

Article de **Cahier Azur** Par Alexia Auffèves, Olivier Ezratty, Robert Whitney

Vers des technologies quantiques responsables

Les progrès des technologies quantiques laissent entrevoir la réalisation de calculateurs quantiques capables d'outrepasser largement les performances des calculateurs classiques dont la puissance de calcul arrive à saturation. Dans une démarche écologique originale, les auteurs se penchent sur la question cruciale de l'empreinte numérique de ces futurs calculateurs quantiques qui, en plus d'un avantage computationnel avéré, pourraient bénéficier d'un « avantage énergétique quantique ». La « Quantum Energy Initiative » (QEI) se propose de fédérer à l'échelle internationale les équipes de recherche fondamentale et les entreprises du secteur des technologies quantiques préoccupées par les aspects énergétiques de ces futurs développements.

L'empreinte énergétique du numérique
Pour comprendre l'approche que nous préconisons, l'exemple de l'empreinte énergétique du numérique des serveurs est révélateur. L'efficacité énergétique de ces systèmes est le ratio d'une performance sur une consommation énergétique. Celle des serveurs peut s'exprimer ainsi en FLOPS/W, les FLOPS exprimant le nombre d'opérations en virgule flottante par seconde. Depuis la naissance de l'informatique, cette efficacité a doublé tous les 18 mois. C'est la loi de Koomey, avec un record actuel pour les supercalculateurs de 52 GFLOPS/W [1].

Paradoxalement, ces progrès fulgurants n'ont pas empêché l'explosion de la consommation énergétique mondiale pour alimenter les technologies numériques. Celles-ci consomment maintenant 11 % de l'électricité dans le monde, les centres de calcul représentant le quart de cette empreinte énergétique. Elle augmente au gré des usages, notamment liés à l'apprentissage machine. L'augmentation de la consommation affecte aussi les matières premières du fait de l'obsolescence rapide des terminaux, des serveurs et des systèmes de stockage dans les centres de calcul.

Ces phénomènes ne sont qu'une nouvelle manifestation de l'effet rebond, formalisé par William Stanley Jevons en 1865. Les gains en efficacité induisent automatiquement la baisse du coût associée aux ressources. Sans régulation des marchés et des usages, ils provoquent une croissance de la consommation globale (figure 1).

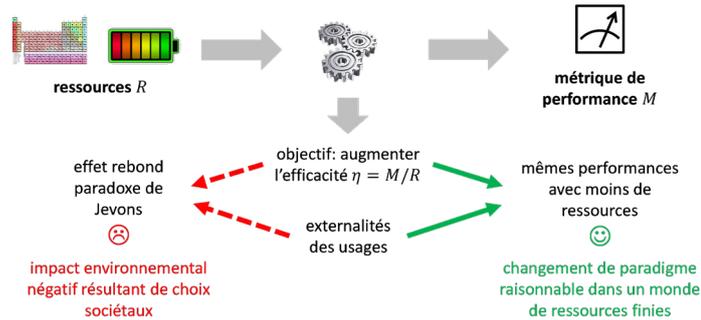


Figure 1 : Efficacité énergétique et effet rebond. Une machine consomme des ressources matérielles et énergétiques pour réaliser une tâche avec une performance M. Son efficacité est définie par le ratio $\eta = \frac{M}{R}$

Article paru dans le numéro :



VOIR LE SOMMAIRE

LIRE LA SUITE DE L'ARTICLE

Pour découvrir le dossier Séminaire « Vers une société bas carbone : l'électricité au cœur de l'énergie et de la digitalisation » - Grenoble, 3 février 2022

- [Présentation de la Conférence : Gimelec : Christel Heydemann - SEE : François Gerin](#)
- [Introduction : Vincent Mazauric](#)
- [Vers la seconde révolution de l'électrification : enjeux pour le système électrique Marie-Cécile Alvarez-Hérault , Nouredine Hadjsaid](#)
- [Vers une électronique soutenable dans un monde digital : enjeux et perspectives - Thomas Ernst](#)
- [Proposition thermodynamique vers un monde plus électrique](#)
 - [Partie I : Des principes dynamiques aux équations - Maxwell Vincent Mazauric](#)
 - [Partie II : Des contraintes de l'exploitation aux externalités - Vincent Mazauric, Sergio Ciliberto](#)
- [Vers des technologies quantiques responsables - Alexia Auffèves, Olivier Ezratty, Robert Whitney](#)
- [Ressources minérales et systèmes énergétiques - Olivier Vidal, Hugo Le Boulzec](#)



Découvrez le numéro n°1 - 2025 Mars - Avril - Mai 2025



■ Editorial

- Avec la REE, la SEE au cœur des orientations stratégiques de nos sociétés
François Gerin, Président de la SEE

■ Flash Info

- LISA : Détecter les ondes gravitationnelles depuis l'espace - *André Deschamps*
- En route vers une Intelligence Artificielle Générale (IAG) ? - *Roberto Kung*
- Les surfaces intelligentes reconfigurables (RIS) - *Hmaied Shaiek & Michel Terré*
- Quelques nouveautés au CES Las Vegas 2025 - *Patrice Collet*

■ Actualités

- Le rapport Draghi : impulser une nouvelle croissance en Europe avec l'IA et l'innovation - *Roberto Kung*
- Enjeux de stabilité et d'inertie des réseaux électriques, position de GO15 - *Gérald Sanchis*
- Pour préparer la relève des EPR à l'horizon 2050, nous devons investir dans les réacteurs à neutrons rapides - *Suzanne Debaille, Timothée Kooyma*
- Hackathon, une première pour CIGRE - *Gérald Sanchis*

■ Focus start up « Spécial énergie »

- Aerleum, Beyond Aero, Global Bioenergies, SOYPV, Verso Energy

■ Article Invité

- La conception de réseaux télécom en fonction de leur impact (NDI)
Berna Sayrac, Jean-Marc Kélib

■ Vient de Paraître

- La REE vous recommande

■ Dossier : Géolocalisation

- Introduction : Géolocalisation, des progrès et des problèmes. Les systèmes de positionnement
- Denis Manteau, Nel Samama
- Vers un positionnement plus précis : améliorer les repères de référence grâce à la mission GENESIS
- Hanane Ait-Lakbir
- LEO PNT: Une évolution technologique nécessaire pour une nouvelle demande applicative
- Michel Monnerat, Hanaa Al Bitar
- Recevoir le GPS en souterrain - *Joel Korsakissok*
- La géolocalisation par le réseau cellulaire terrestre 4G/5G - *P- Raphael Bernard*
- La technologie de localisation magnéto-inertielle de SYSNAV au service de la sécurité des personnels
- Jean-Baptiste Gilbert, Pierre Boileau, Pierre-Yves Le Guen

■ Dossier 2: Cahier azur « Journées compatibilité radioélectrique » - (Rennes, 2024)

- Introduction et problématique : Illustration au cas de porteurs terrestres – Synthèse des journées
- Olivier Roncière, Alain Alcaras
- Coexistence électromagnétique des drones - De la maîtrise à la domination du spectre
- Evlin Yalcin, Robin Croisier
- Nouveaux enjeux dans la compatibilité radiofréquences des systèmes sur les plateformes aérospatiales
- Alexandre Piche
- Science des matériaux : Conception et modélisation numérique des métasurfaces appliquées au domaine naval
- Benoît Le Lepvrier, Erwan Rochefort, Eddy Jehamy
- Caractérisation d'aériens en champ proche dans la bande VHF-UHF (30-400 MHz) - *Laurent Lézé, Sébastien Palud*

■ Point de vue

- L'électrification croissante offre aux jeunes des métiers d'avenir - *Patrick Leclerc*

■ Retour sur...

- Sadi Carnot, l'annonciateur du monde nouveau de la thermodynamique - *Marc Leconte*

■ Entretien avec...

- Emmanuel Gravier, président du Consuel

■ Libres propos

- Le marché européen de l'électricité, ses dysfonctionnements et leurs conséquences - *André Merlin*

■ Les Échos de l'enseignement supérieur

- Alain Brenac, David Malec et Marc Petit