

La maîtrise de l’empreinte énergétique des services informatiques et des réseaux en entreprise

Par Laurent BENATAR

Directeur technique d’Orange France en charge des réseaux et des systèmes d’information

Le secteur des télécommunications est la colonne vertébrale de la révolution numérique. Grâce à des progrès technologiques rapides, chacun peut désormais disposer partout de connexions permanentes, peu onéreuses et offrant des débits toujours plus élevés. Cette disponibilité est une réelle opportunité pour le développement durable de l’ensemble de la société. Pour un opérateur de télécommunications certifié ISO 14001 comme l’est Orange, la maîtrise des impacts environnementaux qui en résulte est cependant un véritable enjeu. Celle-ci commence dès la conception des produits et des réseaux, dans un secteur où les renouvellements des matériels sont fréquents et les investissements élevés. Une grande attention est accordée à la gestion au quotidien des déchets d’équipements électroniques et de la consommation d’électricité. Grâce à ses efforts continus, Orange parvient à des résultats encourageants, par exemple en réduisant fortement les consommations d’énergie rapportées à chaque usage.

Le secteur des télécommunications, la colonne vertébrale de la transition numérique

Une transition ancienne vers le numérique

Les télécommunications ont été parmi les premiers utilisateurs des technologies numériques. Le besoin de transmettre des conversations téléphoniques sur de grandes distances, et ce sans distorsion du son, a conduit à la généralisation de la « modulation par impulsion et codage » (MIC) dans les années 1980. On qualifierait aujourd’hui cette modulation de « numérisation du signal audio ». La recherche française en pointe dans ce domaine a ensuite introduit la technique de la commutation électronique temporelle, un premier mariage entre l’informatique et les télécommunications. Les avancées dans le domaine des communications numériques se sont alors succédé à un rythme soutenu, avec la télématique (le Minitel), les réseaux numériques à intégration de services (RNIS), pour tous les publics, et des réseaux de transmission par paquets, pour les entreprises.

On peut dater du milieu des années 1990 le développement des deux grandes évolutions technologiques qui ont permis la constitution du substrat nécessaire à la transi-

tion numérique : il s’agit bien sûr d’Internet, qui s’appuie sur le protocole IP (véritable langage universel), et, par ailleurs, de la téléphonie mobile (GSM ou 2G).

Rapidement, le besoin de disposer d’un débit beaucoup plus élevé est apparu, l’ADSL et l’UMTS (3G) ont toutes deux apporté des réponses à cette attente. Cette forte hausse des capacités de communication s’inscrivait donc avant tout dans une démarche économique et commerciale.

Des progrès durables

Mais cette croissance fulgurante des débits offerts a également été rendue possible par une recherche constante de sobriété dans l’utilisation des ressources. Ainsi, par exemple, l’efficacité spectrale s’est fortement accrue à la fois en termes de bits transportés par hertz et de consommation électrique des réseaux (par hertz). De la même manière, le remplacement des câbles en cuivre par des câbles optiques permet des gains sur de nombreux points : l’énergie utilisée pour la transmission d’un bit diminue de plusieurs ordres de grandeur ; l’encombrement des conduites de génie civil est fortement réduit ; et, enfin, l’architecture des réseaux est simplifiée par l’accroissement des distances de transmission.

Une offre abondante, permanente et disponible partout

Les capacités de communication fixes et mobiles installées par les différents opérateurs permettent aujourd'hui à tout un chacun de disposer partout (le cas échéant, par satellite) d'un accès permanent à haut débit (allant couramment jusqu'à 1 gigabit par seconde (Gbit/s) sur la fibre et 150 mégabits par seconde (Mbit/s) avec un mobile 4G).

Cette abondance à des coûts de plus en plus abordables favorise l'émergence de services numériques toujours plus variés : au-delà des communications interpersonnelles (sous des formes multiples, y compris de type visioconférence), on peut citer les accès au *Web*, à des bouquets de chaînes de télévision ou de radio, à des jeux en réseaux, à des modes de paiement dématérialisés et, aujourd'hui, à des relations directes entre objets ou entre « machines » (les serveurs informatiques).

Des impacts contrastés sur l'environnement

Il est indéniable que les réseaux de télécommunications permettent de réduire significativement les besoins de déplacements et de courriers papier. La simple observation de la réduction du volume de lettres transportées par La Poste atteste de cet impact. Le temps passé en réunions téléphoniques professionnelles ou en communications avec nos proches illustre aisément les gains que nous faisons en termes de déplacements. Il est indéniable, cependant, que les besoins de communication ont explosé, pouvant être facilement satisfaits par une offre de réseau abondante, permanente et disponible partout. La maîtrise des impacts environnementaux de l'ensemble des réseaux, y compris des équipements terminaux installés chez les clients, est donc un enjeu majeur pour les opérateurs.

La maîtrise des impacts environnementaux chez Orange

Des impacts environnementaux significatifs

Pour un opérateur de réseaux comme l'est Orange, deux préoccupations environnementales spécifiques ressortent très nettement : d'une part, la gestion des déchets issus des équipements électriques ou électroniques, mais aussi de matériels plus spécifiques comme les câbles, et, d'autre part, la maîtrise de sa consommation d'énergie, principalement d'électricité (nous aborderons plus loin ces deux aspects).

D'autres points sont également importants et sont donc à surveiller : les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) de ses plus grands sites, sa consommation de papier, historiquement forte pour les factures, la réduction de ses émissions de CO₂ liées aux déplacements en automobile, par exemple (ces aspects étant moins spécifiques à l'activité d'opérateur de réseaux de télécommunications, ils ne font l'objet ici que d'une simple mention).

Une volonté de maîtriser les impacts environnementaux

Depuis de nombreuses années, Orange est engagé tant

au niveau du groupe (de dimension internationale) qu'en France dans une démarche de certification ISO 14001. L'ensemble des activités réalisées en France est d'ailleurs certifié dans ce cadre depuis juin 2016, après une montée en charge progressive qui s'est étalée sur plusieurs années.

En outre, dans le sillage des engagements pris au niveau du groupe lors de la COP21, un programme ambitieux de réduction de nos consommations d'énergie est en place, avec en particulier l'objectif d'une certification ISO 50001.

Des actions sont également impulsées pour promouvoir l'économie circulaire ou pour mieux connaître le cycle de vie de nos produits et de nos réseaux. Elles montrent que la phase de conception est une étape clé pour la maîtrise des impacts environnementaux.

Relever les défis environnementaux dès la phase de conception

L'attention que nous accordons à l'environnement doit être permanente dans l'ensemble de nos activités et sur toutes nos chaînes techniques et applicatives. Une efficacité environnementale est cependant beaucoup plus grande lorsqu'elle est prise en compte dès la conception des équipements et des systèmes. En voici plusieurs exemples.

Des box bien conçues

Le développement des accès haut débit s'est accompagné de l'introduction, chez les clients, de boîtiers de connexion habituellement appelés « box ». Il peut s'agir de dispositifs d'interface, par exemple pour disposer d'un routeur WiFi ou d'un téléphone, ou de décodeurs pour recevoir les chaînes de télévision. Ces boîtiers sont largement répandus, la maîtrise de leurs impacts environnementaux est donc une préoccupation majeure.

La première étape consiste à conduire une analyse du cycle de vie du produit (ici, la box) pour bien appréhender l'ensemble des points qui doivent être pris en compte. Un point important est la consommation électrique de l'équipement. Celle-ci peut d'ailleurs représenter un coût non négligeable pour le client. Une conception privilégiant la sobriété énergétique est nécessaire. Le client doit aussi pouvoir éteindre sa box quand il le souhaite.

Un autre point d'attention est celui de l'emballage : le superflu est, là encore, à éliminer. Il est ainsi possible de réduire le volume des déchets, ce qui simplifie d'ailleurs la vie des clients. La réduction de la taille des contenants permet également de mettre davantage de produits sur une même palette, et donc de diminuer les impacts environnementaux liés au transport. Le choix du carton permet, quant à lui, de favoriser des filières de commercialisation responsables sur le plan environnemental.

Enfin, il est important de signaler que la phase de conception doit également intégrer le recyclage de l'équipement arrivé en fin de vie. En cas de retour suite à une panne ou suite à la résiliation d'un abonnement, les produits sont conçus pour pouvoir être facilement testés, réparés, remis en état et reconditionnés.

Dans l'avenir, les opérateurs à l'instar d'Orange s'orienteront vers la virtualisation de certaines fonctionnalités actuellement assurées par leurs box. Celles-ci ne seront plus assurées par les box, mais dans le « réseau », à distance. Ainsi, elles ne seront activées (et, donc, ne consommeront de l'énergie) que lorsqu'elles seront utilisées !

Une 4^{ème} génération très sobre

Dans le domaine des télécommunications, les générations de matériels et les technologies utilisées pour construire les réseaux se superposent ou se chevauchent dans le temps. C'est d'ailleurs une spécificité du métier d'opérateur que de pouvoir faire fonctionner ensemble tous ces équipements, et de gérer leur évolution. On aurait pu craindre que l'arrivée des réseaux mobiles de 4^{ème} génération ne se traduise par un simple rajout de matériels et donc par une consommation énergétique fortement accrue. Le dialogue entre les fabricants d'équipements et les opérateurs a en réalité permis de dégager des solutions beaucoup plus satisfaisantes.

Ainsi, des opérations d'échange (*swap*) ont été conduites pour remplacer des équipements 2G ou 3G déjà installés. Les nouveaux matériels consomment beaucoup moins d'électricité que les anciens et regroupent les ressources communes. Ils ont aussi rendu plus aisée l'installation de la 4^{ème} génération, tout en limitant l'impact énergétique sur les sites concernés.

Les bandes de fréquences utilisées ont nécessité la création de nouvelles antennes-relais pour assurer une bonne couverture géographique. Leur bonne intégration paysagère, mise en œuvre dès l'origine et adaptée au contexte, a permis de satisfaire l'aspiration de nos concitoyens en matière de non-pollution visuelle.

La nécessité de traiter des déchets des plus variés et répartis sur tout le territoire

Les terminaux des clients

Les terminaux hors d'usage des clients sont traités comme des déchets d'équipements électriques et électroniques ménagers. Le cas des téléphones mobiles requiert une attention toute particulière. Il en existe plusieurs dizaines de millions en France à ce jour, et ils sont périodiquement renouvelés. Au-delà des obligations légales de récupération, plusieurs initiatives peuvent être engagées par les opérateurs et les distributeurs. Les incitations financières à la reprise d'un appareil sont un dispositif qui existe dans de nombreux domaines. La mise à disposition de conteneurs dédiés auprès de collectivités permet également de renforcer les démarches écoresponsables. Il convient cependant de constater que le taux de retour n'a pas encore atteint le niveau attendu, et ce malgré la panoplie des actions engagées. Une initiative intéressante est à signaler : c'est celle mise en œuvre par Orange et qui vise à recycler des téléphones portables dans certains pays émergents, en particulier en Afrique. Lorsque ces « terminaux » sont encore en état de fonctionner, il est en effet possible de leur donner une seconde vie sur le marché d'occasion de ces pays. Pour compléter ce dispositif,

une filière de retour de ce type d'appareil a été mise en place afin de ne pas exporter vers ces pays émergents les déchets produits dans nos pays développés.

Les équipements actifs du réseau et les équipements informatiques

Les équipements du réseau et les équipements informatiques utilisés en très grand nombre par les opérateurs sont eux aussi, lorsqu'ils sont arrivés en fin de vie, des déchets d'équipements électriques et électroniques. Le traitement approprié de plusieurs milliers de tonnes de ces déchets collectés sur l'ensemble de notre territoire nécessite une démarche structurée. Il convient également de noter que ces équipements peuvent contenir des informations sensibles, en particulier des données personnelles des clients. La destruction de ces données est un préalable impératif à la mise au rebut des équipements considérés.

Les câbles

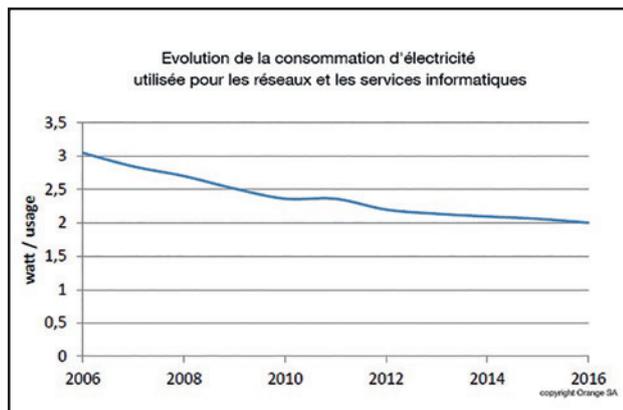
Le remplacement des câbles en cuivre par des câbles en fibres optiques a commencé il y a de cela plus d'une vingtaine d'années, pour ce qui concerne les liaisons inter-centraux. La disparition (ou la bascule) des derniers liens routés sur ces supports permet aujourd'hui de récupérer ces câbles en cuivre (plus rarement en plomb). Plusieurs dizaines de milliers de tonnes de câbles ont ainsi été retirées des conduites de génie civil ces dernières années, dans l'objectif d'un recyclage. Le déploiement des réseaux de fibres optiques jusqu'au domicile des abonnés (FTTH) laisse à penser que des perspectives s'ouvrent pour la poursuite active du retrait des câbles en cuivre des boucles locales.

Maîtriser la consommation d'énergie

Une consommation par service en forte baisse

Les équipements de télécommunications ont un rythme d'évolution proche de celui de l'informatique. En outre, leur consommation baisse tendanciellement. L'innovation dans le domaine des services y est également très dynamique. Il en résulte que les nouveaux services offerts ont une consommation énergétique de plus en plus faible. Les services historiques étant supportés par des équipements anciens – certains ont plus de 30 ans –, la maîtrise de la consommation moyenne par service dépend de la gestion au quotidien de ces équipements : il s'agit de regrouper les usages pour libérer les capacités devenues inutiles, d'arrêter d'alimenter électriquement les matériels désaffectés, de régénérer des lots de maintenance par récupération. On distingue trois catégories de sites pour cette gestion, en fonction de leur taille. Les différents types de matériel sont regroupés pour procéder à cette analyse, en fonction de leur consommation énergétique.

Il est à noter que si l'on rapporte la consommation électrique à l'ensemble des services délivrés (on comptera ainsi trois services pour une offre « *triple play* », par exemple), l'on constate une baisse continue de cette consommation sur une longue période. C'est là un objectif de performance énergétique qui vient conforter l'engagement pris



Évolution de la consommation d'électricité utilisée pour les réseaux et les SI*.

* SI = système informatique.

par le groupe Orange de diviser par deux ses émissions de CO₂ rapportées à l'usage de ses services en 2020 par rapport à 2006, l'année de référence.

Un grand nombre de petits sites

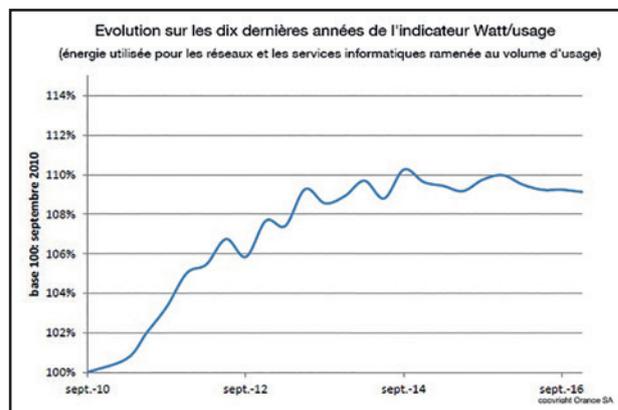
Il y a sur l'ensemble du territoire français plusieurs dizaines de milliers d'antennes-relais ou de petits bâtiments abritant des répartiteurs du réseau fixe, dans des zones plus rurales. Le nombre élevé des sites concernés et la faible modularité des équipements réduisent les leviers d'action. Les règles d'ingénierie et le choix des équipements sont des points clés pour maîtriser la consommation d'électricité. Par ailleurs, une exploitation régulière permet de s'assurer du fonctionnement conforme des équipements.

Un millier de sites intermédiaires

Ces sites intermédiaires sont implantés dans les agglomérations, soit pour les desservir, soit pour assurer la collecte du trafic des sites plus petits. Ils ont souvent été construits à l'époque de l'automatisation du réseau téléphonique. Comme les centraux électromécaniques nécessitaient beaucoup de place, ils sont aujourd'hui, dans beaucoup de cas, surdimensionnés. La gestion de l'espace, l'aérodynamique, le dimensionnement et le paramétrage des systèmes de climatisation, et le suivi des taux de remplissage des équipements sont eux aussi des points clés. La moindre place occupée permet d'envisager des techniques plus économes, telle la ventilation forcée. Ces sites ont des évolutions plus fréquentes, qui requièrent une exploitation plus systématique.

Quelques très gros sites

Quelques très gros sites concentrant les équipements constituent le « cœur de réseau ». Ces sites assurent les fonctions centrales de routage et hébergent les plateformes de services. L'évolution des réseaux vers la virtualisation des fonctions, et donc vers le portage de traitements de plus en plus nombreux sur des serveurs informatiques banalisés, va amener une large convergence de ces sites avec les *data centers* du monde informatique. La maîtrise de la consommation électrique est un enjeu essentiel pour les *data centers*. Malgré une forte croissance des fonctions assurées par ces sites, leur consommation électrique globale a diminué. L'attention



© Orange S.A.

Évolution sur les dix dernières années de l'indicateur watts/usage (énergie utilisée pour les réseaux et le SI ramenée au volume d'usages).

portée au choix de leurs emplacements, à la construction d'une solution technique ultramoderne qui privilégie la ventilation par rapport à la climatisation, a été un élément déterminant. Mais c'est bien l'exploitation optimisée des systèmes de refroidissement qui permet d'assurer la pérennité des gains réalisés en matière d'économie d'énergie. On mesure habituellement un taux de performance énergétique (PUE, ou *Power Usage Effectiveness*), le ratio entre la consommation électrique totale du site et la consommation des seuls équipements informatiques. Il a été possible de réduire celui-ci de 30 % dans les *data centers* de nouvelle génération.

Suite à ce premier succès, le programme pluriannuel de restructuration et de rénovation des *data centers* a été accéléré au sein du groupe Orange pour permettre une baisse encore plus importante de ce taux au cours des prochaines années.

De larges potentiels d'évolution

Les réseaux de télécommunications sont en évolution constante depuis des décennies. Mais nous entrons dans une période très particulière, car elle concentre plusieurs renouvellements majeurs qui vont intervenir dans le même temps.

La migration vers le tout-IP entraîne un désinvestissement progressif des opérateurs dans les réseaux historiques. Ce renouvellement s'accompagne du déploiement de nouveaux réseaux qui offrent des débits de transmission qui vont bien au-delà des besoins actuels (FTTH, 4G, et bientôt la 5G). De même, ces nouveaux réseaux permettent, grâce à IPv6 (*Internet Protocol* version 6) et aux technologies à faible consommation, telle que LoRa, de connecter un nombre important d'objets. Beaucoup de services de demain, qui transformeront le mode de vie de nos concitoyens, sont encore à inventer. On peut citer quelques axes touchant en particulier le domaine de l'environnement :

- des déplacements évités grâce à des dispositifs de téléprésence, de télémédecine ou l'utilisation de la réalité augmentée en vue d'un accompagnement par un expert ;

- des déplacements optimisés grâce aux outils de gestion collective des infrastructures de transport ou à des objets qui signalent directement leurs besoins ou leurs défaillances ;
- une meilleure maîtrise de la consommation électrique à la fois dans l'espace public et au domicile des particuliers, grâce à la domotique communicante ;
- une prolongation de la durée de vie des équipements en assurant une maintenance prédictive efficace basée sur une connaissance renforcée de l'état des équipements.

Et bien d'autres domaines d'emploi encore à découvrir.

Plus que jamais, les enjeux environnementaux seront donc déterminants dans les dix prochaines années, et le monde des télécommunications y jouera un double rôle : accompagner, par l'innovation, les moyens permettant d'économiser l'énergie dans la vie quotidienne et poursuivre les efforts de maîtrise de la consommation d'énergie induite par ces nouvelles technologies.

Chez Orange, nous sommes à la fois conscients de cette responsabilité et fiers de notre modeste contribution à un futur meilleur.

Glossaire

ADSL : *Asymmetric Digital Subscriber Line*, qui se traduit fonctionnellement par « liaison numérique à débit asymétrique sur ligne d'abonné ».

Boucle locale (fixe) : ensemble des câbles qui relient les points de terminaison du réseau ou, dans les locaux des abonnés, aux répartiteurs principaux de l'opérateur.

Box : boîtiers installés chez les abonnés pour assurer no-

tamment des fonctions de modem ou de décodage.

Cœur de réseau : équipements implantés dans les nœuds principaux du réseau et sur les artères à très haut débit qui les relient entre eux.

Consommation par usage : rapport de la consommation énergétique totale au nombre des usages (voix, télévision, Internet/données) liés aux accès aux réseaux fixes ou mobiles.

FTTH : *Fiber To The Home*, câble de fibres optiques allant jusqu'au domicile de l'abonné.

GSM : Groupe Spécial Mobile, standard européen du système radio-cellulaire numérique (2G).

IP : *Internet Protocol*.

Triple Play : accès fixe qui permet les trois usages suivants : transmissions de la voix, de la télévision et de l'Internet.

UMTS : l'*Universal Mobile Telecommunications System* est le système de téléphonie mobile de troisième génération.

Virtualisation : ensemble de solutions matérielles et logicielles visant à dissocier le traitement des fonctions des télécommunications des ressources physiques utilisées jusqu'ici à cette fin.

WiFi : nom commercial de la technologie IEEE 802.11x (créée et maintenue par *The Institute of Electrical and Electronics Engineers*, sis à New York) de réseau local Ethernet sans fil.