



Infrastructures et services numériques : de l'abondance au « juste assez »

Jean Claude André, Albert Benveniste, Gérard Roucairol Avec le
soutien du pôle Numérique

1. Du « trop » vers le « juste assez » ?

Le Numérique peut être la cause d'une consommation exagérée d'énergie (cryptomonnaies, environnements immersifs virtuels...). En permettant de nouveaux usages, il peut aussi déclencher par effet rebond de nouvelles consommations liées à leur succès, allant ainsi à l'encontre de la sobriété recherchée initialement. Mais l'existence d'un marché viable ne garantit pas qu'une innovation soit opportune pour la société. On pourrait aussi s'interroger sur l'utilité sociétale d'activités consommatrices de ressources numériques fortement croissantes, telles que le trading haute fréquence, le recours à des intelligences artificielles très gourmandes pour mieux cibler la publicité, ou la large diffusion de films en très haute résolution.

Passer d'une société numérique de l'abondance à une société numérique du juste assez, dans un nécessaire discernement face à certains usages du numérique à forte empreinte environnementale, est une question en France, à l'ordre du jour de l'Etat, des industriels et des utilisateurs.

2. Le Numérique est indispensable à la mise en œuvre d'une sobriété systémique

A l'inverse, le Numérique fournit des moyens de mise en œuvre de la sobriété dans de nombreux domaines. Les outils de collaboration à distance évitent de nombreux déplacements, la modélisation numérique et la simulation dispensent de fabriquer de nombreux prototypes et permettent d'optimiser les caractéristiques d'un produit et de réduire son empreinte, des plateformes sont indispensables à la mise en place d'une économie circulaire et au partage de ressources (mise en commun d'équipements, covoiturage...), la fabrication additive permet de diminuer les stocks physiques de pièces détachées et d'augmenter la réparabilité et la durée de vie des équipements.

Au-delà, le caractère systémique de la sobriété conduit à devoir piloter et optimiser en temps réel des systèmes complexes caractérisés par un très grand nombre de paramètres. Il devient alors indispensable de déployer des infrastructures de contrôle/commande seules capables à tout instant d'anticiper les besoins, suivre de bout en bout des processus complexes, procéder à des arbitrages, des optimisations permanentes, Ainsi en est-il du pilotage de réseaux de transport, de distribution d'électricité, de systèmes de gestion de la mobilité, de systèmes de gestion de l'énergie, à l'échelle d'un bâtiment, d'un quartier, d'une agglomération, d'une région, de réseaux de télécommunication ,.....

De même que des infrastructures nouvelles comme le train, puis l'électricité, ont, à partir du 19^{ème} siècle, transformé nos sociétés en ouvrant des possibilités alors inconnues, la transition vers une

société sobre offrant des services de qualité ne pourra se faire que si une infrastructure numérique puissante et globale est construite.

3. Mesurer objectivement l'impact des usages et des technologies sur la consommation énergétique des infrastructures et des applications du Numérique

Les estimations de l'empreinte des infrastructures et des usages numériques restent très imparfaites. On peut mesurer la consommation énergétique d'un centre de données, analyser plus ou moins précisément le cycle de vie d'un équipement. Cependant il est plus délicat d'estimer le coût d'un usage complexe comme le visionnage de films, qui peut être utilisé simultanément par un grand nombre de personnes et qui mobilise une très grande quantité de ressources différentes géographiquement réparties (serveurs, appareils de stockage, équipements de télécommunications, terminaux, ...).

Il convient toutefois de noter qu'un certain consensus s'établit pour remarquer qu'une très grande partie de la consommation énergétique ou de production de GES (gaz à effet de serre) du Numérique est liée à la fabrication et à la consommation de terminaux (de 40% à 70% selon les sources), plus qu'au volume de ses usages.

Pour aller plus loin afin d'estimer l'empreinte carbone du Numérique, plusieurs travaux sont nécessaires à différents niveaux.

Il convient en premier lieu de standardiser la notion de point de mesure et ouvrir ainsi la porte à la certification de modèles de consommation énergétique et d'émission de GES. La réalisation d'un logiciel doit pouvoir être guidée par l'utilisation de dictionnaires d'opérations élémentaires dont l'impact énergétique est connu à l'avance. Au niveau d'un usage particulier et du système qui le met en œuvre il est nécessaire de pouvoir dégager les ordres de grandeur et identifier les leviers pour agir. A titre de comparaison, le GIEC est parvenu à mettre au point des méthodologies pour évaluer l'impact climatique de tel ou tel phénomène, ainsi que le SBTi ([Science Based Targets initiative](#)), ou l'ITU ([International Telecommunications Union](#)) dans le secteur télécom.

Il est impératif que la communauté française et Internationale du Numérique construise un corpus consensuel de méthodes et pratiques conduisant à une métrologie énergétique scientifique en s'appuyant sur des travaux de Recherche qu'il convient d'amplifier largement.

4. Un renouveau des paradigmes de développement des équipements et applications numériques

Pendant plusieurs décennies, le développement accéléré du Numérique a été rendu possible par la loi de Moore (doublement de la puissance de calcul tous les dix-huit mois à coût constant ou décroissant et à densité de puissance énergétique constante). Ceci a conduit à utiliser des composants généralistes produits en très grande série, au prix d'une certaine inefficacité énergétique, mais aujourd'hui la miniaturisation ne produit plus les mêmes effets.

Le besoin de performance tout en limitant la consommation énergétique pousse désormais à recourir plus fréquemment à des composants spécialisés optimisés pour une famille d'applications, comme le montre un récent rapport de l'académie ([réf. Rapport Les technologies matérielles supports du numérique futur : 3 questions](#)). Par exemple, les microprocesseurs généralistes sont de plus en plus remplacés par des processeurs vectoriels, neuromorphiques, à parallélisme massif, Cette

spécialisation contribue ainsi au « juste assez ». Par ailleurs des applications très distribuées s'avèrent moins frugales en énergie que des protocoles plus centralisés...

L'exploitation de caractéristiques spécifiques à un usage au sein d'une infrastructure numérique afin d'optimiser la consommation énergétique de cet usage, conduit à une rupture fondamentale au sein de l'industrie mondiale du numérique. En effet cette dernière s'est largement développée grâce à la généricité des dispositifs de base d'un système (processeur, architecture machine, intergiciel) ainsi que l'indépendance matériel/logiciel qui en dérivait.

Une nouvelle ère du Numérique s'ouvre où les technologies génériques de base (fonderies et processeurs) ne seront plus les seuls axes d'une souveraineté. Les capacités en matière d'infrastructures spécialisées et de maîtrise des logiciels associés, y compris pour les calculs embarqués, seront critiques.