

## Les systèmes sur puce (SoC)

Dans un ordinateur "classique" tel qu'un PC de bureau, le « hardware » est organisé autour de 4 éléments principaux :

- x le processeur (CPU – Central Processing Unit) se charge de réaliser les calculs les plus courants, ceux qui permettent par exemple de faire tourner le système d'exploitation ou un navigateur web.
- x la mémoire vive (RAM – Random Access Memory) permet d'enregistrer temporairement les données traitées par le processeur.
- x la carte graphique (ou GPU – Graphics Processing Unit) se charge d'afficher une image, qu'elle soit en 2D ou bien en 3D comme dans les jeux.
- x la carte-mère (Motherboard) permet l'acheminement des données entre les composants (CPU, RAM, GPU, disque dur, SSD, cartes réseau ...) via des « BUS ».

Mais depuis le début de l'ère des smartphones et des tablettes, on assiste à l'émergence de systèmes tout-en-un appelé **SoC (System on a Chip)** afin d'optimiser la miniaturisation et l'intégration des différents composants. Ces derniers sont alors bien mieux interconnectés les uns aux autres, avec par exemple une fréquence processeur qui varie en fonction de la fréquence de la carte graphique du fait de contraintes thermiques et de consommation. Un Soc présente donc une structure complètement inédite par rapport à un ordinateur classique où chaque composant est plus ou moins indépendant .



Figure 1: Puce ARM Exynos - Smartphone Nexus S de Samsung

### 1. Composition d'un SoC

Un système sur une puce (SoC) est un système complet embarqué sur une seule puce ("circuit intégré"), pouvant comprendre de la mémoire, un ou plusieurs microprocesseurs, des périphériques d'interface, ou tout autre composant nécessaire à la réalisation de la fonction attendue. On peut intégrer de la logique, de la mémoire (statique, dynamique, flash, ROM, PROM, EPROM, EEPROM), des dispositifs (capteurs) mécaniques, opto-électroniques, chimiques ou biologiques ou des circuits radio...

Les principaux composants couramment rencontrés dans un SoC sont les suivants :

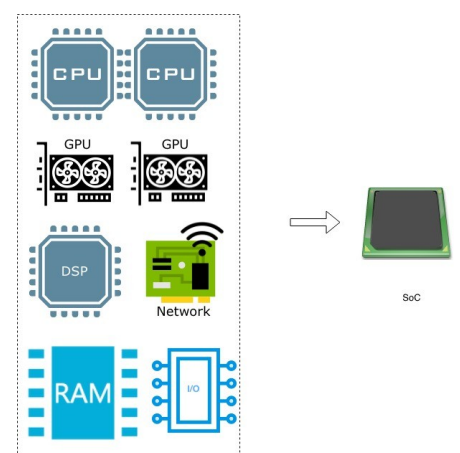


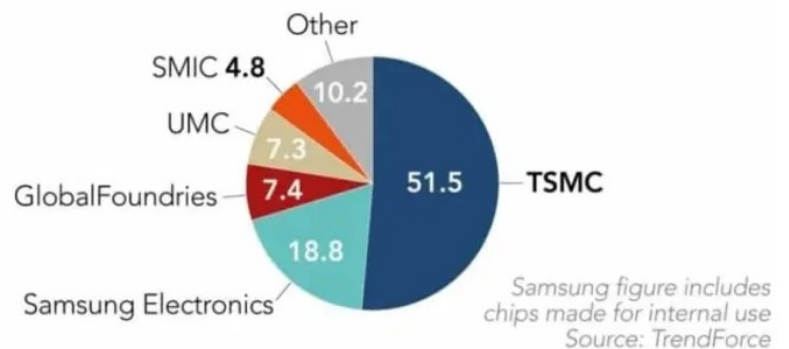
Figure 2: Exemple de composition d'un SoC

Nom	Rôle
<b>CPU</b>	Central Processing Unit : c'est le processeur et chef d'orchestre du SoC comme sur un PC. Il peut être composés de plusieurs cœurs et travaille à une certaine fréquence
<b>GPU</b>	Graphics Processing Unit : en charge de calculer les images affichées à l'écran
<b>ISP</b>	Image Signal Processor : gère les images prises par l'appareil photo
<b>DSP</b>	Digital Signal Processor : gère les signaux en provenance du micro, des accéléromètres, GPS...
<b>Display</b>	Gère l'écran en lien avec le GPU
<b>NPU</b>	Neural Processing Unit : gère tout ce qui est en lien avec le machine learning (reconnaissance vocale, habitudes...)
<b>FPU</b>	Unité de calcul pour nombres flottants (simple ou double précision)
<b>NoC</b>	Gère la communication entre tous les composants
<b>Interface Modem</b>	Interface de communication vers modem 3G/4G/5G, WiFi, Bluetooth...
<b>SPU</b>	Security Processing Unit : gère le cryptage/décryptage des données
<b>Memory</b>	Gère les transferts de données entre CPU et mémoire cache ou mémoire DRAM
<b>Video</b>	Gère le codage/décodage des flux vidéo (MP4)
<b>Audio</b>	Gère le codage/décodage des flux audio (MP3)
<b>Storage</b>	Gère les transferts de données avec la mémoire Flash et/ou la carte SD
<b>GPIO</b>	General Purpose Input Output : entrées/sorties vers boutons, leds

## 2. Marché des SoC



Le marché des SoC est en croissance constante porté par les smartphones. La société TSMC est l'un des principaux fabricants de SoC et fourni notamment : Apple, Broadcom, Qualcomm, MediaTek, AMD, Nvidia...

**Global foundry market share in April-June (In percent)**



### 3. Performances d'un SoC par rapport à système classique

Les systèmes sur puce de part leur conception ont des avantages mais aussi des inconvénients par rapport à une solution traditionnelle type carte mère d'ordinateur

Critère	SoC 	Carte mère PC 
Taille	+++	- - -
Consommation électrique	++	- -
Chaleur dégagée	++	- -
Circulation des données	++	- -
Bruit	++	- -
Adaptation aux besoins spécifiques	+	-
Coût (phase de fabrication)	+	-
Coût (phase de conception)	-	+
Puissance de calcul	-	+
Complexité conception	- -	++
Facilité pour dissiper la chaleur	- -	++
Possibilité de réparation/évolution*	- - -	+++

(\*) concernant l'évolution il existe les PSoc : Programmable SoC qui permettent de pouvoir faire évoluer certaines parties d'un SoC.

#### **Unités utilisées pour comparer les puissances de calcul :**

- ➔ le nombre de transistors
- ➔ le nombre d'instructions exécutées à la secondes (MIPS : Million of Instructions Per Second, GIPS ou TIPS). Souvent utilisé pour les CPU
- ➔ le nombre de calculs effectués par seconde (FLOPS : FLoating-point Operations Per Second). Souvent utilisés pour les GPU
- ➔ les benchmarks



## 4. L'architecture ARM

Dotés d'une architecture relativement plus simple que d'autres familles de processeurs, et bénéficiant d'une faible consommation électrique, les processeurs ARM (Advanced Risc Machine) sont devenus dominants dans le domaine de l'informatique embarquée, en particulier la téléphonie mobile et les tablettes. Les architectures ARM reposent sur des processeurs à **jeux d'instructions réduit RISC** (Reduced Instruction Set Computer) 32 bits (ARMv1 à ARMv7) ou 64 bits (ARMv8).

Aujourd'hui, ARM est surtout connu pour ses systèmes sur puce (SoC), intégrant sur une seule puce : microprocesseur, processeur graphique (GPU), DSP, FPU, SIMD, et contrôleur de périphériques. Ceux-ci sont présents dans la majorité des smartphones et tablettes.

ARM propose des architectures qui sont vendues sous licence de propriété intellectuelle aux concepteurs. Ils proposent différentes options dans lesquelles les constructeurs peuvent prendre ce qui les intéresse pour compléter avec leurs options propres ou de concepteurs tiers. ARM propose ainsi pour les SoC les plus récents les microprocesseurs Cortex (Cortex-A pour les dispositifs portables de type smartphones et tablettes, Cortex-M pour le couplage à un microcontrôleur, Cortex-R pour les microprocesseurs temps réel), des processeurs graphiques (Mali), des bus AMBA sous licence libre, ainsi que les divers autres composants nécessaires à la composition du SoC complet. Certains constructeurs, tels que Nvidia, préfèrent produire leur propre processeur graphique, d'autres, comme Samsung, préfèrent prendre dans certains cas un processeur graphique de prestataire tiers ou d'ARM selon les modèles, et d'autres, comme Apple, modifient certains composants du microprocesseur en mélangeant plusieurs architectures processeur ARM.



Une particularité des processeurs ARM est leur mode de vente. En effet, ARM Ltd. ne fabrique ni ne vend ses processeurs sous forme de circuits intégrés. La société vend les licences de ses processeurs de manière qu'ils soient gravés dans le silicium par d'autres fabricants. Aujourd'hui, la plupart des grands fondeurs de puces proposent de l'architecture ARM.

