

Impact environnemental de la révolution numérique

par Sylvain FAURE Professeur de mathématiques au collège Henri Pourrat à Ceyrat

Développement d'Internet, généralisation des téléphones portables, développement de technologies d'intelligence artificielle, de la robotique, ... : diverses facettes de la « révolution numérique » qui imprègne le XXI^e siècle. Un siècle qui est aussi celui du réchauffement climatique : à la fois parce que ses effets sont devenus clairement perceptibles et parce que son origine anthropique est maintenant incontestable.



"Big data" (domaine public)

En décembre 2008, [le rapport TIC et développement durable](#), bien que pointant des bénéfices en termes de réduction d'émissions de gaz à effet de serre (grâce à la dématérialisation des documents ou au télétravail, par exemple) se concluait sur des constats inquiétants (à propos des déchets électroniques ou de la consommation électrique notamment) et avançait des propositions visant à limiter l'impact environnemental des technologies de l'information et de la communication.

Il y a 10 ans, on pouvait encore recevoir la télévision analogique partout en France, Dropbox venait tout juste d'être créé, l'iphone était distribué en France par un seul opérateur, Instagram, Google Drive ou le bitcoin n'existaient pas...

Alors qu'en est-il du rapport entre sciences du numérique et réchauffement climatique aujourd'hui, à l'heure des téléviseurs 4K connectés, des assistants personnels intelligents, de la [blockchain](#) ou des vidéos immersives ?

Une croissance exponentielle

De plus en plus d'internautes, de plus en plus d'appareils connectés, de plus en plus de données générées, le trafic internet continue de croître à un rythme soutenu, après l'explosion initiale du début du siècle. Le volume de données transféré sur le réseau en une journée de 2007, qui représentait 200 fois le trafic de toute l'année 1997, circulait en à peine plus d'une heure en 2017^a. Et des taux de croissance de l'ordre de 25 % sont attendus dans les prochaines années^a (figure 1).

La croissance actuelle n'est pas seulement due à l'augmentation du nombre d'individus ayant accès à internet, qui atteint maintenant la moitié de la population mondiale^b. D'abord parce qu'une part grandissante du trafic se fait sans intervention humaine (*Machine to machine*) mais surtout parce que la bande passante augmente : pour l'internet fixe où le très haut débit permet de connecter à la maison ou au bureau davantage d'appareils pour des applications toujours plus exigeantes, et puis pour l'internet mobile, par qui transite maintenant la majorité du trafic^c, et qui a la croissance la plus rapide, en raison de plusieurs facteurs : plus de 100 millions de nouveaux utilisateurs de smartphones par an rien qu'en Inde et en Chine^d, un accès à internet quasi exclusivement par les téléphones portables dans les pays les moins développés^d, et des débits bien plus élevés grâce à la 4G et [la 5G](#).

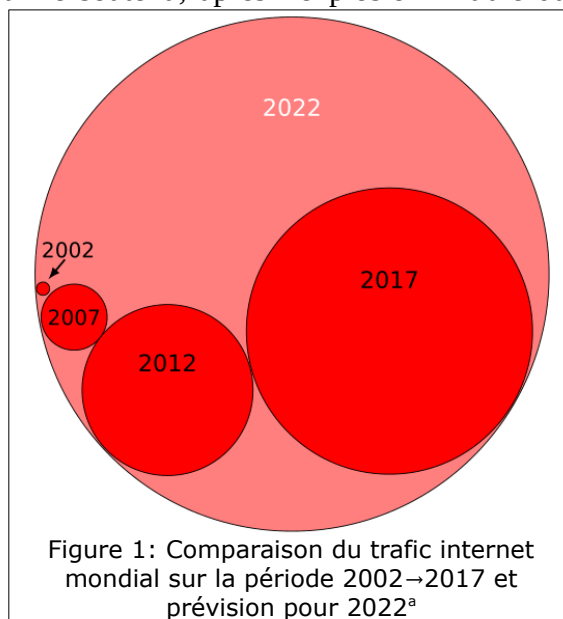
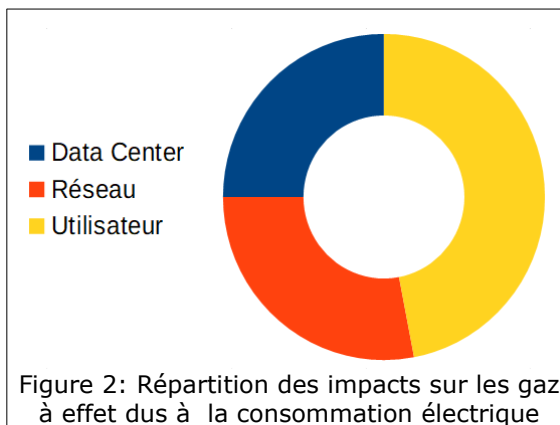


Figure 1: Comparaison du trafic internet mondial sur la période 2002–2017 et prévision pour 2022^a

Des coûts environnementaux invisibles

Pour les jeunes, l'internet est définitivement mobile^c et leur smartphone échange des données principalement lorsqu'ils jouent et visionnent des vidéos. Des vidéos qui représentent déjà plus des trois quarts^a du trafic global du [web](#) (ensemble des sites consultables avec un navigateur) soit près de 60 % des données échangées sous Internet Protocol^e (l'internet incluant le web, les mails, les appels [VoIP](#), les visioconférences [Skype, Facetime, etc.], le partage de fichiers...) avec 15 % pour le seul Netflix^e. La part des vidéos dans le flux de données devrait continuer à s'accroître^a, entre autres à cause de l'Ultra Haute Définition nécessitant un débit double de celui de la HD^a. Les jeux prennent également de plus en plus d'importance dans le trafic^a, notamment du fait de la dématérialisation se traduisant par le téléchargement de fichiers volumineux.

Habitué à se faire obéir au doigt et à la voix sans autre conséquence que d'éventuelles traces sur leur écran tactile, nos élèves peuvent difficilement appréhender ce que déclenche un simple tapotement de l'index. Les données de leur requête sont acheminées par le wifi, le réseau mobile ou bien des câbles réseau puis par des fibres optiques de leur position jusqu'au serveur du fournisseur d'accès, aux [serveurs DNS](#) (et dans le cas d'une recherche à ceux du moteur de recherche), avant d'aboutir à l'adresse ciblée, et de revenir jusqu'au terminal de départ. De l'énergie est consommée à chaque étape du trajet par les appareils assurant la transmission des données. Dans le cas de téléchargement de fichiers ou de *streaming*, il est nécessaire de maintenir la connexion entre l'appareil émetteur et l'appareil récepteur, multipliant ainsi la puissance électrique nécessaire par la durée de téléchargement, d'écoute ou de visionnage... Pour l'utilisateur, la seule partie visible est la fréquence à laquelle il doit recharger son smartphone...



Navire câblé (domaine public) kilomètres...

En plus de l'électricité lorsque les appareils sont en fonctionnement, la fabrication des terminaux et des infrastructures consomme des ressources (800 kg de matières premières pour un ordinateur portable^f) et produit des gaz à effet de serre. Pour suivre l'augmentation du trafic, des câbles sous-marins de télécommunication sont ajoutés ou remplacés régulièrement^g; certains, transcontinentaux mesurant plusieurs milliers de

Mais la consommation électrique n'est pas seulement liée aux activités en ligne de l'utilisateur. D'abord parce que certains programmes ou applications, comme la localisation par exemple, fonctionnent à son insu. Ensuite, parce que le stockage de fichiers personnels dans le *cloud* (comme les photos publiées ou non sur les réseaux sociaux) ou le visionnage d'une vidéo par exemple nécessitent la multiplication des *data centers* contenant des milliers de serveurs. Enfin, parce que d'autres phénomènes comme la technologie de la *blockchain* utilisée notamment par les



Bitcoin au-dessus de la centrale électrique géothermique de Nesjavellir, à Pingvellir, en Islande (photomontage)

[cryptomonnaies](#) contribuent à l'augmentation de la consommation électrique : ainsi, le minage du Bitcoin par les fermes de serveurs installées en Islande pourrait avoir consommé en 2018 davantage d'électricité que l'ensemble des habitants de l'île^h.

Il est difficile d'évaluer la part du secteur des technologies de l'information et de la communication (elle pourrait déjà atteindre 10%ⁱ) dans la consommation d'énergie mondiale, en particulier parce qu'elle dépend du périmètre choisi mais aussi parce que les [GAFA](#) ou autres ne communiquent pas sur leur nombre de serveurs. Néanmoins, une étude récente^j estime que le secteur du numérique est d'ores et déjà responsable de près de 3 % des émissions mondiales de gaz à effet de

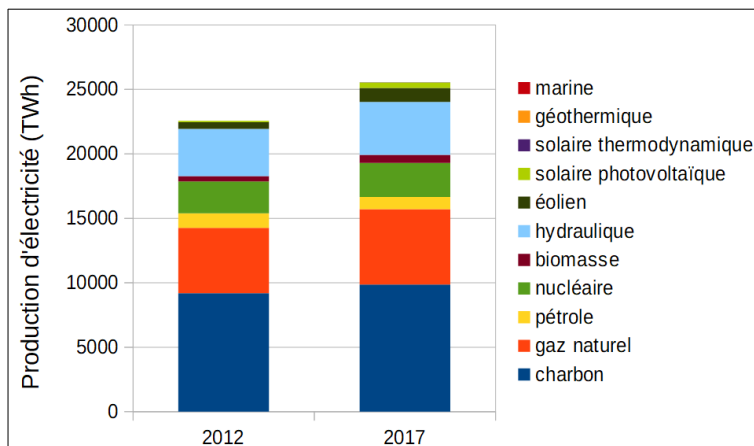


Figure 3: Origine de la production d'électricité dans le monde

serre. Et un fait certain est que la consommation mondiale d'électricité augmente. Bien que de plus en plus d'électricité provienne d'énergies renouvelables, aujourd'hui plus de 60 % de la production (figure 3) vient encore d'énergies fossiles^k... En outre, la part du numérique dans la consommation globale augmente encore plus rapidement^l [malgré l'amélioration de l'efficacité énergétique](#) des appareils et des *data centers*^l. Il est donc urgent d'agir.

Comment réduire ses impacts ?

On sait qu'imprimer que ce qui est nécessaire (en recto verso de préférence) permet d'éviter le gaspillage de papier et d'encre ou de toner. Pour limiter la consommation de ressources et d'énergie liée à la fabrication des objets que nous utilisons, on peut renouveler son smartphone un peu moins souvent ou bien en acheter un reconditionné. Sans oublier de porter l'ancien dans un lieu de collecte afin de le faire recycler car c'est une mine de [terres rares](#) et de métaux précieux^f.

Privilégier les modèles qui consomment le moins pour les téléviseurs, ordinateurs, etc. mais aussi pour les appareils mobiles (qu'il faudra alors recharger moins souvent) permet d'économiser de l'énergie et de réduire sa facture d'électricité... C'est également le cas lorsqu'on met en veille ou que l'on éteint les appareils que l'on ne va pas utiliser quelques minutes (par exemple, à quoi sert de laisser allumer un vidéoprojecteur pendant la récréation ?) ou quelques heures.

Mais de petits gestes faciles à faire et à enseigner permettent aussi d'agir sur le *cloud* et le réseau.

Regarder un film en basse définition permet de réduire considérablement l'énergie requise par rapport à la haute définition ; or on peut se passer de celle-ci sur un écran de faibles dimensions ou bien si l'on s'intéresse principalement au son ou aux sous-titres.

Pour les mails dont une dizaine de milliards peut circuler chaque heure^f, on peut déjà se désabonner des *newsletters* inutiles. On peut aussi diminuer le poids des pièces jointes : en envoyant un lien plutôt qu'une vidéo ou une image, en diminuant la résolution des photos – pour être visionnée sur un écran, même celui d'un smartphone que l'on tient près des yeux, nul besoin d'une résolution au-delà de [300 ppp](#) et 4 fois moins sur un écran 15 pouces. Vider régulièrement la corbeille de sa messagerie est important si l'on utilise un service de messagerie que l'on consulte avec une application mobile ou un navigateur web (Gmail...) ; en effet les mails sont conservés sur des serveurs distants qu'il faut alimenter et refroidir.



Tango Desktop Project

Les navigateurs affichent maintenant des vignettes qui permettent d'accéder directement aux sites les plus visités sans passer par un moteur de recherche, évitant ainsi un double transfert de données (sur plusieurs milliers de kilomètres^f) et donc le rejet de plusieurs grammes^m de CO₂. Il en est de même lorsqu'on utilise un [QR code](#) ou que l'on tape directement l'adresse d'un site.

Lorsqu'on utilise un moteur de recherche, on peut essayer de rendre sa recherche plus précise en utilisant les [opérateurs de recherche](#) : on peut ainsi exclure des mots en insérant - devant un mot (mustang -ford pour avoir les résultats de mustang sans la voiture, par exemple), rechercher une correspondance exacte en mettant un mot ou une expression entre guillemets...

Moins de communication, davantage d'actions

Faire appréhender à nos élèves les enjeux du numérique en rapport avec le développement durable est urgent. S'ils sont familiers des objets connectés, les ressources nécessaires à la fabrication des objets électroniques (infrastructures réseaux et terminaux : smartphones, tablettes, consoles, ordinateurs, ...) et la consommation d'énergie de ceux-ci leur sont méconnues.

Sous la pression d'organisations non gouvernementalesⁿ, les Google, Apple, Facebook, Amazon et autres multinationales du secteur commencent à agir^m. Elles communiquent en tout cas sur leurs objectifs, leurs efforts et leurs progrès. Mais, la communication est le cœur de leur métier...

En tant que citoyen, on peut agir à notre échelle en faveur d'un progrès technologique plus respectueux de l'environnement, en gardant à l'esprit la définition originelle du développement durable^o : « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ».



Éoliennes dans un champ de colza à Sandesneben, Allemagne [Jürgen (Guerito), CC BY 2.0]

-
- a [Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017–2022](#) (Cisco)
 - b [Digital in 2018: World's internet users pass the 4 billion mark](#) (wearesocial.com)
 - c [Plus de 50% de la navigation Web se fait sur mobile](#) (cnetfrance.fr)
 - d [A mobile-first world adobe digital insights](#) (Adobe)
 - e [1H2018Global Internet Phenomena Report](#) (Sandvine)
 - f [La Face cachée du numérique](#) (ADEME)
 - g [Câbles Internet: 20 000 données sous les mers](#) (lexpansion.lexpress.fr)
 - h [Bitcoin energy use in Iceland set to overtake homes, says local firm](#) (BBC)
 - i [Numérique : le grand gâchis énergétique](#) (CNRS)
 - j [Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations](#) (researchgate.net)
 - k [World Energy Outlook 2018](#) (agence internationale de l'énergie)
 - l [La déferlante des données](#) (interstices.info)
 - m [Internet bientôt premier consommateur mondial d'électricité](#) (RTBF)
 - n [Impact environnemental du numérique : il est temps de renouveler Internet](#) (Greenpeace)
 - o [Développement durable](#) (wikipedia.org)