

LA GUERRE DES SEMI- CONDUCTEURS

Dans la course mondiale aux nouvelles technologies comment la technologie française française des semi-conducteurs (substrats) fait-elle l'objet de mesures d'ingérence de la part des Etats-Unis (maître de la technologie concurrente finFET) ?

Focus sur la guerre Chine / USA et impacts / opportunités pour les acteurs européens

INTRODUCTION	3
LE MARCHÉ DES SEMI-CONDUCTEURS	5
LES ENJEUX	5
PROCESSUS DE FABRICATION	6
LES ACTEURS COMMERCIAUX	7
ACTEURS PUBLICS ET PRIVÉS	9
I) <i>Les acteurs privés</i>	9
II) <i>Les acteurs publics</i>	11
III) <i>Acteurs de la scène internationale</i>	12
IV) <i>L'extraction et ses acteurs</i>	14
SECTEUR ET RÉGLEMENTATION	17
LA GUERRE ÉCONOMIQUE DANS LE MARCHÉ DES PUCES ÉLECTRONIQUES	18
CONTEXTE GÉOPOLITIQUE	18
I) <i>Guerre économique entre les États-Unis et la Chine</i>	18
II) <i>Implication européenne</i>	20
LES MESURES D'INGÉRENCE AMÉRICAINES CONTRE LES SUBSTRATS	21
COMMENT LE CONTEXTE GÉOPOLITIQUE ACTUEL ET À VENIR PEUT-IL AIDER LA TECHNOLOGIE FRANÇAISE ? QUELLES MESURES DOIT PRENDRE NOTRE GOUVERNEMENT ?	24
I) <i>Préconisation FD-SOI et propriété intellectuelle</i>	24
II) <i>Partenariats stratégiques européens & actionariat</i>	26
III) <i>Investissement humain</i>	27
IV) <i>Partenariats stratégiques dans les secteurs automobile et domotique</i>	28
CONCLUSION	31
BIBLIOGRAPHIE	33
OUVRAGES	33
ARTICLES ET ARTICLES EN LIGNE	33
ENTRETIENS	35

Executive Summary – English

Company	Headquarters
Samsung	South Korea
Intel	U.S.
SK Hynix	South Korea
TSMC (1)	Taiwan
Micron	U.S.
Broadcom Ltd. (2)	U.S.
Qualcomm (2)	U.S.
Toshiba/Toshiba Memory	Japan
TI	U.S.
Nvidia (2)	U.S.
ST	Europe
WD/SanDisk	U.S.
NXP	Europe
Infineon	Europe
Sony	Japan

The extremely closed-off and highly competitive market of semiconductors is at the heart of a trade war between the United States and China, set in an international context where microelectronics play a key role in the digitalization of society. France must therefore position itself with new strategies as it confronts this economic war between the top two world powers taking a major part in this market flow. The question then is how to implement solutions in favor of French technology.

France has the world leader in ST-Microelectronics nanotechnologies as well as key companies such as Soitec with transistor technology (FD-SOI) that is highly appreciated by the Chinese mobile processor market. This case study focuses on the global race for new technologies in order to

answer, how is French semiconductor technology subject to American interference measures?

The semiconductor manufacturing process is long, complex and above all costly as it requires about 300 steps from sand to semiconductors. Developing semiconductor technology poses major problems that are not yet able to be solved, even by the top leaders in the domain, because today's developing technologies are focused on improving performances in printed circuits. For example, we can take the issues raised with engravings and energy leaks as well as miniaturization.

This report's recommendations serve to reposition France's position on the market. Such strategies would enable the French semiconductor industry, and more specifically one of the top leaders, Soitec, to gain significant market share and gain a strategic position in the sector. However, this recommendation does not imply that France takes sides in the trade war between the United States and China. France aims to take advantage of the current geopolitical framework in addition to the demands, to become a crucial actor in semiconductor innovation and development.

This report is limited to 3 recommendations after having studied their weaknesses:

One of the strategies that France could adopt concerns the highly specialized French company Soitec. With a European investment, it would be possible to sell transistors or machines that involve French production to Chinese companies in the sector, and then offer the same sale in the United States or by linking American transistor technologies to the French.

Another recommendation, perhaps less present in our culture, but nevertheless conceivable, concerns "brain drain". For example, China's strategy includes investment in people, and France could thus draw inspiration from it.

It is entirely conceivable to drive out competitors in the ASML company by maintaining international sales with a monopoly while having only European decision-makers. This will in addition avoid intrusive visibility on European strategy and its technological advances in the sector. This could not only lead to the development of new competing foreign mechanisms, but also to a chance of increased power for Europe.

The recommendations in this report are drafts of strategies to be carefully studied and reflect a resourcefulness of desire for influence. France has an exploitable competitive advantage, and it must be used to guard against American interference, which takes both an operational arrangement through shareholding via investment funds, for example, and a human framework through brain drain. France's objective is to redefine French mobilization through a European framework by way of investment and strong national encouragement in the realm of research and development.

Introduction

La guerre économique autour des semi-conducteurs s'inscrit dans un contexte international où le micro-électronique joue un rôle clé dans la digitalisation de la société. En effet, sans ces composants, réalisés sur des plaquettes de silicium, il n'y aurait ni smartphone, ni ordinateurs, ni véhicules électriques ou autonomes, ni cartes bancaires, etc. Selon Gartner¹, en 2018, le chiffre d'affaire mondial des semi-conducteurs a augmenté de 13,4% par rapport à 2017, atteignant ainsi 476,7 milliards de dollars. Trois grands acteurs détiennent la majorité des parts de ce marché, Samsung Electronics, Intel et SK Hynix.

Cette technique prend source en 1947², lorsque John Bardeen et Walter Brattain ont inventé le transistor dans les laboratoires de Bell, permettant ainsi de faire fonctionner la plupart de nos appareils électroniques. Par la suite, Bell Labs³ a octroyé des licences permettant aux entreprises de travailler sur les transistors afin de faciliter les innovations sur les semi-conducteurs. Ces laboratoires ont également démontré que le silicium était le meilleur matériau pour composer les semi-conducteurs, grâce à sa stabilité et la vitesse qu'il génère. Néanmoins le processus de fabrication est long et coûteux, ce qui permet de dessiner un rapport de force d'envergure avec les leaders du marché.

Ainsi le silicium est devenu l'élément central et indispensable à la production de transistors et de puces électroniques et dont la maîtrise pointilleuse est dominée par les États-Unis. Ces derniers ont pris conscience de leur avantage technologique, en comparaison avec la Chine, sur laquelle ils veulent conserver cette distance technique. A partir de 2014, la Chine a commencé à investir massivement dans la composition et la production de semi-conducteurs dans l'objectif de devenir autosuffisant et de ne plus dépendre des États-Unis. De son côté, la France cherche à prendre des parts de marché importantes dans le secteur des substrats en proposant des technologies innovantes et compétitives par rapport aux deux grands leaders du domaine. Cependant, le contexte géopolitique de la guerre économique entre la Chine et les États-Unis complexifie le processus d'intégration de la France au sein d'un marché très fermé, en se retrouvant parfois au milieu du conflit. Compte tenu de la complexité de ce marché, aussi bien par la fine technologie nécessaire à la composition de semi-conducteurs, que par les enjeux géopolitiques impliqués, il convient d'étudier les rapports de forces du secteur et la place de la France au sein de celui-ci. Autrement dit, dans la course mondiale aux nouvelles technologies comment la technologie française des semi-conducteurs (substrats) fait-elle l'objet de mesures d'ingérence de la part des États-Unis (finFET) ?

Afin d'étudier dans le détail ce marché et sa complexité, il est nécessaire avant tout d'étudier l'ensemble des acteurs et des enjeux du secteur, mais aussi les différentes technologies impliquées. Également, il est indispensable d'analyser le contexte géopolitique dans lequel interviennent les acteurs du marché des semi-conducteurs et les différents types de relations qu'ils entretiennent, dont les ingérences des différentes parts. L'ensemble de cette étude permettra d'établir des préconisations pour le gouvernement français afin de se prendre des parts de marché importante dans ce secteur.

¹ Communiqué de presse, Gartner, Le Chiffre d'affaires mondial des semi-conducteurs a augmenté de 13,4% en 2018, 07 janvier 2019

² Priya Ganapati, « DEC. 23, 1947 : TRANSISTOR OPENS DOOR TO DIGITAL FUTURE », Wired, le 23 Décembre 2009

³ 1952 : Bell Labs licenses transistor technology, The Silicon Engine, consulté le 29/06/2019

Le marché des semi-conducteurs

L'ensemble des technologies utilisées aujourd'hui au service de l'information fonctionnent à l'aide de semi-conducteurs. Ils sont présents dans l'ensemble des appareils électroniques afin et à l'aide de milliards de composants de stocker, déplacer et traiter des données. L'architecture de cette technologie est donc primordiale pour l'économie d'un pays et doit être au cœur des priorités de développement industriel d'un pays s'il veut être présent sur le marché mondial.

Maintenant, si l'on s'intéresse à la composition d'un semi-conducteur on constate que le matériau le plus répandu et le moins cher présent sur le marché est le silicium. Principalement extrait en Chine, en Russie et aux États-Unis, c'est un minéral dur abondant et présent naturellement dans le quartz. La particularité de ce minéral c'est qu'il n'est ni tout à fait conducteur, ni tout à fait isolant, ce qui permet aux électrons de franchir la bande dites « interdite », considérée comme un intermédiaire, entre l'isolant et le conducteur grâce à une simulation d'énergie, afin de conduire l'électricité. On peut également retrouver ces propriétés, propres au semi-conducteur, dans le germanium ou le gallium. Après la première utilisation de semi-conducteurs en 1947, l'année 1965 marque un réel tournant dans le milieu des processeurs grâce à la loi Moore⁴ qui impacte les cycles de vie des produits obligeant les fabricants de semi-conducteurs à maintenir des niveaux élevés de recherche et de dépenses d'investissement. L'un des principaux défis de l'industrie tient dans le fait que la technologie peut rapidement devenir obsolète en fonction de l'avancée plus ou moins rapide des recherches étatiques industrielles. L'enjeu financier et de taille car un stock obsolète devient invendable et tous les investissements mis en recherche et développement doivent être constants pour remplacer les technologies obsolètes et ainsi continuer d'exister sur le marché.

L'une des grandes questions auxquelles sont confrontés les fabricants de semi-conducteurs est de savoir si les limites physiques des matériaux utilisés risquent bientôt ou non de rendre difficile l'installation économique d'un plus grand nombre de transistors sur un dispositif en silicium. Si cela s'avère être le cas, la validité de la loi de Moore est vivement débattue, les fabricants devront trouver d'autres méthodes pour améliorer leurs semi-conducteurs.⁵ Considérant le marché à présent il a été estimé par le cabinet Gartner que le chiffre d'affaires mondial des semi-conducteurs a atteint 476,7 milliards de dollars en 2018 et ce marché est dominé par les trois géants SAMSUNG Electronics, Intel et SK Hynix. A eux trois, ils représentent 37,3% de part de marché global en 2018. Sachant cela, on comprend le poids important des semi-conducteurs pour l'économie mondiale et cela soulève par conséquent de nombreux enjeux.

Les enjeux

L'Internet des objets, ou bien encore IoT (Internet of Things) regroupe tous les objets capables d'échanger des informations et de communiquer entre eux, en utilisant Internet mais aussi d'autres réseaux de communication. L'IOT⁶ regroupe déjà de multiples applications en domotique (régler le thermostat à distance, allumer les lampes de la maison, contrôler l'ouverture et la fermeture des volets...), dans les loisirs (les montres, bracelets, t-shirt), dans la santé (suivi grâce à des équipements) et dans l'industrie (machines qui commandent toutes seules les matières premières, qui gèrent leur propre réparation). L'omniprésence des objets connectés dans le monde ne cesse de croître et offre une perspective de 151 milliards de

⁴ « Loi de Moore », Futura science

⁵ For differing opinions on the future prospects of silicon-based semiconductors, see "Double, Double, Toil and Trouble," *The Economist*, March 12, 2016, and Bret Swanson, *Moore's Law at 50: The Performance and Prospects of the Exponential Economy*, American Enterprise Institute, November 2015, pp. 14-15.

⁶ Rodolphe Degand, *Marché des objets connectés 2018: maison, e-santé, wearable et assistant personnel*, Stylisme.com, le 22 Avril 2019

dollars en 2018 pour une prévision aux alentours de 1500 milliards de dollars d'ici à 2025 selon une étude du cabinet IoT Analytics. Cette montée en puissance de ces objets sur le marché représente donc un enjeu de taille pour le secteur des semi-conducteurs. En effet, cette croissance va déclencher une participation cruciale pour les entreprises telles que Intel ou encore AMD, face à la nécessité d'intégrer des semi-conducteurs.

De plus, la progression des véhicules électriques et connectés oblige les industriels à augmenter la place de l'électronique au sein des véhicules, devenant l'un des nouveaux défis majeurs pour les producteurs de semi-conducteurs. Philippe Prats, responsable du marketing et des applications pour l'automobile chez STMicroelectronics déclare lors du salon de l'industrie automobile de janvier dernier : « En 2017, la valeur des semi-conducteurs dans un véhicule compact à moteur thermique était estimée à 330 dollars, demain elle sera multipliée par trois dans les voitures électriques et autonomes ». ⁷ De nombreux produits issus de systèmes mécaniques sont aujourd'hui fortement tributaires de l'électronique basée sur les puces : un constructeur automobile affirme que certains de ses modèles intègrent jusqu'à 6 000 semi-conducteurs. ⁸ En octobre 2016, Qualcomm, entreprise américaine de technologie mobile, annonce l'acquisition pour 45 milliards d'euros du semi-conducteur NXP, le système de puce NXP est utilisé aussi bien pour le marché des véhicules connectés, de l'IOT et de sécurité (sécurité ID, carte de crédit, ...).

Processus de fabrication

Le processus de fabrication des semi-conducteurs est long, complexe et surtout coûteux puisqu'il nécessite environ 300 étapes à partir du sable jusqu'au semi-conducteurs. Le processus est ainsi intéressant à étudier car si ce circuit logistique est si grand, il peut potentiellement présenter des points d'entrées pour la concurrence ou être davantage raccourcis afin d'obtenir un avantage significatif.

L'objectif de la première phase du processus consiste à obtenir du silicium pur qui n'existe pas à l'état naturel. En revanche l'oxyde de silicium (Silicium avec des atomes d'oxygènes « greffés ») se trouve dans le sable et établit la première étape de la chaîne de fabrication. A savoir qu'il y a très peu de mines dans le monde qui contiennent du sable sans matières premières parasites et qu'il n'est pas envisageable de prendre du sable de rivières, mer, plages... Les mines de sable exploitables sont des mines de quartz car en raison de leur faible teneur en éléments parasites. Une fois le sable de quartz récupéré et concassé, on vient le chauffer avec du carbone pour en faire du silicium pur seulement à 97%. Cette donnée est importante car à cette étape deux technologies de transistors bifurquent dans la conception, l'une est américaine (Finfet) et l'autre française. On peut noter également lors de cette réaction que l'oxyde restant sera réutilisé pour fabriquer du verre. Le silicium n'étant pas suffisamment pur, il faut le purifier davantage grâce à une étape de distillation. Le but étant de concentrer le silicium pour obtenir un élément pur à 99,99%. Une fois que l'on obtient ce silicium, il faut ensuite ordonner les atomes afin de l'utiliser ; pour ce faire on procède à la cristallisation. Dans le silicium monocristallin, l'ensemble des atomes est ordonné de la même manière ce qui est indispensable à la gestion des propriétés du semi-conducteur. La machine utilisée s'apparente à un four qui étire le silicium et forme un bloc. Celui-ci est un cylindre de 300 mm silicium monocristallin et sa formation est cruciale dans le processus de fabrication puisqu'il est au centre de certaines stratégies, comme celle de l'entreprise Intel. Lorsque le bloc de silicium mono cristallin est formé, on le découpe en wafers (galettes fines) sur lesquelles on peut graver des transistors avant de procéder à la dernière découpe en petits carrés, connus sous le nom de processeurs.

La fabrication du processeur va ensuite devoir répondre à différents enjeux et correspondre à des défis technologiques tels que : fabriquer des processeurs plus petits, plus puissants, plus autonomes, traiter les

⁷ [Florian Debes](#), CES 2019 : les fabricants de puces embarquent dans la voiture autonome, Les Echos, le 10 Janvier 2019

⁸ Audi, Immense Significance for Innovations: Semiconductors, consulté le 2 juillet 2019

tâches parallèlement... Ces réponses sont données par le savoir-faire de la gravure. On dessine un « circuit » grâce aux ultraviolets (UV) sur un petit carré de silicium photosensible. C'est à cette étape que l'on construit les transistors, qu'on les relie entre eux grâce à du cuivre afin de créer des opérateurs logiques qui donneront lieu à diverses fonctionnalités. (Audio, Vidéo, Calculs, Wifi...) L'empilement du cuivre peut atteindre jusqu'à 7 étages à l'échelle du nanomètre (un milliardième de mètre) cette conception minutieuse de ce « câblage » est d'abord simulée par un logiciel 3D. Il existe une entreprise américaine, nommée « cadence » qui possède le monopole sur la virtualisation et la conception et qui est présente dans tous les pays qui ont une activité liée aux circuits imprimés.

La taille des transistors expliquée dans la loi Moore est un élément stratégique important considérant le fait que la miniaturisation permet d'ajouter des « circuits » et donc par conséquent d'ajouter plus de fonctionnalités. Cette compétition est depuis, 1965, régie par la loi Moore, après une observation du nombre de transistors de la part du co-fondateur d'Intel, Gordon Moore, qui courrait jusqu'en 2013 et qui s'est avérée relativement précise. Jusque-là, et selon ce que la loi avait prédit, le nombre de transistors doublait tous les deux ans. Depuis 2013, n'a doublé que tous les 3 ans et les limites de la loi commencent à apparaître.

C'est le problème de la miniaturisation : 1 nanomètre est la distance entre 2 atomes dans un cristal de silicium, personne ne pourra créer des transistors plus petits qu'un nanomètre. Les roadmaps des plus grands constructeurs (Intel, TSMC...) ainsi que les roadmaps des industries qui créent les machines du processus de fabrication n'ont pas prévues de descendre en dessous de 10-7 nanomètres au vu du nombre de nouveaux problèmes à résoudre de la physique quantique, la perspective de miniaturisation s'épuise. Aujourd'hui en 2019, l'entreprise Intel sait faire des transistors de 10 nanomètres pour les ordinateurs. En ce qui concerne les téléphones portables, les transistors fait par Samsung sont de l'ordre de 7 nanomètres. Les technologies mises en œuvre aujourd'hui pour améliorer les performances dans les circuits imprimés.

Considérant à présent les technologies mise en œuvre aujourd'hui pour améliorer les performances dans les circuits imprimés on peut d'ores et déjà noter que les semi-conducteurs posent des problématiques majeures qui n'ont pas encore été résolues. On peut par exemple prendre les problématiques soulevées avec les gravures et les fuites d'énergies. La gravure à l'échelle de l'atome présente, en effet, des problèmes de recouvrement car la longueur de l'ultraviolet (UV) est déjà supérieure à la taille du canal à graver. Ainsi l'industrie rencontre des effets de débordement à contrer du fait de la diffraction de la lumière. La première technique pour y remédier est le « double-patterning », une procédure qui consiste à imprimer un canal sur deux à la fois. L'impression au premier passage permet de graver 50% du circuit, puis le deuxième passage permet de finaliser le processus donnant une meilleure résolution de gravure. La deuxième méthode est « l'Optical Proximity Correction ». L'utilisation d'ultraviolets induit des effets de débordement qui déforment les canaux. On prévoit les déformations de l'ultraviolet en les créant artificiellement afin d'avoir un résultat net. Pour subvenir aux besoins de nouvelles résolutions de la lithographie, il existe l'ultraviolet extrême. Une nouvelle technique développée par ASML aux Pays-Bas, qui permet d'améliorer directement la précision de la gravure bien que la mise au point de ce système ne soit pas totalement au point. Cette entreprise présente une particularité car Intel, TSMC et Samsung sont co-actionnaires et co-investisseurs. Autrement dit, elle est financée par tous les concurrents du marché des semi-conducteurs. La machine permettant cette nouvelle solution coûte plus de 50 millions de dollars et cela remporte un franc succès car en 2019 l'entreprise a vendu 30 produits à travers le globe pour des wafers de 300mm.

Les acteurs commerciaux

Les acheteurs majoritaires de ces machines sont les grandes entreprises, acteurs phares du marché des semi-conducteurs. Samsung lance, par exemple, une nouvelle ligne de production à Hwaseong, en Corée du Sud. Il y a également TSMC, le géant taiwanais qui se projette pour une production de nouveaux processeurs de 5 nanomètres en 2020-2021, et Intel qui développe ses lignes de production en Oregon

(Etats-Unis, en Arizona (Etats-Unis), en Israël et en Irlande. Enfin, on peut citer SK Hynix qui se lance à Icheon (Corée du Sud) et actualise sa ligne de production à Cheongju (Corée du Sud) ainsi qu'à Wuxi (Chine).

La seconde problématique est la caractéristique du Silicium, car il est semi-conducteur et génère des fuites puisqu'il est capable de conduire le courant. La résultante de cette problématique est la surchauffe des transistors. Afin de contrer ces fuites d'énergies, il existe sur le marché 2 à 3 deux à trois technologies qui permettent de limiter ces pertes et de baisser la consommation des processeurs. Ce qui permet d'améliorer l'autonomie des appareils tel que les smartphones. D'un côté la technologie Finfet, de l'autre le FD-SOI. Avant ces technologies les transistors étaient construits à plat sur le Silicium, la surface en contact du silicium et du transistor est donc conséquente et entraîne des fuites d'énergies sur toute la surface de contact. La technologie Finfet a permis de réduire la surface de contact en construisant le transistor de manière verticale ce qui limite les fuites d'énergies. Cette technologie est utilisée par Samsung, TSMC, Qualcomm, NVIDIA, Broadcom... Une technologie similaire est utilisée par Intel qui consiste à mettre trois couches dans le transistor tandis que la technologie Finfet n'en possède qu'une. Les couches sont appelées « gate », ce qui donne le nom au transistor d'Intel le « Tri-Gate ». Cela permet d'abaisser la consommation électrique et augmente la fréquence (la rapidité d'une opération logique lorsque le courant passe). Néanmoins ils possèdent le problème similaire de fuite d'énergie mais en quantité moins importante.

La technologie FD-SOI, joue également sur ce paramètre de couche, relativement complexe à produire en termes de qualité mais apporte un début de réponse aux fuites énergétique des transistors. Un isolant est placé entre le transistor et le semi-conducteur ce qui permet de réduire considérablement les fuites énergétiques et permet d'augmenter la fréquence. Cette couche d'isolant est en fait récupérée au début du processus de fabrication, il s'agit de silicium pur à 97%. Cette solution est apportée par une entreprise Française « Soitec » couplé avec « ST-Microelectronics » également française toutes deux basées à Crolles. Cette initiative demande une logistique différente lors du processus de fabrication comparée aux leaders du marché mais elle permet de réduire les coûts de fabrication.

Ces problématiques non résolues, rendent une autre méthode viable à court terme : celle de l'amélioration de la production des wafers, véritable enjeu stratégique, c'est-à-dire améliorer le rendement des usines de fabrication. En 1990 les disques étaient de l'ordre de 200mm (soit 41 processeurs), en 2001 de l'ordre de 300 mm jusqu'à aujourd'hui. Un disque de 300mm permet la fabrication de 90 processeurs et un disque de 450 mm permettrait la construction de 230 processeurs. On augmente la taille du wafer de 1,5 pour un rendement 2 fois supérieur à la production actuelle. Intel envisage de le développer mais ils se heurtent à une la contrainte majeure car il faudrait changer tous les appareils de la chaîne de production, autrement dit toute la ligne de fabrication une opération coûteuse pour obtenir des wafers plus grands et en produire plus. La ligne de fabrication de wafer coûte aujourd'hui 3 ou 4 milliards de dollars et si les transistors sont davantage miniaturisés le prix de la ligne de fabrication augmentera. En couplant cette stratégie avec le rendement des wafers, Intel prévoit d'éliminer des concurrents qui pourraient lui faire de l'ombre. Le coût augmente donc le nombre d'acteurs diminuera de manière mécanique. D'autres acteurs tel que Broadcom n'ont pas la même vision du marché futur. Il y a une divergence sur l'intégration du marché des semi-conducteurs : c'est-à-dire qu'Intel prévoit un développement horizontal et Broadcom envisage un développement vertical.

Concernant les circuits imprimés, ceux-ci forment un processeur et sont regroupés par « modules », c'est-à-dire qu'une partie du processeur est dédiée au wifi, une autre à l'USB, à la mémoire, aux capteurs, aux unités graphiques, à la vidéo... Qualcomm et Broadcom développent ces modules en interne, tandis qu'Intel créer un marché en faisant un appel d'offre et de compétences afin de sous-traiter directement ces modules. Un des acteurs non négligeables du module appelé « unité centrale de traitement » est « ARM » une entreprise anglaise qui réalise ces productions pour un milliard d'euros de chiffre d'affaire. En France, nous avons l'entreprise « Allegro » qui est spécialisée dans le module « vidéo ». En vue de contourner la miniaturisation un changement de conception des processeurs est nécessaire. Ainsi les leaders du marché songent à changer le design de conception et pour cela il faut conceptualiser des solutions en « 3D » avec

des microprocesseurs verticaux par exemple. Intel et Samsung sont en train, eux, d'étudier de nouvelles pistes expérimentales qui sont les transistors à effet « tunnel » ainsi que la spintronique.

Les transistors à effet « tunnel » ont été initiés par IBM grâce à des nanotubes de carbone. Cette technique consiste à exploiter pleinement un ancien modèle de transistors (MOSFET) et d'y ajouter des impuretés en petite quantité pour modifier les propriétés de conductivité. Le domaine de la spintronique, lui, consiste à stocker de l'information à l'intérieur des électrons. On utiliserait alors les données des électrons en tant qu'opérateurs logiques pour permettre ainsi de baisser de 80% la consommation en énergie, par rapport aux technologies utilisées aujourd'hui. Les processeurs seraient alors plus économes mais également moins performants mais malgré cela cette piste est privilégiée pour les années à venir. Cependant, l'industrie connaîtrait dans cette hypothèse, un ralentissement dans les gains de performances.

Les nouvelles pistes de recherche avec d'autres matériaux comme le nitrate de gallium touchent au domaine de l'optronique, le domaine de la très haute performance des semi-conducteurs. Ce sont les technologies qui utilisent non pas le silicium mais le gallium ou phosphore, métaux rares et plus coûteux qui permettent d'avoir une fréquence bien supérieure à celle que l'on a de nos jours. Le silicium peut avoir une fréquence maximale de 4 voire 5 Gigas Hertz (GHz) dû aux électrons, contre une technologie photonique avec le gallium qui pourrait atteindre les 50 Ghz. Ce sont les matériaux utilisés notamment dans la fibre optique, les câbles internet pour faire passer un très haut débit. L'enjeu d'aujourd'hui est de mélanger ces deux technologies pour aller plus loin de la gestion des quantités d'informations. Une autre piste pour les transistors est aussi l'utilisation de graphène, des nanotubes ordonnés qui permettraient de gérer entre 40 à 100 GHz.

Acteurs publics et privés

L'industrie des semi-conducteurs se caractérise généralement par d'importantes fluctuations de l'offre et de la demande de produits, qui dépendent fortement de la vigueur de l'économie mondiale⁹. Les entreprises dont le siège social est situé dans l'Union européenne détiennent la plus grande part du marché mondial, mesurée par les ventes, soit près de 50 %. Sur les 15 leaders du marché des semi-conducteurs, sept d'entre elles sont basées aux États-Unis¹⁰, trois en Europe, deux en Corée du Sud, deux au Japon et enfin une à Taiwan. Dans ce classement des fournisseurs de semi-conducteurs, IC Insights inclut des fonderies, des sociétés de gestion intégrée et des sociétés dans usine pour avoir la liste la plus exhaustive possible de fournisseurs sur le marché des semi-conducteurs.

I) Les acteurs privés

Si l'on s'intéresse aux acteurs privés présents sur le marché français Soitec est l'acteur phare dont il faut se préoccuper. Soitec est une entreprise industrielle internationale d'origine française qui joue un rôle clé dans l'industrie de la microélectronique et qui a réalisé 310 631 euros de chiffre d'affaires en 2018. Elle conçoit et produit des matériaux semi-conducteurs innovants : des substrats sur lesquels sont gravés puis découpés les circuits de composants électroniques. Elle offre des solutions inédites et compétitives pour poursuivre la miniaturisation des puces, augmenter leurs performances et réduire leur consommation d'énergie. Par ailleurs, Soitec achète des tranches de silicium aux fabricants de silicium qui les ont d'ores et déjà fondu, façonné et découpé en tranches de silicium brut. Elle utilise principalement la technologie Smart Cut™ pour intercaler une couche de matériau isolant entre chaque couche d'oxyde de silicium et fabriquer des plaques de silicium sur isolant (le SOI). Puis, elle revend ces tranches aux fabricants de circuits intégrés. Au-delà des gains de performances et d'efficacité énergétique des composants électroniques par comparaison aux plaques traditionnelles de silicium massif, la gravure sur SOI permet de bénéficier de coûts

⁹ Angelo Zino, Semiconductors & Semiconductor Equipment, S&P Capital IQ, May 2016, pp. 19-24.

¹⁰ Falan Yinug, Made in America: The Facts about Semiconductor Manufacturing, SIA, August 2015, p. 4

de fabrication réduit, du fait d'une architecture simplifiée. SOITEC a sur sa gamme de produits une très faible concurrence et une capacité d'autofinancement conséquente pour investir dans sa R&D. Elle rencontre une opposition des leaders Intel/TSMC au FD-SOI. L'exposition forte au Taux de change se voit être un élément de menace pour cette dernière. D'autres parts elle peut aussi saisir une opportunité de croissance suite à l'avènement de la 5G- Croissance des plaques de 300mm- SOI est la technologie de demain pour les circuits dans l'automobile, les mobiles et l'IOT.

De plus, Riber est également un acteur français à ne pas négliger. Bien que son chiffre d'affaires soit nettement inférieur à celui de Soitec, l'acteur Riber a réalisé 31 295 euros de chiffre d'affaires en 2018. Cette entreprise est spécialisée dans la conception, la fabrication et la commercialisation des systèmes d'épitaxie par jets moléculaires (MBE), de sources d'évaporation et de cellules destinées à l'industrie des semi-conducteurs. Cette année, le projet qui a animé le cœur de l'entreprise c'est l'achat d'une machine 6000 MBE, chinoise, qui contribue à partir de l'exercice de 2019 au développement de nouveaux dispositifs optoélectroniques afin de servir les marchés chinois et internationaux de la 5G, des interconnexions en fibre optique et des data centers. Ce nouveau succès commercial en Chine montre que les solutions technologiques de Riber répondent favorablement aux besoins de production pour le déploiement et la diffusion de la 5G sur le marché chinois d'ici à 2020.

Concernant les entreprises européennes à présent, STMicroelectronics est l'un des leaders mondiaux dans le domaine de la fabrication et commercialisation de semi-conducteurs. STM, entreprise située en Suisse, est franco-italienne et se positionne sur les secteurs en croissance tel que l'automobile, l'IoT et imageurs 3D. Pour fournir à ses clients un outil de production indépendant et sécurisé à un coût compétitif, STM s'appuie sur un réseau de onze usines « front-end » dispatchés dans le monde pour la fabrication de tranches de silicium, et en « back end » pour l'assemblage, les tests et le conditionnement des puces. En termes de procédé d'ingérence on peut remarquer que l'un de ses actionnaires est un fond américain nommé BlackRock Fund Advisors qui détient 1,19% des parts. Même si cela peut s'avérer peu, les américains ont l'opportunité d'avoir accès à la stratégie de l'entreprise européenne.

La seconde entreprise d'importance est ASML. Située aux Pays-Bas, cette entreprise a été créée en 1984 en tant que co-entreprise entre ASM International et Philips. ASML est le leader mondial de la fabrication de machines pour l'industrie des semi-conducteurs avec environ 80% du marché. La compagnie produit des machines pour la fabrication des processeurs, mémoire DRAM et Flash. Ses 3 principaux clients sont aussi ses investisseurs : Samsung, Intel et TSMC, les 3 leaders du marché des semi-conducteurs. Le groupe a une demande bien supérieure à leur offre de production, ce qui leur donne un net avantage sur le marché et la concurrence reste faible. Des menaces peuvent se présenter sur la régulation gouvernementale, le taux de change et la dépendance fournisseurs.

Infineon Technologies figure parmi les premiers fabricants mondiaux de semi-conducteurs. Ce groupe allemand de semi-conducteurs, spin-off de Siemens AG, crée en 1999 est introduit en Bourse début 2000. C'est le leader mondial du marché des composants pour cartes à puce. Les produits du groupe comprennent des semi-conducteurs de puissance, des capteurs, des microcontrôleurs, des circuits intégrés numériques, à signal mixte et analogiques, des modules à semi-conducteurs discrets, des commutateurs, des circuits intégrés d'interface, des circuits intégrés de commande moteur, des transistors de puissance RF, des régulateurs de tension, ainsi que des composants électroniques de sécurité.

Le chiffre d'affaires par activité dans le secteur des semi-conducteurs se présente comme suit :

- Gestion de la consommation d'énergie (30,5%) : semi-conducteurs destinés à la gestion efficace de l'énergie utilisés dans les secteurs du rechargement des batteries électriques, de l'aviation, de la défense, de l'énergie pétrolière et gazière, de la télécommunication sous-marine, de l'électronique grand public, de l'électroménager, de l'Internet des Objets, de la téléphonie mobile et de l'éclairage conventionnel ;

- Contrôle de puissance industrielle (17,4% ; n°1 mondial) : semi-conducteurs et modules de puissance utilisés dans les domaines de la production, de la transmission et de la consommation d'énergie électrique ;
- Sécurité par cartes à puces (8,7%) : circuits intégrés pour cartes à puce (cartes d'identité électroniques, permis de conduire, cartes de santé, cartes de paiement, etc.) destinés à des applications d'identification, d'authentification, de paiement sécurisé, de communication mobile, etc.

Concernant les mesures stratégiques, le fabricant de semi-conducteurs a lancé en avril 2019 une offre d'environ 9 milliards d'euros pour racheter l'américain Cypress, qui devrait lui permettre de grimper au huitième rang mondial et grossir dans « l'internet des objets ». Cette manœuvre est acceptée car l'un des actionnaires, « Harding Loevner LP », est une entreprise américaine. Infineon réalise plus de 25% de ses ventes en Chine et a dû réviser deux fois ses prévisions à la baisse sur l'année écoulée en raison du ralentissement mondial. Par ailleurs, il évolue loin derrière des américains tel que Intel, Micron, Qualcomm, Broadcom ou du coréen Samsung dans la hiérarchie mondiale.

Concernant les entreprises américaines, l'entreprise IQE est une compagnie britano-américaine créée en 1988 à Cardiff, qui fabrique des wafers utilisés dans les dispositifs Wireless, optoélectronique, électronique et solaire. Elle est spécialisée dans les matériaux avancés à base d'arséniure de gallium (GaAs), de phosphore d'indium (InP), de nitrure de gallium (GaN) et de silicium. La société est le plus grand producteur indépendant d'épifabrics fabriqués par épitaxie en phase vapeur organométallique (MOCVD), épitaxie par faisceau moléculaire (MBE) et dépôt chimique en phase vapeur DCV.

Intel est une entreprise américaine fondée en 1968. C'est la première fabricante de semi-conducteurs au monde. Il fabrique des microprocesseurs, cartes mères, mémoires flash et processeurs graphique.

Le CA par famille de produits se répartit comme suit :

- produits numériques (81,1%)
- produits de communication (18,9%).

Le groupe se distingue par une stratégie de développement et de croissance qui repose sur un processus d'intégration des opérations en amont et en aval. Pour accroître sa présence et son savoir-faire elle rachète des entreprises régulièrement qui produisent de nouvelles solutions innovantes à succès. Plusieurs opportunités semblent stimuler la croissance du groupe : la demande est en hausse perpétuelle en provenance des pays émergents qui représentent un marché très convoité et sur lequel Intel parvient à se positionner sans réelles difficultés. Texas Instruments (TI) est une entreprise d'électronique américaine, fondée, elle, en 1941 basée à DALLAS. Elle est spécialisée dans la conception, la fabrication et la commercialisation de semi-conducteurs.

II) Les acteurs publics

Concernant les acteurs publics à présent, la filière des composants électroniques est composée de trois fédérations : la FIEEC (Fédération des industries électriques électronique et de communication) qui rassemble 22 syndicats français dans le secteur de l'énergie ; le GIXEL (groupement professionnel des industries des composants systèmes électroniques) qui rassemble 70 entreprises de haute technologies ; SITELESC (organisme fédérateur de la micro et nanoélectronique) qui s'adresse à l'ensemble des acteurs des fabricants des semi-conducteurs.

L'ensemble de ces trois syndicats ont décidés en 2013, de fusionner en un sein d'un seul et même syndicat professionnel : l'ACSIEL (Alliance des Composants et Systèmes pour l'industrie Électronique). L'objectif est de conférer à ce groupement plus de légitimité dans le secteur afin de promouvoir et défendre l'industrie française du marché de l'électronique sur la scène nationale et internationale. On retrouve au sein des adhérents les plus grands groupes du secteur tel que Intel, Soitec, 3SPgroup ou encore Thalès. Le nombre

d'entreprises adhérentes est à ce jour de 150 grandes entreprises, PME, universités, ... pour un total de 100 000 emplois, présents sur le sol français réparti sur 200 sites.

Le gouvernement fédéral a joué un rôle central dans la création de l'industrie américaine des semi-conducteurs. Le financement de la recherche et du développement (R&D) dans le domaine de l'électronique et des matériaux pendant la Seconde Guerre mondiale a fourni un soutien essentiel à l'invention et au raffinement des semi-conducteurs. En juillet 2015, le Congrès a formé le « Semiconductor Caucus », un groupe qui préconise des mesures politiques en faveur des industries américaines de semi-conducteurs. Les investissements et progrès informatiques ont également permis un important domaine d'application pour les semi-conducteurs.

Les investissements et progrès informatique ont également créé un important domaine d'application pour les semi-conducteurs. Les acquisitions fédérales pour la défense, l'espace et les applications civiles se sont procuré une part du marché des premiers semi-conducteurs. Face à la concurrence des entreprises japonaises dans les années 1980, le Congrès a co-financé « SEMATECH », un consortium de recherche de l'industrie consacré au développement des technologies dont les entreprises américaines ont besoin pour rester compétitives. Aujourd'hui, le Congrès continue de financer la R&D et le développement de talents scientifiques et techniques pour soutenir l'industrie. En 2015, le Congrès a décidé de rendre permanent le crédit d'impôt pour la R&D, une priorité politique de l'industrie. Pour une motivation d'intérêt le Congrès maintient la fabrication de semi-conducteurs de grandes valeurs stratégiques aux États-Unis.

De son côté, le gouvernement chinois considère le développement d'une industrie nationale des semi-conducteurs qui se voudrait compétitive à l'échelle mondiale. C'est une priorité stratégique dont l'objectif déclaré est de devenir autosuffisant dans tous les domaines de la chaîne d'approvisionnement des semi-conducteurs d'ici 2030. La Chine est confrontée à d'importants obstacles d'entrée : L'industrie est mature et nécessite un investissement en capital et un rythme intensif de R&D. Étant donné que le marché principal des entreprises américaines de semi-conducteurs est situé à l'extérieur des États-Unis (83 % en 2015), l'adoption de l'accord de partenariat trans-pacifique (TPP) et la conclusion des négociations en cours du Partenariat transatlantique pour le commerce et l'investissement (TTIP) avec l'Europe constituent les principales priorités de l'industrie.

III) Acteurs de la scène internationale

De plus, considérant à présent les acteurs présents sur la scène internationale, il faut d'abord se tourner vers l'Asie en incluant Taïwan, le Japon et la Corée du Sud. En effet, plus de 70% de la production des semi-conducteurs est partagée entre les trois pays considérés plus haut et plus de 71% de la demande des semi-conducteurs provient de la Chine.

Concentrons d'abord notre analyse sur l'acteur qu'est le Japon. Ce dernier, a, dans les années 80 conquis la majorité du marché mondial des DRAM (Dynamic Random Access Memory). En réaction les États-Unis ont cherché à conclure un accord bilatéral pour ouvrir le marché japonais aux semi-conducteurs américains et ont accordé un financement fédéral à un consortium de recherche pour soutenir la compétitivité technologique américaine dans ce domaine. Cela a débouché sur l'accord « Japan Semiconductor Agreement » en 1986 ainsi que sur la création d'un consortium d'entreprises de semi-conducteurs SEMATECH (« Semiconductor Manufacturing Technology ») en 1987. Cette ingérence américaine n'a pas profité au Japon puisqu'aujourd'hui les entreprises basées en Asie de l'Est sont devenues des fournisseurs mondiaux de premier plan, loin devant le Japon. En effet, les sociétés Sud-coréennes Samsung Electronics et SK Hynix sont aujourd'hui les deuxièmes et troisièmes plus grandes sociétés de semi-conducteurs au monde.

Concernant Taïwan maintenant, on observe qu'ils possèdent le premier site mondial de fabrication de fonderie de semi-conducteurs. Cette industrie des fonderies est dominée par Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) et United Microelectronics Company (UMC). Ces deux fabricants sous contrats ont été créés et financés directement par le gouvernement taïwanais via des subventions et des prêts à faibles intérêts. Cet investissement de la part des États permet une assise durable de ses entreprises stratégiques sur la scène internationale qui jouent toutes les deux un rôle clé dans l'économie de la Corée du Sud ainsi que dans la reconnaissance sur la scène internationale dans le domaine technologique et des industries de pointe.

Toujours en Asie mais considérant la Chine à présent, elle représenterait près de 57% de la consommation mondiale de circuits intégrés. Mais ce dernier joue un rôle limité dans la production de cette marchandise car d'après une étude réalisée en 2014 par l'East West Center, un groupe de recherche non partisan créé par le Congrès, jusqu'à 80% des semi-conducteurs utilisés dans la fabrication électronique chinoise sont importés.

Si l'on change d'horizons à présent, pour se tourner vers l'industrie européenne on constate que trois entreprises ont une réelle importance sur le marché mondiale : STMicroelectronics qui est une entreprise franco-italienne, Infineon Technologies et NXP Semiconductors. Celles-ci sont toutes classées parmi les vingt premières entreprises mondiales de semi-conducteurs en termes de chiffres d'affaires.

IV) L'extraction et ses acteurs

La Russie

Entreprise : Kyshtym Mining/Russian Quartz



Située dans les montagnes de l'Oural méridional, l'entreprise minière, Kyshtym, est la seule entreprise en Russie qui fabrique du quartz pur pour ses clients nationaux et internationaux. Ses clients les plus populaires sont SUMCO (Japon), Covalent (Japon), Osram (Allemagne), Philips (Pays-Bas) et JNC (Chine). Aussi, la Russie exporte son quartz vers la Chine (27%), Japon (23%), le Kazakhstan (22%), le Pays-Bas (19%), la Belgique (3,7%), l'Allemagne (5,4%), et des autres pays d'Europe.¹¹

La Chine étant le premier importateur de la Russie, les relations commerciales entre ces deux pays sont déterminées par l'objectif de développer davantage l'intégration économique de la région de l'Eurasie, dans un contexte de rivalités économiques et militaires croissantes avec les États-Unis.¹² La Russie exporte exclusivement vers des pays d'Europe et d'Asie. Cela vient admettre le partenariat dans la coopération pour construire à "Belt and Road Initiative" mis en place par la Chine.

¹¹ Observation of Economic Complexity (OEC) : *Where does Russia export Quartz to? (2017)*, consulté le 3 juillet

¹² JEONG-HO, L, *China and Russia forge stronger Eurasian economic ties as Vladimir Putin gets behind Xi Jinping's belt and road plan in face of US hostility*, SCMP, 26/04/2019

Les États-Unis

Entreprise : The QUARTZ Corp

North Carolina



La géologie particulière des Appalaches américaines offre des gisements de quartz très purs. De là, les produits fabriqués en Caroline du Nord sont expédiés en Norvège, où l'usine de production leur permet de produire des quartz de 99,998 % de SiO₂.

Les États-Unis exportent principalement vers la Norvège (27 %), suivis par la Corée du Sud (12 %), le Mexique (9,5 %), l'Allemagne (6,1 %), la France (8,4 %) et le Royaume-Uni (4,3 %).¹³

Alors que les États-Unis sont les exportateurs principaux en Corée du Sud, la stratégie d'exporter vers la Norvège crée une relation intercontinentale qui s'oppose à la Chine, son principal concurrent sur ce marché. La société QUARTZ Corp a ciblé spécifiquement la Norvège pour l'exportation afin d'éviter des difficultés commerciales avec la Chine, et « pour s'assurer que les clients en Chine reçoivent leurs produits à temps, sans délai. »¹⁴

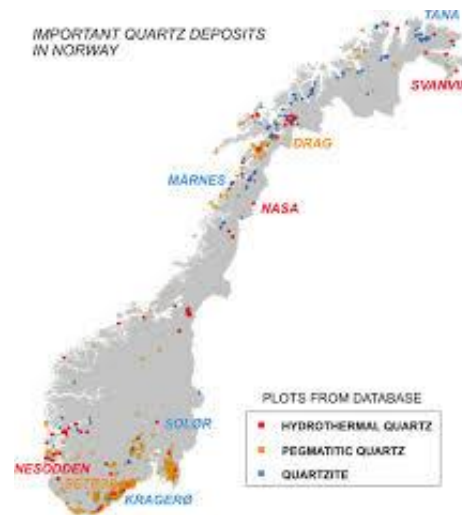
¹³ Observation of Economic Complexity (OEC) : *Where do the United States export Quartz to?* consulté le 3 juillet 2019

¹⁴ The QUARTZ Corp : *Logistics*, consulté le 3 juillet 2019

La Norvège

Entreprise : Nordic Mining

L'une des régions les plus fertiles de la Norvège pour le quartz se trouve dans le gisement de Nesodden. Le gisement de Nesodden se trouve à l'extrémité sud-ouest du pays.



La Norvège est le premier importateur mondial de quartz, notamment d'Espagne (47%), d'Égypte (29%), des États-Unis (19%) et de France (2,5%). En 2016, l'Islande (44 %), la Suède (37 %), l'Allemagne (9,3 %), la France (5,6 %) et la Suisse (3,1 %). De toute évidence, tous ces éléments sont présents dans l'Union européenne. Les plus petites exportations vont vers la Chine, avec un pourcentage inférieur à 0,5%.¹⁵

La Norvège est donc un acteur clé dans la stratégie des États-Unis visant à travailler avec les acteurs européens et à les convaincre dans la situation commerciale délicate avec la Chine, où l'objectif chinois est de travailler avec la Russie pour conquérir la région eurasiatique.

¹⁵ Observation of Economic Complexity (OEC) : *Where does Norway export Quartz to? (2017)*, consulté le 3 juillet 2019

L'Inde

Entreprise : Kakatiya Overseas

Kakatiya Overseas est un producteur et fournisseur international de quartz siliceux de haute qualité et de haute pureté, de différentes qualités et tailles. C'est aussi le leader indien de l'exportation. En Inde, la principale région où le quartz est extrait se trouve dans la région sud, où Kakatiya Overseas a son siège social.

L'Inde est le deuxième exportateur mondial de quartz (9,2%) derrière la Chine (14%). L'Inde joue un rôle stratégique dans le commerce mondial du quartz puisque tous les principaux importateurs sont situés en Asie, notamment au Japon (14%), en Chine (12%), en Malaisie (10%), au Vietnam (9,2%), au Bangladesh (4,7%) et en Thaïlande (2,1%).¹⁶ Ce qui est le plus remarquable, ce sont les exportations dans les pays de l'Asie du Sud-Est. Bien qu'ils ne représentent qu'un faible pourcentage des exportations totales de l'Inde, ils ne doivent absolument pas passer inaperçus. Le rôle de la Chine dans le commerce de l'Inde est stratégique pour impliquer l'Inde dans initiative "Belt and Road" de la Chine.

Secteur et réglementation

La réglementation des semi-conducteurs a été discutée et mise en forme la première fois le 16 décembre 1986 par la communauté européenne. Cette réglementation a pris effet peu de temps après que le Japon, second producteur de semi-conducteurs de l'époque derrière les États-Unis, ait promulgué une loi le 13 mai de la même année. Dans l'ensemble des législations la topographie des semi-conducteurs, c'est-à-dire l'ensemble des « dessins » réalisés à la surface des semi-conducteurs. Ainsi, la richesse intellectuelle est donc protégée, c'est-à-dire que les pays, ont, via la législation du Code de la propriété intellectuelle (CPI), l'opportunité de protéger et sauvegarder leur patrimoine intellectuel comme une clé stratégique de développement et d'avantage sur la scène internationale. A condition cependant, d'avoir de la propriété intellectuelle dans ce domaine, d'injecter des investissements nationaux afin d'étendre la richesse, la développer et évidemment pour la garder à l'abri des concurrents.

De plus, nous pouvons considérer l'élargissement de 2015 concernant l'Accord sur les technologies de l'Information (ATI) de l'Organisation Mondiale du Commerce. Celui-ci, est perçu comme un succès majeur pour l'industrie américaine des semi-conducteurs. L'élimination des droits d'importations des douanes étaient assez conséquent pour les États-Unis (8,5% pour les appareils électroniques) avant cet accord signé en 2015.

¹⁶ Observation of Economic Complexity (OEC) : *Where does India export Quartz to (2017)?*, consulté le 3 juillet 2019

La guerre économique dans le marché des puces électroniques

Contexte géopolitique

I) Guerre économique entre les États-Unis et la Chine

La production et la vente des semi-conducteurs sont au cœur du commerce mondial et des jeux géopolitiques par son omniprésence dans la quasi-totalité des outils électroniques (téléphones, ordinateurs...). Deux puissances mondiales, les États-Unis et la Chine, s'affrontent sur ce marché avec une relation de co-dépendance et une compétition pour la place de leader. La Chine est dépendante des États-Unis dans la production de cette technologie de pointe, tandis que ces derniers occupent une place de leader sur le marché des semi-conducteurs et exercent pression sur les autres acteurs, dont particulièrement la Chine. Cette dernière se positionnait comme le plus grand importateur de semi-conducteurs Américains en 2017¹⁷, devenant les produits manufacturés dont l'importation est la plus importante en Chine. Plus précisément, 80%¹⁸ des puces électroniques contenues dans les produits chinois seraient importés principalement des États-Unis. Cette dépendance s'expliquerait par leur retard pris en Recherche & Développement des semi-conducteurs par rapport aux États-Unis qui disposent en plus d'un avantage concurrentiel avec leurs nouvelles techniques d'extraction de matériaux rares, certains même présents en Chine, nécessaires à la production des puces. Le paradoxe étant le besoin et la demande élevé en puces électroniques en Chine, qui consomme plus de la moitié des puces du monde. Il existe alors une réelle dépendance, impliquant un déséquilibre des pouvoirs, qui se prouve empiriquement par les taux d'importation ou d'exportation de ces deux pays, et les différents rebondissements géopolitiques.

Le rapport du Conseil d'État Chinois « Made In China 2025 »¹⁹ démontre la prise de conscience du pays de leur dépendance pénalisante pour leur économie par rapport aux produits et à l'expertise, tous deux rares, détenus par les États-Unis. Le compte-rendu a pour objectif de présenter la vision du Conseil d'État sur les perspectives de développement national. Le rapport prévoit notamment que le taux d'autosuffisance s'élèvera à 70% d'ici 2025²⁰, en comptant sur l'indépendance des semi-conducteurs qui sont actuellement du ressort d'entreprises étrangères. Ce plan prévoit également d'atteindre 305 milliards de dollars de production de semi-conducteurs d'ici 2030 et de satisfaire 80% de la demande intérieure, en comparaison avec les 65 milliards de dollars et 33% en 2016²¹. Le gouvernement espère arriver à cet objectif par différents investissements, dont la mise en place de Fonds d'Investissement pour l'Industrie Chinoise dans lequel l'État injecte de l'argent pour aider les entreprises nationales à développer au mieux les semi-conducteurs permettant de concurrencer les États-Unis. Une société publique Chinoise a déjà bénéficié de ces fonds, Hua Hong, à hauteur de 2,5 milliards de dollars pour développer une usine de semi-conducteurs²². Cette prise de conscience du besoin d'indépendance et de développement des puces en Chine trouve son origine dans l'arrêt de la vente américaine des composants de semi-conducteurs à l'entreprise chinoise de télécommunication, ZTE²³ en 2018. Cela fait suite à la violation par la Chine des embargos commerciaux, ainsi qu'au non-respect des règles de concurrence. Plus précisément, le

¹⁷ Maggie Cheng, L'industrie des semi-conducteurs aux USA et en Chine, Allnews, 4/04/2019

¹⁸ AFP, La « guerre des puces » qui démange le commerce sino-américain, Le Point, 2/05/2018

¹⁹ "Made In China 2025", Rapport entier en ligne consulté le 1/07/2019, mai 2015

²⁰ Idem

²¹ Maggie Cheng, L'industrie des semi-conducteurs aux USA et en Chine, Allnews, 4/04/2019

²² AFP, La « guerre des puces » qui démange le commerce sino-américain, Le Point, 2/05/2018

²³ Simon Leplâtre, Les puces électroniques, nerf de la guerre commerciale entre la Chine et les États-Unis, Le Monde, 10/01/2019

gouvernement chinois est accusé d'expéditions illégales de technologies de fabrication américaine en télécommunications vers l'Iran et vers la Corée du Nord. Cet événement, qui a mis ZTE en très grande difficulté, a été pris comme exemple pour prouver la difficulté dans laquelle les entreprises chinoises, dépendantes des États-Unis dans la production de semi-conducteurs, pourraient se trouver. Aussi, cette sanction montre la pression qu'exerce les États-Unis sur la Chine dans ce secteur, pouvant nuire à l'économie nationale en refusant de les approvisionner en composants. Cette dépendance, semblable à une relation de dominé – dominant, impacte négativement les relations interétatiques entre ces deux puissances.

L'embargo américain contre Huawei est un événement encore plus récent que la ZTE, montrant la continuité et persévérance de l'administration américaine à garder leur position de leader et à éliminer tout acteur qui pourrait leur nuire. La réaction américaine a commencé lors de la présidence de Barack Obama, où l'administration avait observé et relevé les importants investissements chinois dans le secteur des semi-conducteurs. En 2019, l'administration de Donald Trump décide de ne plus fournir cette société chinoise de télécommunication, en puces électroniques, obligeant celle-ci à faire recours à des dérogations spéciales pour acheter des composants nécessaires à la production des semi-conducteurs de ses téléphones²⁴. Huawei avait déjà essayé auparavant de développer ses propres semi-conducteurs, mais pas suffisamment pour être entièrement indépendant. Cette sanction intervient dans la logique de protectionnisme de l'administration de Donald Trump sur la scène internationale. Des experts, tels que Herman Cristerna, codirecteur du département fusion-acquisition de JPMorgan, considèrent que la production et vente de semi-conducteurs par les États-Unis est « l'arme principale de l'arsenal protectionniste »²⁵. L'administration de Trump justifie ces sanctions par l'argument de la mise en danger de leur sécurité nationale que représenterait certaines entreprises chinoises. Des entreprises étrangères implantées en Chine se retrouvent également au milieu de cette guerre économique, telles que STMicroelectronics d'origine franco-italienne, cotée en Chine et aux États-Unis, qui n'a pas pu faire de choix franc²⁶. Cette dernière a dû restreindre ses relations client avec Huawei, tout en continuant les ventes au minimum, afin de garder ses ventes et sa place en bourse aux États-Unis. Désormais, le gouvernement américain a décidé d'assouplir les relations sensibles avec Huawei en rouvrant la vente de composants de semi-conducteurs, depuis le G20 d'Osaka, en juin 2019,

Face à cette pression des États-Unis sur les entreprises chinoises, certaines d'entre elles ont déjà essayé de racheter des sociétés américaines de fabrication de semi-conducteurs de manière à récupérer des parts de marché. Ainsi, le groupe étatique Tsinghua Unigroup a tenté de racheter, un des leaders américain, Micron en 2015²⁷. Face à cet échec, le groupe chinois a décidé de récupérer de la « richesse » humaine et intellectuelle en recrutant d'anciens dirigeants de Micron, dans le but de connaître les stratégies d'un de ses concurrents les plus importants. Tsinghua Unigroup est le principal biais d'investissement de l'État Chinois dans ce secteur, en prévoyant notamment 150 milliards d'euros de dépenses sur 10 ans²⁸.

Malgré tout, cet embargo a aussi eu des conséquences négatives sur les entreprises américaines vendant une grande partie de leurs semi-conducteurs à la Chine. Notamment, Broadcom qui a vu son chiffre d'affaire baisser après une chute²⁹ de la demande liée au contexte géopolitique instable et à l'impact des restrictions à l'export imposées au chinois Huawei, l'un de ses principaux clients. Broadcom n'est pas la

²⁴ Mathieu M, Embargo américain, Huawei stoppe sa production, Génération Nouvelles Technologies, 13/06/2019

²⁵ Basile Dekonink, Le CFIUS, gardien des ambitions américaines dans les semi-conducteurs, Les Echos, 07/03/2018

²⁶ Entretien avec un expert – anonyme – employé chez STMicroelectronics

²⁷ Ridha Loukil, Semi-conducteurs : Les USA laisseront-ils le chinois Tsinghua Unigroup racheter leur fleuron Micron?, Usine Digitale, 16/07/2015

²⁸ AFP, La « guerre des puces » qui démange le commerce sino-américain, Le Point, 2/05/2018

²⁹ Reuters Staff, Wall Street recule avec les semi-conducteurs et la Chine, Reuters, 14/06/2019

seule entreprise à être en difficulté face à cette guerre économique, puisqu'en 2017 Micron réalisait 57% de ses ventes en Chine, ainsi que Qualcomm qui réalisait 67%³⁰. On peut donc établir une relation de co-dépendance entre ces deux pays, malgré la position de dominant qu'adopte les États-Unis.

La Chine, elle, exporte quelques semi-conducteurs aux États-Unis, mais ces produits sont composés de matériaux importés des États-Unis. Au-delà même de l'avantage en ressources et en expertise des américains, la réputation des États-Unis est un avantage en elle-même face à l'image de « seconde qualité » des produits chinois, et donc l'image négative du « Made In China ». La Chine a donc pris du retard sur différents axes face à son premier concurrent mais essaye de prendre des parts de marché par des stratégies de rachat, de société ou de salariés, ou d'actionnariat dans des entreprises du secteur, mais aussi à travers des investissements en Recherche & Développement. Les relations interétatiques entre ces deux puissances sont révélatrices d'une co-dépendance compétitive, et non pas d'une collaboration en entente.

II) Implication européenne

Le contexte géopolitique dans lequel s'inscrit le développement et l'épanouissement du marché des semi-conducteurs est régi par les oppositions gouvernementales, la concurrence de marché entre les États. Mais surtout, il faut penser ce marché qui a une valeur de 476,7 milliards de dollars comme une volonté et un moyen d'affirmation des États sur la scène internationale. Contrôler et maîtriser la technologie des semi-conducteurs a pour l'instant été l'affaire des États-Unis, leader dans ce domaine. Cependant, conscients de leur retard, la Chine, le Japon, la France pour ne citer qu'eux, essaient de se placer sur ce marché aux multiples potentialités et tentent de rattraper leur retard tout en développant des technologies pour dépasser les États-Unis et être premier sur le marché.

Dans cet optique, la France, et plus globalement l'Europe, a décidé de lancer un projet baptisé « Nano 2022 »³¹ en vue de soutenir l'industrie micro/nanoélectronique, qui doit permettre de consolider l'industrie nationale dans le domaine de la fabrication de composants électroniques via des investissements massifs aussi bien en R&D, que pour acquérir des machines. Ce plan vise à soutenir une industrie de pointe, stratégique, qui permet d'assurer à la fabrication nationale une indépendance économique et une liberté dans les domaines de souveraineté. Cette course à l'innovation prend forme dans un marché très dynamique et ce plan « Nano 2022 » s'inscrit dans un projet européen ambitieux pour la nanoélectronique intitulé IPCEI. Cet IPCEI, soit « Important Projects of Common European Interest » a été conclu entre la France, l'Allemagne, le Royaume-Uni et l'Italie. Ce nouveau plan succède au plan Nano 2017, qui s'est joué sur une base d'investissement de 3,5 milliards d'euros qui a notamment participé aux plans de recherche et développement de STMicroelectronics. Le plan de 2022, lui, sera doté de 5 milliards d'euros sur cinq ans sous forme de financements privés et publics. Au total le gouvernement français promet d'investir 886,5 millions d'euros sur cinq ans avec la participation des collectivités territoriales et de la Commission européenne. Il faut également compter un investissement de près de quatre millions d'euros supplémentaires de la part des partenaires industriels. A noter que les partenaires identifiés ne sont pas nécessairement français. Pour exemple, le gouvernement reconnaît Murata, société japonaise de composants électroniques, comme partenaire, ou encore UMS, société franco-allemande ainsi que le groupe allemand X-FAB qui est une fonderie de semi-conducteurs. En parallèle, certaines entreprises françaises apparaissent comme

³⁰ Maggie Cheng, L'industrie des semi-conducteurs aux USA et en Chine, Allnews, 4/04/2019

³¹ Plan Nano 2022 :

Le Figaro, Lucie Ronfaut, 21 mars 2019, Le gouvernement débloque 887 millions d'euros pour l'industrie des semi-conducteurs

L'Usine Nouvelle, Rihad Loukil, 14 mars 2009, Le plan Nano 2022 sur la nanoélectronique est lancé avec 5 milliards d'euros sur la table

Sofradir, spécialiste français des détecteurs infrarouges ou encore Soitec, spécialiste dans matériaux semi-conducteurs.

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'investissement de 15 millions d'euros dans l'usine française Ommic³² dans un but de production de série de puces en nitrure de gallium pour la 5G³³. Cette entreprise est un fournisseur de circuits MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit), de fonderies et de plaques épitaxiales à base de matériaux III-V. Les puces en nitrure de gallium pour la 5G est une première en Europe et ce n'est que le début, car la 5G représente un nid d'opportunités économique, un enjeu politique et une course planétaire est alors lancée. Démarrée officiellement le 21 juin 2019, cette production place la France devant les ténors des puces en Europe, à savoir le franco-italien STMicroelectronics, l'allemand Infineon Technologies et le néerlandais NXP. Au niveau mondial, la France se retrouve face à des concurrents de taille qui ne sont autres que le japonais Sumitomo et les américains Qorvo et Wolspeed. Bénéficiant d'une expérience de 40ans dans les semi-conducteurs III-V la France, peut, à condition de soutenir cette industrie, se placer sur le marché mondial en tant que concurrent direct. Maintenant, si l'on compare le silicium, habituellement utilisé pour la fabrication des puces par les Américains ou les Chinois, avec l'arseniure de gallium utilisé par les Français on peut observer une différence de performance. En effet, l'arseniure de gallium offre des performances supérieures, on observe une réduction des pertes d'énergie et la taille est également réduite. Cette technologie se place aujourd'hui dans une course à la fabrication sur les marchés des fabricants de puces pour l'automobile, la 5G, la défense ou la sécurité. Cependant, cette entreprise, bien que française n'est pas vraiment le signe d'une souveraineté et d'une autonomie française sur ce sujet. En effet, Ommic travaille avec le chinois Huawei Technologies et le japonais Fujitsu dans le 5G. Par ailleurs, il explore également le marché de la détection et de l'imagerie de sécurité avec la société, cette fois-ci française, M2C Technologies. A l'horizon 2022 de nombreux investissements auront été fait en vue de passer de la gravure au faisceau d'électrons à la lithographie, ce qui permettra une précision inégalable en termes de gravure. Mais encore une fois la France se heurte à des problèmes d'ingérence étant donné que la société est aujourd'hui détenue par des investisseurs chinois qui tentent, eux, de rattraper leur retard en investissant de manière stratégique dans des entreprises étrangères grandissantes, à la pointe de la technologie.

Concernant la technologie française développée chez Ommic on peut analyser rapidement le marché du gallium, utilisé pour les semi-conducteurs français. Issu de la métallurgie de l'aluminium, ce n'est pas un métal rare et ne forme pas de gisement mais est extrait à partir de la bauxite qui en contient à peine 30 à 80 g/t. La quantité de gallium disponible dans les réserves mondiale (bauxite) est estimée à 1,6Mt. La consommation par an elle est de 100t. Si l'abondance et la répartition de la ressource ne posent pas de problème d'approvisionnements à long terme, il faut noter que le centre de gravité du marché de l'approvisionnement en gallium se situe principalement, et de plus en plus, au Japon et surtout en Chine. La France a elle été producteur de gallium métal sur le site de Metaleurop de Noyelles-Godault mais celui-ci a fermé en 2003, et a été un fournisseur de gallium raffiné via son site GEO de Salindres, fermé en 2006. L'importance stratégique de ce marché pour la France est donc notable et un suivi régulier de la criticité, ainsi que des relations diplomatiques entre la France et le pays fournisseur sont fortement conseillés.

Les mesures d'ingérence américaines contre les substrats

³² Rihad Loukil, « Ommic lance la première production en Europe de puces en nitrure de gallium pour la 5G », L'Usine Nouvelle, 24/06/2019

³³ Bruno Faure, « La 5G : une révolution technologique... et économique », RFI Economie, 08/01/2019

La vulnérabilité de la société de l'information et de la connaissance nous rappelle l'interdépendance entre les différents secteurs de l'énergie, l'information, la santé, la défense et les systèmes bancaires dans lequel les semi-conducteurs sont impliqués. Sous contrainte, nous réalisons des alliances dont nous ne maîtrisons pas toujours les tenants et aboutissants (la coopération).

Les mesures d'ingérences s'expriment sous différents formats :

- un format structurel : Actionnariat par fond d'investissements, fournisseurs de prestataires extérieurs, Enquête Étatiques intrusive, ou mis à nus par le biais de délégations étrangère et demande d'assurance de matériels.
- un format humain : débauchage, espionnage.
- Action politique déstabilisation commerciale ou sanction financière à l'échelle étatique.

En France, des entreprises de semi-conducteurs se sont spécialisées dans l'utilisation du Silicium comme substrat. L'embargo des États-Unis avec la Chine impacte leurs activités. L'acquisition des matériaux indispensables à la composition des puces électroniques, extraits surtout de terres rares, sont majoritairement présents en Chine et exploités par les États-Unis qui disposent des technologies adaptées. La guerre économique entre la Chine et les États-Unis provoque une chute sectorielle impactant les autres pays présents sur ce marché. Le 6 juillet 2019, les nouvelles taxes douanières³⁴ seront appliquées et s'élèveront à 34 milliards de dollars sur les produits chinois. L'embargo focalisé sur Huawei ne concerne pas seulement la conception des puces mais aussi les équipements permettant leur fabrication³⁵. Leader sur le marché des semi-conducteurs, les États-Unis et le Japon ont stoppés leurs échanges avec Huawei. Cela va certainement être un frein au développement chinois dans leur quête d'une production nationale de semi-conducteurs. Cependant, TSMC basé à Taïwan, qui la plus grande fonderie de puces au monde, a confirmé qu'il continuera à fournir Huawei.

Le gouvernement Chinois quant à lui, menace les entreprises internationales de représailles si elles coopèrent avec les États-Unis malgré l'embargo américain qui pèse sur leur pays. La guerre commerciale entre États-Unis et Chine risque donc d'impacter négativement le marché global des semi-conducteurs. D'autant plus que la fabrication de produits électronique s'envisage aujourd'hui difficilement sur un autre territoire que celui de la Chine... Cela s'explique que la Chine possède un quasi-monopole sur le marché des terres rares ainsi que d'autres ressources nécessaires à l'élaboration des semi-conducteurs.

Le Nikkei Asian Review, un des plus importants quotidiens économiques du monde, souligne le fait qu'il s'agit du premier signe que la pression exercée par Washington sur Huawei, s'étend au-delà des groupes américains pour la fourniture de composants vitaux.

La fabrication de semi-conducteurs nécessite l'utilisation de matériaux³⁶ comme par exemple : le silicium, le bore, le gallium, le phosphore etc ; éléments qui sont utilisés dans la conception électronique des transistors.

Le marché des semi-conducteurs en Europe subit, comme dans le reste du monde, une forte pression due au climat politique. Pour preuve, après avoir augmenté de 21,6% en 2017 puis de 13,7% en 2018, le marché pourrait baisser de 12,1%³⁷ et cette année à 412 milliards de dollars, selon WSTS (World Semiconductor Trade Statistics), l'institut de statistique du secteur des semi-conducteurs. Ces résultats sont les plus mauvais sur les dix dernières années. La Chine, en retard sur la production des semi-conducteurs voit la France comme un partenaire commercial de choix pour les français. En effet, les Chinois sont à l'affut

³⁴ Reuters, « Les États-Unis se préparent à limiter les investissements technologiques chinois », le 25/06/2018

³⁵ Julien Bergounhox, « Liste noire américaine : le vrai problème pour Huawei, c'est le matériel plus que le logiciel », Usine Digitale, 14/06/2019

³⁶ Mathilde Billaud, « Intégration de semi-conducteurs III-V sur substrat Silicium pour les transistors n-MOSFET à haute mobilité » 25/05/2016

³⁷ Ridha Loukil, « Le marché des puces en chute de 12,1% en 2019, la plus sévère baisse en 10 ans », Usine Nouvelle, 06/06/2019

d'opportunités pour l'acquisition d'une industrie locale de semi-conducteurs. Un exemple représentatif est la reprise d'Atlis par le fondeur SMIC ainsi que l'entrée du NSIG (chinois) qui ont racheté 15% du capital de Soitec. Soitec, entreprise française, s'appuie, elle sur ses innovations technologiques pour servir les marchés de l'électronique³⁸. L'entreprise possède plus de 3000 brevets, augmente sans cesse son budget dédié à la recherche et développement et possède des sites de production, de commercialisation et de recherche en Europe, aux États-Unis et en Asie.

L'entreprise française, produit des puces, non pas sur du silicium massif, mais sur un substrat de silicium³⁹ sur isolant dont elle est le premier fournisseur mondial à près de 85%. Cette technologie est présentée comme une alternative simple et économique dans les applications de l'internet des objets à la technologie FinFET qui impose de changer la conception et la production en passant à des transistors 3D. Soitec est un compétiteur majeur que les États-Unis ne peuvent ignorer car dans cette course à l'innovation l'amélioration des capacités de manière discontinue est l'enjeu majeur. L'entrée de NSIG (National Silicon Industry Group) dans le capital de Soitec pourrait inciter les Chinois à privilégier la technologie française, ce qui ne plait pas aux entreprises américaines qui tentent d'éroder l'entreprise française.

L'hypothèse de l'espionnage industriel, en vue de détruire l'entreprise n'est pas à écarter mais à ce niveau de technologie la saisie d'informations ou le vol de puces ou de circuits pour servir d'exemple demande une telle connaissance des technologies qu'il serait difficilement de reproduire même pour des spécialistes du secteur. Il faudrait de longues années pour mettre au point un procédé de fabrication équivalent. Finalement, pour nuire à Soitec, le plus efficace serait de calomnier l'entreprise sur l'utilisation frauduleuse de brevet. En 2016, Soitec recherchait des fonds d'investissements pour le développement du nitrate de gallium en vue de conquérir le marché de la 5G. En réaction, NSIG propose d'investir dans le capital à hauteur de 17 milliards d'euros. Malheureusement la réaction américaine ne se fit pas attendre puisque SIGEN attaque l'entreprise cette même année pour une supposée contrefaçon de brevets.

Cette plainte a été annoncé par l'U.S. International Trade Commission, à la suite du dépôt d'une plainte par Silicon Genesis Corporation (SiGen) concernant l'importation et la vente aux États-Unis de certaines plaques de silicium sur isolant (SOI) par le groupe français. Le spécialiste de la production de semi-conducteurs rappelle que cette plainte est la deuxième tentative de SiGen d'obtenir l'arrêt de l'importation et de la vente par Soitec de plaques SOI aux États-Unis sur le fondement d'une prétendue contrefaçon de brevets. La première tentative de SiGen a pris fin en mai 2016 avec la décision de SiGen de retirer volontairement sa plainte peu de temps avant le procès, abandonnant ainsi ses allégations selon lesquelles Soitec utilisait illégalement des brevets détenus par SiGen.

La deuxième plainte de SiGen porte à nouveau sur la prétendue contrefaçon par Soitec de deux brevets américains détenus par SiGen qui ne faisaient pas partie de ceux visés dans sa première plainte. Les brevets visés par SiGen ne sont pas contrefaits par Soitec. Il est à noter que SiGen ne fabrique pas de SOI et ne peut donc pas fournir ces produits avancés au marché américain.

En vue de gagner des parts de marché les États-Unis passent par la voie royale pour gagner des parts de marché en achetant des parts dans les entreprises. Leur position dominante leur permet ainsi, grâce à la possession du capital, d'avoir un accès privilégié aux diverses activités de l'entreprises. Ainsi, par le rapprochement des entreprises concurrentes françaises et la mise en place de partenariats avec les États-Unis, ces derniers s'assurent l'assujettissement du marché en leur faveur. On peut par exemple évoquer l'achat d'une partie des activités de l'entreprise d'origine allemande, dont le siège social se situe en Grande-Bretagne, par Apple. Cette entreprise nommé Dialog Semiconducteur était l'un des fournisseurs de puces d'Apple depuis plus de dix ans et ces derniers ont déboursé plus de 600 millions de dollars.

³⁸ *Soitec étend son portefeuille de substrats innovants*, Capital, le 13/05/2019

³⁹ Christian Estrosi Ministre chargé de l'industrie, « LES SITES FRANÇAIS DE PRODUCTION MICRO-NANOELECTRONIQUE », PDF

Pour résumer, les États-Unis ont deux objectifs en tête : étendre leur portée dans le secteur des semi-conducteurs et élargir leur marché international. Pour ce faire, les États-Unis doivent non seulement travailler avec l'Europe, mais ils doivent aussi convaincre l'Europe en tant que consommateur. Travailler directement avec les entreprises européennes est une première étape cruciale pour éviter l'utilisation de pratiques déloyales, telles que l'espionnage, le vol de propriété intellectuelle, les exigences coercitives des contreparties, les barrières commerciales et les politiques mercantilistes agressives.

Alors que la France continue à encourager l'innovation, l'Amérique a besoin d'étendre sa recherche et son développement. La technologie des puces Finfet commencent à atteindre leurs limites et le perfectionnement de la recherche sur les puces avec substrat en Silicium créera une plus grande ouverture d'esprit à l'égard des talents Européens dont on a tant besoin dans le domaine.

Par-dessus tout, les États-Unis devront apprendre des Français et prévoir de se préparer aux puces avec Gallium qui deviendront bientôt plus puissantes et plus envahissantes. La France est une menace réelle pour la puissance américaine dans le domaine de la technologie. Des experts en semi-conducteurs et en politique commerciale débattent de la question pour savoir si la France constitue ou non une menace réelle pour le marché américain. Cependant, ce qui est certain, c'est la capacité de la France à réussir à prendre de l'avance sur le marché, et il ne faut pas sous-estimer cela.

Les relations diplomatiques entre la France et les États-Unis obligent les français à privilégier la formation d'accord avec les entreprises américaines et en contrepartie d'en accepter les contraintes. L'embargo imposé contre la Chine est néfaste pour toutes les entreprises avec une activité technologique car cela oblige les pays, comme la France, à réfléchir aux conséquences diplomatiques en s'alignant sur les positions chinoises ou américaines.

En conséquence, le développement d'une activité française en Chine n'est faisable que si la France décide de renoncer au fait d'entretenir de bonnes relations avec les États-Unis. Cependant, les répercussions économiques et politiques seraient trop importantes pour l'économie française. La France est donc dans l'obligation de céder aux décisions américaines et aux aléas politiques où notre voix n'a que peu d'importance dans un rapport de force entre grande puissance. Enfin, d'un point de vue français, nous ne pouvons qu'espérer une nette amélioration des relations internationales et une reprise des échanges commerciaux. Au regard de la situation internationale, il serait cependant utopique de penser que cette première hypothèse pourrait s'avérer envisageable. La France doit donc trouver un moyen de se positionner en tant que concurrent crédible, mais également en tant que partenaire de choix afin d'espérer prospérer ou d'au moins se faire une place digne sur ce marché des semi-conducteurs.

Comment le contexte géopolitique actuel et à venir peut-il aider la technologie française ? Quelles mesures doit prendre notre gouvernement ?

I) Préconisation FD-SOI et propriété intellectuelle

Face à un marché très concurrentiel des semi-conducteurs, et à deux grandes puissances prenant une majeure partie des parts du marché, les États-Unis et la Chine, la France doit se positionner sur de nouvelles stratégies. Une des stratégies que la France pourrait adopter, concerne l'entreprise française de puces électroniques Soitec. En effet, le gouvernement français à travers le plan européen de financement « Important Projects of Common European Interest » (IPCEI) pourrait financer des lignes de production en France ou en Europe. Une fois cette investissement obtenu et appliqué, il serait possible de vendre les transistors ou les machines de production française à des entreprises chinoises du

secteur, pour ensuite proposer aux États-Unis cette même vente en couplant les technologies américaines de transistors aux françaises.

L'entreprise Soitec est celle visée par cette stratégie au regard de son importance dans le marché, et donc de sa légitimité. En effet, Soitec s'est démarquée des autres acteurs du marché avec une augmentation de 53% du chiffre d'affaire soit 140,3 millions d'euros⁴⁰ en avril 2019. Une telle croissance s'explique par les opérations qu'ont menées Soitec afin de conquérir le marché des industries de télécommunications, et plus particulièrement celui de la 5g, mais aussi celui des produits de radiofréquence (antennes, commutateurs et amplificateurs de smartphone). Depuis que le savoir-faire Français s'est rapproché du secteur des télécommunications, l'action de Soitec a augmenté de 70%⁴¹ et attire l'œil des leaders mondiaux comme Samsung ou Intel. La force de cet acteur Français réside dans les plaques FD-SOI, une technique unique basée sur des puces.

Avec cette manœuvre, Soitec peut envisager de conquérir le marché chinois, bien qu'il concurrencerait un acteur européen, NXP Semiconductors des Pays-Bas. Il y aurait une opportunité de remporter des parts importantes du marché des semi-conducteurs puisque la Chine ralentit les pays voisins comme Taiwan ou la Corée du Sud en restreignant l'importation « obsolète » et en voulant produire elle-même ses processeurs.⁴² Le marché des processeurs en téléphonie mobile est complexe au regard des transistors nécessaires au bon fonctionnement de l'appareil qui doivent être capables de monter en fréquence avec au nitrure de gallium. Ce procédé est maîtrisé par Soitec notamment grâce à l'acquisition de l'entreprise EpiGaN⁴³.

La stratégie que Soitec pourrait adopter concernerait donc un rapprochement avec les entreprises chinoises du secteur des semi-conducteurs, sans pour autant vendre le savoir-faire français ou les brevets. Il s'agirait de vendre à ces sociétés chinoises les transistors FD-SOI qui seraient implémentés dans les smartphones. Pour cette opération, il faudra modifier les processus de production actuels de Soitec qui utilisent des wafers de 300mm⁴⁴ qui ne subviendront pas aux besoins plus importants des entreprises chinoises. Pour ce faire, il serait possible d'envisager un appel d'offre Européen, avec pour objectif de construire des lignes de productions de wafers de 450mm, très largement compétitives et novatrices. Cet appel d'offre également contrôlable, puisque peu de pays s'intéressent à cette technologie de pointe. Selon l'étude de marché, les investisseurs potentiels seraient l'Allemagne, l'Italie, la Grande-Bretagne, ou encore les Pays-Bas. Il est nécessaire pour procéder à cette modification d'obtenir un financement à la hauteur de 4 à 5 milliards d'euros⁴⁵, pouvant venir du fond européen, IPCEI⁴⁶, ou encore d'investisseurs cités auparavant, hormis les Pays-Bas. Si Soitec parvient à vendre les transistors isolants FD-SOI aux entreprises chinoises, avec une exclusivité à court-moyen terme, l'enjeu sera de taille et permettra à Soitec de rentrer dans le classement des industries de semi-conducteurs les plus influentes à l'échelle mondiale.

Dans le cadre de cette stratégie, il est également envisageable de pénétrer le marché des processeurs d'ordinateurs d'Intel. Actuellement, Intel développe des transistors FinFET, tout en développant un nouveau type de transistor : MESO. Cette nouvelle technologie ne permettra pas de réduire les fuites énergétiques, et impliquera des changements des lignes de production d'Intel pour parvenir à un nouveau

⁴⁰ Anonyme, Soitec : les ventes s'envolent et la marge est revue en hausse, Le Revenu, 18/04/2019

⁴¹ Anonyme, Soitec : les ventes s'envolent et la marge est revue en hausse, Le Revenu, 18/04/2019

⁴² Yann Rousseau, La guerre commerciale fait déjà ralentir les usines d'Asie, Les Echos, 04/06/2019

⁴³ « Soitec étend son portefeuille de substrats innovants au nitrure de gallium (GaN) avec l'acquisition de EpiGan nv », Communiqué de presse, Soitec, 13/05/2019

⁴⁴ « FD-SOI », Soitec, consulté le 02/07/2019

⁴⁵ « L'incroyable monde des semi-conducteurs, Olivier Ezratty », Youtube, 21/07/2014, consulté le 01/07/2019

⁴⁶ Ridha Loukil, Feu vert de Bruxelles au plan européen IPCEI de 8 milliards d'euros sur nanoélectronique, L'Usine Nouvelle, 02/01/2019

système de conception. Cette opportunité d'investir pour Soitec lui offrira également la possibilité d'intervenir par la suite sur ces lignes lors du remplacement. De plus, les deux technologies, MESO et FD-SOI, une fois couplées pourraient avoir un impact positif considérable sur l'autonomie de l'appareil. Cette préconisation peut engendrer une source de revenus idéaliste de l'ordre de 20 à 40 milliards d'euros par an pour le marché Américain, et de 30 à 50 milliards supplémentaires par le marché Chinois.⁴⁷

De telles stratégies permettraient à l'industrie française de semi-conducteurs, et plus précisément à l'un de ces leaders, Soitec, de prendre des parts de marché considérables et d'obtenir une place stratégique dans le secteur. Pour autant, cette préconisation n'implique pas de prise de partie de la part de la France dans la guerre économique entre les États-Unis et la Chine. La France profiterait du contexte géopolitique actuel, et des besoins du marché pour devenir un acteur crucial dans l'innovation et le développement des semi-conducteurs.

II) Partenariats stratégiques européens & actionariat

Face à la concurrence élevée sur le marché des semi-conducteurs à une échelle internationale, l'Union Européenne a déjà mis en place différents projets d'aide au développement des entreprises européennes sur ce marché des puces électroniques. En effet, par le biais de projets tels que Nano 2022 qui cherche à soutenir l'industrie micro/nanoélectronique pour consolider l'industrie européenne dans la fabrication de composants électroniques, l'Union Européenne accompagne les entreprises de la zone dans cette guerre économique. Ces investissements publics ont pour objectif de positionner les pays européens en leaders sur ce marché très compétitif, dans lequel les États-Unis ont de l'avance en matière de technologie et de composants. En prenant en compte ce type de mesures, il serait intéressant pour la France de prendre conscience du potentiel que certains pays européens ont dans le secteur des semi-conducteurs ou des composants de ces derniers, et de s'allier avec eux pour prendre une place de leader.

S'allier par le biais de partenariats avec des pays européens comme les Pays-Bas, avec des entreprises de semi-conducteurs telles que NXP, classée 13^{ème} à une échelle mondiale dans ce secteur, pourraient être un avantage compétitif par rapport à la concurrence. Ou encore, la société allemande Infineon spécialisée en semi-conducteurs et classée 14^{ème} mondiale sur ce marché, pourrait donner plus de visibilité et de parts de marché aux entreprises françaises qui ne sont pas reconnues dans le classement international du secteur. Finalement ce type d'action correspondrait à l'idée même de l'Union Européenne que l'union ferait la force. Si certaines entreprises européennes, comme celles citées en France ou aux Pays-Bas, feraient des partenariats ils auraient des expertises complémentaires permettant de concurrencer les États-Unis ou la Chine.

La complémentarité de matériaux et de techniques d'entreprises différentes du domaine des semi-conducteurs européen pourrait offrir un service global compétitif sur le marché. Par exemple, si des entreprises françaises proposeraient leurs techniques en nanotechnologies à un acteur unique mondialement reconnu pour ses techniques de gravures : ASML. Le leader mondial en nanotechnologies Franco-Italien ST-Microelectronics a déjà investi dedans avec Intel et Samsung. La procession du capital de ASML serait un levier politique et une opportunité pour valoriser le marché des semi-conducteurs européen et de contrôler l'intégralité de la gravure du marché mondial afin de réduire l'impact de la guerre économique entre la Chine et les États-Unis. L'objectif est d'obtenir le retrait ou absorber entres acteurs européens le capital d'ASML des entreprises Samsung ainsi que Intel.

Une stratégie d'achat et de revente des actions de l'entreprises doit être effectué.

⁴⁷Anonyme, Global next-generation transistors market 2019-2024 : cost of maintaining Moore's Law is getting higher with low returns, PR Newswire, 21/06/2019

La possibilité d'un appel à investissement européen seulement pourrait être une stratégie pour réinjecter de nouvelles actions de ASML. L'achat de ces nouvelles actions pourrait se faire à huis clos. Les actionnaires seront présélectionnés et choisis pour défendre les intérêts Européen. Cela aurait pour effet de confirmer la possession de l'entreprise et de diminué le pouvoir décisionnaire de la Corée (Samsung) et des Etats Unis (Intel).

En évinçant les concurrents de cette entreprise nous pourrions continuer les ventes à l'international avec un monopole tout en ayant des décideurs uniquement européens. Cela permettra d'éviter une visibilité trop intrusive sur la stratégie européenne et ses avancées technologiques dans le secteur. Ce qui peut susciter de développer de nouvelle machine concurrente étrangères mais de donner une chance de puissance accrue pour l'Europe.

Les Plans de continuité d'activités (PCA) sont aujourd'hui généralement rédigés par des prestataires externes anglo-saxons, il conviendrait soit de les certifier sous des normes ISO françaises soit de s'appuyer sur d'autres prestataires français. Au vu des éléments confidentiels qui peuvent être assimilés au secret des affaires et aux risques d'impacts encourus, il convient de choisir un partenaire national. Une filiale d'un groupe peut être soumise au droit de l'état en question (au titre du Patriot Act américain).

Il s'agit de créer des zones à régime restrictif permettant le criblage du personnel pénétrant dans les laboratoires de recherches de l'entreprise, à l'instar des entreprises françaises du secteur pétrolier, ou dans les zones détenant des savoir-faire techniques spécifiques à protéger. Le renforcement de la collaboration et des passerelles Public/Privé doit constituer un axe d'amélioration prioritaire dont le bénéfice est double. Cette collaboration inclue la poursuite et le développement des relations avec les différents services de l'état impliqués dans la protection du potentiel scientifique et technique. Il s'agit ici de provoquer de manière concrète, au moins pour une partie de l'information et prise de décision, un décroisement effectif entre le public et le privé pour une meilleure connaissance du fonctionnement réciproque, des attentes, des contraintes de chacun afin de déterminer les champs de coopération possible et ainsi éviter les incompréhensions et les frustrations qui en résultent.

III) Investissement humain

Une autre préconisation, moins présente dans notre culture néanmoins envisageable concerne la fuite des cerveaux. En prenant l'exemple de stratégie chinoise, qui opte pour différents axes d'attaques, dont l'investissement dans l'humain, la France pourrait s'en inspirer. En effet, des entreprises chinoises de semi-conducteurs, telles que le groupe étatique Tsinghua Unigroup qui suite à l'échec du rachat de l'entreprise américaine de puces électroniques Micron, a décidé de recruter d'anciens dirigeants de cette dernière. Cette stratégie permet de récupérer des informations stratégiques et cruciales sur une entreprise concurrente sur le marché des semi-conducteurs. Une telle action pourrait offrir aux entreprises françaises des informations sur les stratégies de développement des concurrents, mais aussi sur son fonctionnement en lui-même.

Une des limites de ce processus réside dans l'offre financière à faire à ces collaborateurs d'entreprises concurrentes qui doit suffisamment les séduire pour quitter leur entreprise. Également, ces salariés pourraient être soumis à une clause de non-concurrence les empêchant de quitter leur société pour aller dans une concurrente sur le marché. Autrement dit, cette action pourrait ne pas être réalisable si les entreprises françaises n'ont pas d'avantages comparatifs à offrir à ces collaborateurs d'entités concurrentes qui pourraient les faire accepter de muter. Il faudrait en effet prendre en compte dans l'offre à faire, des avantages financiers dans le salaire, mais aussi certainement une qualité de vie supérieure à celle qu'ils ont au moment du recrutement. Bien sûr, il serait aussi nécessaire d'étudier les cibles de ce recrutement afin de maximiser les chances de réussite. Ce processus pourrait donc être long et complexe à mettre en œuvre.

Cette préconisation pour les entreprises françaises de semi-conducteurs peut être applicable dans certains cas précis, où les ressources précédemment citées sont disponibles, et où il y a un potentiel dans les cibles des entreprises concurrentes de recrutement.

La problématique du contrôle par l'employeur est posée sur le point précis de la divulgation d'informations par les salariés à l'aide des réseaux sociaux. Il s'agit ainsi de concilier l'impératif à une évolution collective et active des salariés. En cas de divulgation d'informations par le salarié, il est difficile pour l'entreprise de le prouver sur le plan judiciaire. Une formation ou une sensibilisation préalable est donc fondamentale sur ce sujet. La mise en place de dispositifs simples, de bon sens peut nous éviter une ingérence. Les résolutions doivent prioritairement viser la force vive de l'entreprise : son capital humain. Formé et ou sensibilisé de manière participative pour déjouer les ingérences intrusives malveillantes positionneront le salarié à être acteur, de la protection de leur entreprise. Il devient garant de la pérennité de son entreprise.

Il serait judicieux d'établir et insuffler un nouvel état d'esprit aux entreprises pour une prise de conscience général et une mobilisation de celles-ci. Certains textes ne sont que le résultat de l'activisme d'ONG ou du lobbying industriel. Le soutien de membres de la direction et de dirigeants publics pourrait être exprimé par une lettre de cadrage sur laquelle nous pourrions nous appuyer pour déployer notre démarche. Elle nous donnera à la fois la légitimité et l'autorité nécessaires pour obtenir l'attention des principaux responsables opérationnels et des fonctions supports du groupe. Le déploiement se fera depuis les Business Groups vers les « Business Units » ainsi que des fonctions supports vers leurs unités décentralisées

IV) Partenariats stratégiques dans les secteurs automobile et domotique

Face à la multiplication des domaines dans lesquels le numérique devient central, les puces électroniques deviennent d'autant plus un enjeu majeur. Parmi ces secteurs d'activités, l'automobile et la domotique sont devenus ceux proposant de nouveaux services et produits qui en nécessitent le plus. L'évolution de l'offre et de la demande impliquant de plus en plus de semi-conducteurs dans des domaines variés est une transformation sur laquelle les entreprises françaises de puces électroniques devraient intervenir.

Les sociétés françaises sont dans une position avantageuse pour intervenir dans l'évolution des besoins en puces électroniques du secteur de l'automobile ou de la domotique, par l'histoire du pays. En effet, la France a toujours été un pays précurseur dans le développement de l'automobile par des innovations telles que les systèmes antipollution dont les français disposent d'une expertise particulière, avec le français Faurecia⁴⁸ en leader mondial. La France compte 207 000⁴⁹ véhicules hybrides et rechargeables en 2017, avec comme objectif des grands groupes d'augmenter à 1 million d'ici 2022, accompagnés par l'État avec la mise en place de 100 000 bornes de chargement. La vente de voitures électroniques croît année après année, en augmentant de 26,7% en 2018. Une telle croissance peut s'expliquer par la prise de conscience sociétale collective de l'impact négatif sur l'environnement des voitures à essence. Les véhicules électriques nécessitent à minima 6 000⁵⁰ semi-conducteurs pour son bon fonctionnement. La France étant le deuxième pays avec le plus de voitures hybrides et électriques en Europe, il y a un marché où la demande est existante et croissante pour les entreprises de semi-conducteurs.

Des sociétés françaises expertes des semi-conducteurs, telles que Soitec ou Riber, pourraient s'associer avec des spécialistes de l'automobile, et surtout de l'innovation dans ce secteur, comme Peugeot ou

⁴⁸ Nabil Bourassi, 3 innovations françaises qui vont réinventer l'automobile : l'IA, l'hydrogène, les systèmes antipollution, La Tribune, 27/01/2018

⁴⁹ Ministère de la transition écologique et solidaire, Produire en France les automobiles de demain, PDF du 13 février 2019

⁵⁰ Michaela D. Platzer, John F. Sargent Jr. Congressional research service, PDF du 27 juin 2016

Renault. Les entreprises de semi-conducteurs pourraient s'assurer de vendre à une grande échelle ses produits, d'autant plus avec les futures voitures qui nécessiteront encore plus de puces électroniques et de transistors. Augmenter le chiffre d'affaire des entreprises de semi-conducteurs leur offrirait plus de trésorerie, et donc plus de fonds à investir dans la Recherche et le Développement, afin de concurrencer les leaders sur secteur des puces électroniques. Aussi, cette complémentarité d'expertises au sein d'un même partenariat permettrait une évolution plus rapide et des innovations plus performantes pour les futures voitures électroniques ou hybrides. En effet, partager les savoir-faire et techniques de l'objet (la voiture) et du composant (les puces électroniques) sans intermédiaire permettrait des échanges plus efficaces, et certainement le développement de produits très innovants qui pourraient concurrencer les autres produits du marché.

Un autre domaine qui nécessite particulièrement un nombre élevé de semi-conducteurs est la domotique. Rappelons que ce domaine englobe l'ensemble des techniques visant à intégrer à l'habitat tous les automatismes en matière de sécurité, de gestion, de l'énergie, de communication, etc.⁵¹ Le marché de la « maison connectée », aussi appelé « smart home », voit son offre et sa demande croître, en augmentant de 47% sur l'année 2017 et en comptant près de 800 millions foyers « connectés ». On entend par « connecter » des foyers dans lesquels le numérique prend une place de premier plan, comme pour la gestion de la sécurité avec une alarme, ou encore le contrôle des lumières via smartphone. Cette évolution de marché peut également s'expliquer par la prise de conscience des pertes d'énergies d'un foyer, et donc la mise en place d'outils électroniques qui peuvent intervenir dans ce processus et réduire l'impact négatif sur l'environnement. En effet, la possibilité de pouvoir éteindre les lumières à distance et vérifier si elles allumées ou non, permet d'éviter les dépenses en énergie inutiles. Ces objets, dits « intelligents », nécessitent des semi-conducteurs pour leur bon fonctionnement⁵², avec par exemple pour un seul smartphone tel qu'un Samsung Galaxy S8⁵³, 460 milliards de transistors. Il serait donc intéressant, dans ce secteur aussi, que les sociétés françaises spécialisées dans la production de semi-conducteurs s'associent avec des entreprises expertes de la domotique afin d'échanger directement et de proposer sur le marché de nouveaux objets plus innovants. Ce marché est intéressant pour ces deux expertises, aussi bien par le nombre de semi-conducteurs qui sont nécessaires aux objets « connectés », que par le nombre de ces produits qui va croître, en passant d'une opportunité de 151 milliards de dollars en 2018 à 1 567 milliards en 2025.⁵⁴ Les entreprises françaises de semi-conducteurs pourraient aussi bien s'associer avec des start-up dans la domotique, que des entreprises de construction « intelligente » telles que Saint-Gobain, Legrand ou encore Bouygues Constructions.

Aussi bien sur le marché de l'automobile, que celui de la domotique, il existe des perspectives d'évolutions réelles, laissant place à la recherche en innovation technologique et technique. Ces deux secteurs, au regard des nouveaux produits qu'ils développent, nécessitent fondamentalement de puces électroniques. C'est pour cela, que les entreprises françaises de semi-conducteurs pourraient prendre des parts de marché importantes dans chacun de ces secteurs, par le biais de partenariats avec des sociétés expertes des domaines. La France deviendrait l'un des acteurs incontournables du marché des puces électroniques grâce à une production et une vente de plus en plus importante avec ces partenariats, qui permettront des investissements conséquents en Recherche et Développement, et donc de proposer des produits sur le marché qui concurrenceront les leaders actuels des semi-conducteurs. Enfin, un partenariat de nature différente, mais toujours stratégique pourrait se faire entre une entreprise française de semi-conducteurs, comme Soitec, et Veolia. De par sa technologie en recyclage de silicium et l'utilisation de ce matériau dans les semi-conducteurs, ces deux entreprises pourraient se compléter. Veolia permet au silicium, recyclé des panneaux solaires à 95%, d'être réutilisé 4 fois.

⁵¹ Larousse, Définition de « domotique », consulté le 02/07/2019

⁵² Alain Baritault, Dossier IoT (partie 1 à 4) : Impact des objets connectés sur l'industrie des semi-conducteurs, News Informatique du 31 juillet 2017

⁵³ Daniel Fishman, Combien y a-t-il de transistors dans un smartphone moyen, Quora, 9/12/2018

⁵⁴ Ridha Loukil, L'Internet des objets, l'Usine Digitale, 29/04/2018

Conclusion

Le marché international des semi-conducteurs est marqué par une intense compétitivité, au regard de la complexité de la technique de fabrication et de l'extraction des ressources nécessaires, mais aussi des enjeux géopolitiques existants. Les puces électroniques nécessitent des matériaux spécifiques, et souvent rares, tels que le silicium ou le nitrure de gallium, impliquant une technique d'extraction et de traitement particuliers. En 2019, il y existe de nouveaux enjeux en termes de technique pour les semi-conducteurs, aussi bien pour la miniaturisation, que pour la diminution de la consommation en énergie, le tout en assurant la performance de l'appareil. Cependant, remplacer le processus de fabrication reviendrait à des coûts élevés et ferait appel à un savoir-faire complexe.

De nombreux acteurs, publics comme privés, sont présents sur ce marché et cherchent à obtenir un maximum des parts de celui-ci, pour des motivations financières mais aussi politiques. Deux pays, aujourd'hui leaders dans la production et la vente des semi-conducteurs, sont en conflit économique et géopolitique, les États-Unis et la Chine. Ces derniers utilisent des stratégies diamétralement opposées en se disputant la place de leader du secteur à échelle internationale. Ils entretiennent finalement une relation de co-dépendance, dans laquelle les États-Unis vendent une majorité de leurs composants et produits à la Chine, tout en exerçant une pression sur ce pays qui a besoin de certains composants américains pour fabriquer ses semi-conducteurs, et donc ses propres produits. C'est la raison pour laquelle la Chine investit massivement dans ses entreprises nationales de semi-conducteurs, afin de devenir entièrement indépendante, selon son projet « Made In China 2025 ». Cependant, cette guerre économique implique et impacte d'autres pays, eux-aussi acteurs du marché, comme les pays d'Asie ou d'Europe, mais leurs crée aussi une opportunité de pénétration, notamment pour la France avec son savoir-faire unique de la technologie FD-SOI.

Il ne s'agit pas pour la France de prendre un parti franc pour l'un des deux pays impliqués dans cette guerre économique, mais de profiter de ce conflit pour prendre une place de choix plus importante sur ce marché. Pour ce faire, les entreprises françaises pourraient vendre ses produits, tout en conservant son savoir-faire et sa propriété intellectuelle, à la Chine puis aux États-Unis, en gardant le brevet sur les produits, qui seraient les transistors. La stratégie n'est donc pas de donner ses techniques à ses deux principaux concurrents en leur donnant un avantage, mais plutôt de prendre des parts de marché importantes et de se rendre indispensable dans le secteur. Dans ce contexte, la France profiterait d'une aide des fonds d'investissement créés à l'échelle Européenne, ce qui permettrait d'une part de positionner l'Europe en leader à l'échelle internationale, et de permettre à cette zone d'être perçue comme une entité aux expertises complémentaires et nombreuses. S'allier avec d'autres pays européens c'est permettre à la France d'ajouter aux savoir-faire nationaux des savoir-faire européens et ainsi permettre de proposer des produits et services différents sur le marché qui concurrenceraient directement avec les leaders.

La technologie actuelle des transistors uniquement en Silicium continuera à être utilisée dans les années à venir, néanmoins cette technique atteindra ses limites en 2021 avec les gravures de 7 à 5 nanomètres. Les entreprises françaises spécialisées dans le domaine ont tout à fait compris les enjeux et possèdent des clés stratégiques du secteur avec les transistors FD-SOI, ainsi que les technologies utilisant le Nitrure de Gallium.

Il est intéressant de noter, que Soitec possède cet atout depuis 2014 et tente sans succès de se rapprocher de l'entreprise Intel qui a choisi d'adopter une stratégie de protectionnisme sur les transistors malgré un développement horizontal des processeurs. Le marché chinois a été le premier à s'engager dans cette technologie afin de l'adopter sur le marché mobile. Parmi les leaders chinois, on remarque une forte dynamique pour rattraper le retard vis-à-vis des technologies américaines sur les processeurs d'ordinateurs mais également une anticipation des contraintes données par la miniaturisation. Ce qui, avec les moyens développés et les entreprises des pays voisins (Taiwan, Corée, Japon) leur donnera une accélération considérable dans les années futures à partir de 2025.

De 2019 à 2025 la guerre commerciale continuera de ralentir l'économie de la Chine ce qui donnera un avantage technologique sur les processeurs d'ordinateurs aux États-Unis bien qu'elle en subie les conséquences telles que des pertes importantes d'emplois, pertes colossales en dizaine de milliers de dollars d'exportations, en stoppant les importations chinoises sur ce secteur.

Les préconisations de ce rapport sont des ébauches de stratégies à approfondir méticuleusement et traduisent une initiative de volonté de puissance. La France possède un avantage concurrentiel exploitable, il faut l'utiliser et se prémunir des ingérences américaines qui prend aussi bien un format structurel par l'actionnariat via des fonds d'investissement par exemple, qu'un format humain par le débauchage humain. L'objectif de la France est de redéfinir la mobilisation française à travers une mobilisation européenne au travers d'investissements, d'un encouragement national fort au service de la recherche et développement.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages

Bret Swanson, Moore's Law at 50: The Performance and Prospects of the Exponential Economy, American Enterprise Institute, pp. 14-15. 11/2015

Angelo Zino, Semiconductors & Semiconductor Equipment, S&P Capital IQ, , pp. 19-24, 05/2016

Falan Yinug, Made in America: The Facts about Semiconductor Manufacturing, SIA, p. 4, 08/2015

Christian Estrosi Ministre chargé de l'industrie, « LES SITES FRANÇAIS DE PRODUCTION MICRO-NANOELECTRONIQUE », PDF

Ministère de la transition écologique et solidaire, Produire en France les automobiles de demain, PDF du 13 février 2019

Larousse, Définition de « domotique », consulté le 02/07/2019

“Made In China 2025”, Rapport entier en ligne consulté le 01/07/2019, 05/2015

Michaela D. Platzer, John F. Sargent Jr. Congressional research service, PDF du 27/06/2016

Articles et articles en ligne

Priya Ganapati, « DEC. 23, 1947 : TRANSISTOR OPENS DOOR TO DIGITAL FUTURE », Wired, le 23/12/2009

1952 : Bell Labs licenses transistor technology, The Silicon Engine, consulté le 29/06/2019

Communiqué de presse, Gartner, *Le Chiffre d'affaires mondial des semi-conducteurs a augmenté de 13,4% en 2018*, 07/01/2019

« Loi de Moore », Futura science

For differing opinions on the future prospects of silicon-based semiconductors, see “Double, Double, Toil and Trouble,” *The Economist*, 12/03/2016

Rodolphe Degand, Marché des objets connectés 2018: maison, e-santé, wearable et assistant personnel, Stylisme.com, le 22/04/2019

Florian Debes, CES 2019 : les fabricants de puces embarquent dans la voiture autonome, Les Echos, le 10/01/2019

Audi, *Immense Significance for Innovations: Semiconductors*, consulté le 02/07/2019

Maggie Cheng, *L'industrie des semi-conducteurs aux USA et en Chine*, Allnews, 4/04/2019

AFP, *La « guerre des puces » qui démange le commerce sino-américain*, Le Point, 2/05/2018

Maggie Cheng, *L'industrie des semi-conducteurs aux USA et en Chine*, Allnews, 4/04/2019

AFP, *La « guerre des puces » qui démange le commerce sino-américain*, Le Point, 2/05/2018

Simon Leplâtre, *Les puces électroniques, nerf de la guerre commerciale entre la Chine et les États-Unis*, Le Monde, 10/01/2019

Mathieu M, *Embargo américain, Huawei stoppe sa production*, Génération Nouvelles Technologies, 13/06/2019

Basile Dekonink, *Le CFIUS, gardien des ambitions américaines dans les semi-conducteurs*, Les Echos, 07/03/2018

Ridha Loukil, *Semi-conducteurs : Les USA laisseront-ils le chinois Tsinghua Unigroup racheter leur fleuron Micron?*, Usine Digitale, 16/07/2015

AFP, *La « guerre des puces » qui démange le commerce sino-américain*, Le Point, 2/05/2018

Reuters Staff, *Wall Street recule avec les semi-conducteurs et la Chine*, Reuters, 14/06/2019

Reuters, *« Les États-Unis se préparent à limiter les investissements technologiques chinois »*, le 25/06/2018

Julien Bergounhox, *« Liste noire américaine : le vrai problème pour Huawei, c'est le matériel plus que le logiciel »*, Usine Digitale, 14/06/2019

Mathilde Billaud, *« Intégration de semi-conducteurs III-V sur substrat Silicium pour les transistors n-MOSFET à haute mobilité »* 25/05/2016

Ridha Loukil, *« Le marché des puces en chute de 12,1% en 2019, la plus sévère baisse en 10 ans »*, Usine Nouvelle, 06/06/2019

Capital, *« SOITEC ÉTEND SON PORTEFEUILLE DE SUBSTRATS INNOVANTS »*, le 13/05/2019

Maggie Cheng, *L'industrie des semi-conducteurs aux USA et en Chine*, Allnews, 4/04/2019

Lucie Ronfaut, *Le gouvernement débloque 887 millions d'euros pour l'industrie des semi-conducteurs*, Le Figaro, 21/03/2019

Rihad Loukil, *Le plan Nano 2022 sur la nanoélectronique est lancé avec 5 milliards d'euros sur la table*, L'Usine Nouvelle, 14/03/2009

Rihad Loukil, *« Ommic lance la première production en Europe de puces en nitrure de gallium pour la 5G »*, L'Usine Nouvelle, 24/06/2019

Bruno Faure, *« La 5G : une révolution technologique... et économique »*, RFI Economie, 08/01/2019

Nabil Bourassi, *3 innovations françaises qui vont réinventer l'automobile : l'IA, l'hydrogène, les systèmes antipollution*, La Tribune, 27/01/2018

Alain Baritault, *Dossier IoT (partie 1 à 4) : Impact des objets connectés sur l'industrie des semi-conducteurs*, News Informatique du 31/07/2017

Daniel Fishman, *Combien y a-t-il de transistors dans un smartphone moyen*, Quora, 9/12/2018

Ridha Loukil, *L'Internet des objets*, l'Usine Digitale, 29/04/2018

Entretiens

Entretien avec un expert – anonyme – employé chez STMicroelectronics, le 1/07/2019