



SYSTÈME SUR PUCE

# 1. Introduction et rappels de première

L'an dernier, nous avons étudié en détail le fonctionnement de certains composants contenus dans l'unité centrale d'un ordinateur : le CPU, la mémoire RAM et les bus qui permettent notamment au CPU et à la RAM de s'échanger des informations.

Il y a bien sûr d'autres composants dans un ordinateur. Il y a la carte mère sur laquelle sont placés le CPU et la RAM mais aussi les cartes réseau, les cartes graphiques, le ventilateur (du CPU) ainsi que des branchements pour les périphériques extérieurs (clavier, souris, disque dur, lecteur CD/DVD, port USB, caméra etc.)

Tous ces éléments sont de taille assez conséquente pour un ordinateur fixe comme pour un ordinateur portable. En parallèle, nous avons aujourd'hui tous dans une poche un smartphone dont on dit qu'ils sont de véritables ordinateurs avec parfois des puissances de calcul égalant celles de certains ordinateurs (en fonction du modèle du smartphone et de l'ordinateur bien entendu!).

Comment a-t-on pu miniaturiser les composants d'un ordinateur afin de les faire tenir dans une poche ?

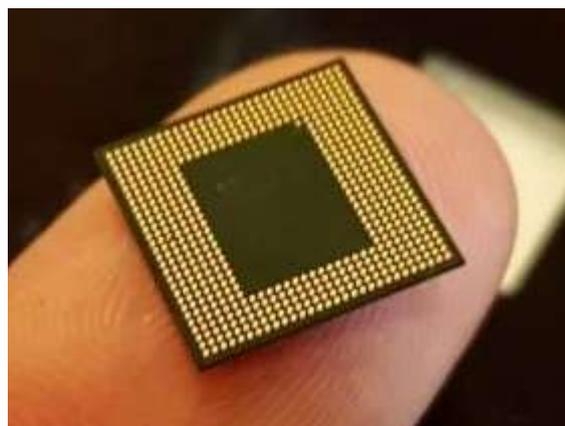
## 2. Système sur puce

### 2.1. Qu'est-ce que c'est ?

Les systèmes sur puce (*SoC* pour *Systems on Chips* en anglais) regroupent, dans un seul circuit intégré, un nombre de fonctions autrefois effectuées par des circuits séparés assemblés sur une carte électronique.

Aujourd'hui, on peut trouver sur un SoC :

- le processeur central à un ou plusieurs cœurs de calcul
- un processeur graphique
- la mémoire vive
- la mémoire statique (Rom, Flash, EPROM, SSD)
- les puces de communications (Bluetooth, WiFi, 2G/3G/4G, Ethernet...)
- les capteurs nécessaires au fonctionnement d'un smartphone, d'un objet connecté ou d'un système embarqué
- etc...

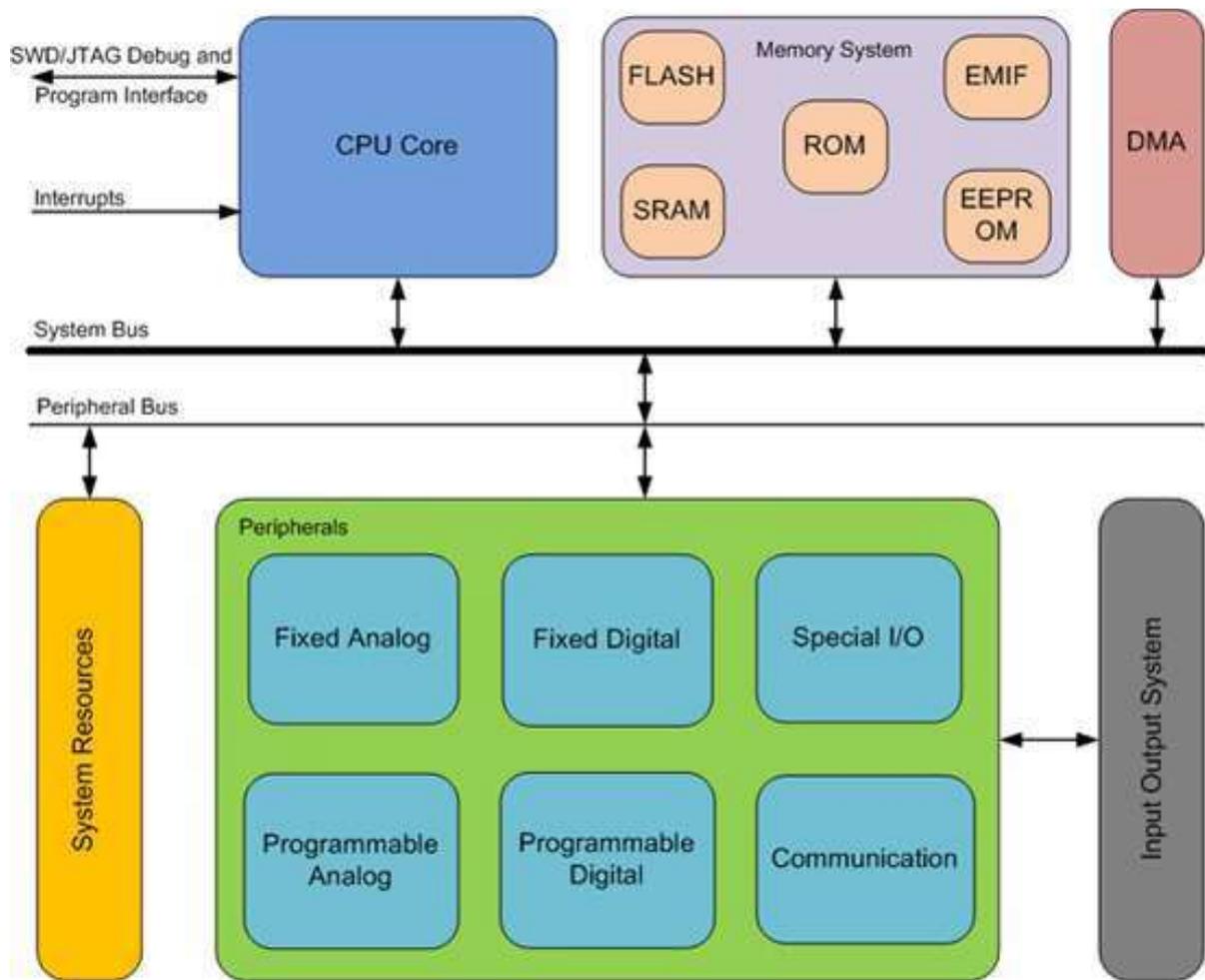


Aujourd'hui, on arrive à graver des SoC avec une précision de l'ordre du nanomètre ( $10^{-9}$  mètre). Cela présente de nombreux avantages :

- ces circuits ont une consommation énergétique réduite. En effet, les circuits où l'information circule étant plus courts et plus fins, le transport des données consomme moins d'énergie (à puissance de calcul équivalente). Cela se traduit par un échauffement des composants très raisonnable.
- ces circuits sont bien plus petits et plus silencieux qu'un système de carte mère d'un PC. Cela s'explique par la taille des composants en eux même très réduite, mais aussi par le fait qu'on peu se passer d'un système de refroidissement car ils chauffent beaucoup moins. Cette miniaturisation permet de réduire la taille et le poids des machines concernées (smartphones ou tablettes par exemples)
- les composants sont plus rapprochés, donc l'information circule plus vite. Cela permet d'améliorer les performances de calcul.
- un système sur puce est bien moins cher à l'achat qu'une carte mère avec des caractéristiques équivalentes. Cela s'explique par un coût de production plus faible (car beaucoup d'automatisation) et un gain de place considérable qui permet de réduire les frais de transport et de stockage.

Le désavantage d'un système sur puce est qu'en cas de panne d'un des micro-composants, il faut changer la puce entière, alors que dans un ordinateur, on peut juste changer le composant en panne.

## 2.2. Schématisation

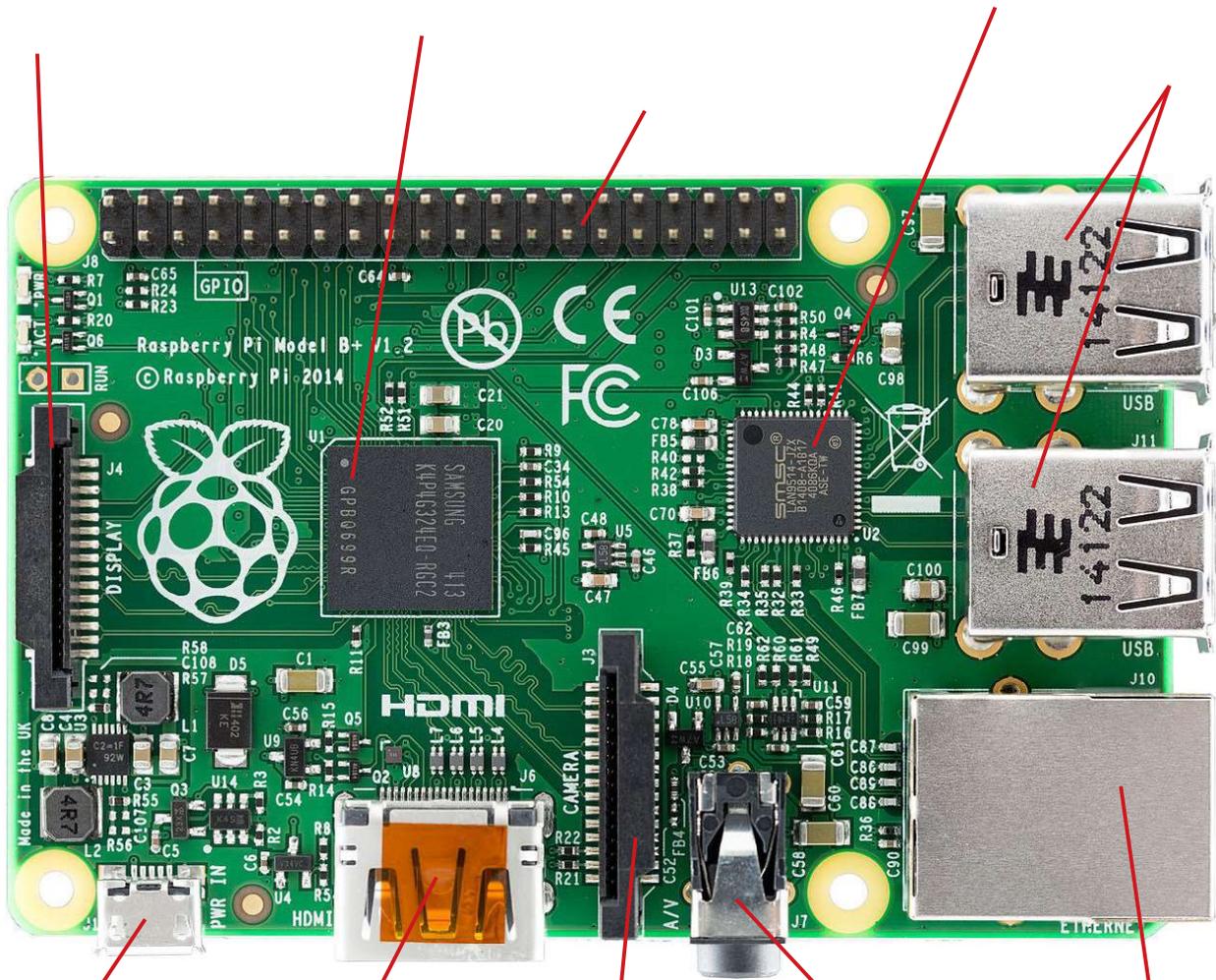


Voici un exemple de schéma de circuit d'un SoC. On y trouve en particulier :

## 2.3. Exemples d'utilisation des SoC

On trouve aujourd'hui des SoC dans les smartphones et dans les tablettes. C'est aussi le cas dans les nano-ordinateurs Raspberry Pi commercialisés à partir de 2012 pour la modique somme initiale de 25 ou 35\$ en fonction du modèle. La motivation de ce projet a été de démocratiser l'accès aux ordinateurs, qui ne sont pas toujours accessibles aux personnes avec un revenu modeste.

Un Raspberry Pi est vendu nu, c'est-à-dire la carte mère seule, sans boîtier, ni câble d'alimentation, ni clavier, ni souris, ni écran, dans l'objectif de diminuer les coûts et de permettre l'utilisation de matériel de récupération. Au milieu de la carte mère, il y a une SoC pour le processeur et une autre pour la carte réseau.



Raspberry Pi 3, modèle B