



# **MOOC**

## **INNOVER ET ENTREPRENDRE DANS UN MONDE NUMERIQUE**

### **Chapitre : Le progrès technique**

Module conçu par le Pr. Laurent Gille



## **Introduction**

Avril 1960: Théodore Maiman met au point le premier laser. En pleine guerre froide, les journalistes y voient alors l'invention du rayon de la mort, mais les débouchés seront plus pacifiques et 50 ans plus tard, on trouve des lasers partout.

Novembre 1971: Intel développe le premier microprocesseur. Depuis, ses performances ont doublé tous les deux ans de façon étonnamment régulière.

Aujourd'hui : le réseau de minage validant les transactions en bitcoin totalise une puissance qui s'exprime en zettaflops. Quant au micro-ordinateur, il a désormais la puissance d'un supercalculateur du début des années 2000.

Le progrès des techniques utilisées pour le traitement de l'information est devenu, sur les 50 dernières années, si rapide qu'il a donné naissance à une véritable révolution industrielle. Celle-ci fait évidemment référence aux révolutions connues au 19<sup>ième</sup> siècle, lors de la domestication de l'énergie, mais elle s'opère à un rythme infiniment plus rapide.

## **Des vitesses de progression incroyables**

La progression des performances des dispositifs numériques advient à des vitesses inouïes. Le monde a été confronté à des révolutions technologiques successives, mais les progrès se mesuraient alors sur une échelle arithmétique, traduisant une amélioration de performances d'un facteur constant chaque année. Depuis 50 ans, les performances des techniques numériques explosent littéralement et suivent des lois géométriques. On n'ajoute plus chaque année un facteur constant aux performances existantes, on les multiplie chaque année par un facteur constant.

Pour rendre compte de ce progrès, il faut alors recourir à des représentations logarithmiques, qui permettent de retrouver la linéarité des évolutions. Tout le monde connaît la loi de Moore, du nom de l'un des fondateurs d'Intel. Cette loi illustre les effets du progrès technique sur les microprocesseurs: le nombre de transistors qui s'y trouvent

double tous les deux ans; cette loi n'est évidemment pas une loi de nature physique, mais un objectif que l'industrie des semi-conducteurs a su respecter durant plus de 40 ans. Elle devrait trouver sa limite avec l'atteinte des échelles moléculaires, mais d'autres solutions permettent vraisemblablement de contourner ce "mur" physique. La plupart des technologies numériques connaissent des progressions similaires qui conduisent à considérer la loi de Moore, ou ses équivalents sur d'autres domaines du numérique, comme emblématique.

## **Infiniment grand et infiniment petit**

Exprimées sur les échelles du système décimal, les performances du numérique parcourent deux échelles: celle de l'infiniment grand, qui est celle des performances des systèmes; en 10 à 20 ans on saute d'une unité à la suivante, 1000 fois plus grande. Et l'échelle de l'infiniment petit, celle des échelles auxquelles on travaille la matière, celle de la miniaturisation qui va de pair avec de moindres consommations d'énergie.

La technologie offre actuellement des capacités dépassant le téra et se situe donc entre le péta et l'exa, tandis qu'elle travaille à des échelles micro ou nanoscopiques.

Dire que l'on double les capacités d'un système tous les ans, c'est dire que dans l'année qui vient, on fera autant de progrès que depuis l'origine de ce système. Qui plus est, l'évolution des performances ne conduit pas à des hausses de prix similaires, bien au contraire. Quel que soit le système technique considéré (un ordinateur, un smartphone, une mémoire, un robot, etc.), la hausse des performances se fait rarement à prix constants, mais s'accompagne plutôt d'une baisse des prix.

## **Paradoxe de la vitesse**

Cette vitesse du progrès technique induit des effets paradoxaux, dont trois doivent être soulignés :

Premièrement, toutes les techniques ne progressent pas à la même vitesse, créant des écarts qui s'affirment très vite du fait de la rapidité du

progrès, entre par exemple les technologies logicielles et les technologies matérielles. Cette absence d'homothétie dans le progrès technique conduit à des substitutions fréquentes de techniques dans les systèmes complexes. Elle explique notamment pourquoi à certains moments la modularité s'impose pour permettre de substituer des briques techniques au sein même de ces systèmes complexes.

Deuxièmement, si le progrès résulte fréquemment d'innovations de rupture, comme l'ont été le laser ou le microprocesseur, l'innovation se présente paradoxalement au quotidien de façon très incrémentale pour contrer des attitudes d'attentisme de la part des agents économiques, tant les consommateurs que les producteurs, et afin de ne pas produire de décalages trop forts en matière de concurrence ou d'usages.

Troisièmement, tout projet d'innovation bâti dans un contexte numérique doit anticiper l'univers numérique dans lequel il verra le jour; cette anticipation est délicate, mais rien ne peut rester égal par ailleurs. En 2025, nos smartphones, nos voitures ou nos robots auront la puissance des plus gros supercalculateurs d'aujourd'hui. Autrefois, on trouvait tout à la Samaritaine, grand magasin de la capitale française, dont c'était le slogan, et tout le monde y allait. Aujourd'hui, on trouve tout sur Amazon, et tout le monde y va. Autrefois, tout le monde allait au bal du village, car on y retrouvait tout le monde. Aujourd'hui, c'est sur Facebook que tout l'univers se donne rendez-vous.