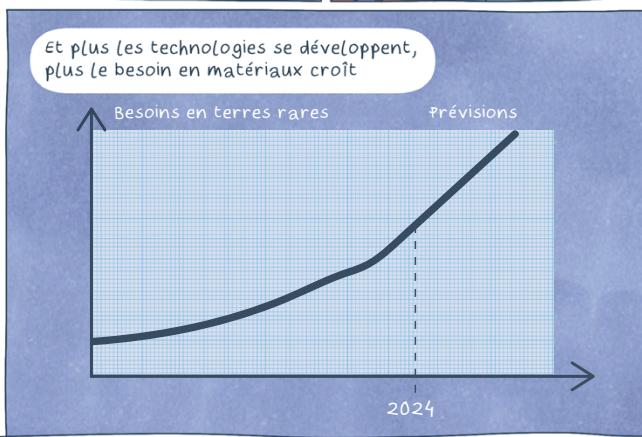
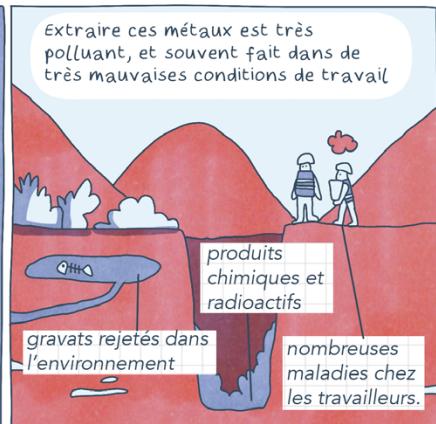
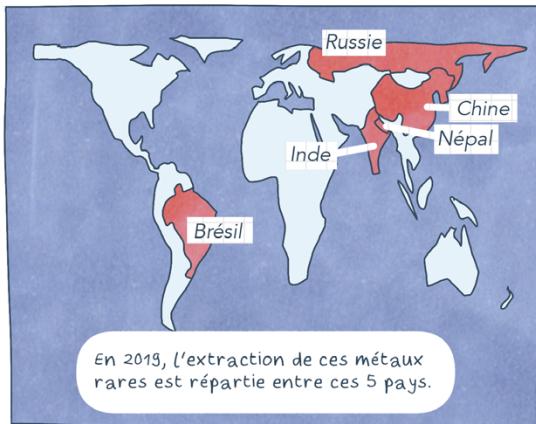


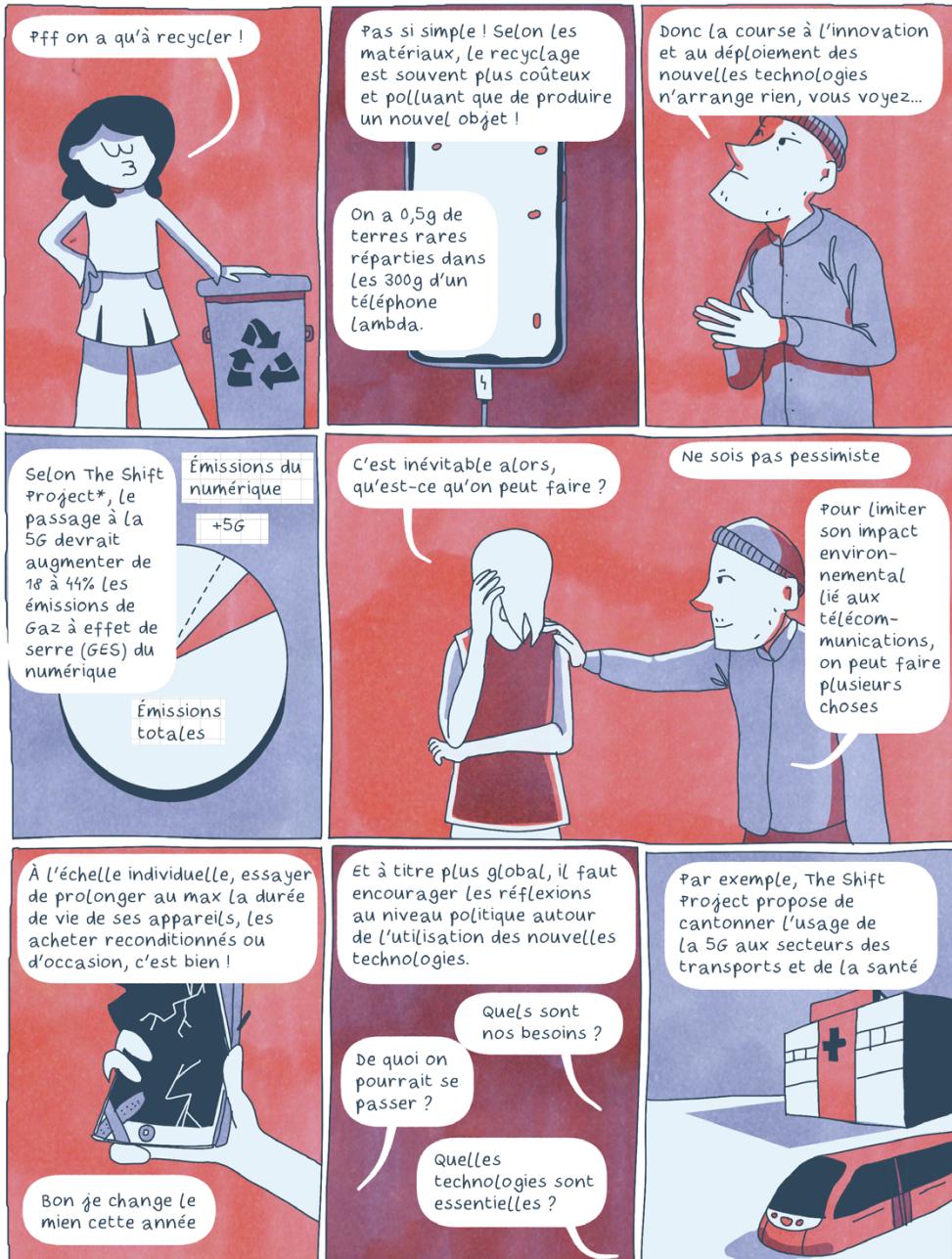
C'est qu'elles sont extrêmement complexes à extraire car très faiblement concentrées



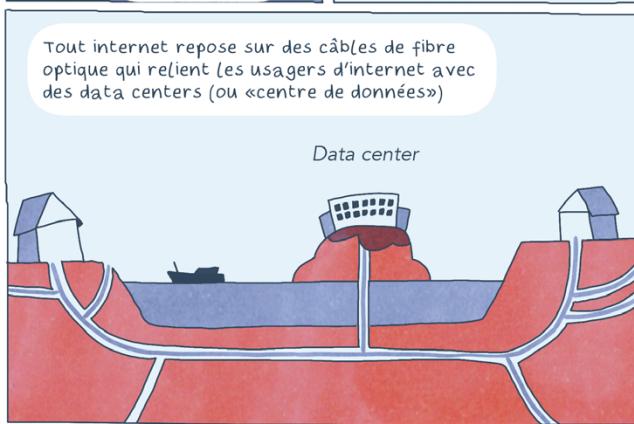
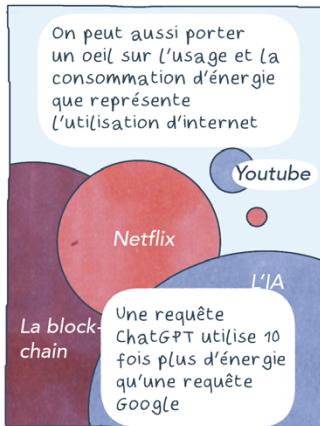
Séparer les terres rares des autres matériaux revient à distinguer de faibles nuances de gris : une tâche très complexe

Prenant en compte les difficultés d'extraction, tous les pays n'ont pas ouvert de mine...





* The Shift Project est une association qui s'est donné pour objectif l'atténuation du changement climatique et la réduction de la dépendance de l'économie aux énergies fossiles, particulièrement au pétrole.





En même temps c'est normal vous avez découvert plein de nouvelles choses !



Le débit et la latence améliorés permettent d'envisager de développer certaines applications des télécommunications sans fil : soins de santé à distance, transports autonomes...



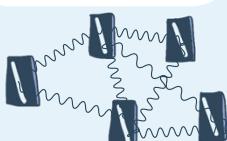
Toutefois, le numérique a un impact écologique non-négligeable avec nos « besoins » croissants



Les industriels travaillent déjà sur les technologies 6G pour 2030 !



La 6G intégrera l'IA dans sa structure. Elle se basera sur des ondes à encore plus grande fréquence, et avec une moins grande portée que la 5G



On peut imaginer que nos appareils serviront de relais

On pourra télécharger 100h de netflix en 1 sec

faire de la réalité virtuelle en multijoueur super efficace

développer complètement les voitures autonomes...
Mais mamie est au diesel



Moi qui avais besoin de télécharger 100h de vidéo en 1 sec, c'est super

En tout cas, je me demande à quoi les télécommunications vont ressembler dans le futur !



HM si seulement quelqu'un avait une machine pour voyager dans le temps, on pourrait aller voir ça de nos propres yeux...



... moi par exemple

ah oui pas bête,
allons-y



Direction la 6G !!!





Sources

Catherine Bertho-Lavenir, **Histoire des télécommunications en France**, Toulouse, ÉRÉS, 1984.

[Histoire des sciences] **L'histoire des systèmes et réseaux de télécommunications**, CEA, [\[bit.ly/3VJIOBt\]](https://bit.ly/3VJIOBt)

Chen Yang, Peng Liang, Liming Fu, [et al.], « **Using 5G in smart cities: A systematic mapping study** », Intelligent Systems with Applications, vol. 14, mai 2022, p. 200065.

Speech Crossed The Atlantic for the First Time 100 Years Ago This Week, Time, [\[bit.ly/3ZBtxE5\]](https://bit.ly/3ZBtxE5)

Téléphonie mobile : l'impact carbone de la 5G, Vie publique [\[bit.ly/3ZUy3ja\]](https://bit.ly/3ZUy3ja)

Attribution des fréquences en métropole, ARCEP, 2024, [\[bit.ly/41D8KCx\]](https://bit.ly/41D8KCx)

Les impacts du smartphone, ADEME, 2017, [\[bit.ly/4gG92x3\]](https://bit.ly/4gG92x3)

The Chemical Elements of a Smartphone, Compound Interest, 2014, [\[bit.ly/49GkJkU\]](https://bit.ly/49GkJkU)

Terres rares : votre smartphone contient des cailloux qui menacent la planète, Le Monde, 2019, [\[bit.ly/3POy7XA\]](https://bit.ly/3POy7XA)

Radiofréquences et santé, Rapport d'expertise collective, Avis de l'ANSES, édition scientifique, 2013

À propos

Autrice & Illustratrice

Coline Weinz est autrice-illustratrice de bandes dessinées de vulgarisation et documentaire. Après des études en Neurosciences, elle se tourne vers l'illustration scientifique et didactique. Elle aime faire des listes, dessiner les gens qui n'ont rien demandé en terrasse et les franchises rigolades. N'hésitez pas à la contacter pour collaborer : coline.weinzaepflen@gmail.com



Expert des télécommunications

Chadi Jabbour est enseignant-chercheur à Télécom Paris. Il s'intéresse aux systèmes de télécommunications et à la conception micro-électronique mais sa vraie passion est les modulateurs Sigma Delta. Il aime cuisiner, faire des manifs et donner son avis surtout quand on lui demande pas. Contact : chadi.jabbour@telecom-paris.fr



Remerciements

Les auteurs remercient Bruno Thedrez sans qui cette collaboration n'aurait pas eu lieu, Philippe Ciblat pour ses conseils et expertise, Annem Valette qui a corrigé toutes nos fautes d'aurthaugrafs (oups), Anne Pereira pour son expertise, Nicolas Prost pour ses retours précieux, et toutes les personnes qui ont lu et ont fait semblant d'aimer: Nicolas, Evelyn, Jad, Odile, Dina, Chahinez, Mikhail, Zulal, Marceau...

Financements

Opération soutenue par l'État dans le cadre de l'AMI « Compétences et Métiers d'Avenir » du Programme France 2030, opéré par la Caisse des Dépôts

