

Histoire de l'électronique

(résumé de l'exposé)

L'électron a été découvert il n'y a guère plus d'un siècle par l'anglais **Joseph John Thomson** qui étudiait les rayons cathodiques (1897). Et c'est en 1910 que l'américain **Robert Andrews Millikan** en mesure la charge avec des micro-gouttes d'huile (prix Nobel de physique 1923). Mais que de chemin parcouru depuis. La technologie d'exploitation des courants faibles -l'électronique- est partout. Sous différentes formes, on en a tous plein à la maison, dans la voiture, dans les poches. Sans parler bien sûr de tout ce qui est professionnel (médecine, robotique industrielle, aéronautique, spatial...). Les découvertes successives au milieu du XX^{ème} siècle du transistor, du circuit intégré et des microprocesseurs -et de l'informatique qui va avec- sont à l'origine d'une gigantesque révolution scientifique, technique et industrielle. Depuis plus de 40 ans, le **doublement régulier des performances tous les deux ans** a créé une dynamique d'évolution qui n'a aucun équivalent. Tout a été bouleversé : nos modes de vies, nos civilisations, nos industries, nos économies, notre culture. Selon **Alvin Toffler** -écrivain et sociologue américain- auteur de la théorie des vagues de développement de l'humanité, nous sommes désormais dans la *vague de la connaissance* caractérisée par le fait que le pouvoir est associé au savoir : internet, multimédia, informatique (ne pas oublier que sans électronique pas d'informatique). Une miniaturisation de plus en plus poussée, et des coûts de production exponentiellement décroissants, sont à la base de cette véritable invasion.

Vers la fin du XIX^{ème} siècle, on commence à utiliser les propriétés semi-conductrices de certains cristaux (galène, sélénium), mais sans en comprendre le fondement théorique. L'électronique démarre véritablement en 1904, avec l'invention de la diode à vide par l'anglais **John Ambrose Fleming**. Deux ans plus tard c'est la triode qui est mise au point par l'américain **Lee De Forest** (on parle aussi de tube à vide). Elle permet l'amplification de signaux, en particulier dans les applications de télécommunications. Dès 1916, l'action du **général Ferrié** conduit à la fabrication 100 000 tubes TM (*Télégraphie Militaire*). De nombreux perfectionnements ou variantes (électrodes supplémentaires, œil magique, tubes Nixie...) vont accompagner une véritable pluie d'inventions où l'électron révèle sa polyvalence : 1^{ère} émission radio en 1922 - 1^{er} tube Geiger-Müller en 1928 - 1^{er} électrocardiogramme en 1928 - 1^{er} microscope électronique en 1933 - 1^{er} radar en 1935 - 1^{er} répéteur sur câble sous-marin en 1950. En matière d'informatique, il faut citer l'ENIAC. Considéré comme l'ancêtre de l'ordinateur, il utilisait plus de 17 000 tubes à vide, pesait 30 tonnes, occupait 170 m², consommait 150 kW (10 W par tube). La plus longue période de fonctionnement sans panne fut atteinte en 1954 : 116 heures. On mesure le besoin d'une technologie moins « gourmande » !

Des années 1920 à 1945, on comprend beaucoup mieux le comportement de l'électron, le fonctionnement des semi-conducteurs, et le potentiel que ces derniers renferment. Toutefois on ne sait pas fabriquer les cristaux ultrapurs qui seraient nécessaires. Il faut citer l'allemand **Julius Edgar Lilienfeld** qui déposa plusieurs brevets (1928) décrivant la construction et le fonctionnement des transistors (mais il n'existe aucune preuve qu'ils aient jamais été réalisés et mis en service à cette époque). Lorsque les créateurs du premier transistor voulurent déposer un brevet sur leur invention, ils se virent opposer une fin de non-recevoir sur bien des points en raison de l'existence des brevets Lilienfeld.

C'est en 1947 que 3 américains des Laboratoires Bell Labs **Brattain, Bardeen et Schokley** réalisèrent le premier transistor à points de contact (germanium pur). Ils reçurent le prix Nobel de physique en 1956. Le terme *transistor* provient de l'anglais *transconductance varistor*. Il désigne un dispositif semiconducteur à trois électrodes actives : l'une joue le rôle de commande et permet le contrôle du courant qui transite entre les deux autres. La production industrielle ne tardera pas, notamment en France (dès 1949). Le premier récepteur radio à transistors sort en 1954. On connaît son succès et la «récupération» par le grand public du mot transistor. C'est une véritable révolution qui est en marche. Le transistor gagne sur presque tous les tableaux par rapport au tube à vide : consommation, volume, poids, robustesse, temps de chauffage.

En 1958 **Jack Kilby** de Texas Instruments et **Bob Noyce** de Fairchild intègrent plusieurs composants électroniques avec leurs fils conducteurs d'interconnexion à la surface d'un même support. C'est le premier circuit intégré. Reconnaissance tardive : Jack Kilby ne recevra le prix Nobel de physique qu'en 2000 ! Une croissance fulgurante du degré d'intégration démarre alors qui, en cinquante ans, nous conduit en 2009 à des circuits intégrant plus de 3 milliards de transistors (comme le circuit graphique GT300 nVidia). Il faut noter qu'au passage la représentation analogique des informations (comme avec une horloge à aiguilles) a presque partout laissé la place à la représentation numérique (comme avec une horloge digitale). C'est que le numérique a lui aussi gagné par KO : immunité au bruit, possibilités de traitements, copie sans perte, et bien sûr réalisation performante et économique avec les circuits intégrés de l'électronique logique.

Le premier microprocesseur (4004) apparaît chez **Intel en 1971**. Exploitant les microprocesseurs Intel, le premier micro-ordinateur apparaît en France, sous la direction de **François Gernelle chez R2E en 1973** (Micral N). En 1976 il en est vendu 1 000. Mais R2E ne parviendra pas à financer sa croissance, et sera absorbée pour finalement disparaître (tout le monde n'appréciait pas que R2E -société créée par **André Truong-** bouscule l'informatique de l'époque !). Parallèlement, en 1974, un français, **Roland Moreno**, invente la carte à puce : carte plastique portant un circuit intégré. Il y en a aujourd'hui plus de 2 milliards en utilisation dans le monde (cartes bancaire, cartes Vitale, cartes SIM...).

La progression de la performance des microprocesseurs depuis 40 ans n'a aucun équivalent, et peut être imagée ainsi : les mêmes progrès appliqués à l'automobile nous auraient donné une voiture de 100 grammes, consommant un millilitre d'essence aux 100 km, coûtant moins de 1 euro, et roulant à plus de 10 000 km/h. Dès 1975 **Gordon Moore** avait noté que le nombre de transistors des microprocesseurs d'une puce de silicium double tous les 2 ans : une croissance exponentielle ! 35 ans après, le constat reste d'actualité. Mais au fait, constat ou prophétie autoréalisatrice (comme l'a fait remarquer le sociologue des sciences **Robert Merton**) ? Réunissant les grands industriels, l'**ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors)** élabore une feuille de route à 15 ans qui identifie les principales barrières qui empêcheraient que le développement de la microélectronique respecte la loi de Moore ! Alors, 15 milliards de transistors sur une puce en 2016 ?

L'électronique moderne fait des exploits technologiques, mais aussi des exploits industriels et économiques. Les investissements sont monstrueux. Les coûts liés à la conception architecturale des circuits intégrés sont énormes et augmentent de 50 % pour chaque nouvelle génération technologique. Récemment la **société taïwanaise TSMC**, a construit 2 usines gigantesques capables de produire 135 000 plaquettes (wafer) par mois. Chaque usine coûterait 8 milliards \$!

Concluons avec quelques axes de réflexions sur le futur, après ce premier siècle de folie. 1 : l'électronique a un coût écologique important malgré les apparences : une électronique verte, plus respectueuse de l'environnement, est indispensable. 2 : l'électronique (avec sa sœur complice l'informatique) fragilise le respect de la vie privée et des libertés individuelles. 3 : l'électronique a acquis un tel poids que toute dépendance industrielle et économique est à craindre : or, aucune société européenne n'a une taille critique suffisante pour poursuivre seule son développement technologique. 4 : pour ce qui est du futur, **Ray Kurzweil**, informaticien et futurologue américain reconnu, dans son livre *The Singularity is near* paru en 2005 et traduit en français sous le titre de *Humanité 2.0*, utilise 600 pages pour démontrer que les différentes technologies électronique, informatique, biotechnologie, robotique, nanotechnologie convergent très vite, que la loi exponentielle de Moore (doublement tous les X années) s'applique de multiples façons à toutes ces technologies, et finalement que nous n'avons encore rien vu ! A noter que Ray Kurzweil consacre aussi un chapitre aux énormes risques qui se profilent. Terminons par une citation extraite de cet ouvrage : « *Les nouvelles technologies qui conduiront à l'informatique moléculaire tridimensionnelle incluent les nanotubes et les circuits de nanotubes, l'informatique moléculaire, l'auto-assemblage dans des circuits de nanotubes, les systèmes biologiques imitant des circuits assemblés, le calcul grâce à l'ADN, la spintronique (informatique utilisant les spins des électrons) ... et l'informatique quantique. Beaucoup de ces technologies ... et qui dépasseront de loin les capacités d'un cerveau humain* ». A suivre donc...

BIBLIOGRAPHIE

1. **Une brève histoire de l'électronique** – Henri Lilien
2. **Ils ont inventé l'électronique** – D. J. W. Sjobbema
3. **Rapport sur l'évolution du secteur de la micro/nanoélectronique** - CLAUDE SAUNIER Sénateur (*Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques*)
4. **Nanosciences : la révolution invisible** – C. Joachim, L. Plévert
5. **Wikipédia**
6. **Une histoire de la microélectronique** – P. Matherat – GET Telecom Paris
7. **Les nanotechnologies** – Idées reçues – Dominique Vinck
8. **Humanité 2.0** – Ray Kurzweil
9. Nombreux sites internet :
www.itrs.net
<http://subaru.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/electro/mnueltro.html>
<http://tams-www.informatik.uni-hamburg.de/applets/hades/webdemos/index.html>
<http://pagesperso-orange.fr/radio-piffret/Transistors.htm>
<http://www.mev.fr/histoire.htm> etc.