

COMBIEN CONSOMME UNE BOX INTERNET?

La consommation d'une box internet (le boîtier internet qui permet de connecter un foyer à Internet par la technologie ADSL ou fibre optique) illustre la non-proportionnalité énergétique des équipements numériques : lorsque le trafic réseau, et donc l'activité de l'équipement, est très faible, sa consommation est loin d'être négligeable, comme le montre la figure ci-dessous. Par exemple, aux alentours de 4 heures du matin, le trafic est quasiment nul, mais la box consomme environ 15 watts. On nomme cette valeur « consommation statique » : il s'agit de la puissance consommée lorsque l'équipement est allumé, mais n'est pas utilisé et n'a donc pas de charge de travail. La partie restante est nommée « partie dynamique » et dépend de l'utilisation de l'équipement.

Cette non-proportionnalité, combinée à la variabilité de l'utilisation, complexifie le calcul d'un coût énergétique pour cet équipement. Par exemple, si l'on souhaite calculer un coût de consommation énergétique par bit traité, plusieurs options sont envisageables.

Coût dynamique instantané : cette méthode fait l'hypothèse que la box est toujours allumée et ne considère que la partie de la consommation qui dépend de l'utilisation, c'est-à-dire, dans notre exemple, la partie au-dessus de 15 watts. Ainsi, pour calculer le coût à 8 heures du matin, on considère qu'il faut 0,15 watt (uniquement la partie dynamique)

pour un débit de 0,65 mégabit par seconde (Mbps). Ces valeurs donnent un coût énergétique de 0,23 microjoule par bit : chaque bit induit une consommation supplémentaire de 0,23 microjoule.

Coût instantané total : cette méthode considère la consommation instantanée totale de la box incluant la partie statique, soit 15,15 watts pour 0,65 Mbps à 8 heures du matin, par exemple. Ces valeurs correspondent à un coût de 23,3 microjoules par bit. Si l'on calcule ce coût à un autre moment, par exemple à 20 heures, où on a une consommation de 16,05 watts pour 4,75 Mbps, le coût est alors de 3,38 microjoules par bit. Le coût instantané total varie donc fortement suivant le trafic : un bit n'induit pas la même consommation suivant le moment de la journée où il est traité.

À 4 heures du matin, le trafic est quasi nul, mais la box consomme environ 15 watts

Coût journalier total : cette méthode considère la consommation moyennée sur la journée, soit 15,35 watts pour 1,55 Mbps en moyenne. Le coût est alors de 9,9 microjoules par bit. Le trafic variant d'un jour à l'autre, cette méthode indiquera un coût différent en fonction de l'utilisation moyenne pour chaque jour.

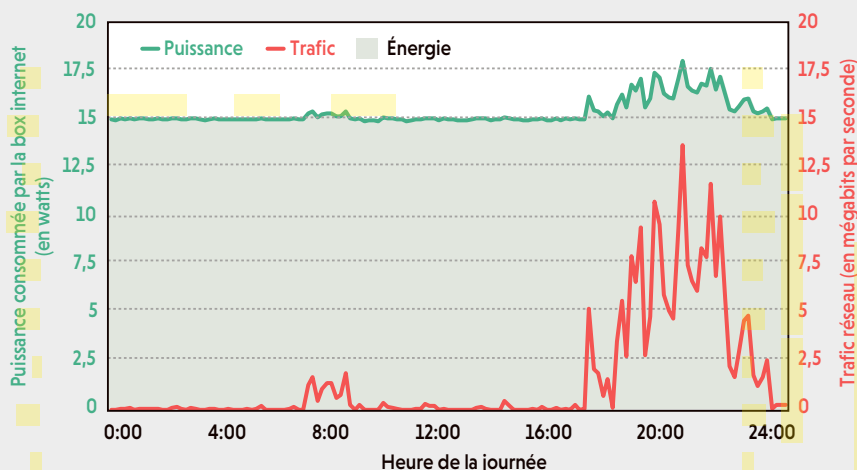
Coût minimal total : cette méthode considère les valeurs maximales jamais observées sur la box, en l'occurrence 25 watts pour 60 Mbps. Le coût est alors de 0,42 microjoule par bit.

Cette valeur est théorique puisque la box ne fonctionne pas à pleine capacité à chaque instant. Elle constitue donc une borne inférieure théorique de la consommation totale induite par le traitement d'un bit sur la box.

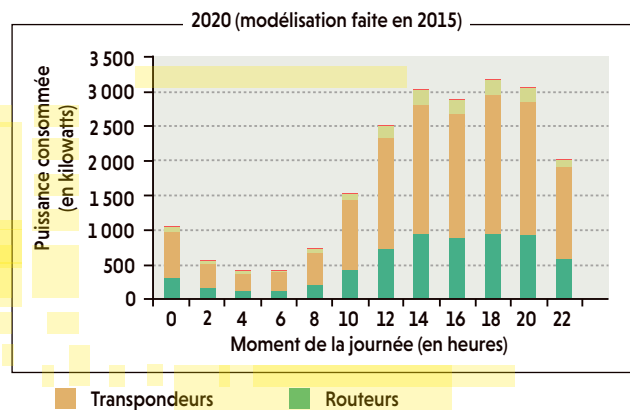
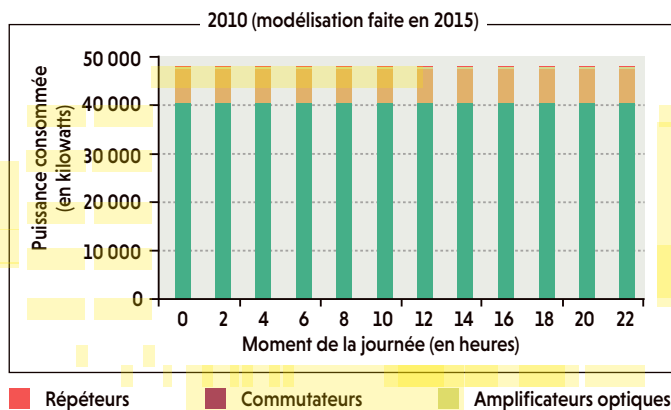
Comme on peut le voir à travers cet exemple, la méthode de calcul influe considérablement sur la valeur finale : on observe jusqu'à deux ordres de grandeur de différence suivant la méthode choisie. Ce choix dépend de l'utilisation que l'on souhaite en faire : calculer le surcoût lié au traitement de données, comparer l'efficacité de deux équipements, calculer la consommation de l'émission d'un e-mail, etc. Ce type d'indicateur de coût est indispensable pour estimer l'efficacité énergétique d'un équipement.

La non-proportionnalité énergétique observée ici pour une box touche en fait tous les équipements numériques dans une proportion plus ou moins forte. Dans le cas de notre box, le poids de la partie dynamique atteint au maximum 40 % de la puissance consommée, puisque la box consomme au maximum 25 watts pour une partie statique de 15 watts. Mais cette proportion dynamique maximale peut descendre jusqu'à moins de 10 % pour certains équipements comme les routeurs du cœur d'Internet, dont la consommation varie très peu en fonction de l'utilisation.

Pour ces équipements déjà en service, une façon efficace d'économiser de l'énergie consiste à les éteindre lorsqu'ils ne sont pas utiles. Dans le cas de la box, l'éteindre pendant la nuit, lorsqu'elle n'est pas utilisée, permettrait d'économiser 15 watts pendant toute la durée de la nuit, soit environ 38 kilowattheures d'électricité par an (l'équivalent de la consommation annuelle d'un microondes selon l'Ademe), si l'on considère des nuits de 7 heures. C'est une petite économie en termes de coût financier pour un foyer, mais ramené aux millions de box allumées en France, cela représente une réduction énergétique et environnementale non négligeable.



La consommation sur une journée d'une box internet connectée par fibre optique (en vert, représentée par la puissance instantanée consommée moyennée sur 10 minutes) n'est jamais nulle, même lorsque la box n'est pas utilisée (en rouge, la variation du trafic sur la même journée).



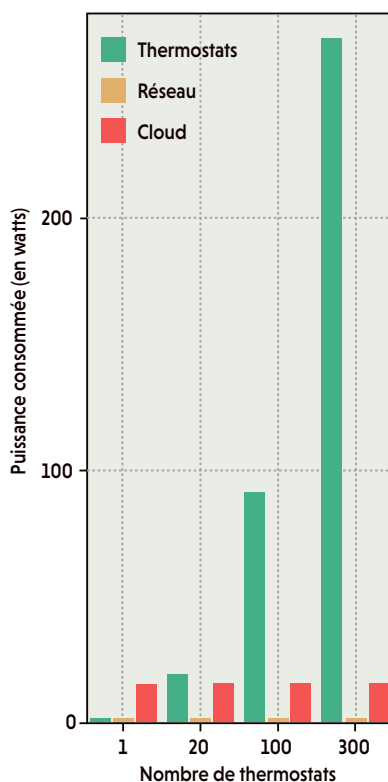
En 2015, le projet de recherche GreenTouch a montré qu'en changeant l'infrastructure des réseaux de communication, il était possible d'améliorer d'un facteur 316 l'efficacité énergétique d'un réseau de communication de 2020 (à droite) par rapport à 2010 (à gauche) et d'adapter sa consommation à l'heure de la journée tout en tenant compte de l'augmentation du trafic. Le scénario proposé permettrait par ailleurs d'augmenter d'un facteur 10 000 l'efficacité énergétique de l'accès mobile au réseau et d'un facteur 256 celle de l'accès fixe.

entraînant alors une consommation inutile (voir l'encadré page 55).

De 2010 à 2015, le projet de recherche international GreenTouch, qui mêlait instituts académiques et groupes industriels, a démontré qu'il était possible de construire une infrastructure des réseaux de l'internet mondial qui réduirait de 98% la consommation d'énergie en 2020 par rapport à celle de 2010, et ce en tenant compte de l'explosion du trafic et pour une qualité de service équivalente (voir la figure ci-dessus). La quantité d'énergie économisée si ce scénario était appliqué en Amérique du Nord, en Europe et au Japon équivaldrait, en empreinte carbone, aux émissions de gaz à effet de serre de 5,8 millions de voitures. Cette construction impliquerait de nombreux changements structurels et technologiques tant au niveau matériel que logiciel. Il reste aux constructeurs et opérateurs à s'emparer de ces innovations et à les déployer petit à petit dans les infrastructures du web...

DES CENTRES DE DONNÉES JAMAIS ÉTEINTS

Les centres de données constituent eux aussi une part non négligeable de la consommation énergétique du numérique. Un centre de données est constitué d'un ensemble de serveurs de calculs, de baies de stockage et d'équipements réseaux. Autour de ces systèmes numériques, une infrastructure physique (bâtiments, systèmes de refroidissement, connectivité et redondance électrique) est nécessaire. Différentes techniques de récupération de la chaleur sont aussi expérimentées et, pour certaines, mises en production. Une métrique couramment utilisée, l'indicateur d'efficacité énergétique ou PUE (pour *power usage effectiveness*), permet de calculer le surcoût énergétique de cette infrastructure (principalement en termes de refroidissement). Les hébergeurs de centres de données essaient de s'approcher du PUE idéal (de valeur 1), où l'impact du refroidissement devient négligeable par rapport à la consommation des infrastructures informatiques. Toutefois, cette course au PUE est artificielle, car elle ne



Si un seul thermostat connecté consomme moins que le cloud grâce auquel il fonctionne (à gauche), un parc de 300 thermostats répartis dans autant de maisons coûte beaucoup plus cher en énergie que les serveurs qui traitent leurs données (à droite). Le réseau qui connecte les thermostats et le cloud, quant à lui, consomme peu en comparaison (en jaune).

s'empilent et s'enchaînent : 2G, 3G, 4G et actuellement la 5G, en cours de déploiement dans certaines villes (voir l'encadré page 54). Or les anciennes technologies demeurent en place pour assurer la compatibilité avec les équipements les plus anciens. Ainsi, au lieu de les remplacer, les nouvelles technologies s'ajoutent à leur liste. De plus, en général, pour bénéficier de chaque nouvelle technologie réseau sans fil, le client doit acquérir un nouvel équipement : mettre au rebut son smartphone et en acheter un autre, ce qui accélère le renouvellement des équipements.

Bien sûr, chaque nouvelle génération de réseaux accroît les capacités de communication : la bande passante disponible par utilisateur est augmentée. Et cette bande passante supplémentaire est effectivement utilisée, augmentant *de facto* la consommation de données. En avril 2020, l'Arcep (l'Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse) indiquait ainsi dans son rapport pour l'année 2019 qu'en moyenne, en France, la consommation mensuelle par carte SIM était de 7 gigaoctets, toutes cartes SIM confondues, alors que celle des cartes SIM 4G était à elle seule de 9,5 gigaoctets.

Les protocoles qui assurent l'émission et la réception des données dans ces réseaux ont été conçus pour assurer robustesse, performance et qualité de service des réseaux. Ils ne sont pas prévus pour réduire leurs impacts environnementaux. Aussi toutes ces infrastructures constituent-elles un poste important de la consommation électrique du numérique. En particulier, parmi les équipements liés aux infrastructures, les box (ADSL ou fibre optique) et les réseaux wifi sont souvent allumés en permanence chez les particuliers, même lorsqu'ils ne sont pas utilisés,