

## Recherche en électronique et développement socio-économique

**Alain Foucaran**

IES - Institut d'Électronique et des Systèmes (UMR 5214 CNRS-UM)

Université de Montpellier

### MOTS-CLÉS

Électronique, numérique, énergie, cité intelligente, contraintes sociétales

### RÉSUMÉ

L'électronique a pour but de transformer en courant électrique, et plus précisément en données numériques, des grandeurs physiques détectées par différents capteurs. Cette science jeune en évolution rapide est confrontée, tant en recherche qu'en développement, à des enjeux sociétaux contraignants. On évoque ici quelques unes de ces contraintes technologiques et sociétales, à travers quelques exemples, tels la cité intelligente, ou la mutation des usages numériques. On montre que ces usages aussi bien que la consommation énergétique des appareils électroniques conditionnent fortement l'évolution de cette science.

Le lecteur peut visionner l'enregistrement vidéo de cette conférence

## 1. Contexte

L'avènement et la montée en puissance du numérique ont permis de franchir un seuil dans l'analyse et dans la synthèse des données à traiter. Néanmoins, c'est en numérisant les données et les traces matérielles laissées par l'évolution du temps et de ses effets sur notre univers que nous sommes en mesure d'aller plus loin dans les sciences. Cette action de « passage » au format numérique sous-entend la transformation de grandeurs variées (biologiques, chimiques, physiques, comportementales...), appelées « mesurandes », en grandeurs numériques (les « données »). Cette transformation essentielle est assurée par une discipline devenue incontournable aujourd'hui : l'électronique (Figure 1).

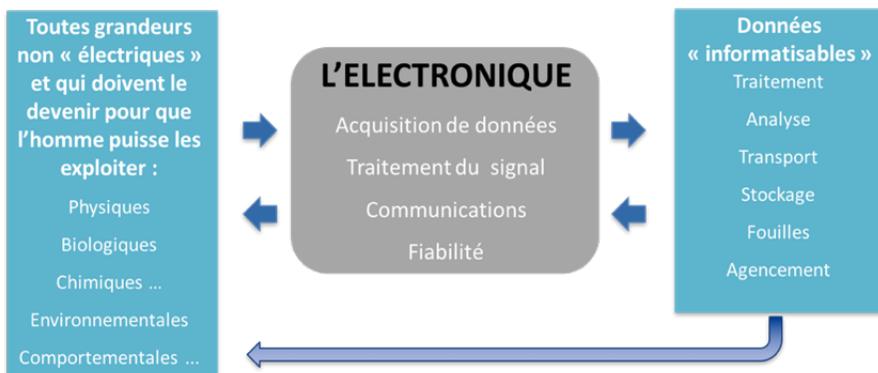


Figure 1 : Fonctions de l'électronique

## 2. La recherche en électronique face à ses contraintes :

L'électronique, par les solutions et opportunités qu'elle est en mesure d'apporter, suscite auprès de nos sociétés de plus en plus d'attentes et d'exigences. Il en résulte des contraintes technologiques extrêmement élevées sur la discipline « électronique » qui doit répondre simultanément au développement de dispositifs intégrant systématiquement technologie sans fil, autonomie énergétique, géolocalisation (indoor), fiabilité, communicants etc., et, bien sûr, tout ceci avec un coût de production extrêmement bas.

A ces contraintes technologiques liées pour la plupart d'entre elles à des notions de performance, comme nous venons de le voir, il faut également associer des exigences purement sociétales. En effet, l'électronique et les technologies associées ont principalement contribué au développement :

- des systèmes de **sécurité** : de l'individu (aspect lié à la santé), aux dispositifs spatiaux, mais aussi militaires etc.
- des dispositifs liés à l'amélioration de notre **qualité de vie** (il n'y a plus un seul objet de notre environnement qui soit dépourvu d'un système électronique : objet intelligent (IOT : Internet Of Things)).
- des domaines **sociaux - économiques - culturels** (dématérialisation, accélération des mécanismes économiques, des transactions, diffusions culturelles, etc.).

Cependant, avec l'hyper-développement de ces trois domaines détaillés ci-dessus, des recouvrements entre ces derniers sont apparus suscitant et créant des zones de tension entre eux (figure 2).

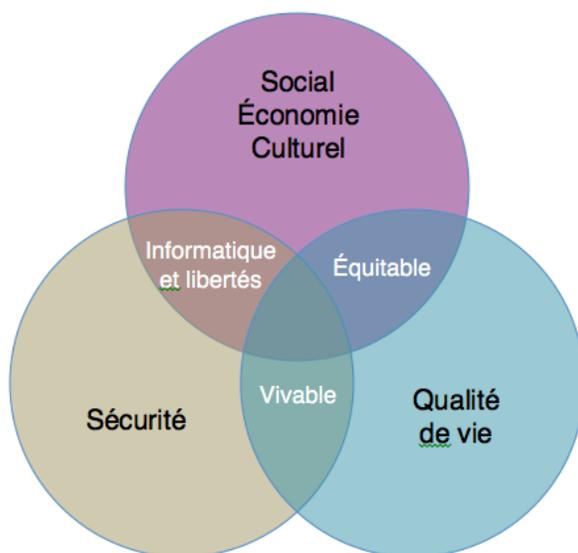


Figure 2 : L'électronique et ses facteurs anxiogènes

L'une des tensions la plus apparente, et la plus ressentie, est certainement celle liée au recouvrement des aspects sécuritaires et socio-culturels. Elle est d'ailleurs devenue si forte qu'un système de régulation a été mis en place avec la création de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL). Je ne développerai pas ici l'intégralité des tensions suscitées par le recouvrement de ces trois domaines,

mais je ne retiendrai ici que les conséquences engendrées sur nos ressentis et perceptions de ces Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) liées en grande partie aux apports des performances scientifiques de l'électronique. Notre société développe ainsi de façon plus ou moins consciente, en fonction du niveau d'éducation de chacun des êtres qui la constitue, des sentiments d'anxiété directement liés à cet essor technologique. Il est donc indispensable dans les perspectives de développement de ces nouvelles technologies d'intégrer également une réflexion profonde basée sur les Sciences Humaines et Sociales. A titre d'exemple, je développerai ci-après le cas de la smart city qui, par ses exigences technologiques et sociétales, montre assez bien de façon globale le type de contraintes qui pèsent sur la recherche en électronique.

## 2.1. Contraintes technologiques et sociétales : exemple de la smart city.

Une des clés de la lutte contre le changement climatique se trouve dans les villes [1]. En effet, la réduction de l'emprise sur les terres agricoles, la mutualisation croissante des outils, des dispositifs et des systèmes conduit inexorablement à une densification de l'habitat et donc à sa verticalisation etc. Il en résulte une efficacité immédiate et logique dans la diminution de la production des gaz à effet de serre. Un parisien rejette environ 5,2 tonnes de CO<sub>2</sub> par an, alors que la moyenne nationale tourne autour de 8,7 tonnes de CO<sub>2</sub> par an par habitant [1]. Il est aisé de comprendre que cette densification urbaine nécessite un accompagnement technologique de haut niveau se traduisant en autant de défis (contraintes) scientifiques pour la recherche en électronique. La figure 3 recense les principales contraintes technologiques auxquelles devra faire face la recherche en électronique pour répondre aux attentes du développement de la 'smart city' (ville intelligente).

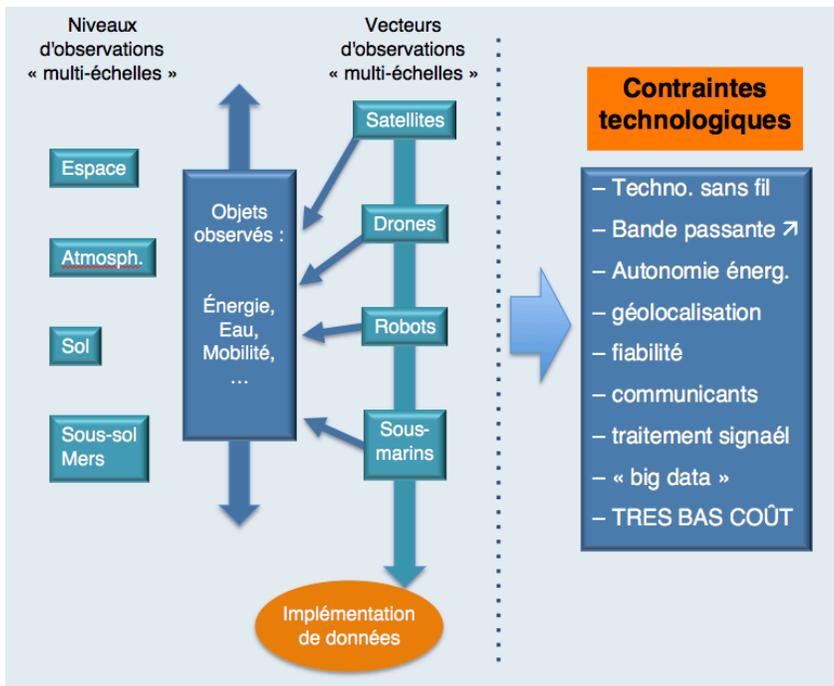


Figure 3 : Contraintes d'une "smart city"

Cependant, comme je l'ai expliqué au tout début de cet article, il est absolument indispensable d'intégrer également les contraintes liées aux usages de ces technologies et à l'acceptabilité de ces dernières par les usagers eux-mêmes. La conséquence de la prise en compte de ces contraintes sociétales se traduit in fine par l'expression de nouvelles contraintes technologiques qui viennent compléter ou s'ajouter aux contraintes déjà explicitées pesant sur la recherche en électronique. La figure 4 présente quelques unes de ces contraintes sociétales, exprimées par les usagers (comme par exemple le développement des Interfaces Hommes Machines (IHM)), auxquelles l'électronique devra répondre.

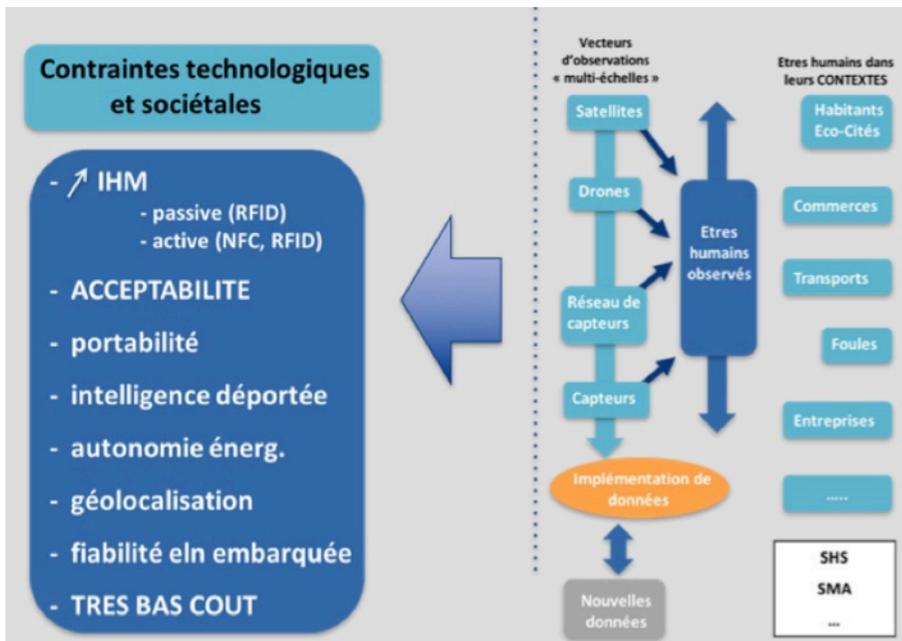


Figure 4 : Contraintes sociétales exprimées par les usagers

### 3. La nécessaire mutation des usages numériques :

Dans cet essai destiné à définir certains contours de la recherche en électronique et de ses enjeux, on ne peut écarter la nécessaire mutation des usages numériques. En effet, nous n'avons eu de cesse durant ces dernières décennies d'améliorer les performances de l'ensemble des objets constituant l'univers digital, ainsi que je viens de le détailler plus haut. Il faut noter à ce stade qu'à l'unique objectif consistant à l'accroissement des performances ne correspond pas nécessairement un accroissement de la facilité de l'usage. Il faut donc replacer l'humain au centre de la recherche des performances pour mettre l'intelligence de l'objet au service de l'homme et de ses mœurs. Pour illustrer mes propos, je traiterai ici de la mutation des usages numériques versus la dimension énergétique.

Depuis que l'homme existe il n'a eu de cesse de communiquer, stocker, transporter ses propres expériences et constatations. Ainsi, l'ensemble de nos sens constitue un fabuleux réseau de capteurs dont notre alimentation, via les mécanismes du métabolisme, constitue la source d'énergie nécessaire à son fonctionnement. Pour

communiquer nos ressentis (informations captées par nos sens), nous pouvons utiliser notre voix (là aussi il faut de l'énergie) mais si nous souhaitons « communiquer » plus avant il ne nous reste... que nos jambes (dans le cas du coureur de Marathon (490 av. JC) et son célèbre « Nenikamen », ce mot représente un ratio « information transportée/énergie » catastrophique, pour ne pas dire fatal !!). Enfin, en termes de stockage, il y a bien sûr notre cerveau qui demande également de l'énergie pour maintenir en vie les données stockées, mais hélas cette masse de données emmagasinée disparaît avec la mort. Restent alors les seules solutions de graver, peindre, sculpter... pour laisser une trace, ce qui requiert aussi de l'énergie !

Nous retiendrons donc que, depuis la nuit des temps jusqu'à nos jours, l'humanité n'a eu de cesse d'acquérir davantage de données (multiplication/prolifération des capteurs), de créer des systèmes de communication de plus en plus rapides (ADSL, TNT, Fibre optique ..), de stocker le maximum de données et ... tout ceci sans se soucier de l'énergie consommée pour atteindre et assouvir cette boulimie « communicante et communicative » !

Il y a une dizaine d'années, nous avons pris conscience de la problématique de l'énergie. De là, toute une série de mesures destinées à rendre plus « sobres » énergétiquement les appareils électro-ménagers et autres équipements domestiques ont vu le jour. Cependant, avec la littérale « explosion » de l'usage des objets nomades (tablettes, smartphones et applications associées, etc.) ces efforts ont été totalement effacés. Notons quelques chiffres pour situer la problématique en 2012 en 24h d'usage : il s'échangeait 145 milliards d'emails, 104 000 heures ont été visionnées sur YouTube, 9 000 pages Wikipédia ont été créées, etc. [2]. Aujourd'hui en 2017, c'est ce que nous produisons en moins d'une minute (Figure 5).

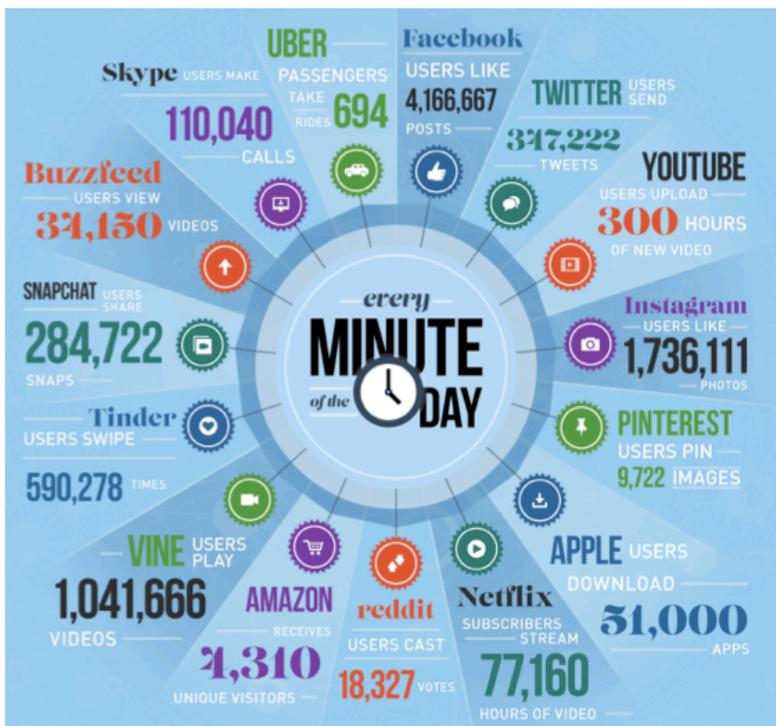


Figure 5 : Production de données numérique en moins d'une minute [3]

Enfin, il faut noter également qu'entre temps, le nombre d'applications a également cru de façon exponentielle : en 2012 on ne parlait pas de UBER, NETFLIX et bien d'autres. Un constat : « l'humanité numérique » se trouve donc au pied du mur « Energie ».

Il est maintenant urgent de repenser complètement nos procédures-habitudes d'archivages, nos procédures-habitudes de communication. Prenons un exemple simple : je partage une photo insolite avec mes amis qui la trouvent originale et la partagent aussi avec leurs amis, etc. In fine tout ce « petit monde » connecté va stocker cette photo sur « son » cloud, le bilan sera qu'en un même lieu on peut avoir 100 000 fois la même image sur 100 000 espaces privés. On comprend très vite les enjeux énergétiques associés au maintien en vie de ces 100 000 photos identiques dans le cloud. Ne serait-il pas préférable que chacun stocke et conserve l'adresse (lieu d'accès à la photo) plutôt que la photo elle-même ?

Que faire ? Nous venons de démontrer que les TIC, pour se répandre et se développer en usages et technologies, avaient consommé de l'énergie sans compter. Le temps est donc venu de mettre maintenant toutes ces capacités communicantes de technologies et d'usages au chevet de l'ENERGIE. La démarche et le concept sont déjà lancés, tous les systèmes électroniques quels qu'ils soient possèdent au sein même de leur noyau de gestion, une partie dédiée à la gestion de l'énergie optimisée pour l'accomplissement de leurs missions « originelles ». Il faut aller de l'avant, et évoluer vers la quantification du coût énergétique associé à toute action de communication de manière à ce que la plus économe énergétiquement soit toujours retenue. C'est le concept de mutation des usages numériques développé ici dans le domaine de l'énergie où nous venons de passer du principe « énergies pour les NTIC » à la mutation « NTIC pour les énergies ».

#### 4 - Synthèse : la « road map » de la recherche en électronique

Au bilan de ces quelques lignes et des différents points abordés nous sommes donc en mesure de fournir une ébauche de « road map » de la recherche en électronique, non exhaustive, issue des besoins et usages sociaux et économiques exprimés par nos sociétés.

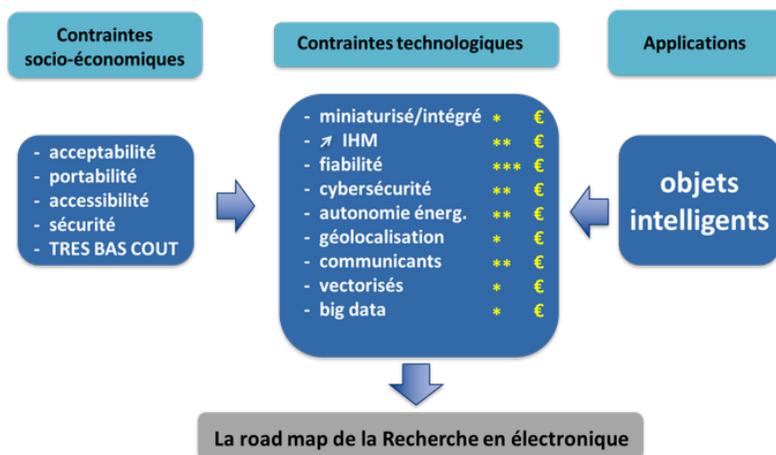


Figure 6

## 5 - Conclusion

En guise de conclusion, je souhaiterais insister, bien qu'étant un scientifique issu des Sciences dites « dures » par opposition aux Sciences Humaines Sociales qualifiées de plus « souples », sur la nécessaire prise en compte d'une réalité. S'il est incontestable que nous connaissons encore des évolutions technologiques importantes, je pense que celles-ci seront sans communes dimensions dans leurs ampleurs avec les évolutions d'usages qui nous attendent qui, elles, seront certainement extrêmement plus conséquentes.

Pour illustrer ces propos je vais simplement reconsidérer l'exemple traité dans le paragraphe : La nécessaire mutation des usages numériques » dans lequel je disais : *je partage une photo insolite avec mes amis qui la trouvent originale et la partagent aussi avec leurs amis, etc. In fine tout ce « petit monde » connecté va stocker cette photo sur « son » cloud, le bilan sera qu'en un même lieu on peut avoir 100 000 fois la même image sur 100 000 espaces privés. On comprend très vite les enjeux énergétiques associés au maintien en vie de ces 100 000 photos identiques dans le cloud. Ne serait-il pas préférable que chacun stocke et conserve l'adresse (lieu d'accès à la photo) plutôt que la photo elle-même ? Que faire ?* Ma question semble technologique, il n'en n'est rien puisque dans ce cas précis les barrières ne sont pas technologiques (bien que les usages soient satisfaits avec force énergie), mais purement sociologiques. En effet : qui, quelle structure, quelle entité, a le droit d'orienter l'accès à une ressource, ne serait qu'une simple photographie, sous prétexte d'une économie d'énergie ?

## RÉFÉRENCES

- [1] Environment & Urbanization, Vol XX(X). DOI: 10.1177/0956247810392270
- [2] Ref : CNRS Journal N° 269 –novembre-décembre 2012 - La déferlante des octets.
- [3] <http://www.statisticbrain.com/digital-technology> - facebook, twitter, netflix, uber, etc ...