



Dossier thématique

**Les semi-conducteurs :  
fondement stratégique  
au service de l'économie  
numérique**



***"C'est le plus grand investissement industriel des dernières décennies hors nucléaire et un grand pas pour notre souveraineté industrielle."***

**Bruno Le Maire, ministre de l'Économie, à propos de l'aide publique de 2,9 milliards d'euros accordée à STMicroelectronics pour sa nouvelle usine française**

La numérisation de l'économie, couplée à la transition énergétique qui incite à électrifier massivement les usages, transforme le statut des semi-conducteurs.

Ces composants électroniques, historiquement réservés à l'informatique et aux télécommunications, deviennent la clé de voûte des développements technologiques, depuis les véhicules électriques jusqu'à l'industrie 4.0 en passant par les infrastructures d'énergie renouvelables.

La demande est plus forte que jamais et ne devrait qu'augmenter à l'avenir, alors que le secteur sort tout juste d'une pénurie engendrée par les difficultés causées par la crise de Covid-19.

Alors que les industriels de nombreux secteurs réalisent qu'il leur faut sécuriser leur approvisionnement au plus vite, les États s'engagent dans la même réflexion. Désormais considérées comme des actifs stratégiques, ces puces se trouvent mêlées à des enjeux géopolitiques : les États-Unis et l'Europe veulent réduire leur dépendance à l'Asie, qui accapare la majorité de la production, et multiplient les dizaines de milliards de subventions pour attirer les fabricants sur leur sol. La Chine, première consommatrice mondiale mais encore largement importatrice, cherche également à renforcer son indépendance.

Au centre du jeu, Taïwan est devenu l'épicentre international des semi-conducteurs grâce à TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing), plus importante fonderie du monde.

Entre construction de nouvelles usines de production et recherche-développement afin d'améliorer le rendement des puces, le secteur s'avère plus dynamique que jamais. Même les considérations écologiques, qui alertent sur l'énorme consommation d'électricité et d'eau nécessaire à la fabrication de ces composants, semblent insignifiantes face à l'importance stratégique du secteur pour l'ensemble de l'économie.

## Sommaire

1. **Des composants électroniques indispensables à l'infrastructure technologique**
2. **Une R&D dynamique, source de création de valeur**
3. **Des relais de croissance dans de nombreux domaines**
4. **Un rôle crucial dans la sécurité nationale et la souveraineté technologique**





# Partie 1

# Le marché des semi-conducteurs attire toutes les attentions

## Synthèse

**Fortement touchée par les pénuries, en raison de la crise de Covid-19, puis par l'inflation, l'industrie des semi-conducteurs sort néanmoins gagnante de ces années compliquées. Désormais indispensables au sein d'une économie de plus en plus numérisée, ces puces électroniques deviennent un enjeu autant économique que souverain.**

*Par Samuel Arnaud - Publié le 19/06/23*

## Faits, tendances et initiatives

- ❖ Le marché des semi-conducteurs était évalué à 412 milliards de dollars en 2019. Deux ans plus tard, il s'affiche à 527 milliards, et pourrait **frôler les 600 milliards en 2022** selon les prévisions du cabinet Deloitte. La demande n'est pas près de s'estomper tant les semi-conducteurs apparaissent comme **des éléments clés des transitions numérique et également écologique**, en raison de l'électrification massif des usages.
- ❖ Les effets combinés de l'inflation, des pénuries et de difficultés de recrutement dans la filière pourraient cependant **ralentir le marché en 2023**. Il repartirait toutefois **à la hausse les années suivantes** pour s'établir à 675 milliards de dollars en 2026, suivant une croissance annuelle moyenne de 6,4 % entre 2021 et 2026.
- ❖ En 2021, 1 150 milliards de puces avaient été vendues dans le monde d'après la Semiconductor Industry Association. Selon le cabinet Roland Berger, **l'informatique représente 40 % du marché et les télécommunications 20 %**. Suivent trois segments aux

alentours de 10 % : l'automobile, l'industrie et les produits de consommation. Les autres secteurs clients se partagent les 10 % restants (aérospatial, défense, médical, etc.).

- ❖ Les États prennent conscience de l'importance de ces composants et cherchent à **réduire leur dépendance à l'Asie**, principal territoire de fabrication des semi-conducteurs. Les plans de subventions et d'investissement, afin **d'attirer les industriels**, se multiplient : 52 milliards de dollars avancés par les États-Unis, 43 milliards d'euros par l'Union européenne...

## Sélection d'acteurs

- Intel (États-Unis, 63,6 milliards de dollars de chiffre d'affaires estimé en 2022) : le fabricant a traversé une passe difficile en 2022, souffrant du ralentissement du marché du PC et du retard pris sur le développement de la nouvelle génération de processeurs dédiés aux centres de données.
- Nvidia (États-Unis, 26,9 milliards de dollars de chiffre d'affaires estimé en 2022) : ce concepteur de puces, qui sous-traite sa fabrication, apparaît comme le leader de son segment avec une capitalisation boursière dépassant les 400 milliards de dollars. Si ses puces graphiques dédiées aux jeux vidéo et au minage de cryptomonnaies ont baissé d'un ton en 2022, celles dédiées aux centres de données ont affiché une belle forme.
- AMD (États-Unis, 23,5 milliards de dollars de chiffre d'affaires estimé en 2022) : en chute sur le segment PC, en forte hausse sur celui de puces pour serveurs, AMD parvient à l'équilibre. L'entreprise veut continuer à accélérer sur ce second segment, où elle est déjà passée de 1 à 11 % de parts de marché à l'échelle mondiale depuis 2018.
- ASML Holding (Pays-Bas, 21,2 milliards d'euros de chiffre d'affaires estimé en 2022) : ce spécialiste des machines pour la fabrication de puces bénéficie d'une position dominante, avec près de 60 % du marché sous sa coupe. Deux obstacles viennent cependant l'entraver : le caractère cyclique du marché des semi-conducteurs, qui entraîne des baisses régulières d'activité, et la géopolitique, qui limite ses exportations vers certains territoires, notamment la Chine.
- STMicroelectronics (France/Italie, 15,6 milliards d'euros de chiffre d'affaires estimé en 2022) : le fondateur franco-italien se diversifie pour

ne plus dépendre des produits électroniques, en se tournant notamment vers l'automobile. Il reste optimiste pour l'avenir et prévoit de bâtir une nouvelle usine à Catane (Italie) pour sécuriser ses approvisionnements en substrats de silicium.

- Infineon (Allemagne, 14,2 milliards d'euros de chiffre d'affaires estimé en 2022) : comptant parmi les premiers fondeurs européens, le groupe compte de nombreux secteurs clients, dont l'automobile, les énergies renouvelables ou les objets connectés. Cette large couverture fait ses affaires : Infineon a relevé plusieurs fois ses objectifs financiers en 2022 et souhaite débiter la construction d'une nouvelle usine à Dresde (Allemagne) en 2023.
- ASM International (Pays-Bas, 2,3 milliards d'euros de chiffre d'affaires estimé en 2022) : ancienne maison-mère d'ASML, cette société s'est spécialisée dans la technique de gravure ALD. Un pari payant puisque son chiffre d'affaires, en croissance, pourrait avoisiner les 3 milliards d'euros en 2025.
- Soitec (France, 1,1 milliard d'euros de chiffre d'affaires estimé en 2022) : producteur de substrats semi-conducteurs utilisés dans la fabrication des puces, le groupe français affiche sa solidité sur les segments de l'automobile et des télécoms, qui viennent contrebalancer la baisse de celui des smartphones. Il compte renforcer sa production via une quatrième usine nécessitant 220 millions d'euros d'investissement à Bernin (Isère).
- X-Fab (Belgique, 717 millions d'euros de chiffre d'affaires estimé en 2022) : spécialiste des circuits analogiques ou mixtes et de microsystèmes électromécaniques, le fondeur belge voit son chiffre d'affaires progresser, porté par la demande en hausse dans l'automobile. Il devrait finir 2022 au-delà des 700 millions d'euros, contre 577 millions en 2021.
- Kalray (France, 14,5 millions d'euros de chiffre d'affaires estimé en 2022) : ce petit concepteur de puces pourrait passer un cap grâce à la signature d'un important contrat sur cinq ans avec une société cotée au Nasdaq, restée anonyme mais dont la capitalisation boursière dépasse les 100 milliards de dollars. L'accord porte sur la fourniture d'une nouvelle génération de cartes d'accélération.

## Chiffres clés

(sources : Deloitte, Semiconductor Industry Association)

- 527 milliards de dollars : la valeur du marché mondial des semi-conducteurs en 2021. Elle était à 335 milliards en 2015, 412 milliards en 2019, et est attendue aux alentours de 675 milliards en 2025.
- 1 150 milliards : le nombre de puces vendues dans le monde en 2021.
- 500 milliards de dollars : le montant des pertes estimées chez les clients des fabricants de semi-conducteurs en raison de la pénurie de composants ayant fait son apparition depuis 2020.

## Paroles d'expert

" L'effet de cyclicité n'appartient pas au passé. Après une année 2022 mouvementée, on s'attend à voir une baisse d'au minimum 5 % du marché en 2023. [...] La croissance à long terme [devrait néanmoins être] comprise entre 5 et 10 %."

"Les pouvoirs publics ont trop longtemps sous-estimé l'importance des semi-conducteurs dans le mode de vie moderne. [...] [Il y a] une course entre Vieux Continent et Nouveau Monde pour rattraper l'Asie."

Michael Alexander, partner spécialisé en électronique chez Roland Berger

Samuel Arnaud

Synthèse rédigée d'après l'article "Vers un retour en grâce des semi-conducteurs après plusieurs

revers", in *Investir – Le Journal des finances*, n° 2553, 10 décembre 2022

# Semi-conducteurs : un écosystème complexe regroupant des acteurs variés

## Infographie

**L'industrie des semi-conducteurs présente un écosystème complexe, entre concepteurs, sous-traitants, fabricants intégrés et autres acteurs positionnés plus en amont de la chaîne.**

*Par Samuel Arnaud - Publié le 19/06/23*

## Différents types d'acteurs positionnés au sein de la chaîne de valeur des semi-conducteurs

L'écosystème des semi-conducteurs s'avère complexe, notamment au niveau de la fabrication. Le marché se divise en deux : d'un côté, les concepteurs, qui sous-traitent ensuite leur fabrication auprès de fonderies spécialisées dans la production ; de l'autre, les acteurs intégrés, qui prennent en charge toute la chaîne de fabrication. De grands groupes se positionnent sur ces deux segments, produisant à la fois pour eux et prenant le rôle de sous-traitant pour des clients externes. C'est le cas de Samsung ou d'Intel, qui s'est lancé dans la fonderie en 2021.

Si la conception est dominée par les États-Unis, la fabrication a majoritairement lieu en Asie, avec une concurrence intensive entre plusieurs pays (Corée du Sud, Taïwan, Chine, etc.). L'Europe paraît mal placée dans la chaîne de valeur, malgré la présence de certains acteurs clés dans les équipements et les matériaux. Côté français, quelques noms ressortent (STMicroelectronics dans la fabrication, Soitec dans la fourniture de matériaux) et tentent de se faire une place aux côtés des leaders internationaux.

### Fournitures d'équipements et de matériaux

#### Fournisseurs de machines et d'équipements pour la fabrication de semi-conducteurs

-  Applied Materials
-  Lam Research
-  ASML
-  TEL
-  KLA Corporation

...

#### Fournisseurs de matériaux pour la fabrication de semi-conducteurs

-  Wolfspeed
-  SUMCO
-  Siltronic
-  Shin-Etsu Handotai
-  SK Siltron

...

### Conception, fabrication et commercialisation

#### Fabricants (conception, fabrication et commercialisation de semi-conducteurs)

(parts de marché 2020)

-  Intel (15,6 %)
-  Samsung (12,5 %)
-  SK Hynix (5,6 %)
-  Micron (4,9 %)
-  Texas Instruments (2,9 %)

...

#### Fabless (conception et commercialisation de semi-conducteurs, mais fabrication sous-traitée)

-  Qualcomm
-  Nvidia
-  Broadcom
-  MediaTek
-  AMD

...

#### Fonderies (fabrication de semi-conducteurs à la demande pour des clients externes)

(parts de marché 2021)

-  TSMC (54 %)
-  Samsung (17 %)
-  UMC (7 %)
-  GlobalFoundries (7 %)
-  SMIC (5 %)

...

### Consommation finale

#### Industriels divers

- Informatique
- Télécommunications
- Automobile
- Électronique industrielle
- Électronique grand public

...

# Des débouchés de plus en plus nombreux pour les semi-conducteurs

## Article

**Les semi-conducteurs, nouvel or noir du XXIe siècle ? La numérisation croissante de l'économie et l'électrification grandissante des usages font de ces composants électroniques des pièces désormais cruciales pour de nombreuses industries.**

*Par Samuel Arnaud - Publié le 20/06/23*

Si l'informatique et les télécommunications étaient et resteront les secteurs les plus consommateurs de semi-conducteurs, d'autres domaines ont de plus en plus recours à ces composants, primordiaux au fonctionnement de tout appareil électronique : automobile, industrie... "Ils sont également présents dans des secteurs cruciaux pour la défense et la sécurité nationale, dont les systèmes d'armes ou bien la technologie aérospatiale", relate le média en ligne *Le Grand Continent*. Ce sont ces "nouveaux" secteurs dont les besoins vont croître le plus au cours des années à venir. Selon le cabinet McKinsey, le marché des semi-conducteurs dédiés à l'automobile pourrait tripler entre 2021 et 2030, tandis que celui des puces pour l'électronique industrielle et l'électronique grand public ferait plus que doubler de taille.

## **La numérisation fait exploser la demande**

"Alors qu'ils étaient présents seulement dans nos ordinateurs il y a quelques années, les semi-conducteurs sont maintenant partout : dans nos voitures, nos avions, nos appareils ménagers. Ils sont même les composants de base des produits de demain : carte de visite intégrée dans les ongles, intelligence artificielle, voiture autonome, aérospatial, 5G, calcul quantique...", indique le magazine *Pour l'Éco*. L'économie numérique se montre très gourmande en semi-conducteurs, et les évolutions technologiques devraient encore accentuer cette tendance à l'avenir. Dans les secteurs traditionnels d'utilisation, la demande s'affiche déjà en hausse en raison d'ordinateurs et de smartphones de plus en plus puissants, de nouveaux usages (intelligence artificielle, minage de cryptomonnaies, technologies quantiques, etc.) ou du déploiement des périphériques 5G.

En parallèle, les automobiles, désormais régulièrement définies comme des "logiciels sur roues", peuvent nécessiter jusqu'à 3 000 puces, notamment lorsqu'elles sont électriques. L'automatisation continue de l'industrie, via la robotique ou l'IA, accroît également le nombre de semi-conducteurs dans les équipements au sein des usines. D'autres secteurs d'activité se dotent de plus en plus de produits et de pièces numériques, soit autant de nouveaux débouchés pour les semi-conducteurs. Dans le médical (dispositifs médicaux portables ou implantables, appareils connectés et intelligents, etc.), le marché des semi-conducteurs pourrait progresser de plus de 10 % par an en moyenne jusqu'en 2026 selon Mordor Intelligence. Sur le volet militaire, les puces électroniques s'affirment comme des "composants indispensables à l'armement moderne", d'après *L'Usine digitale*. Dans l'aéronautique, "des moteurs à l'avionique, en passant par les trains d'atterrissage, la filière est elle aussi très consommatrice", souligne *L'Usine Nouvelle*.

## **La transition énergétique favorise le marché**

L'électrification d'activités traditionnelles, qui s'impose comme l'un des piliers de la transition énergétique, entraîne une hausse des besoins en semi-conducteurs, composants chargés de réguler des flux électriques. Les technologies vertes, les énergies renouvelables (éoliennes, panneaux solaires, batteries, etc.) ou les nouvelles mobilités ont donc massivement recours à ces puces, et constituent autant de nouveaux secteurs clients pour le marché et ses fabricants. Les travaux de R&D menés par l'industrie s'intéressent d'ailleurs à l'amélioration des performances des semi-conducteurs, pour qu'ils puissent offrir davantage de puissance tout en consommant moins d'énergie.

Cet enjeu écologique interroge nécessairement sur l'impact de l'industrie elle-même : si elle s'avère essentielle pour la transition énergétique, elle doit également participer à l'effort collectif. Or, la hausse de la production pourrait multiplier par deux et demi la consommation d'électricité du secteur d'ici 2030, alerte Greenpeace. À cette date, la fabrication de semi-conducteurs dans le monde pourrait émettre autant de CO<sub>2</sub> qu'un pays comme le Portugal. Derrière les enjeux économiques se cache donc pour les fabricants un enjeu écologique, afin de ne pas encourager un mal, le réchauffement climatique, qu'ils estiment participer à combattre. TSMC, Samsung et SK Hynix, trois des plus grands acteurs du domaine, ont déjà annoncé viser la neutralité carbone pour 2050.

*Samuel Arnaud*



# Partie 2

# Des dépenses de R&D en hausse constante dans le secteur des semi-conducteurs

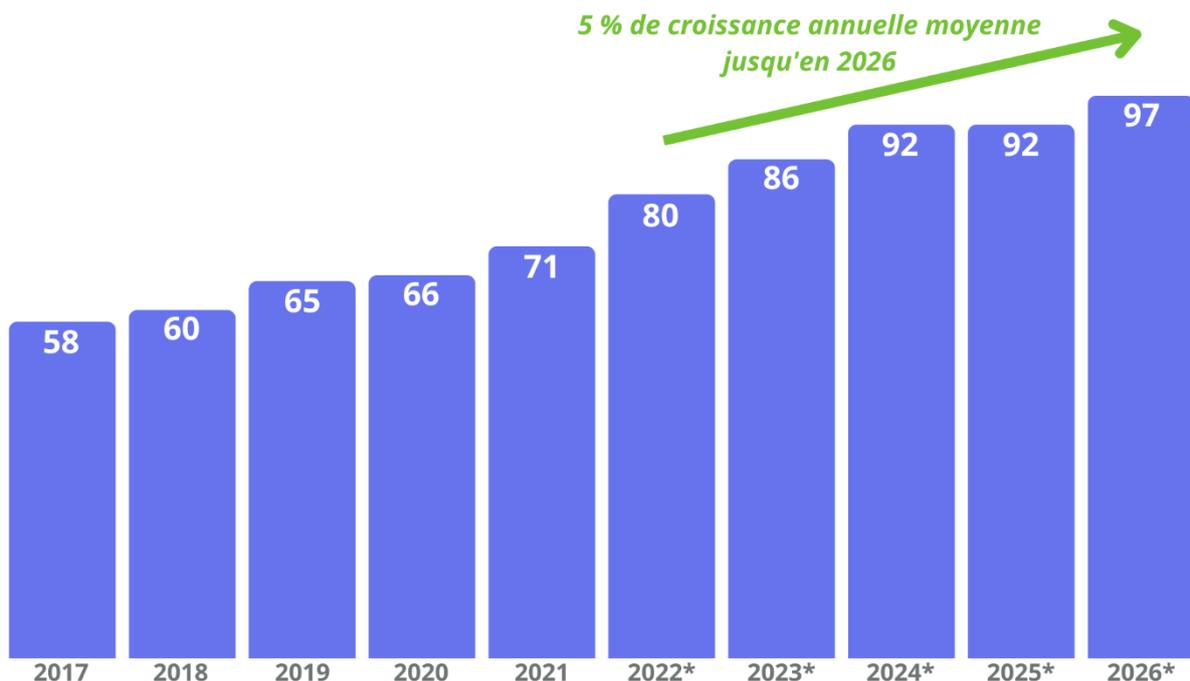
## Infographie

**Les dépenses en R&D des industriels des semi-conducteurs ne cessent d'augmenter depuis plusieurs années. Le mouvement devrait continuer à s'amplifier, jusqu'à flirter avec les 100 milliards de dollars de dépenses par an d'ici 2026.**

*Par Samuel Arnaud - Publié le 19/06/23*

### Dépenses en R&D de l'industrie mondiale des semi-conducteurs

*(en milliards de dollars, \*prévisions)*



Traitement IndexPresse. Source : IC Insights

Samuel Arnaud

# Le carbure de silicium, nouvelle priorité des fabricants de semi-conducteurs

## Article

**Possédant une meilleure conductivité thermique et capable de supporter des tensions plus élevées que le silicium, le carbure de silicium (SiC) s'impose désormais comme un composant clé dans l'industrie du semi-conducteur.**

*Par Samuel Arnaud - Publié le 20/10/22*

Estimé à 1,1 milliard de dollars en 2021, le marché mondial du carbure de silicium pourrait atteindre 6,3 milliards de dollars en 2027 selon le cabinet Yole Développement. Les atouts mécaniques et énergétiques de cette matière première lui offrent des débouchés dans de nombreux secteurs.

### **Le véhicule électrique tire la demande**

À horizon 2026, les modules en carbure de silicium représenteront près d'un tiers du marché des semi-conducteurs d'électronique de puissance dans les véhicules électriques, évalué à 5,6 milliards de dollars par Yole Développement.

L'électrification du parc automobile constitue le premier levier de croissance pour le SiC, dont les propriétés s'avèrent idéales pour gérer au mieux l'alimentation et la circulation électrique dans les véhicules. « Il y a environ 30 % de pertes en moins par rapport à un module en silicium », le matériau privilégié jusque-là au sein des transistors de puissance, explique Rémi Bastien, directeur de la recherche et de l'innovation chez Renault.

Plusieurs grands constructeurs d'automobiles électriques ont déjà pris le virage du carbure de silicium, notamment Tesla, Lucid Motors et BYD. « Les acteurs de la filière se mettent en ordre de marche pour que le SiC soit utilisable à grande échelle à partir de 2025. C'est le moment où la montée en puissance du marché sera la plus forte », estime Rémi Bastien.

Derrière, d'autres secteurs d'activités cherchent à optimiser leur efficacité énergétique et se montrent intéressés par le SiC, comme les énergies renouvelables, les datacenters ou l'industrie. Enfin, le carbure de silicium trouve des usages dans des segments plus précis : résistance accrue à la corrosion au sein des réacteurs chimiques, lasers plus légers et efficaces pour les télécommunications optiques des satellites, etc.

## **Fabricants et fournisseurs multiplient les investissements**

Deux obstacles viennent freiner le développement du marché : une offre limitée, seuls trois fournisseurs se positionnant historiquement sur la fabrication de substrats de carbure de silicium (Wolfspeed et Coherent aux États-Unis, SiCrystal en Allemagne) ; et des coûts importants, une puce en SiC étant environ cinq fois plus chère à produire que son équivalent en silicium, indiquait en 2021 Elena Barbarini, directrice du département des dispositifs semiconducteurs chez System Plus Consulting.

Afin de réduire ces coûts et d'augmenter la disponibilité du SiC, les grands acteurs du secteur s'activent. En 2019, Wolfspeed annonçait un investissement de 1 milliard de dollars sur cinq ans dans son usine de Mohawk Valley (New York). Trois ans plus tard, elle dévoilait son projet de construire un nouveau site de production à Chatham County (Caroline du Nord), suivant un investissement de 5 milliards de dollars. Le groupe américain veut ainsi multiplier sa capacité de production de carbure de silicium par dix d'ici 2030.

En France, STMicroelectronics a sécurisé ses approvisionnements en rachetant en 2019 l'entreprise suédoise Norstel, spécialisée dans les plaquettes en carbure de silicium. À l'automne 2022, il a aussi confirmé sa volonté de bâtir une usine de fabrication de substrats de SiC en Italie, « la première du genre en Europe, [qui] intégrera toutes les étapes du flux de production ». 730 millions d'euros d'investissement sont prévus.

Soitec, autre grand fabricant français de composants électroniques, a également opté pour une acquisition en mettant la main sur la société française NovaSic, centrée sur le polissage et la régénération de plaquettes sur carbure de silicium. Il a aussi conclu un partenariat avec le spécialiste tricolore des matériaux Mersen afin de développer une nouvelle famille de SiC dédiée à l'amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules électriques.

En parallèle de ces investissements massifs, la dynamique à l'œuvre s'observe en recherche-développement. Il s'agit de fiabiliser et d'optimiser les procédés de fabrication de substrats, très complexes et techniques, et de commencer à augmenter le diamètre des pièces produites, pour ne plus se contenter du standard de 150mm. Autant de développements qui confirment la route ascendante sur laquelle se situe le carbure de silicium.

*Samuel Arnaud*

# Les puces FPGA ouvrent de nouvelles voies pour les semi-conducteurs

## Synthèse

**Les évolutions des semi-conducteurs ont conduit à l'apparition de puces FPGA entièrement reprogrammables à la demande et à distance. Un fonctionnement qui bouleverse autant le travail des designers et des développeurs que des industriels clients.**

*Par Samuel Arnaud - Publié le 20/06/23*

### Faits, tendances et initiatives

- ❖ Les FPGA (field-programmable gate array) sont des puces électroniques disposant d'une grille d'unités logiques programmables, permettant de "flasher" le schéma d'un circuit intégré sur une puce générique. Si elle existe depuis les années 1980, cette technologie a évolué et offre désormais la possibilité de **reprogrammer des puces à la demande**. Il est ainsi possible de **réaliser une mise à jour à distance**, sans avoir à changer les composants, un atout majeur pour de nombreux secteurs (spatial, automobile, etc.). Les progrès technologiques ont aussi débouché sur la multiplication du nombre de cellules logiques placées sur une seule puce, ce qui élargit les usages possibles.
- ❖ Les FPGA apparaissent donc désormais comme une alternative possible aux ASIC (application-specific integrated circuit), des applications possédant leur circuit intégré dédié. Les secondes s'avèrent plus performantes mais possèdent des délais et des coûts de production plus élevés (excepté sur les grandes séries), tandis que les premières bénéficient d'une disponibilité plus rapide. Cette accessibilité simplifiée **facilite la mise au point de microprocesseurs** : n'importe quelle start-up peut tester son design de puce et ses composants sur un FPGA, sans faire exploser ses coûts.

- ❖ Certaines jeunes pousses se sont spécialisées dans la mise au point de FPGA, généralement destinées à un domaine précis (objets connectés, embarqués, datacenters, etc.). Les géants de l'informatique ont d'ailleurs réalisé plusieurs acquisitions pour se renforcer sur ce segment, à l'image du rachat d'Altera par Intel en 2015 ou de Xilinx par AMD en 2022. **Le marché paraît donc assez dynamique**, avec plusieurs types d'acteurs présents et proposant des offres variées, allant des composants FPGA très coûteux à des produits plus simples pensés pour des applications de faible consommation.
  
- ❖ Plus rapides à développer, offrant la possibilité d'améliorer les applications et de les mettre à jour à distance, possédant une large gamme d'utilisations, les puces FPGA présentent de nombreux avantages. Reste une faiblesse : la sécurité, puisque l'application d'une mise à jour à distance ouvre la porte à une interception par un tiers au moment de la manœuvre. **La lutte contre les vulnérabilités** représente donc un axe de travail crucial pour les fabricants de FPGA (renforcement du chiffrement des échanges, mise en place de nouveaux algorithmes, etc.).

## Paroles d'expert

"Certains composants ne pouvaient être flashés qu'une seule fois. C'était très courant pour ceux dédiés au spatial. Or, pouvoir reconfigurer un FPGA a grandement amélioré la maintenabilité des équipements. Il y a aujourd'hui beaucoup d'équipements électroniques embarqués dans l'aéronautique, l'automobile et le ferroviaire. Disposer de la capacité de faire des mises à jour à distance est extrêmement précieux pour un industriel. Il n'est plus nécessaire de démonter et remplacer le composant pour upgrader un équipement."

"[L'amélioration de la sécurité des FPGA] passe par un durcissement du lien de communication avec lequel on va échanger des données avec le composant. Aujourd'hui, les FPGA sont embarqués dans une grande variété de produits et sont interconnectés. Ces échanges doivent être chiffrés."

Arnaud Daniel, directeur technique du bureau d'études en électronique Elsys Design

"Jusqu'à récemment, vouloir concevoir un nouveau microprocesseur était un projet extrêmement coûteux et réservé à quelques très gros industriels de semi-conducteurs. Aujourd'hui, il n'est même plus nécessaire de produire une puce : une start-up peut prendre des outils logiciels open source pour créer la Netlist de son composant [une description détaillée] et tester son design de puce sur un FPGA. Cela permet à la start-up de valider son design avant de se tourner vers un fondeur pour produire le composant ou même vendre directement son IP [intellectual property] à un industriel qui va l'intégrer à ses offres."

Bernard Goosens, professeur à l'université de Perpignan

"Il existe des FPGA adaptés à des usages très différenciés, pour chaque secteur. Sur le haut du marché, une évolution majeure fut l'utilisation de FPGA par Microsoft en tant qu'accélérateurs pour l'intelligence artificielle. De nombreux fournisseurs cloud ont suivi et proposent des services en ligne qui s'appuient sur de très gros composants FPGA. Ceux-ci comptent plusieurs millions d'unités logiques et leur coût peut dépasser 10 000 dollars pièce. De l'autre côté de l'offre, on trouve Lattice qui propose de tout petits FPGA, à partir de quelques centaines de cellules logiques, plutôt dédiées aux applications de faible consommation avec un prix compris entre 1 et 10 dollars l'unité."

Yoann Dupret, CTO de Menta, start-up spécialisée dans les FPGA

*Samuel Arnaud*

Synthèse rédigée d'après l'article "Les FPGA, une révolution culturelle dans les semi-conducteurs",

in *Industrie et technologies*, n° 1056, octobre 2022

# Une stratégie à la loupe : comment Soitec s'est relevé pour conquérir l'industrie des semi-conducteurs

## Article

**Au bord de la faillite en 2015, Soitec a réussi à redresser la barre pour devenir, huit ans plus tard, un acteur français majeur de l'industrie des semi-conducteurs. Le groupe a réussi à se transformer en misant sur l'innovation et de nouveaux débouchés porteurs. Une stratégie qu'il compte poursuivre pour pérenniser sa croissance.**

*Par Samuel Arnaud - Publié le 15/06/23*

Fabricant de matériaux de semi-conducteurs, Soitec s'est notamment fait connaître dans les années 2000 pour sa technologie de silicium isolant, permettant d'améliorer la performance des circuits imprimés. Le groupe connaît un bel essor dans l'électronique, avant d'être dépassé par l'arrivée de nouveaux procédés. En perte de vitesse, Soitec tente de se diversifier dans le solaire ou l'éclairage, sans succès, en raison d'une concurrence asiatique féroce et de coûts trop élevés. Proche du dépôt de bilan, l'entreprise, dotée d'une nouvelle direction menée par Paul Boudre, ancien d'IBM et de Motorola, débute alors sa seconde vie.

## **Identifier de nouveaux marchés porteurs d'opportunités et assainir ses finances**

"Paul Boudre est persuadé qu'il faut recentrer Soitec sur la technologie fondatrice qui a fait sa fortune", décrit *Les Échos week-end* à propos du tournant opéré en 2015. La société arrête son pôle solaire et se concentre de nouveau sur l'électronique. La R&D s'active afin de développer un nouveau substrat pour les filtres des radiofréquences, un élément nécessaire aux appareils utilisant l'Internet mobile (3G, 4G, 5G). Le marché des smartphones est en pleine explosion, celui des objets connectés apparaît, et le virage opéré s'avère payant : ses matériaux convainquent peu à peu les principaux fabricants de téléphones et l'entreprise se relance.

En parallèle, Soitec, fortement endetté, fait appel à ses actionnaires pour améliorer sa situation financière. Ses deux investisseurs historiques, CEA Investissement et Bpifrance, sont rejoints par le fonds chinois NSIG, qui représente

également une porte d'entrée vers le marché asiatique. Ensemble, ils apportent 150 millions d'euros pour réduire la dette et relancer les investissements, notamment en R&D. "Les trois investisseurs ont une vision identique : le modèle d'innovation reste une priorité", indiquait alors Paul Boudre.

## **Rester précurseur en R&D et mener une diversification réfléchie**

Soitec est redevenu un acteur international de poids. Ses filtres de radiofréquence ont conquis la 3G, puis la 4G et la 5G grâce à leurs performances et à leur consommation énergétique moindre. La téléphonie représente désormais 70 % du chiffre d'affaires de l'entreprise, qui a terminé l'exercice 2022-2023 à 1,1 milliard d'euros, soit dix fois plus qu'en 2015 (172 millions d'euros).

Conscient des variations pouvant affecter le marché de l'électronique, Soitec cherche à ne pas dépendre d'une activité, d'autant plus que le marché des smartphones tourne au ralenti depuis 2022. Une fois de plus, le groupe mise sur sa capacité à innover pour se diversifier. "À raison de 250 nouveaux brevets déposés chaque année, nous sommes l'une des 50 sociétés françaises les plus actives en termes d'innovation", affirmait en 2021 Bertrand Aspar, directeur général adjoint. La R&D de Soitec le mène notamment vers les véhicules électriques, qui nécessitent de nombreux semi-conducteurs. Ses nouveaux substrats de carbure de silicium doivent offrir une performance énergétique 10 à 20 % meilleure que les produits traditionnels. Le fabricant américain de véhicules Tesla ou l'équipementier allemand Bosch les ont déjà adoptés. Soitec veut capter 30 % du marché du carbure de silicium d'ici 2030, et s'est associé à un autre grand nom français du secteur, STMicroelectronics, pour produire ces nouveaux substrats.

Afin de tenir ses ambitions, Soitec prévoit d'investir 1 milliard d'euros d'ici 2026, dont la moitié sur son site industriel français de Bernin (Isère). Les fonds serviront à renforcer les capacités de production, aussi bien dans les substrats nouveaux que traditionnels, et à soutenir l'innovation. Soitec vise une multiplication par deux de son chiffre d'affaires dès 2025-2026, grâce à la demande en hausse dans les véhicules électriques et à la capacité de ses matériaux à intéresser un grand nombre de secteurs d'activité potentiels.

Samuel Arnaud



# Partie 3

# L'intelligence artificielle, relais de croissance majeur pour Nvidia et ses puces

## Article

**En franchissant la barre des 1 000 milliards de dollars de capitalisation boursière fin mai, le fabricant américain de semi-conducteurs Nvidia semble avoir conquis un nouveau statut. Ses puces puissantes s'imposent comme des références sur le marché de l'intelligence artificielle, avec un temps d'avance sur la concurrence.**

*Par Samuel Arnaud - Publié le 15/06/23*

Historiquement orientées vers les jeux vidéo, les puces graphiques de Nvidia ont profité des progrès technologiques pour devenir des composants essentiels dans de nombreux secteurs : blockchain, cloud, et aujourd'hui intelligence artificielle. En une décennie, sa division "centre de données" est passée de 300 millions à 15 milliards de dollars de revenu, soit plus de la moitié du chiffre d'affaires global du groupe, établi à 27 milliards de dollars en 2022. L'utilisation en hausse de semi-conducteurs dans des domaines variés, depuis les objets connectés jusqu'à l'automobile en passant par la robotique, incite Nvidia à être optimiste pour l'avenir, spécialement à court terme. Jensen Huang, le dirigeant de l'entreprise, a indiqué que cette dernière souhaitait "augmenter considérablement sa capacité de production pour répondre à une demande croissante".

## **L'intelligence artificielle, nouvel eldorado**

Les différentes prévisions font état d'une forte croissance à venir sur le marché des semi-conducteurs dédiés à l'IA. Selon le cabinet Gartner, il pourrait atteindre 110 milliards de dollars en 2027, suivant une augmentation annuelle moyenne de 20 %. Pour xResearch, le secteur pèserait même 228 milliards de dollars d'ici 2030. Nvidia, qui possédait 85 % du marché des processeurs graphiques en 2022 d'après Jon Peddie Research, veut assoir sa domination en maîtrisant son virage vers l'IA, considérée par Jensen Huang comme "une révolution équivalente à celle qu'à constitué l'arrivée de l'iPhone dans l'industrie de la téléphonie portable". "Comme souvent dans le domaine des technologies, le premier arrivé détient un avantage considérable", rappelle *Le Monde*.

Nvidia se concentre plus particulièrement sur l'intelligence générative, mise en lumière par le phénomène ChatGPT. Ces nouveaux outils, capables de produire

par eux-mêmes du texte ou des images, nécessitent des puissances de calcul colossales. Avec ses semi-conducteurs de dernière génération, Nvidia veut répondre à ces besoins et même en imaginer de nouveaux. Lors de Computex, un salon taïwanais ayant eu lieu en mai, Jensen Huang a listé des services inédits qui pourraient bientôt voir le jour : transformation d'appels vidéo 2D en expériences 3D, création de dialogues avec les personnages non-joueurs dans les jeux vidéo, plateforme de "superordinateurs IA" permettant la génération de modèles de langage pour les chatbots génératifs... Des géants technologiques comme Google, Meta ou Microsoft ont déjà accès à ces nouvelles fonctionnalités.

## **Pénurie, concurrence en approche et bulle boursière**

La dynamique de Nvidia se heurte toutefois à plusieurs obstacles. Le premier, le plus récurrent dans le secteur, concerne la crainte d'une pénurie, alors que Nvidia a été régulièrement confronté à un manque de stocks sur ses cartes graphiques depuis 2020. "[Il est plus difficile aujourd'hui] de se procurer des processeurs graphiques que de la drogue", ironisait l'homme d'affaires Elon Musk auprès du *Wall Street Journal*.

Ensuite, la concurrence pourrait contrecarrer les plans de Nvidia. Son principal rival, AMD, a dévoilé en juin un nouveau modèle de puce censé être plus performant que ceux de Nvidia, et qui sera commercialisé en fin d'année 2023. Soutenu par Microsoft, selon les informations de Bloomberg, AMD fait de l'IA générative "sa priorité stratégique numéro un", indique Lisa Su, dirigeante de la société. Intel, autre acteur phare du marché des semi-conducteurs, pourrait également débarquer sur le segment en 2025, de même que plusieurs spécialistes asiatiques. Google et Meta ont aussi fait part de leur volonté de concevoir leurs propres produits. "Une démarche logique pour des entreprises, qui, in fine, contrairement à Nvidia, aspirent à développer les services associés au potentiel de l'IA générative", analyse *Le Monde*.

Enfin, la brusque progression boursière de Nvidia, dont le cours de l'action a plus que doublé en moins d'un semestre, incite certains à la prudence. Cathie Wood, PDG de la société de gestion Ark Invest, estime que le fabricant est surévalué, même si sa réorientation vers l'intelligence artificielle est judicieuse. Plusieurs analystes restent également mesurés sur les prévisions d'envolée brutale du marché des semi-conducteurs : si les usages de ces puces se multiplient, la demande dans l'électronique grand public et les serveurs demeure "molle", relais *Les Échos*.

*Samuel Arnaud*

# L'industrie automobile de plus en plus gourmande en semi-conducteurs

## Article

**Comportant de plus en plus d'électronique, particulièrement sur les modèles électriques, les automobiles nécessitent une quantité croissante de semi-conducteurs. Une évolution qui impacte l'ensemble des parties prenantes des différentes filières.**

*Par Samuel Arnaud - Publié le 21/06/23*

Les progrès réalisés par l'industrie automobile ont fait exploser ses besoins en semi-conducteurs. "Dans un véhicule, ils sont omniprésents, car l'électronique l'est aussi. Les écrans et les aides à la conduite, qui se multiplient, sont des exemples d'éléments qui en demandent beaucoup", indique le *Journal de l'automobile*. L'électrification des voitures ne fait que renforcer ce phénomène : selon la fédération automobile allemande, la demande en semi-conducteurs du secteur pourrait tripler d'ici 2030. Herbert Diess, ancien dirigeant de Volkswagen, estimait en 2021 que la quantité de puces présentes dans chaque voiture progressait de 7 % par an, alors que ce nombre atteignait déjà quasiment les 1 000 unités en moyenne début 2023.

## **Des liens resserrés entre constructeurs automobiles et fabricants de semi-conducteurs**

Le secteur automobile a été l'un des plus impactés par la pénurie mondiale de puces qui a débuté en 2020. "Les constructeurs américains n'ont pas pu fabriquer suffisamment de voitures parce qu'il n'y avait pas assez de puces," déplorait le président américain Joe Biden en février 2023. L'approvisionnement en semi-conducteurs, jusque-là considéré comme secondaire, s'est imposé comme une nouvelle priorité stratégique pour l'industrie. "La pandémie a été un signal d'alarme pour de nombreux constructeurs automobiles, qui ont pris conscience que les chaînes d'approvisionnement en semi-conducteurs ont une complexité unique et un écosystème différent par rapport aux autres pièces automobiles", relate Sang Oh, analyste pour le cabinet Omdia. Les grands groupes tendent donc à réviser leurs méthodes pour s'assurer de posséder des stocks suffisants.

Cela passe notamment par des partenariats nouveaux ou renforcés avec les fabricants de semi-conducteurs. Stellantis et Foxconn ont créé une coentreprise,

SiliconAuto, qui approvisionnera l'industrie automobile à partir de 2026 ; BMW a passé un accord tripartite avec GlobalFoundries et Inova Semiconductors ; Ford a aussi choisi de s'allier à GlobalFoundries ; General Motors s'est tourné vers TSMC ; Tesla collabore avec STMicroelectronics depuis 2017, etc. Pour ces fabricants de puces, les constructeurs automobiles deviennent ainsi des clients plus stratégiques, alors que l'automobile n'était jusque-là qu'un débouché secondaire.

À plus long terme, certains constructeurs pourraient toutefois être tentés de gérer eux-mêmes leur conception de semi-conducteurs, malgré les importants coûts nécessaires au développement d'une telle activité. Pour le cabinet Gartner, d'ici 2025, la moitié des principaux acteurs du monde automobile pourrait avoir basculer vers cette voie.

## **Un équilibre à trouver entre R&D et réduction des coûts**

La demande en hausse s'accompagne d'une recherche d'amélioration constante des performances des semi-conducteurs. Cet enjeu s'avère particulièrement notable pour les véhicules électriques, afin d'augmenter leur autonomie. Les fabricants se concentrent par exemple sur le carbure de silicium, un matériau offrant de meilleurs résultats que le silicium. "[Il permet] d'améliorer l'efficacité énergétique, de réduire le poids et l'encombrement, et d'augmenter la fiabilité. Pour une voiture électrique, cela se traduit par un allongement de l'autonomie et un raccourcissement des temps de recharge de la batterie", décrit *L'Usine Nouvelle*. Le français STMicroelectronics, l'allemand Infineo Technologies et l'américain Wolfspeed comptent parmi les fabricants les plus avancés sur cette technologie, mais la concurrence tend à s'intensifier.

Ces ambitions en R&D se combinent cependant avec une volonté de réduction des coûts de production. Les semi-conducteurs en carbure de silicium coûtent cinq à six fois plus cher que leurs équivalents en silicium, ce qui représente un surcoût conséquent pour les constructeurs automobiles. Tesla, qui a recours à ces puces en grande quantité, a ainsi affirmé au printemps 2023 qu'il souhaitait réduire leur utilisation de 75 % dans ses prochains modèles. Selon le cabinet Yole Développement, cette annonce pourrait être un "stratagème" pour inciter les fabricants de semi-conducteurs à réduire leurs coûts, en réalisant des économies d'échelle via une hausse de la production, en optimisant la phase de conception, ou encore en diversifiant leurs approvisionnements en substrats.

Autre piste évoquée, celle d'un virage du substrat de silicium vers le nitrure de gallium, qui "présente un grand potentiel dans l'automobile", dicit *L'Usine Nouvelle*. Mais ce matériau reste aussi coûteux pour le moment et apparaît comme une alternative à plus long terme. Constructeurs automobiles et fabricants de semi-conducteurs n'ont donc pas fini de travailler ensemble.

*Samuel Arnaud*

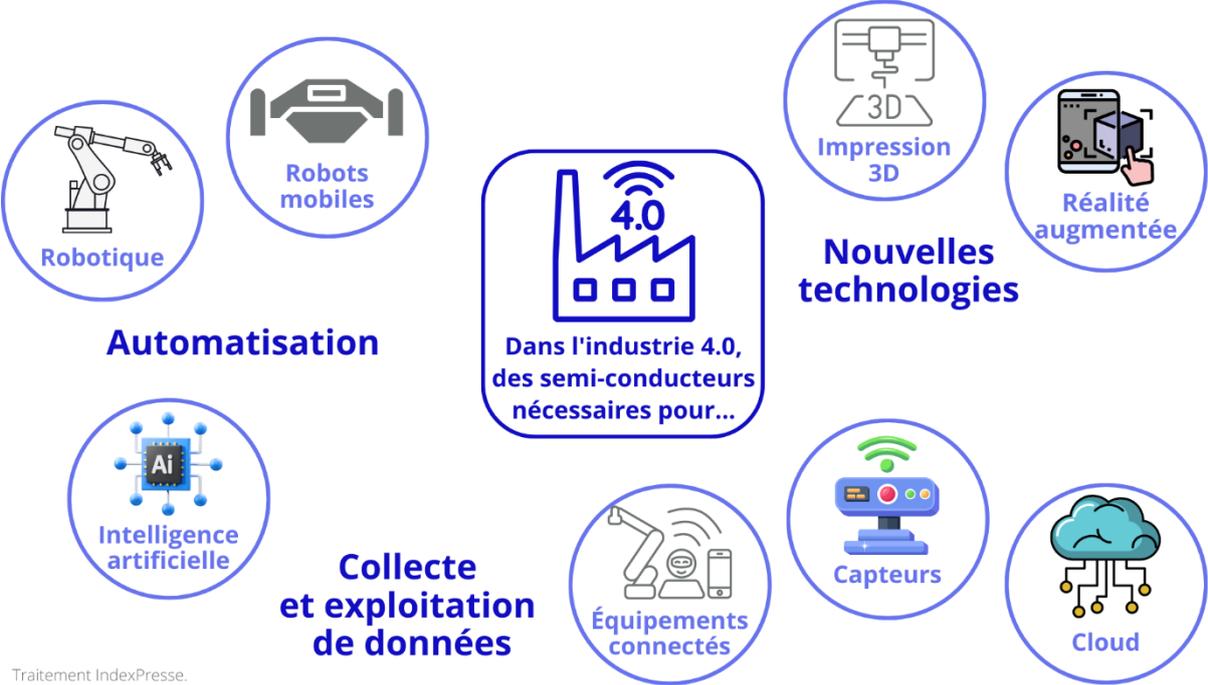
# L'industrie 4.0, grande consommatrice de semi-conducteurs

## Infographie

L'industrie 4.0 repose sur la numérisation et, donc, les semi-conducteurs. Les différentes technologies déployées dans les usines dernier cri nécessitent toutes de nombreuses puces lors de leur fabrication, ce qui augmente la dépendance de l'industrie vis-à-vis de la filière des semi-conducteurs.

Par Samuel Arnaud - Publié le 21/06/23

### L'industrie 4.0, grande consommatrice de semi-conducteurs



Traitement IndexPresse.

*Samuel Arnaud*

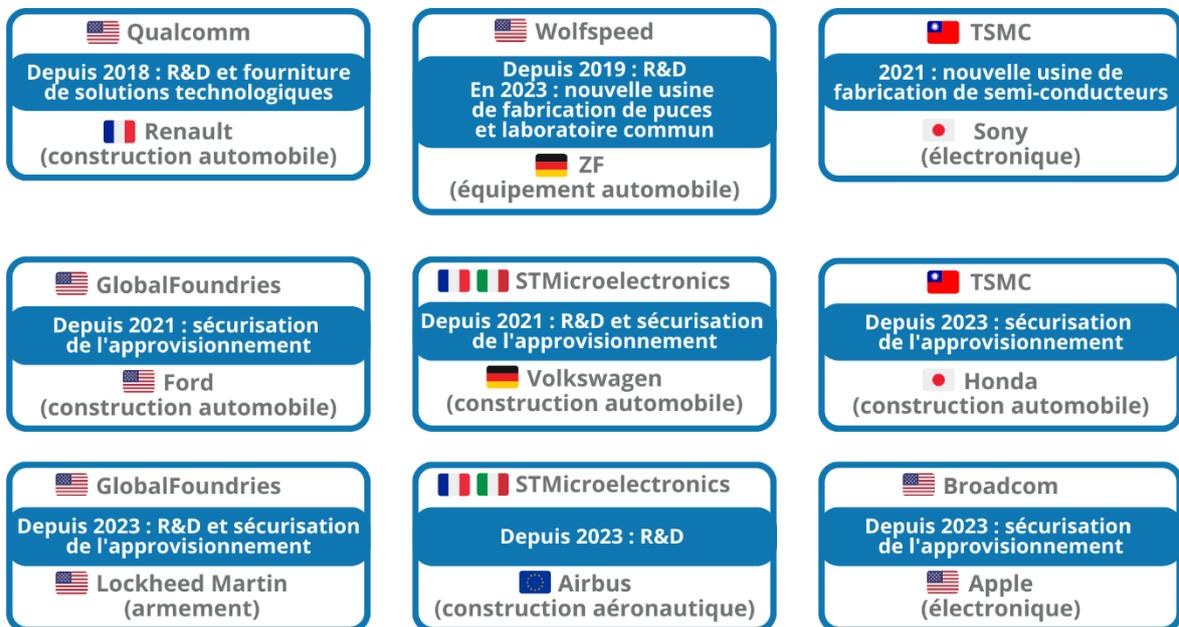
# Les partenariats se multiplient entre les fabricants de semi-conducteurs et les industriels

## Infographie

**Inquiets face à la pénurie de semi-conducteurs, de plus en plus d'industriels s'allient directement à des fabricants afin de sécuriser leur approvisionnement de puces, voire de mener investissements communs. Les constructeurs automobiles s'avèrent particulièrement actifs pour établir des collaborations de ce type.**

*Par Samuel Arnaud - Publié le 21/06/23*

### Les partenariats se multiplient entre fabricants de semi-conducteurs et industriels



Traitement IndexPresse.

*Samuel Arnaud*



# Partie 4

# Sortir de l'indépendance asiatique sur la production de semi-conducteurs

## Article

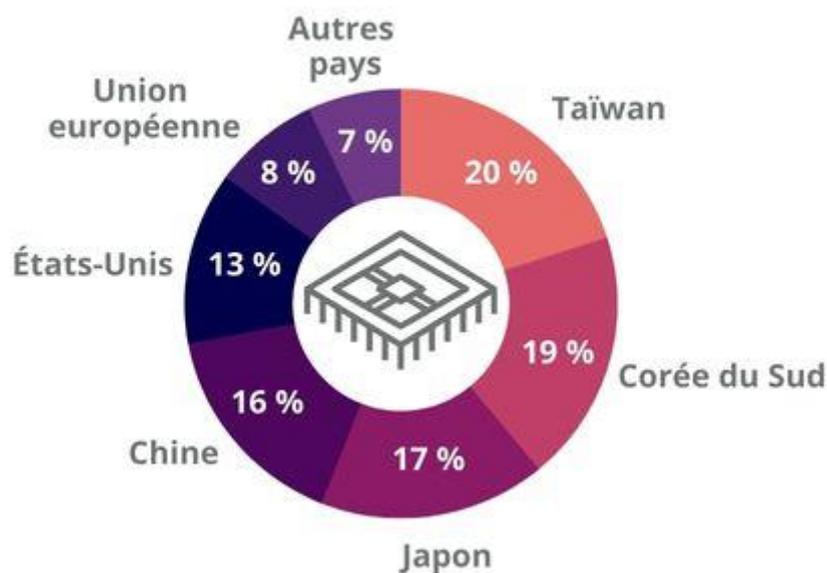
**Composants indispensables de l'économie numérique, les semi-conducteurs deviennent un enjeu de souveraineté. La domination asiatique sur la production actuelle ne convient plus aux États-Unis et à l'Europe.**

*Par Samuel Arnaud - Publié le 08/11/22*

Présents dans les produits électroniques pour le grand public, les véhicules électriques, les équipements télécoms, les matériels de gestion de réseaux énergétiques et tout ce qui contient une « couche numérique », les semi-conducteurs s'imposent comme des éléments clés dans un nombre croissant d'industries. Les 1000 milliards d'unités vendus annuellement sont régulièrement dépassés depuis 2018, alors que le marché représentait 516 milliards d'euros en 2021 selon Gartner.

Le paysage actuel est largement dominé par l'Asie, où quatre pays regroupent à eux seuls 72 % de la production mondiale. Sur les technologies de pointe, notamment les semi-conducteurs inférieurs à 10 nanomètres, le continent oriental s'avère même seul en course pour le moment, relèvent le cabinet Boston Consulting Group et la Semiconductor Industry Association.

## Production mondiale de semi-conducteurs par pays, en 2019



Traitement IndexPresse. Sources : Boston Consulting Group, Semiconductor Industry Association

### États-Unis et Europe à la manœuvre pour augmenter leurs capacités de production

Pour accroître leur indépendance au sein d'un secteur de plus en plus stratégique, les États-Unis ont adopté à l'été 2022 le Chips and Science Act, un plan à horizon 2026 comprenant 52 milliards de dollars de subventions gouvernementales pour booster la production de semi-conducteurs sur le territoire, ainsi qu'un crédit d'impôt à l'investissement de 24 milliards de dollars pour les entreprises concernées. Une partie des 200 milliards de dollars dédiés à la recherche scientifique américaine sera également aiguillée vers le secteur. « Les partisans du projet de loi affirment qu'il est vital pour l'économie et la sécurité nationale », relaie L'Usine digitale, notamment dans le cadre des tensions commerciales avec la Chine. Les géants américains du secteur, particulièrement Intel, Micron ou Qualcomm, apparaissent comme les principaux bénéficiaires de ces mesures, qui s'ajoutent à leurs propres investissements privés.

L'Union européenne, qui ne représente que 8 % de la production mondiale, a de son côté dévoilé un Chips Act à hauteur de 43 milliards d'euros. Il vise à quadrupler la production de semi-conducteurs sur le sol européen dès 2030. Pour y parvenir, l'UE va accélérer sur la recherche-développement et la mise en place de « mégafabs », des usines capables de produire des puces en grande quantité, qu'importe le niveau de gravure. Cette stratégie inclut le fait d'accueillir en Europe les sites de leaders étrangers : Intel compte ainsi ouvrir deux méga-usines sur le continent au cours de la décennie à venir.

En France, plusieurs acteurs profitent de cet essor pour affirmer leur place sur ce marché bouillonnant. STMicroelectronics, Soitec ou Mersen, actives sur la chaîne de production à divers niveaux, font toutes état de ventes en croissance et de projets d'investissement dans de nouveaux sites ou en R&D.

## **L'Asie accélère pour garder son avantage**

Loin d'attendre le retour de leurs concurrents, les pays asiatiques se mobilisent pour maintenir leur mainmise sur le marché. Leurs plans d'investissement s'avèrent encore plus massifs : la Chine prévoit de dédier 150 milliards de dollars au secteur d'ici 2025, la Corée du Sud cumule 450 milliards d'investissements publics et privés pour 2030. Le Japon prévoit de consacrer 8 milliards de dollars à son industrie au cours des dix prochaines années.

En plus d'être soutenue par les rivalités internationales, cette dynamique est entretenue par la concurrence entre les grands acteurs locaux. La bataille entre TSMC (Taïwan) et Samsung (Corée du Sud), qui s'étend à l'ensemble des puces électroniques pour le poste de leader mondial, pousse chacun à investir un peu plus que l'autre : 100 milliards de dollars pour TSMC sur la période 2021-2024, 150 milliards pour Samsung d'ici 2030.

Cette force de frappe colossale fait de l'autosuffisance dans les semi-conducteurs « un mirage » pour les autres régions du monde, avancent le Boston Consulting Group et la Semiconductor Industry Association. Selon eux, les États-Unis et l'Europe doivent plutôt miser sur l'hyperspécialisation, en se concentrant sur des activités à forte valeur ajoutée (design des puces, fabrication des machines, etc.) ou sur une production ciblée, en se focalisant sur les semi-conducteurs les plus consommés localement ou destinés aux applications les plus stratégiques (télécoms, défense, spatial, etc.).

*Samuel Arnaud*

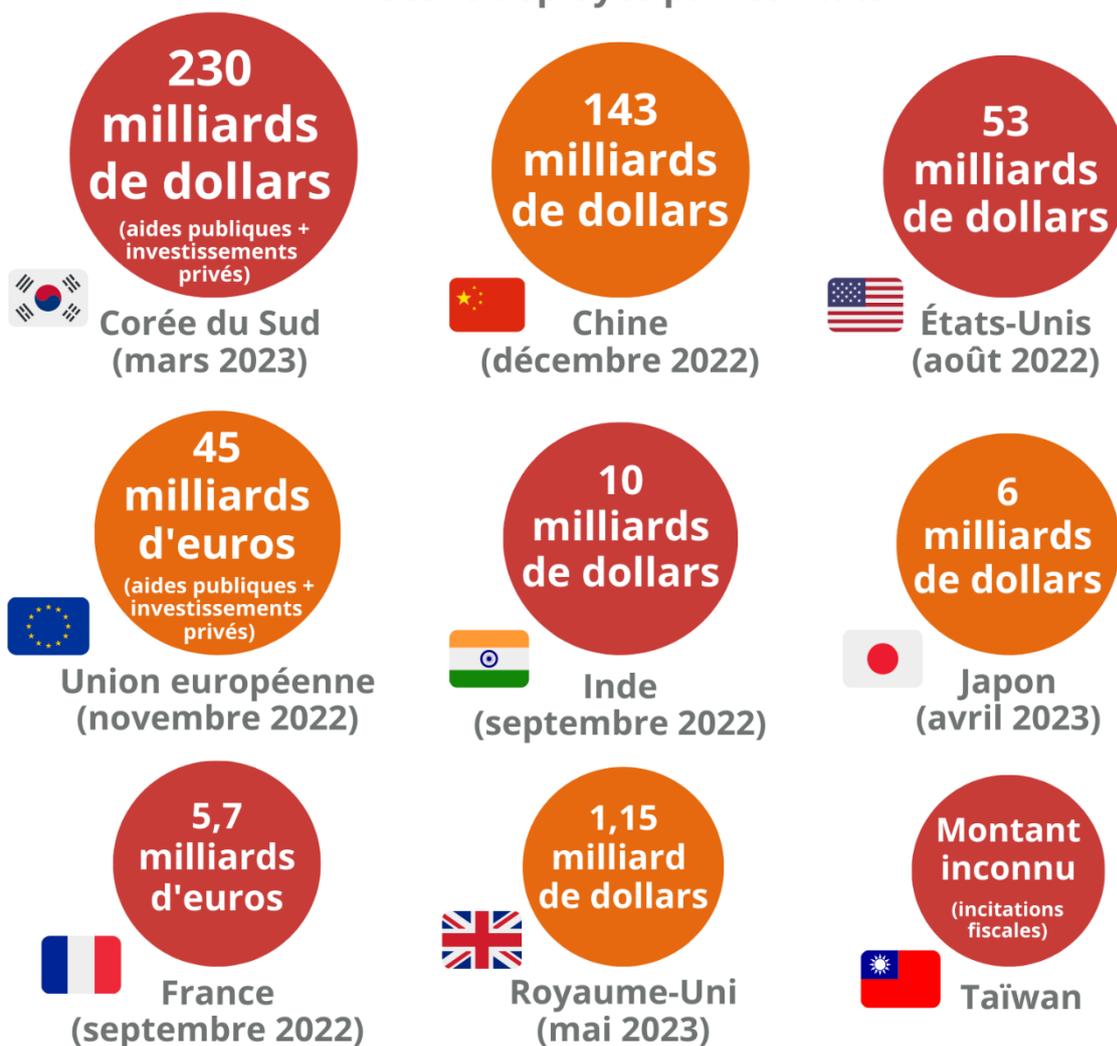
# De massifs plans nationaux de soutien aux semi-conducteurs partout dans le monde

## Infographie

Confrontés à des enjeux de souveraineté et de sécurisation de l'approvisionnement en semi-conducteurs, les États se mobilisent pour attirer les industriels. Les plans de soutien au secteur se multiplient, dans un contexte de forte concurrence internationale.

Par Samuel Arnaud - Publié le 19/06/23

### Des plans d'investissement et de subvention massifs déployés par les États



# STMicroelectronics, principal atout français dans le secteur stratégique des semi-conducteurs

## Article

**Dans la course internationale aux semi-conducteurs, STMicroelectronics constitue la carte maîtresse de la France. Le fabricant franco-italien, qui compte parmi ses actionnaires principaux Bpifrance et le ministère Italien de l'Économie et des Finances, affiche une croissance constante et de fortes ambitions.**

*Par Samuel Arnaud - Publié le 21/06/23*

Les années passent et la croissance ne se dément pas pour STMicroelectronics. Le fabricant de semi-conducteurs a terminé 2022 avec un chiffre d'affaires de 16,1 milliards de dollars, contre 12,8 milliards l'année précédente. Il pourrait atteindre la barre des 20 milliards à l'horizon 2026. Considéré comme l'un des leaders européens du secteur, ST veut poursuivre sur cette trajectoire et s'affirmer comme un élément clé dans la souveraineté continentale concernant la fabrication de puces. "Si [les projets de construction d'usines] se concrétisent, l'Europe a une chance de doubler sa capacité de production, mais peut-être pas son poids relatif dans la production mondiale. Peu importe le résultat, qui aura de toute façon changé la situation actuelle. Ce qui compte, c'est d'afficher une volonté de leadership", indiquait en novembre 2022 Jean-Marc Chéry, dirigeant de l'entreprise, dans *L'Usine Nouvelle*.

## **De nouveaux sites soutenus par les fonds publics**

Ce développement passe donc notamment par l'édification de nouvelles usines, afin de gonfler les capacités de production en Europe, particulièrement en France et en Italie. STMicroelectronics veut doubler ses volumes fabriqués et est prêt à investir massivement : 3,5 milliards de dollars avaient déjà été débloqués en 2022 pour bâtir deux nouveaux sites en Italie (dont un dédié aux substrats de carbure de silicium), inaugurer une ligne de production de composants électroniques de puissance en nitrure de gallium dans son usine de Tours, et agrandir son site de Crolles, en Isère.

À l'été 2022, un autre investissement massif a été officialisé : 7,5 milliards d'euros au total pour construire une mégafab, toujours à Crolles, en partenariat avec le fondeur américain GlobalFoundries. L'État français soutient directement le projet

en apportant 2,9 milliards d'euros, soit plus de la moitié des subventions dédiées au secteur des semi-conducteurs dans le cadre du plan France 2030. "Cette usine s'inscrit dans l'objectif du gouvernement de doubler la production française de semi-conducteurs d'ici à 2030 de façon à garantir l'indépendance et sécuriser l'approvisionnement du pays dans ce domaine clé. Elle va ajouter pratiquement 6 % de nouvelles capacités de production en Europe, toutes technologies confondues, et jusqu'à 41 % sur les technologies d'une finesse de gravure de 20 à 65 nanomètres", souligne *L'Usine Nouvelle*. Au moins 5 % de la production de ce nouveau site devra être réservé à des industriels français.

Ce soutien public se retrouve également du côté italien, concernant la nouvelle usine de Catane, en Sicile. En aidant massivement STMicroelectronics, à l'image de ce que font déjà les États-Unis ou la Chine vis-à-vis de leurs propres industriels, la France et l'Italie s'assurent de la fidélité du groupe tout en renforçant leur souveraineté en matière d'approvisionnement, mais aussi de R&D.

## **La R&D, force historique de ST**

Historiquement issu, côté français, du LETI (Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information), STMicroelectronics accorde une place phare à la recherche-développement. Mis en difficulté par le passé lors de l'effondrement de Nokia, qui était l'un de ses clients majeurs dans les puces mobiles, le groupe a su rebondir en se réorientant dans d'autres segments, comme l'automobile et l'industrie, dont les besoins en semi-conducteurs n'ont fait qu'augmenter depuis. 15 % du chiffre d'affaires est dédié à la R&D chaque année, afin de trouver des axes d'innovation sur "les capteurs et le traitement analogique de leurs signaux, les solutions pour la gestion de puissance électrique, et les microcontrôleurs avec moins de logiciel mais beaucoup de R&D pour améliorer le facteur de mérite des composants et en baisser la consommation", décrit Jean-Pierre Chéry.

Cela a permis à l'entreprise de devenir le leader mondial du carbure de silicium, en possédant 40 % du marché et en réalisant 700 millions d'euros de chiffre d'affaires dessus en 2022. Selon Jean-Pierre Chéry, ce chiffre pourrait dépasser le milliard dès 2023, puis grimper à 2 milliards d'ici 2026. Le carbure de silicium se présente comme une alternative au silicium traditionnellement utilisé dans les semi-conducteurs, en étant plus léger et en affichant de meilleures performances énergétiques. "Il est considéré comme une technologie clé pour l'électrification de l'automobile", ajoute *L'Usine Nouvelle*. Dans ce débouché d'avenir, pour garder un temps d'avance sur la concurrence, STMicroelectronics veut continuer à innover, en se lançant par exemple dans la production de plaquettes de 200mm de diamètre, contre uniquement 150mm aujourd'hui. La société compte aussi 130

programmes de développement sur ce segment, dont 60 % visant l'automobile et le reste l'industrie.

Le groupe va également devoir mobiliser sa R&D sur le volet environnemental. La consommation colossale d'eau nécessaire à la fabrication des puces, qui va encore augmenter avec les nouvelles usines, est de plus en plus pointée du doigt. STMicroelectronics affirme que depuis 2016, la quantité d'eau utilisée par plaquette a déjà été diminuée de 41 %, et que le taux de recyclage atteindra 60 % à terme grâce à de nouveaux équipements. Pour Aimeric Mougeot, ingénieur et délégué CGT, ces objectifs ne sont pas assez ambitieux : "Nous pensons qu'il faut aller plus loin, comme l'envisagent Samsung en Corée du Sud et Tower en Israël. En théorie, il est possible de monter à 90 %, car les 10 % restants sont perdus sous forme de vapeur. Mais pour cela, il faut investir davantage qu'on ne le fait aujourd'hui".

Samuel Arnaud

# La "Silicon Saxony" allemande, symbole d'une souveraineté à reconquérir dans l'industrie des semi-conducteurs

## Synthèse

**Au sein d'une industrie des semi-conducteurs devenue très stratégique, l'Allemagne cherche à renforcer sa souveraineté. Sa "Silicon Saxony", pôle d'excellence de microélectronique, constitue son atout principal pour attirer les industriels et relocaliser la production, en adéquation avec les besoins européens.**

*Par Samuel Arnaud - Publié le 20/06/23*

## Faits, tendances et initiatives

- ❖ L'Allemagne s'active pour accélérer la production de semi-conducteurs sur son territoire et réduire sa dépendance aux acteurs asiatiques, suivant ainsi les initiatives européennes mises en place pour développer cette industrie (43 milliards d'euros de financements publics et privés via le "Chips Act" européen, Projets importants d'intérêt européens communs (Piiec) dédiés à l'innovation...).
- ❖ La "Silicon Saxony" se trouve au cœur de la stratégie allemande. Ce pôle de compétences, le premier européen en microélectronique, réunit 2 500 entreprises et 64 000 emplois. Une puce européenne sur trois est produite ici. "Une fabrique de semi-conducteurs a besoin d'équipementiers, de fournisseurs de produits chimiques, de gaz, d'entreprises de maintenance... Ici, cette chaîne de valeur est présente, que ce soit via des PME locales ou les filiales régionales des groupes internationaux. [...] Enfin, on trouve ici un dense réseau d'universités et de laboratoires de recherche, avec qui nous avons des contacts quasi quotidiens pour développer de

nouveaux produits", indique Christian Koitzsch, directeur de la nouvelle usine Bosch inaugurée en 2021. Seuls les process "back-end" (tests, assemblage) restent trop peu représentés.

- ❖ Les projets se multiplient pour développer la production : nouveau centre de R&D et agrandissement du site né en 2021 pour Bosch, installation de machines performantes pour l'américain GlobalFoundries, annonce de la construction future de deux nouvelles usines Intel... Derrière ces géants, les sous-traitants suivent aussi le mouvement, à l'image de Jenoptik, spécialiste de l'optoélectronique, qui a investi 70 millions d'euros dans un bâtiment destiné à augmenter sa production de microcapteurs utilisés dans la lithographie des semi-conducteurs.
- ❖ Si ses capacités de production augmentent, l'Allemagne souhaite surtout profiter de cette dynamique pour se positionner sur les segments délaissés par les acteurs asiatiques ou répondant plus précisément à la demande européenne. Bosch préfère ainsi se concentrer sur les semi-conducteurs pertinents pour l'électromobilité, dont la demande européenne est réelle, plutôt que pour l'électronique de pointe, où la fabrication reste très localisée en Asie.
- ❖ Cette volonté se retrouve également dans les centres de R&D, qui cherchent à rebâtir le réseau de compétences nécessaires aux débouchés pertinents pour l'Europe. Les instituts Fraunhofer ciblent par exemple les micro-écrans Oled sur silicium, utilisés dans la réalité augmentée, les capteurs de mesure ou les lecteurs d'empreinte digitale.

## Sélection d'acteurs

- GlobalFoundries : le fondeur américain a investi 1 milliard d'euros dans son usine de Dresde afin de faire passer la production de 300 000 à 850 000 wafers par an. Une deuxième extension de capacités est déjà programmée pour l'avenir.
- Bosch : le groupe allemand a investi 1 milliard d'euros dans une usine de puces électroniques, inaugurée en juin 2021. Un an plus tard, il a lancé deux projets sur ce site : la construction d'un nouveau centre de R&D, pour 55 millions d'euros, et l'ajout de 3 000 m<sup>2</sup> de salles blanches, pour 250 millions d'euros.

- Intel : le poids lourd des semi-conducteurs a annoncé la construction à venir de deux usines à Magdebourg, à deux heures de route de la "Silicon Saxony", pour "profiter à la fois de ce riche tissu industriel et d'un bassin de l'emploi moins tendu". L'investissement total se monte à 17 milliards d'euros.
- Infineon : fabricant allemand de puces présent dans la "Silicon Saxony".
- Siltronic : fabricant allemand de substrats en silicium présent dans la "Silicon Saxony".
- X-Fab : fonderie belge présente dans la "Silicon Saxony".

## Paroles d'expert

"Nous répondons à l'appel de la Commission européenne pour retrouver de la souveraineté."

"En Europe, nous nous concentrons sur la fabrication des wafers, à forte valeur ajoutée. Le back-end, qui nécessite beaucoup de main-d'œuvre, a été délocalisé en Asie."

Manfred Horstmann, directeur général de GlobalFoundries en Europe

"Il existe tout un pan d'applications inexplorées. Quand l'Europe a perdu ses fabricants d'électronique grand public, elle a perdu une grande partie de ses compétences dans la conception des puces et dans l'intégration des systèmes."

Uwe Vogel, responsable de la division Microdisplays et capteurs d'un institut Fraunhofer

Samuel Arnaud

Synthèse rédigée d'après l'article "L'Allemagne relocalise les semi-conducteurs", in *L'Usine nouvelle*,

n° 3712, novembre 2022