



Résumé

Aux fondements de l'électronique, les semi-conducteurs sont essentiels à l'économie du **pur numérique** – un rôle accéléré sous l'effet des transformations engendrées par la 5G (smartphones, *cloud*, internet des objets) – mais aussi à **de nombreux autres secteurs aux mutations rapides et à forte valeur ajoutée**,

comme l'industrie automobile ou l'industrie de l'armement.

La note *Semi-conducteurs : la quête de la Chine* offre une analyse approfondie des **politiques industrielles** menées par la Chine au service de son rattrapage technologique dans ce secteur. Du fait de la **dépendance très forte de la Chine aux technologies étrangères**, les semi-conducteurs constituent une vulnérabilité critique pour ses ambitions en matière de leadership mondial dans le numérique, mais aussi pour son industrie d'armement. Cette dépendance chinoise, en particulier à l'égard de la propriété intellectuelle américaine, **a offert à l'administration Trump un puissant levier d'action que l'administration Biden devrait continuer d'utiliser** pour ralentir la montée en puissance technologique de la Chine.

L'affrontement sino-américain a des conséquences pour tous les acteurs de l'industrie et soulève des risques pour de nombreux secteurs industriels européens. La note propose **cinq recommandations pour un positionnement européen clair** dans la chaîne de valeur des semi-conducteurs, invitant l'Europe à s'appuyer sur les forces de ses entreprises de semi-conducteurs et à ainsi construire une plus grande résilience dans la perspective des crises à venir.

Une industrie très spécifique

L'industrie des semi-conducteurs est **globalisée, spécialisée, interdépendante** et portée par des efforts massifs de **recherche et développement (R&D)**. Les fonderies les plus avancées, en Corée du Sud et à Taiwan, demandent un investissement minimum en capital d'une douzaine de milliards de dollars.

La première étape de la chaîne est la **conception des circuits intégrés (IC design)**, qui nécessite des **outils logiciels spécifiques** de CAO électronique (*electronic design automation, EDA*). Ce segment est dominé par des entreprises situées aux États-Unis (Broadcom, Qualcomm, Nvidia, Cadence, Synopsys), à Taiwan (MediaTek) et en Chine (HiSilicon). Le champion allemand du logiciel de conception, Siemens EDA, s'appuie surtout sur une propriété intellectuelle américaine.

La seconde étape est la **fabrication**. Les procédés industriels les plus avancés sont structurés autour d'un duopole entre le Coréen Samsung et le Taisanais TSMC – le pionnier du modèle de **fonderie sous contrat**, pesant pour 50 % du marché mondial de la fonderie. Derrière ce duopole, SMIC (Chine), UMC (Taiwan) et GlobalFoundries (États-Unis) dominent. Chacune de ces fonderies s'appuie sur le secteur de l'équipement semi-conducteur (SME) dominé par trois entreprises américaines (Applied Materials, Lam Research et KLA-Tencor) et une néerlandaise (ASML).

La dernière étape, celle de **l'assemblage, des tests et du packaging**, est moins gourmande en capital, ce qui explique qu'elle se soit déplacée, dès les années 1960, vers l'Asie orientale, y créant les fondements d'une montée en gamme technologique. Là encore, les acteurs sont principalement taiwanais (ASE, SPIL, Powertech), chinois (JCET Group, Tongfu Microelectronics) et américain (Amkor).

Un secteur décisif pour la compétition technologique

La chaîne de valeur des semi-conducteurs est **concentrée** autour de six acteurs clés : la **Chine**, la **Corée du Sud**, le **Japon**, les **États-Unis**, **Taiwan** et **l'Europe** (Allemagne, France, Royaume-Uni, Pays-Bas, et dans une moindre mesure Suède). Elle se caractérise par la coexistence d'effets d'**interdépendance forte** et de **technologies de type « goulet d'étranglement » (chokepoint technologies)**. Qui contrôle ces technologies bénéficie de leviers à actionner contre ses concurrents lors des moments de rapports de force. Les États-Unis dominent la propriété intellectuelle du secteur. L'Europe a des forces dans deux technologies chokepoint, la lithographie EUV et les logiciels de conception des circuits intégrés (design software), et dans la conception de semi-conducteurs pour certaines finalités industrielles, en particulier l'automobile.

Les progrès des circuits intégrés se mesurent en **nanomètres** – correspondant à l'espace séparant deux transistors. Ces dernières décennies ont été caractérisées par une **densification du nombre de transistors sur chaque puce**. Quand, dans les années 1970, on parlait de procédés de gravure impliquant une technologie de type 10 micromètres, on parle aujourd'hui de technologie 5 nanomètres, et les 3 et 2 nanomètres sont attendus dans un futur proche. Graver en 5 nanomètres représente un investissement très élevé mais permet d'énormes avantages compétitifs.

Si les smartphones haut de gamme s'appuient déjà sur des processus de fabrication de type 7 nanomètres et si la génération 5 nanomètres est déjà mise en vente sur le marché, les précédentes générations de semi-conducteurs ont vocation à demeurer pertinentes dans la plupart des domaines autres que le numérique pur (industrie automobile, robotique, navigation satellite, biens de consommation). Dans le domaine militaire par exemple, la **fiabilité** et la **spécificité de la conception des puces** priment sur la miniaturisation extrême des semi-conducteurs,

même si cette réalité sera sans doute amenée à évoluer, les avancées technologiques prises dans les applications civiles des semi-conducteurs se diffusent toujours à l'industrie militaire.

Ce détour par la nanoélectronique illustre par ailleurs combien **la technologie 7 nanomètres est un seuil**. Intensité capitaliste, enjeux de ressources humaines, défis de gestion des processus de production, capacité à assurer l'intégrité de la chaîne d'approvisionnement, maîtrise de technologies spécifiques, cette barrière contribuera à façonner les rapports de force de demain. La Chine ne maîtrise pas aujourd'hui la technologie propre aux procédés de gravure en 7 nanomètres, cruciale dans la révolution numérique à venir. Or la fiabilité de l'accès aux technologies les plus avancées est un déterminant de la compétitivité des industriels du secteur, ainsi que de la compétition économique, voire militaire entre États.

L'industrie chinoise des semi-conducteurs : ambitions et défis

Les semi-conducteurs sont incontournables pour chacune des ambitions que s'est fixées la Chine dans son **chemin vers un leadership mondial**, de la révolution numérique en cours à la puissance militaire. Le succès du projet chinois de « stratégie de développement axée sur l'innovation » dépend d'un accès fluide aux semi-conducteurs les plus avancés et aux technologies qui entrent dans leur conception et leur fabrication. L'interdépendance industrielle a longtemps été un atout pour la Chine. Or elle est aujourd'hui devenue un défi que cette dernière doit relever au vu de sa lourde dépendance envers ses fournisseurs étrangers.

L'histoire de l'industrie chinoise des semi-conducteurs est d'abord celle d'un succès. La Chine se situe dans le TOP 6 mondial du secteur et représente une part de marché s'élevant à 5,9% du marché mondial. Le montant total du soutien public consenti par la Chine au service de son industrie des semi-conducteurs s'élève à 150 milliards de dollars, sans compter les capitaux privés sur lesquels l'industrie peut s'appuyer. **Le volontarisme politique à l'égard d'un secteur identifié par le gouvernement chinois comme une priorité dès 1956**, dont l'importance n'a cessé d'être rappelée ces dernières années dans les différentes orientations stratégiques définies par le pays, est indéniablement une composante de ces progrès remarquables. Dans certains segments d'avenir de l'industrie, comme la conception spécialisée pour certaines industries, les puces intelligence artificielle ou encore les nouveaux matériaux pour les semi-conducteurs, les horizons semblent dégagés pour l'industrie chinoise.

Mais cette montée en puissance est aujourd'hui mise à mal par l'offensive américaine qui cible désormais l'entièreté de l'industrie chinoise des semi-conducteurs. Cette offensive a d'abord ciblé le géant chinois Huawei, via la création d'un ensemble de mesures visant à lui barrer l'accès aux technologies étrangères. **Elle s'est récemment étendue à toute entreprise chinoise servant des utilisateurs finaux militaires et est complétée par d'autres initiatives** : arrangement de Wassenaar et contrôles multilatéraux des exportations, front contre les entreprises chinoises accusées d'être impliquées dans des actions chinoises violant les droits humains, etc.

Les entreprises chinoises sont donc contraintes de s'adapter et de trouver d'autres fournisseurs pour les technologies dont elles ont besoin.

Cette adaptation est rendue plus difficile par les défis internes auxquels la Chine fait face : une bureaucratie qui ne permet pas une allocation optimale de ses ressources et génère du gâchis, et une pénurie de talents au regard des objectifs qu'elle s'est fixés.

Recommandations : pour une Europe qui tire son épingle du jeu

Si les progrès de la Chine sont impressionnants et sa dynamique positive, elle peinera à décoller dans certains segments les plus avancés des semi-conducteurs. L'avenir de son industrie dépend en partie de décisions qui seront prises à Washington. On peut attendre de l'administration Biden une certaine continuité avec la stratégie initiée par l'administration Trump, visant à utiliser les semi-conducteurs pour ralentir le rattrapage technologique de la Chine.

L'Europe doit **prendre la mesure de la guerre technologique sino-américaine** et agir pour préparer son avenir dans cette industrie si **importante pour son rang stratégique** dans le monde. Elle devra prendre ses décisions à la lumière de trois risques :

- ▶ Qu'advierait-il si l'industrie européenne des semi-conducteurs **perdait l'accès à ses clients chinois** ?
- ▶ ... si les restrictions aux transferts de technologies mises en œuvre en Europe étaient **instrumentalisées par la concurrence pour l'accès au marché chinois, en particulier de la part des États-Unis** ?
- ▶ ... si l'industrie européenne **perdait l'accès aux fonderies les plus avancées**, aujourd'hui localisées en Corée du Sud et à Taiwan, demain dans l'Arizona ?

Pour réduire ces risques, la note formule cinq propositions de politiques publiques.

Proposition 1 - Agir sur ses forces, et concentrer le soutien public sur les technologies chokepoint européennes (lithographie EUV, software EDA).

Les ambitions chinoises sont à la fois un levier de croissance et un défi concurrentiel pour l'industrie européenne des semi-conducteurs. L'autonomie absolue est une utopie, mais l'Europe a des forces sur lesquelles elle peut s'appuyer :

- ▶ **Soutenir le secteur de la lithographie EUV afin d'accompagner la croissance de sa chaîne de fournisseurs, à l'heure où la production doit augmenter.**
- ▶ **Développer la propriété intellectuelle européenne en matière de logiciel EDA et en faire un enjeu de résilience stratégique.**
- ▶ **Accorder une attention renforcée à certains utilisateurs finaux spécifiques, et en particulier l'industrie automobile, l'aéronautique, la défense et le secteur des télécommunications. Le marché de la mobilité décarbonée en Chine est en cela une promesse de débouchés.**

Proposition 2 - Priorité à la recherche et au développement.

Les forces européennes s'appuient sur des capacités de R&D présentes sur le territoire européen (Fraunhofer en Allemagne, IMEC en Belgique, le Leti en France). Il convient de concentrer les efforts dans le domaine, à l'image des États-Unis où le soutien fédéral à la R&D dans l'industrie des semi-conducteurs s'accélère. Le domaine des futurs matériaux est particulièrement prometteur ; l'Europe doit engager une réflexion sur son industrialisation.

Proposition 3 - Organiser, courant 2021, une conférence européenne pour examiner les options relatives à la construction d'une fonderie de dernière génération sur le territoire de l'Union européenne.

Le commissaire européen Thierry Breton a formulé un objectif ambitieux pour l'Europe : atteindre 20 % de la capacité mondiale de la production des circuits intégrés et produire les processeurs les plus avancés, à travers une **alliance européenne pour la microélectronique**. La construction d'une **fonderie de pointe** en Europe, si elle sert l'objectif européen de résilience stratégique, est autant sujette à controverses (ses clients ne seraient pas en Europe, il serait plus simple de s'appuyer sur TSMC ou Samsung, une fonderie de cette nature pose des questions de standards environnementaux) que source de promesses (savoir-faire scientifique et technologique, enclenchement d'un cercle vertueux dans l'écosystème européen des semi-conducteurs, perspectives militaires).

- ▶ **Le plan de relance européen est une opportunité stratégique pour lancer des consultations et agir vite afin de définir un cap stratégique.**

Proposition 4 - Renforcer les contrôles sur les transferts de technologies.

Pour faire face aux restrictions qui la freinent, la Chine aura intérêt à accélérer ses acquisitions de technologies étrangères par tous les moyens, et l'Europe est une cible de choix. Cette dernière doit renforcer ses dispositifs en centrant son action sur les possibles finalités militaires des technologies de semi-conducteurs. La distinction entre les usages civils et militaires d'une technologie n'est pas toujours évidente mais l'exemple de la lithographie EUV montre combien le niveau général en matière de science et de technologie est crucial pour l'innovation dans le domaine de la défense.

- ▶ **Mettre en œuvre le mécanisme de filtrage des investissements de manière stricte afin de se prémunir contre le risque de transfert intangible de technologies.**
- ▶ **Être attentifs aux finalités des coopérations en matière d'éducation et de recherche en microélectronique avec des partenaires chinois.**
- ▶ **Compléter l'Arrangement de Wassenaar par une réflexion européenne spécifique sur les contrôles à l'exportation des technologies de semi-conducteurs.**

Proposition 5 - Construire une convergence transatlantique sur les transferts de technologies propres à l'industrie des semi-conducteurs et en faire une priorité stratégique pour 2021.

Les six prochains mois seront décisifs pour les relations transatlantiques, notamment sur la politique à l'égard de la Chine. La clarification de l'approche de l'administration Biden sur le dossier Huawei aura en cela valeur de test – à qui les licences d'exportation seront-elles accordées ? Les transferts de technologies pourraient devenir un sujet de désaccord transatlantique si une convergence politique forte n'est pas établie dans les premiers mois après l'entrée en fonction de la nouvelle administration.

- ▶ **Clarifier les critères américains relatifs à l'octroi ou non de licences, pour balayer les craintes selon lesquelles les contrôles américains seraient en réalité au service du développement de l'industrie américaine au détriment de ses concurrents européens.**
- ▶ **Aller dans la direction d'une convergence transatlantique accrue dans les trois piliers du contrôle des transferts de technologies (contrôle des exportations, filtrage des investissements et réglementation de la coopération en matière d'éducation et de recherche).**
- ▶ **Construire des partenariats industriels.**
- ▶ **Pouvoir bénéficier d'un point de contact dédié aux dossiers relatifs à la Chine au sein du Bureau de l'Industrie et de la Sécurité américain.**