

# Préface

Par Gérard ROUCAIROL

Président du pôle Numérique de l'Académie des technologies  
et président honoraire de l'Académie des technologies

Le caractère extrêmement diffusant des technologies du numérique et leur rythme d'adoption rapide pour des usages grand public ou professionnels de plus en plus nombreux rendent naturellement nécessaires l'étude et la mise en œuvre de leur transition énergétique.

Cependant, les techniques du numérique ont largement démontré, depuis plusieurs décennies, leur capacité à piloter et à soutenir les changements de comportement des organisations et des individus au service d'objectifs divers et variés, et cela à des échelles de plus en plus importantes. C'est pourquoi tout aussi naturellement que se pose la question de l'usage du numérique pour faciliter la transition énergétique, l'accélérer et déployer des solutions efficaces au sein de la société dans son ensemble.

Une première réponse à la transition énergétique du numérique passe bien sûr par l'utilisation d'une électricité de plus en plus décarbonée<sup>1</sup>, mais pas seulement. La formidable expansion des usages du numérique va de plus en plus nécessiter la mise en œuvre de solutions plus efficaces en énergie<sup>2</sup> et <sup>3</sup>. Des transformations profondes sont déjà en cours. Au niveau des micro-processeurs, on s'oriente vers une spécialisation de plus en plus poussée en fonction de certaines classes d'applications afin de maîtriser le besoin en énergie, tout en augmentant les performances (microprocesseurs neuromorphiques, emploi du parallélisme massif sous diverses formes...). Au niveau de l'architecture des systèmes numériques, l'utilisation de *clouds* favorise la mutualisation des ressources matérielles et logicielles au service de nombreux utilisateurs et pour plusieurs applications, simultanément. Ces transformations ont déjà un impact significatif sur la structure de l'industrie mondiale. Au-delà, ce sont des méthodologies adaptées qu'il conviendra de mettre en œuvre pour concevoir, déployer et opérer des systèmes numériques qui consomment « juste assez » pour un usage donné. On peut aussi se poser la question de l'intérêt de certaines applications particulièrement consommatrices en énergie, comme celles des cryptomonnaies.

En ce qui concerne l'apport du numérique à la transition énergétique, remarquons en premier lieu que le numérique fournit des opportunités pour substituer à des opérations gourmandes en énergie des opérations mobilisant beaucoup moins d'objets manufacturés ou de ressources physiques (matériaux, eau, végétaux, énergies fossiles...). Il s'agit notamment d'utiliser la capacité du numérique à gommer les distances (télétravail, téléconsultation...) ou encore à virtualiser des objets physiques (maquette numérique d'un véhicule ou d'un bâtiment, gestion électronique de documents, jumeaux numériques...). La mutualisation des ressources utiles à un service accessible en ligne par le biais d'une plateforme, par exemple dans le cas du covoiturage, permet de limiter le nombre d'objets physiques utilisés par une communauté. De même, la fabrication additive autorise la diminution des stocks physiques de pièces détachées et facilite la réparabilité et la durée de vie des équipements.

En plus de ces actions ponctuelles, la recherche systématique d'économies énergétiques au sein d'une société conduit à reconsidérer globalement les processus qui la font exister. Cette approche systémique amène alors à devoir simuler, puis 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 numériques de contrôle/commande, qui sont seules capables à tout instant d'anticiper les besoins, de suivre de bout en bout des processus souvent sophistiqués, de procéder à des arbitrages, à des optimisations permanentes... Ainsi en est-il du pilotage de réseaux de transport et de distribution d'électricité, de réseaux de télécommunications, de systèmes de gestion de la mobilité, de processus de fabrication et de logistique, de la gestion de l'énergie à l'échelle d'un bâtiment, d'un quartier, d'une agglomération ou d'une région, ...

On le voit, aborder en même temps les transitions énergétique et numérique par le biais de leurs interactions est riche en questionnements, en solutions et en innovations potentielles. On peut même penser que l'exigence généralisée d'efficacité, quel que soit le secteur, dont le numérique lui-même, constitue un facteur majeur d'évolution des

<sup>1</sup> À titre d'exemple, on peut remarquer que les associations d'opérateurs de « centres de données » en Europe ont signé un pacte prévoyant, pour 2030, l'atteinte de la neutralité carbone, mais aussi le recours à des solutions favorisant l'allongement du cycle de vie des équipements, ainsi que la conservation de l'eau : <https://www.climateutraldatacentre.net/>

<sup>2</sup> ANDRÉ J. C., BENVENISTE A. & ROUCAIROL G., *Du trop vers le juste assez Numérique*, 04-Sobriete-Du-trop-vers-le-juste-assez-Numerique-final.pdf (academie-technologies.fr).

<sup>3</sup> ANRT (2022), « Électricité et Numérique : des défis réciproques », rapport.

technologies consacrées à ce dernier. À l'inverse, le numérique apparaîtra probablement de plus en plus comme un levier nécessaire à l'acceptabilité énergétique de nombreux processus économiques et sociétaux.

Dans ce contexte, ce numéro des *Annales des Mines*, coordonné par Olivier Appert et Richard Lavergne, reflète parfaitement la problématique évoquée ici, en faisant coexister à la fois des analyses des enjeux avec la description concrète de solutions propres à différents secteurs économiques.

La qualité des auteurs et leur expertise reconnue ainsi que la diversité des points de vue exprimés font de ce numéro un ouvrage rare, qui, par conséquent, constituera à n'en pas douter une référence.