

Introduction

L'efficacité énergétique est maintenant au centre des évolutions de l'électronique et de l'informatique. En effet, pour les trois couches des technologies de l'information et de la communication (celle des serveurs et des calculateurs à haute performance, celle des systèmes portables et celle des objets connectés), l'objectif est d'améliorer l'efficacité énergétique, c'est-à-dire de calculer plus en consommant moins. Il faut limiter les coûts de refroidissement dans les centres de calcul, augmenter l'autonomie des systèmes portables et concevoir des objets autonomes capables de fonctionner avec la seule énergie qu'il est possible de récupérer.

Dans ces trois cas, les puissances mises en jeu sont très différentes : des kilowatts pour les serveurs, des watts pour les systèmes mobiles, des microwatts pour les objets connectés. Le mécanisme de création de chaleur est cependant le même dans les trois cas et dû à l'effet Joule. Deux sources de dissipation sont identifiées : la première est l'énergie dissipée dans les opérations de charge et de décharge des condensateurs d'un circuit électronique actif, la seconde est l'énergie dissipée par les courants qui circulent en permanence de l'alimentation à la masse quand les circuits sont sous tension. Il est donc nécessaire de bien comprendre ces deux phénomènes pour identifier les causes de la création de chaleur et les voies d'amélioration possibles. Les [deux premiers chapitres](#) ont cet objectif en analysant les familles logiques et les principes physiques mis en œuvre dans les opérations de calcul. Des liens apparaissent alors entre la création de chaleur et la perte ou non d'information dans les opérations logiques. Le [chapitre 3](#) donne les bases physiques nécessaires à la compréhension du fonctionnement des composants de la technologie CMOS actuellement utilisée.

L'électronique est confrontée à ce problème crucial depuis les années 2000, car contrairement aux prévisions initiales, il n'est plus possible d'accompagner la diminution de taille du transistor par une diminution de la tension d'alimentation. La densité de puissance dissipée ne cesse donc de croître dans un circuit intégré. Des techniques

d'optimisation de plus en plus sophistiquées décrites dans [les chapitres 4 et 5](#) permettent plus ou moins de limiter la création de chaleur et la consommation énergétique, mais aucune solution ne semble capable de fournir le gain de mille attendu. L'analyse qui est menée dans cet ouvrage montre que pour les architectures de circuit actuelles, la limite est intrinsèque à la technologie à base de semi-conducteurs et que des gains importants ne pourront être obtenus qu'en remettant à la fois en question les architectures de circuit et la technologie des composants utilisés. Ces solutions nouvelles (calcul adiabatique et technologie à base de nanorelais) sont donc proposées et décrites dans [les chapitres 7 et 8](#) pour atteindre cet objectif. Le [chapitre 6](#) est consacré au calcul réversible, considéré par certains comme la seule solution pour atteindre des niveaux de dissipation extrêmement faibles. C'est également une introduction au calcul quantique qui peut être considéré comme une extension du calcul réversible.

En résumé, cet ouvrage est une introduction à de nouvelles voies possibles dans l'évolution des systèmes électroniques et informatiques. Des voies nouvelles permettront à ces systèmes de passer de concepts principalement dictés par la recherche de la rapidité, ce qui explique les évolutions de l'électronique entre les années 1950 et 2000 à des concepts inspirés par la recherche d'une excellente efficacité énergétique.