

Université Paris 1 - Panthéon Sorbonne

UFR 11 – ÉCOLE DE SCIENCE POLITIQUE DE LA SORBONNE

# **De la matérialité du numérique**

Minerais, data, énergie : paradigmes d'une redéfinition des dynamiques géopolitiques et économiques mondiales

**Mémoire présenté par Bruno COSTA**

**En vue de l'obtention du diplôme de MASTER 2 DE SCIENCE  
POLITIQUE « Communication et Pouvoir »**

**Domaine : Science Politique**

**Mention : Communication et Pouvoir**

**Spécialité : Communication et relations internationales**

**Préparé sous la direction de M. Jérôme VALLUY, Maître de conférences en  
science de l'information et de la communication**

**OCTOBRE 2024**

# Sommaire

<b>Introduction</b>	<b>4</b>
Méthodologie	15
<b>Chapitre 1 - Du rôle des matières premières : l'exemple des batteries</b>	<b>19</b>
I - Les ressources minérales : Un enjeu géostratégique	23
II - Le rôle des firmes	26
III - De la tertiarisation à la primarisation des économies nationales	30
<b>Chapitre II - Les infrastructures numériques, clés de voûte critiques de la souveraineté technologique</b>	<b>35</b>
I - L'insertion des États dans l'économie numérique	37
II - L'intérêt géostratégique du transport des données	40
III - L'innovation technologique comme facteur de développement des infrastructures numériques	44
<b>Chapitre 3 - Reconfigurations et tensions énergétiques mondiales : Le cas chinois</b>	<b>47</b>
I - Exportation et sécurisation des chaînes d'approvisionnement	49
II - La tripartition des politiques énergétiques mondiales	51
III - Transition énergétique et numérique	53
<b>Conclusion</b>	<b>56</b>
<b>Annexe</b>	<b>61</b>
Bibliographie	61
<b>Étude de cas : NVIDIA, première valorisation boursière mondiale</b>	<b>81</b>
Introduction	81
I - Historique et évolution de l'entreprise	83
II - L'ascension fulgurante de NVIDIA dans l'économie numérique et le rôle de la crypto-monnaie	87
III - NVIDIA et l'IA : Interdépendance de l'innovation technologique et équipementière	92
IV - 2020-2023 : Pénurie et contrôle des chaînes d'approvisionnement	95
V - NVIDIA : Symbole actif d'un nouveau paradigme tourné vers l'IA ?	103
<b>Entretiens</b>	<b>107</b>
Fiches d'entretiens	107
Retranscriptions	109
<b>Dossier méthodologique : Utilisation de l'IA dans le cas de la recherche</b>	<b>169</b>
I - Fonctionnement du leader du marché : ChatGPT	169
II - Identification des besoins et utilisation des modèles d'IA appropriés	174
III - Penser l'outil comme moyen et non finalité	178
IV - Prompts utilisées	180

## Remerciements

Je remercie mon directeur de mémoire M. Jérôme Valluy d'avoir accepté de me suivre dans le tumultueux processus qu'était la rédaction de ce projet qui n'aurait pas non plus été possible sans l'ensemble des acteurs de la recherche participant de plain pied à l'élaboration des connaissances sur ce sujet, celles et ceux qui chaque jour contribuent aussi sur les plateformes *open source* comme Wikipédia pour maintenir un réseau extrêmement large et instructif sur l'ensemble des sujets connus, celles et ceux qui assurent la logistique de ces environnements et de tant d'autres.

# Introduction

Qui dit bonne année dit bonnes résolutions. En 2022, celles des habitants de [Janaozen](#), ville kazakh de 150 000 habitants, étaient résolument tournées vers l'amélioration de leurs conditions de vie. Inflation, prix des carburants, mécontentement politique, corruption, autant de raisons qui les ont poussé à se mobiliser contre le [gouvernement](#)<sup>1</sup>. 6 janvier 2022, le [bitcoin](#) chute en dessous des 40 000 dollars<sup>2</sup>. Cette [monnaie](#) est un [actif numérique](#), impossible donc de le toucher puisque ce sont des lignes de code. Pour « créer » un bitcoin, il faut que [l'ordinateur](#) résolve plusieurs problèmes mathématiques. Plus il y en a, plus le nombre d'opérations est important. Mais quel rapport entre ces deux événements ? En 2022, le [Kazakhstan](#) se hissait à la seconde place du classement où se trouvaient des mineurs de bitcoin. La réponse gouvernementale aux [manifestations](#) s'est caractérisée par une répression mais aussi par une coupure généralisée d'[Internet](#). L'augmentation des prix des carburants a réduit de plus la rentabilité des fermes à [crypto-monnaies](#)<sup>3</sup>. Le bas coût de l'énergie a en effet attiré de nombreux [crypto-monnayeurs](#) lorsque la [Chine](#) a décidé d'interdire cette pratique sur son territoire en raison de sa consommation énergétique<sup>4</sup>. Pour comprendre comment cela fonctionnait nous parlons d'opérations. En réalité il s'agit d'en moyenne 373,2 septillions d'opération à réaliser pour un seul bitcoin. C'est pour cela qu'il faut une quantité d'énergie importante et une puissance de calcul qui l'est tout autant, d'où l'importance des [cartes graphiques](#). Les calculs sont produits majoritairement par [l'intelligence artificielle](#) (IA) qui a connu son expansion grâce aux [innovations](#) technologiques mais aussi à un environnement favorable : des infrastructures de transport et de traitement de données conséquentes, mondialisées avec une quantité de [data](#) conséquente. Ces innovations résultent elle-même de matériaux que l'on transforme en [transistors](#), [circuits imprimés](#), [processeurs](#), cartes graphiques et bien d'autres. A première vue, l'exemple du Bitcoin et du Kazakhstan montre qu'une simple ligne de [code](#) regroupe tout un enchevêtrement d'éléments dans son processus de production de manière plus ou moins indirecte. Pourtant, [l'économie numérique](#) est souvent décrite comme éloignée de ces considérations physiques.

---

<sup>1</sup> Brandy, Grégor. « [Que se passe-t-il au Kazakhstan ? Tout comprendre en quatre questions](#) », *Le Monde*, publié le 6 janvier 2022.

<sup>2</sup> Descamps, Maud. « [Pourquoi le bitcoin est-il passé sous la barre des 40 000 dollars ?](#) », *Europe 1*, publié le 12 janvier 2022.

<sup>3</sup> Seibt, Sébastien. « [Quel est le rôle de la crise au Kazakhstan dans la chute des cryptomonnaies ?](#) », *France 24*, publié le 6 janvier 2022.

<sup>4</sup> Hérard, Pascal. « [Chine : les fermes de minage de Bitcoins bientôt interdites ?](#) », *TV5Monde*, mis à jour le 24 décembre 2021.

« Internet est la plus grande expérience d’anarchie de l’histoire. Des centaines de millions de personnes créent et consomment, chaque minute, une quantité incalculable de contenu numérique dans un monde qui n’est pas véritablement régi par les lois terrestres. »

Éric Schmidt et Jared Cohen « The digital New Age », *Knopf*, publié en 2013

[L’ancien PDG de Google](#) estime que la source de [croissance](#) de l’économie numérique est principalement endogène, introduite en elle-même. L’économie numérique peut être définie comme l’ensemble des activités économiques qui sont basées ou influencées par les technologies numériques, depuis la [mécanographie](#), jusqu’à l’IA. De manière large, elle comprend donc de nombreux secteurs d’activité, plus ou moins différents. Il faut intégrer deux dynamiques dans sa construction : l’expansion technologique – les innovations, l’avancée et le progrès technologique – et l’expansion sociale – l’usage des outils numériques qui se développe dans la société<sup>5</sup>. Phénomène mondial, La croissance du nombre d’[internaute](#) est continue, en 2022 elle se quantifiait ainsi à 4,95 milliards d’utilisateurs d’Internet dans le monde, en croissance de 4%<sup>6</sup>. L’économie numérique est donc un nouveau paradigme, comme la [révolution industrielle](#) l’a été lors de son avènement. Il faut ici l’étudier comme [Ricardo](#) étudiait la production [agricole](#), comme [Marx](#) étudiait la production de tissu.

Si Éric Schmidt a cette conception de l’économie numérique, c’est que plusieurs doctrines économiques ont structuré son secteur d’activité. Dans le paradigme néo-libéral, tel qu’il est défini par [Milton Friedman](#) puis [Paul Romer](#), l’innovation est un facteur de croissance qui tient au processus de production lui-même<sup>7</sup>. Ces auteurs reprennent certaines considérations des auteurs économiques [orthodoxes](#). [Adam Smith](#) explique par exemple que la valeur d’un bien ou d’un service est issue de la quantité de travail nécessaire à sa production<sup>8</sup>. Les agents économiques agissent donc, suivant leurs intérêts. L’équilibre, symbolisé par la [Main Invisible](#), harmonise le [marché](#)<sup>9</sup>. Pour diminuer le [coût de production](#), les [producteurs](#) vont donc donner un rôle prépondérant à l’innovation, réduisant les coûts de production ou choisissant certains lieux plus favorables<sup>10</sup>. Ils maximisent [l’utilité](#) du produit pour accroître sa [valeur d’usage](#)<sup>11</sup>. Par la constitution de [profits](#), il est alors possible d’investir

<sup>5</sup> Valluy, Jérôme. « [Humanité et numérique\(s\)](#) », *Terra-HN*, republié en 2023.

<sup>6</sup> Kemp, Simon, « [Digital 2022 : Global Overview Report](#) » DataReportal, publié le 26 janvier 2022.

<sup>7</sup> Romer, Paul « Increasing returns and Long-Run Growth », *Journal of Political Economy* publié le 1<sup>er</sup> octobre 1986.

<sup>8</sup> Smith, Adam « Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations », publié en 1776.

<sup>9</sup> Smith, Adam « Théorie des sentiments moraux », publié en 1759.

<sup>10</sup> Ricardo, David « Des principes de l’économie politique et de l’impôt », publié en 1817.

<sup>11</sup> Stanley Jevons, William, « Theory of Political Economy », publié en 1871.

pour réduire d'autant plus dans ce processus de production pour diminuer le coût d'un produit<sup>12</sup>. L'intervention des [États](#) est donc inutile, se résumant à l'organisation d'un environnement suffisamment concurrentiel<sup>13</sup>. Le marché se régule donc de lui-même, allouant de lui-même les ressources nécessaires à la production<sup>14</sup>. Dans notre exemple introductif, les crypto-monnayeurs se dirigent vers le Kazakhstan pour des raisons de coûts : l'énergie y est peu chère et le foncier largement disponible.

Néanmoins, en réalité, le processus de production construit son [stock](#) de [capital](#) à divers moments. Lorsque l'on transforme le produit, on ajoute de la valeur, une [plus-value](#). Ceux qui l'ajoutent sont les [travailleurs](#). En échange de cette plus-value, du temps mis à la réaliser, il reçoivent une somme d'argent. C'est la vente de la [force de travail](#) selon Marx<sup>15</sup>. Dans l'objectif de réduire les coûts de production, il faut donc réduire le coût de la force de travail, en plus des coûts de production. L'innovation tient à son importance ici puisque c'est par l'innovation que l'on réduit la nécessité des travailleurs au profit de machines. Ici, la production d'un bien ou d'un service s'inscrit dans un environnement social. La [division du travail](#) parmi les individus implique une [structure sociale](#). La [demande](#) est donc construite socialement comme l'explique [Bourdieu](#)<sup>16</sup>. Toute cette [infrastructure](#) économique est sous-tendue par une *superstructure*, un groupe d'agents idéologiques qui, par leurs actions culturelles, ont un impact [performatif](#) sur l'économie<sup>17</sup>. C'est le rôle que joue Éric Schmidt dans la citation en promouvant la [théorie de la croissance endogène](#). Les agents agissent directement pour orienter les politiques [économiques](#) et [industrielles](#) car la constitution du capital se construit aussi en dehors du processus de production<sup>18</sup>. Dans le cas de notre crypto-monnaie, elle dispose d'une valeur en elle-même mais surtout d'une valeur d'usage en tant que [marchandise](#). Si elle a aujourd'hui cette importance, c'est que les opérations de calcul servent à effectuer des [vérifications](#) et donc à consolider la confiance en cette monnaie. Si les utilisateurs n'avaient pas confiance en cette monnaie, ils ne l'utiliseraient pas et il n'y aurait pas d'intérêt pour les crypto-monnayeurs à dépenser de l'argent pour produire ces bitcoins.

L'économie, pour des raisons évidentes, a une importance pour les États. La décision de ces derniers permet par exemple à ses entreprises d'échanger sur d'autres marchés via les

---

<sup>12</sup> Stuart Mill, John « Principe d'économie politique », publié en 1848.

<sup>13</sup> Hayek, Friedrich « La Route de la servitude » *Routledge*, publié en 1944.

<sup>14</sup> Friedman, Milton « Théorie des prix » *Aldine Publishing Company*, publié en 1962.

<sup>15</sup> Marx, Karl « Le capital » *Livre I - La plus-value relative XII*, publié en 1867.

<sup>16</sup> Bourdieu, Pierre. « Les structures sociales de l'économie », *Média Diffusion*, publié le 5 mai 2000 .

<sup>17</sup> Gramsci, Antonio « Cahiers de prison », publié en 1929.

<sup>18</sup> Proudhon, Pierre-Joseph « Qu'est-ce que la propriété ? ».

accords de [libre-échange](#) ou le [protectionnisme](#)<sup>19</sup>. L'État peut même intensifier ou diminuer la demande de certains secteurs via des [interventions](#) directes<sup>20</sup>. C'est le cas des crypto-monnaies dans notre exemple lorsque la Chine interdit la production de crypto-monnaies et limite la circulation de ces actifs. Par l'acquisition de nouveaux territoires, les États peuvent même étendre leurs marchés via la [colonisation](#)<sup>21</sup>. Les politiques régaliennes des États et leurs politiques économiques ont donc des importances réciproques<sup>22</sup>. Dans le cas introductif, le Kazakhstan soutient l'implantation des crypto-monnayeurs par plusieurs processus. Ce programme est soutenu par l'objectif d'obtenir des retombées économiques via un tarif différencié de l'électricité ou encore une [fiscalité](#) différente. Si les retombées économiques sont importantes pour ceux qui investissent, les [externalités](#) – les conséquences positives ou négatives – le sont tout autant pour les États, pour de multiples raisons. Les États jouent donc un rôle prépondérant dans la structuration de son [économie domestique](#) et par conséquent internationale. L'usage de ces différents outils et grilles d'analyse classiques est plus qu'important pour comprendre les nouvelles dynamiques qui émergent avec l'économie numérique, comme lorsque l'on analyse la transition entre le [capitalisme féodal](#) et industriel.

Sur la question du processus de production de la marchandise, le premier ajout est celui de [Shoshana Zuboff](#). Les entreprises de la [Big Tech](#) fondent leur [business model](#) sur un service spécifique : celui de modifier le comportement des individus. C'est sur la base des données récoltées par divers capteurs, compilées dans des [User Profile Information](#) (UPI) qu'elles réalisent un *surplus comportemental*<sup>23</sup>. Même si ce sont les utilisateurs qui produisent ces données, elles ne sont pas vendues par les utilisateurs comme pourrait l'être la force de travail marxiste. En 2004, [AdSense](#), l'[algorithme](#) publicitaire de Google représentait 52 millions de [dollars](#) par an. 6 ans plus tard, 10 milliards annuels. En 2021, 89% des bénéficiaires [d'Alphabet](#). L'être humain est alors un objet en lui-même du système socio-économique, reprenant l'analyse du concept de [biopolitique](#)<sup>24</sup>. Cette conception évolue

---

<sup>19</sup> List, Friedrich. « [Système national d'économie politique](#) », Capelle Libraire-Éditeur. 1857.

<sup>20</sup> Maynard Keynes, John « Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie » *Cambridge University press* publié en 1936.

<sup>21</sup> Luxemburg, Rosa « L'accumulation du Capital », publié en 1913.

<sup>22</sup> Lénine, Vladimir « L'impérialisme, stade suprême du capitalisme » *République Russe*, publié en 1917.

<sup>23</sup> Zuboff, Shoshana. « L'Âge du capitalisme de surveillance » Chapitre 3 - La découverte du surplus comportemental, *Campus*, 2018.

<sup>24</sup> Foucault, Michel. « Surveiller et Punir », *Gallimard*, publié le 20 février 1975.

de manière parallèle aux innovations technologiques<sup>25</sup> et aux transformations sociales<sup>26</sup>, d'autant plus renforcé par l'avènement de l'IA<sup>27</sup>.

Ce processus de production évolue dans un nouvel environnement économique. [Cédric Durand](#)<sup>28</sup> ou [Yanis Varoufakis](#)<sup>29</sup> le décrivent comme un « techno-féodalisme » : les entreprises de la Big Tech disposent de monopoles importants dont les utilisateurs sont dépendants, causant une valorisation « prédatrice » de la matière première digitale. Cela cause un système concurrentiel imparfait<sup>30</sup>, renforcé par un verrouillage conscient des [GAFAM](#)<sup>31</sup>. Si ce processus est possible c'est que les États agissent de manière interventionniste. Les [barrières à l'entrée](#) du secteur sont si importantes que les investissements étatiques sont les seuls qui peuvent permettre aux entreprises d'acquérir une [compétitivité](#) viable.

Au-delà des facteurs economicistes, d'autres enjeux sont présents depuis 2001. Amaël Cattaruzza définit ainsi la *datasphère* – l'espace numérique – comme une extension du domaine territorial à défendre. Le numérique est donc un espace constitutif des politiques nationales de défense comme l'a montré la [guerre d'Ukraine](#) et les attaques sur les infrastructures numériques. La surveillance des ennemis mais aussi des citoyens est devenue monnaie courante depuis les [attentats du World Trade Center](#). Les États ont utilisé ce choc pour faire tolérer aux citoyens cette [surveillance](#), publique ou privée<sup>32</sup>, transformant en profondeur notre [contrat social](#)<sup>33</sup>. Néanmoins, cette capacité de surveillance n'est possible que grâce aux infrastructures concrètes de données, celles de transport et de données. Ophélie Coelho montre que les [câbles sous-marins](#) mais aussi les [data-centers](#) sont donc constitutifs de la *datasphère* et sont donc des expansions physiques du monde numérique. L'ajout aux doctrines économiques classiques de ces auteurs montre donc que ce qu'Éric Schmidt n'est pas une réalité en elle-même mais bien une vision de cette économie numérique qui soutient sa création de profits. Néanmoins, l'exemple des crypto-monnaies au Kazakhstan ou ceux que nous avons développé ici de manière courte démontre bien que l'économie numérique est

---

<sup>25</sup> Lazard, Emmanuel et Mounier-Kuhn, Pierre-Éric. « Histoire illustrée de l'informatique », *EDP Sciences*, publié en 2016.

<sup>26</sup> Breton, Philippe. « Une histoire de l'informatique », *Eyrolles*, publié en 1990.

<sup>27</sup> Courtecuisse, Mathieu. « Le Saut cognitif - Comment l'intelligence artificielle change le monde », *First*, publié le 26 septembre 2019.

<sup>28</sup> Durand, Cédric. « Techno-féodalisme : Critique de l'économie numérique », *La découverte*, publié le 17 septembre 2020.

<sup>29</sup> Varoufakis, Yanis. « Techno feudalism : What killed capitalism », *Bodley Head*, publié le 28 septembre 2023.

<sup>30</sup> Saint-Étienne, Christian. « Le libéralisme stratège contre le chaos du monde », *Odile Jacob*, publié le 26 août 2020.

<sup>31</sup> Toledano, Joëlle. « GAFAM : reprenons le pouvoir ! », *Odile Jacob*, publié le 26 août 2020.

<sup>32</sup> Naomi Klein, « La stratégie du choc », *Knopf Canada*, publié en 2007.

<sup>33</sup> Rousseau, Jean-Jacques « Du contrat social », 1762.

un sac de noeuds qu'il convient de défaire grâce aux outils économiques et politiques qu'ont construit les auteurs [d'économie](#), de [sociologie](#), de [science politique](#) et bien d'autres. Si nous restions sur cet exemple, nous pourrions nous dire que c'est une question circonscrite aux crypto-monnaies, mais il faut voir plus loin. Après avoir fait ce constat, il est donc légitime de se questionner :

En quoi la dépendance matérielle croissante de l'économie numérique redéfinit-elle les dynamiques [géopolitiques](#) et économiques mondiales ?

La question ici qui se pose n'est pas tant de confirmer ou d'infirmer telle ou telle doctrine économique. Il s'agit plutôt d'utiliser les outils qu'elles nous mettent à disposition pour comprendre les évolutions auxquelles nous faisons face. Par exemple, si nous remontons le processus de production de crypto-monnaies et que nous nous intéressons à la puissance de calcul, nous voyons que la création de cette puissance est d'une importance capitale. Pour comprendre l'intérêt, d'abord productif, du calcul informatique, il suffit de voir les atouts de [l'automatisation](#) des machines :

« T'as un opérateur, il est là toute la journée [...] il doit lui-même appuyer le bouton pour aller vers le bas [...] Donc au final, avec mon programme il appuie juste sur un bouton [...] le capteur quand il va détecter quelque chose, il va envoyer un signal électrique à mon automate. »

Entretien 4 avec Maxime, automaticien.

L'automatisation, plus largement l'innovation, permet de réduire la part de la force de travail dans le processus de production. Dans le secteur agricole, il est par exemple possible d'automatiser la tâche de récupération des [fruits](#) via l'IA<sup>34</sup>. Néanmoins, pour transformer l'information visuelle en information [binaire](#), il est nécessaire d'inclure des [capteurs](#), comme l'explique Leonardo dans le second entretien<sup>35</sup>. Cette question des capteurs est la même pour l'intelligence artificielle. Dans le processus de marchandisation des *datas* expliqué par Shoshana Zuboff, leurs captations ne seraient pas possible sans capteurs traduisant l'information. Nous apprenions un peu plus haut qu'il faut 373,2 septillions d'essais pour

---

<sup>34</sup> « [Ces robots alimentés par de l'IA assurent la récolte des fruits](#) », *La Dépêche*, publié le 11 juillet 2023.

<sup>35</sup> « Moi il [le robot] respectait un parcours : au début il suivait la ligne, il y a un obstacle. [...] Mon robot il va arriva, j'ai un capteur ultrason, il va détecter ça et hop dès qu'il détecte j'ai un programme qui dit « tu tournes à gauche » pendant une demi-seconde. », *Entretien 2 avec Leonardo, technicien en génie électrique*.

trouver un bitcoin. Imaginer un ordinateur qui testerait la réponse à l'équation tel que : 1 puis 2 puis 3, 4, 5, ... 5 255... jusqu'à l'infini n'est pas concevable économiquement. Il faut donc des calculs simultanés pour aboutir à une durée rentable de calcul. C'est pour cela que lors du boom des crypto-monnaies, puis de [ChatGPT](#), l'action de [NVIDIA](#) a explosé. L'entreprise est une des seules à concevoir des *Graphic Processor Unit* (GPU) adaptées. Aujourd'hui, elle est même la première [capitalisation](#) boursière mondiale<sup>36</sup> car sans GPU, ni crypto-monnaie, ni IA, ni [voitures autonomes](#), ni [smartphone](#)... Ce constat est d'ailleurs partagé :

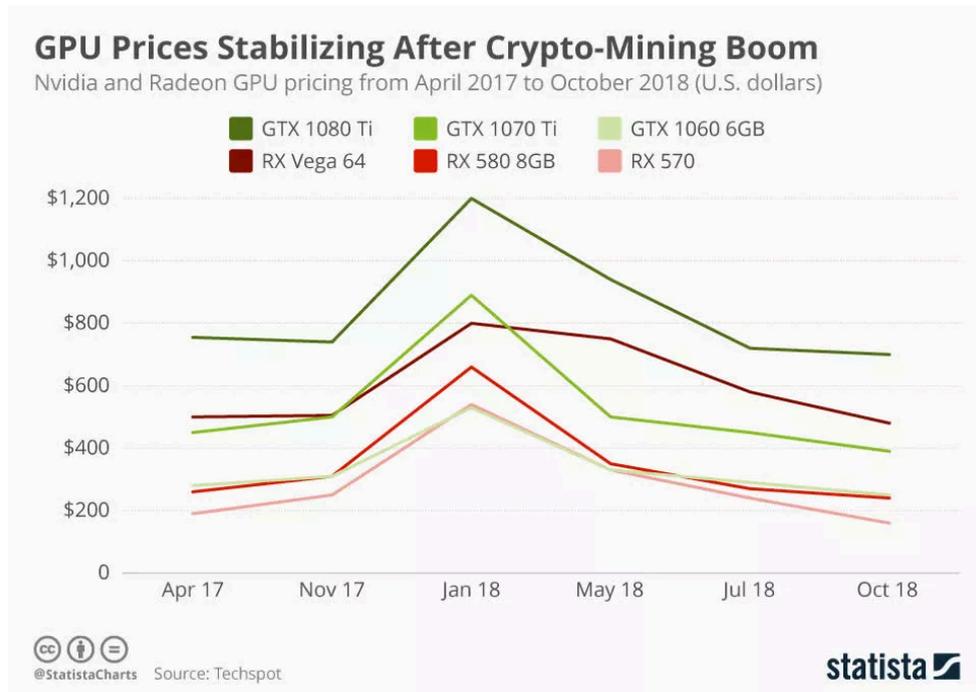
« A l'ère de l'intelligence artificielle, on dit souvent que les données sont le nouveau pétrole. Pourtant, la véritable limite à laquelle nous sommes confrontés n'est pas la disponibilité des données, mais la puissance de traitement. »

Chris Miller, *Chip War*, publié en 2023

Or, ces processeurs ne poussent pas sur les arbres. Pour les construire, il faut des [matières premières](#). Pour transformer ces dernières, il faut des unités de production. Il faut ensuite les acheminer à travers le monde. Fonctionnant dans un circuit ouvert, ils vont calculer à partir de données parfois captées sur un autre continent. Il faut donc acheminer ces données via des réseaux de transport jusqu'aux centres de traitement de données : les data-centers. Ce n'est qu'une fois que toutes ces conditions sont remplies que l'IA pourra faire son travail. L'expansion technologique est donc conditionnée à des éléments bien concrets, mais elle est aussi conditionnée à son expansion sociale. Les innovations doivent avoir des débouchés sociaux. Plus haut, nous montrions que certains auteurs estiment que la demande se construit socialement. L'exemple de la crypto-monnaie le montrait. Mais avec l'émergence de nouveaux usages des GPU, autres que les jeux-vidéos, leurs prix augmentent. Comme dans l'économie « classique », la demande, construite par des usages sociaux, définit ainsi une partie des évolutions des prix :

---

<sup>36</sup> « [Première capitalisation mondiale en bourse : NVIDIA détrône Apple et Microsoft](#) », *LaPresse*, publié le 18 juin 2024.



Evanson, Nick. [History of the GPU part 5](#) Techspot, publié le 23 février 2021.

Même observation après la démocratisation des IA génératives par [OpenAI](#), à propos de la valeur boursière de NVIDIA :



« [Graphique société NVIDIA](#) » Boursier.com, consulté le 18 août 2024.

A première vue, notre problématique ne porterait donc que sur des intérêts capitalistiques, entrepreneuriaux. Mais ce serait oublier deux vecteurs. Premièrement, l'économie numérique, par ses barrières à l'entrée, nécessite de lourds investissements. Les premières infrastructures numériques – réseaux de transports, internet, data-centers, unités de production... – ont été impulsées par les États. Moteur de la croissance économique mondiale, il est logique que les puissances internationales investissent ce secteur dans le cadre de leurs politiques économiques. Maîtriser cet aspect, c'est augmenter son hard power économique . Deuxièmement, il faut aussi comprendre que l'ensemble des facteurs qui conditionnent l'expansion technologique sont eux-mêmes conditionnés par des problématiques politiques. Les politiques nationales conditionnent l'extraction des matières premières, la constitution des unités de production ou les règles du commerce international et donc l'expansion technologique :

« Cette année (2024), l'année dernière plutôt (2023). On a eu des temps [de livraison] abusés ! Quand tu commandais un capteur, tu le recevais 4 mois plus tard. [...] Pénurie de matériaux. En France, ils en vendent peut-être plus. Dans les pays étrangers, ils ont pas forcément le temps de te livrer [...] Je crois que c'était vachement bloqué en dehors de la France pour se faire livrer. »

Entretien 4 avec Maxime, automaticien

Tout l'intérêt du travail qui suit sera donc de démontrer que l'expansion technologique est bien conditionnée par des dynamiques géopolitiques concrètes, que la croissance économique du secteur numérique évolue dans un environnement social et politique. Il s'agira aussi de montrer que ce phénomène n'est pas circonscrit à l'intelligence artificielle mais bien à l'ensemble des trois couches de l'économie numérique : la couche équipementière (machines, accessoires, batteries...), la couche logicielle (softwares, données...) et infrastructurelle (réseaux de transport et de stockage de données). Dans cet environnement évoluent des agents entrepreneuriaux, étatiques mais aussi des utilisateurs. C'est cette interaction que nous questionnons donc.

Pour tenter d'y répondre, nous nous baserons donc sur un concept. Celui de la matérialité de l'économie numérique. Ici, nous l'utiliserons comme une synthèse de deux concepts. Le premier concept, c'est celui du sens commun : la tangibilité d'une chose. C'est en premier

lieu, une réponse directe à l'affirmation selon laquelle le numérique serait immatériel. La conception [marketing](#) du numérique utilise de manière abondante un [champ lexical](#) qui nie cette matérialité : cloud, wireless, [airpods](#), virtuel, dématérialisé... Les innovations technologiques sont donc déconnectées de leurs supports matériels et masquent les processus qui la structurent en la rendant politiquement neutre. Cet aspect de l'évolution technologique a déjà été mis en lumière par des auteurs comme [Habermas](#)<sup>37</sup>, Bourdieu<sup>38</sup> ou [Mumford](#)<sup>39</sup>. Plusieurs auteurs traitant du numérique constatent cet aspect. Chris Miller ou [Guillaume Pitron](#)<sup>40</sup> axent leurs travaux journalistiques sur cet aspect matériel, que ce soit sur la question des matières premières ou des [composants électroniques](#) :

« Nous sommes donc engagés dans une transition vers un monde dématérialisé, puisque nous reposons sur le numérique, nous allons remplacer certaines ressources par... rien [...] cette digitalisation de l'économie serait la promesse d'une formidable diminution de l'empreinte physique de l'homme sur le vivant. »

Guillaume Pitron. « La guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique », *Introduction*, page 19

Méthodologiquement, il est possible de comprendre l'expansion technologique en étudiant l'évolution des capacités technologiques pures et l'évolution des débouchés commerciales ou des usages. Plusieurs auteurs considèrent que c'est en traitant de cette seconde évolution, l'expansion sociale, qu'il est possible de comprendre la structuration politique, économique et sociale du numérique. Nous ne le nierons pas et nous rejoignons ce point de vue. Néanmoins, nous affirmerons ici que malgré ce que avancent les intellectuels de la Big Tech, l'expansion technologique du numérique est intimement liée à sa matérialité, elle est conditionnée à la structure économique, politique et sociale de la société dans laquelle elle évolue. C'est là qu'interviendra le second concept synthétisé : celui du [matérialisme](#). Il répond directement aux aspects [idéalistes](#), au sens philosophique, que contiennent les idéologies [techno-solutionnistes](#) libérales. Ce que nous entendons ici c'est que même la conception « d'expansion technologique » est subordonnée à des processus très concrets. Ce matérialisme comprend *de fait* plusieurs formes. Économique tout d'abord, au sens

---

<sup>37</sup> Habermas, Jürgen. « La Technique et la science comme « idéologie » », *Gallimard*, publié le 20 avril 1990.

<sup>38</sup> Bourdieu, Pierre. « Homo Academicus », *Les éditions de Minuit*, publié le 1<sup>er</sup> novembre 1984.

<sup>39</sup> Mumford, Lewis. « Le mythe de la machine », *Harcourt Brace Jovanovich*, publié en 1967.

<sup>40</sup> Pitron, Guillaume. « La guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique », *Les liens qui libèrent*, publié en 2018.

[marxiste](#)<sup>41</sup>, puisque les infrastructures économiques conditionnent l'évolution technologique. Historique, ensuite, car cette évolution est conditionnée par des processus historiques dont nous héritons<sup>42</sup> et notamment des processus économiques<sup>43</sup>. Culturel, enfin, en poursuivant les nuances apportées par [Labriola](#) et [Gramsci](#) puisque la culture – plus largement la superstructure – peut rétroagir sur ces facteurs<sup>44</sup>. Dans un certain sens, nous approfondissons dans le secteur du numérique la conjugaison du [structuralisme](#) et du marxisme comme ont pu le faire [Althusser](#)<sup>45</sup>, [Laclau](#) ou [Mouffe](#). Il ne s'agit donc pas de nier l'aspect idéaliste qui traverse le développement technologique mais bien d'affirmer que cette expansion a un aspect matériel. La matérialité se définirait donc comme ce qui fait référence aux propriétés physiques d'un objet ([ressources minérales](#), matières premières...) et de son processus de production (unités de production, division internationale du processus..) dans un environnement rendant possible son utilisation (centres de transport et de stockage de données, infrastructures énergétiques...). Il s'agit bien d'affirmer la dimension matérielle de l'économie numérique, de quantifier son importance dans le cadre des nouvelles dynamiques géopolitiques. Ces dynamiques sont tout autant économiques, historiques que culturelles. Contrairement à ce qu'affirme Éric Schmidt, nous démontrerons ici que le monde numérique est bien régi par les règles du monde réel et qu'en réalité, ce monde numérique n'est qu'une prolongation du monde réel, qu'il n'existe pas de supposée « immatérialité » du numérique.

---

<sup>41</sup> Marx, Karl, Engels, Friedrich et Weydemeyer Joseph « L'idéologie allemande », publié en 1932.

<sup>42</sup> Marx, Karl. « Le 18 Brumaire de Louis Bonaparte », publié en 1852. « Les hommes font leur propre histoire, mais il ne la font pas arbitrairement, dans les conditions choisies par eux, mais dans des conditions directement données et héritées du passé. ».

<sup>43</sup> Rubel, Maximilien. « Karl Marx : Essai de biographie intellectuelle », *Klincksieck*, publié en 1954.

<sup>44</sup> Labriola, Antonio « Essais sur la conception matérialiste de l'histoire », *V. Giard & E. Brière*, publié en 1902.

<sup>45</sup> Matonti, Frédérique. « [Marx entre communisme et structuralisme](#) ». *Actuel Marx*, 2009/1 n°45, publié en 2009.

## Méthodologie

Pour concevoir cette étude, nous nous baserons sur une première étude de cas annexe réalisée en parallèle de ce mémoire. Celle-ci est disponible en ligne et des références y seront faites pour plus de lisibilité. Cette étude empirique de l'évolution de NVIDIA se base sur l'analyse d'articles de presse, des évolutions technologiques liées au calcul des cartes graphiques, des valeurs boursières de l'entreprise et l'analyse concurrentielle de son secteur. Cette étude de cas chrono-thématique se focalise principalement sur l'émergence de la cryptomonnaie et de l'IA donc de 2018 à nos jours. Elle met notamment en avant l'interaction entre les trois couches de l'économie numérique et les stratégies entrepreneuriales pour contrôler les chaînes d'approvisionnement et de production des micro-processeurs. Ces interactions prennent place dans un environnement économique mais aussi politique puisque les [micro-processeurs](#) étaient et sont toujours une source de conflit entre la Chine et les [États-Unis](#).

Nous suivrons ici la même méthodologie. Les données empiriques que nous utiliserons proviennent ainsi de diverses sources. Les 4 entretiens menés avec 3 enquêtés sont principalement exploratoires. Ces enquêtés ont été contactés via des connaissances communes et au hasard des rencontres. On compte une [informaticienne](#), un [automaticien](#) et un [technicien](#) en génie électrique. Ces entretiens permettent notamment de mieux comprendre la base du secteur numérique et comment ses composants s'articulent. Ils fournissent ainsi des informations indispensables. La plus grande partie de ces données vient néanmoins d'Internet. Elles sont compilées depuis 33 ouvrages, 84 articles universitaires, 96 articles de presse, 8 archives, 9 bases de données, 10 communiqués de presse, 37 émissions radiophoniques et une vidéo. La constitution de ce corpus a été rendue possible grâce aux moteurs de recherche universitaire [Cairn](#) et [Google Search](#). Une partie de ces articles a aussi été trouvée via l'intelligence artificielle [Perplexity](#), dont une partie du dossier méthodologique détaille l'utilisation.

Le corpus est par nature transversal et interdisciplinaire en raison du sujet. Les ouvrages sont donc des ouvrages d'économie politique, de sociologie, de [philosophie](#) mais aussi historiques, notamment sur le numérique. Les articles universitaires traitent quant à eux des reconfigurations géopolitiques internationales, des questions énergétiques, d'économie politique, de technologie et de politiques industrielles. Majoritairement issus de revues

spécialisées en géopolitique, de [géographie](#), d'économies et de sociologie politique, ils renferment des données empiriques très importantes. Elles sont actualisées via des bases de données sur le numérique et sur les valeurs boursière et des articles de presse issus de médias généralistes et spécialisés sur les puissances émergentes et le numérique. La presse est en grande partie française ou américaine. Les émissions radiophoniques de [France Culture](#) permettent aussi d'approfondir ces sujets via l'intervention de nombreux spécialistes universitaires.

Notre objet d'étude est ici circonscrit par deux facteurs. Méthodologiquement, il s'agit de se concentrer sur quelques objets d'étude du numérique. Pour la couche équipementière, il s'agira des [minerais](#) utilisés dans les batteries que sont le [cuivre](#) et le [cobalt](#). Pour la couche infrastructurelle et logicielle, nous traitons des réseaux de transport et de stockage des données que sont les câbles sous-marins et les data-centers. Enfin, par l'exemple chinois, nous étudierons ces deux types d'objets du numérique sous l'angle de la relation entre [transition énergétique](#) et [numérique](#). Le second facteur est celui des ressources mises en lumière par les données empiriques identifiées par le corpus et les entretiens. Nous ne traiterons ici que partiellement d'autres objets qui ont une incidence mais qui rendraient notre étude trop large. L'objectif ici n'est pas d'identifier chaque facteur avec exhaustivité mais de comprendre et d'illustrer par ces exemples le processus auquel citoyens, entreprises et États font face. Géographiquement, l'étude est circonscrite aux relations entre les puissances économiques mondiales que sont les États-Unis, [l'Europe](#) et la Chine à certains pays du [sud global](#), en [Afrique](#), en [Asie du Sud-Est](#) et en [Amérique du Sud](#). D'autres aires géographiques telles que [l'Asie Centrale](#), la [Russie](#), le [Moyen-Orient](#) ou [l'Océanie](#) jouent un rôle dans ce processus mais dans un souci de concision, nous ne les traiterons pas ici.

Pour répondre aux problématiques que posent la modification du [paradigme](#) économique numérique et comprendre comment il interagit avec les dynamiques internationales contemporaines, nous repartirons tout d'abord du début de la chaîne d'approvisionnement en traitant de l'utilisation des matières premières et de la manière dont leurs répartitions inégales façonnent la [supply chain](#) numérique. Par la suite, il sera question des infrastructures numériques qui sous-tendent cette économie et de l'implication géostratégique des États dans le secteur numérique et ses innovations. Enfin, en détaillant l'exemple de la Chine, nous montrerons que l'évolution du secteur numérique est intimement liée au développement d'autres secteurs et de problématiques connexes, notamment celui de l'énergie.

Par nature, notre utilisation des [objets connectés](#) nous détache de leur dimension matérielle. Le numérique, plus que d'autres secteurs productifs, comporte de nombreux composants qui ont un fonctionnement complexe entre eux. L'interface homme-machine invisibilise d'autant plus ce fonctionnement car son objectif est de rendre [ergonomiques](#) nos utilisations. Ainsi, nous n'imaginons pas notre portable afficher les lignes de code à chaque fois qu'une action est réalisée. De même, par la [miniaturisation](#) des composants, même en démontant un objet électronique, nous faisons face à des éléments de quelques [nanomètres](#) seulement. Les micro-processeurs fonctionnent ainsi avec des transistors plus petits que des [bactéries](#). Dans ce cadre, il est d'autant plus compliqué de comprendre l'importance des différentes matières premières. C'est en ce sens que nous étudierons le cas des batteries électriques, utilisées dans le numérique mais aussi dans d'autres secteurs : [automobile](#), [transports](#), [technologies vertes](#)... Ce cas est intéressant car le développement de la production de [batteries lithium-ion](#) depuis les années 90 a non seulement modifié les processus de production mais aussi mis en tension certains minerais qui ne l'étaient pas auparavant. En observant la répartition de ces minerais, nous sommes alors capables de comprendre que certains États prennent de l'importance tandis que d'autres en perdent. Nous développerons donc notre hypothèse selon laquelle l'économie numérique restructure le commerce international. Mais dans ces dynamiques de restructuration, les agents économiques déploient des stratégies afin d'assurer leur approvisionnement dans un contexte de tension que ce soit les firmes internationales ou les États. Pour comprendre ce premier vecteur de structuration de l'écosystème important, il faut donc nécessairement prendre en compte la dimension matérielle, au sens commun, du numérique.

Cet éco-système, de l'extraction au raffinage, doit ainsi déboucher sur une utilisation. La croissance de ce secteur ne peut être profitable qu'aux [croissances économiques](#) nationales

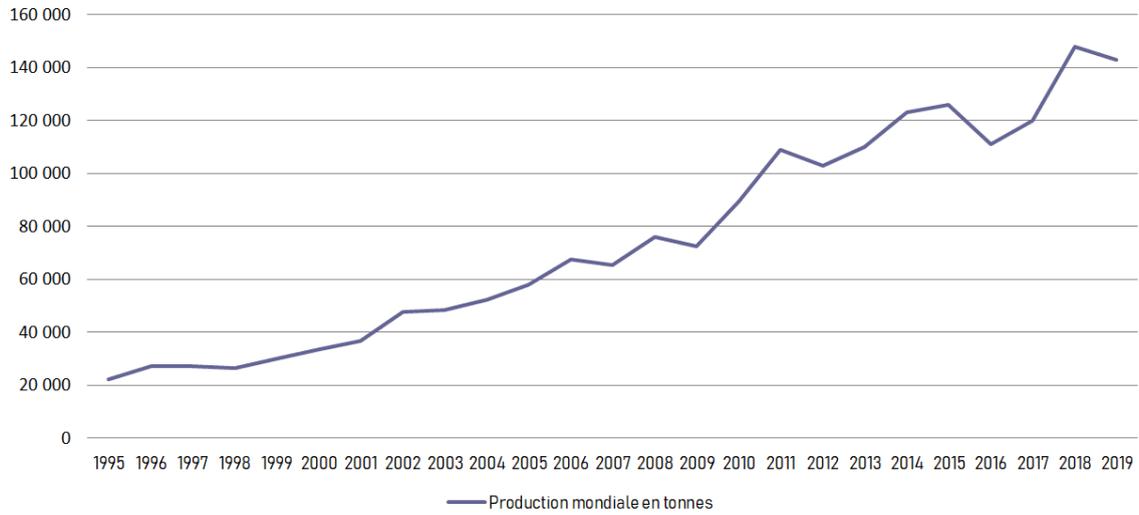
si elles disposent d'infrastructures suffisantes. La portée et le coût des infrastructures de transport, de stockage et de traitement impliquent alors d'autant plus ces agents économiques. Pour autant, les intérêts économiques sont-ils les seuls à prendre en compte dans cette affaire ? C'est là tout le point du deuxième chapitre. Le numérique et les besoins régaliens des États sont intimement liés, que ce soit par les barrières à l'entrée nécessaires aux premiers investissements ou bien les capacités tactiques développées par ces nouvelles technologies. Si [l'affaire Snowden](#) avait mis en lumière certains aspects de ces possibilités d'espionnage, elle a surtout mis en avant le rôle de ces infrastructures. Nous montrerons alors que le numérique transforme *de facto* le territoire national et la géopolitique internationale. Notamment par ses innovations, il permet d'élargir le champ des possibilités pour les États. Son développement économique coïncide donc avec des facteurs non-économiques. Les deux s'influencent mutuellement et impliquent donc de considérer cette nouvelle dimension, notamment dans le cadre du développement de l'intelligence artificielle.

Enfin, s'il était encore nécessaire de découvrir une autre facette du numérique pour considérer que son développement économique est aussi dû à des facteurs exogènes structurant son environnement, alors nous parlerons de la question énergétique en prenant l'exemple de la Chine. Bien que la Chine soit à la pointe des dimensions que nous avons évoqué précédemment, la production d'équipements, de *softwares* et des infrastructures numériques, ses politiques restent conditionnées à des enjeux tant nationaux qu'internationaux. Ici, les [politiques énergétiques](#) montreront que la restructuration de son tissu industriel par la technologie est soumise à une nécessité d'une transition écologique au niveau national mais aussi aux crises internationales. Comprendre cet aspect dans notre développement c'est donc prendre en compte autant les capacités de production nationales que les politiques de sécurisation et d'importation d'énergie. Ces perspectives se confrontent à celles d'autres États, rivaux sur ce secteur, influençant de fait le développement du numérique.

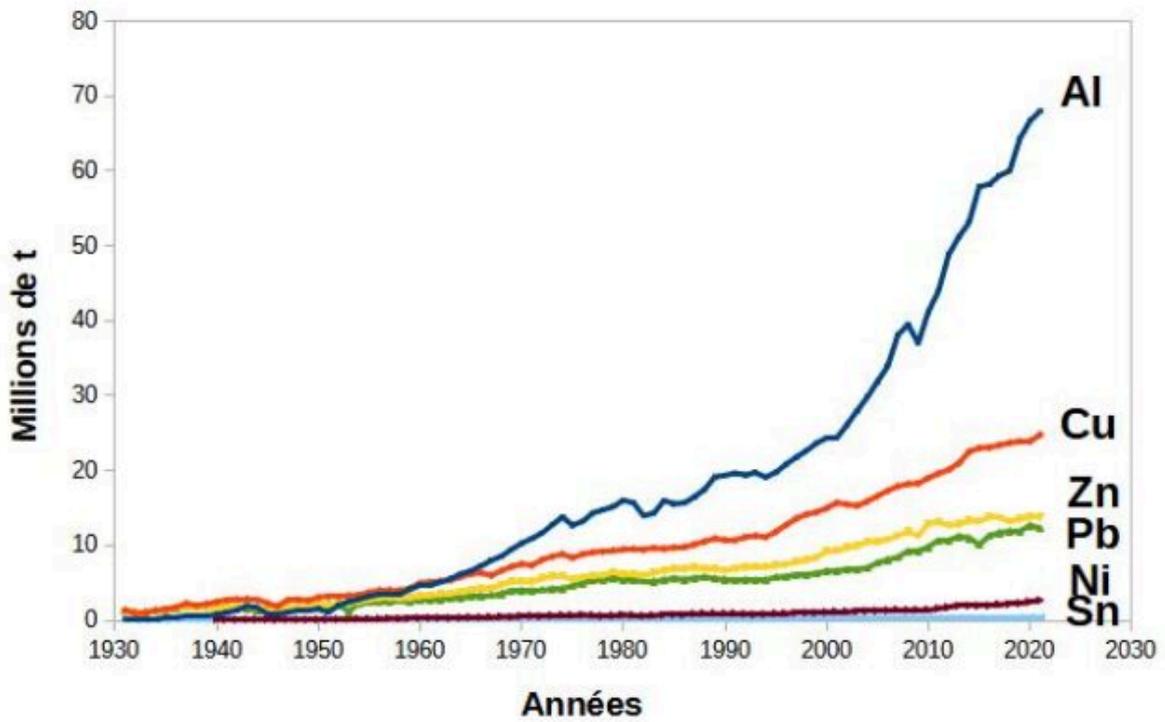
## Chapitre 1 - Du rôle des matières premières : l'exemple des batteries

Comme chaque produit à [valeur ajoutée](#), tout démarre par une [matière première](#). Dans le secteur du numérique, elles sont variées. Pour la construction des équipements [électroniques](#) on retrouve ainsi 11 minerais majeurs : le [silicium](#), le [graphite](#), [l'aluminium](#), [l'or](#), [l'argent](#), le [nickel](#), le [lithium](#), le [cuivre](#), le [cobalt](#) ainsi que les [métaux](#) du [groupe du platine](#) notamment le [palladium](#) et le [platine](#). Certains de ces [minerais](#) comme le silicium, l'aluminium ou le nickel sont très abondants sur [Terre](#). De plus, leurs répartitions sont suffisamment éparpillées pour assurer un [approvisionnement](#) stable et peu coûteux pour les [entreprises](#) et les [États](#) demandeurs. Ces minerais ont diverses fonctions mais concentrons nous sur ceux utiles à la construction des [batteries lithium-ion](#). Ces batteries ont été commercialisées en 1991 par [Sony](#). Les principales caractéristiques de ces batteries par rapport aux précédentes sont leur [efficacité énergétique](#) et leur [durabilité](#). La batterie est composée de deux collecteurs de courants : en aluminium sur [l'électrode](#) positive et en cuivre pour l'électrode négatif. Entre ces deux électrodes se trouve une [électrolyte](#) composée notamment de cobalt, ou autre minerai ayant la même fonction. Des [ions](#) de lithium s'y baladent et retiennent la [charge électrique](#) qui arrive par le collecteur de courant en cuivre. Lorsqu'il faut charger un objet, ces ions relâchent [l'énergie électrique](#) pour alimenter l'objet à charger. Une batterie en lithium-ion contient donc de l'aluminium, du graphite pour l'électrode négative, du cobalt, du [manganèse](#), du [phosphate](#) de fer pour l'électrode positive, du lithium et du cuivre. L'invention de ce procédé et son hégémonie croissante depuis les années 90 a non seulement augmenté la demande de cuivre, du lithium mais aussi du cobalt comme le montre les graphiques suivants :

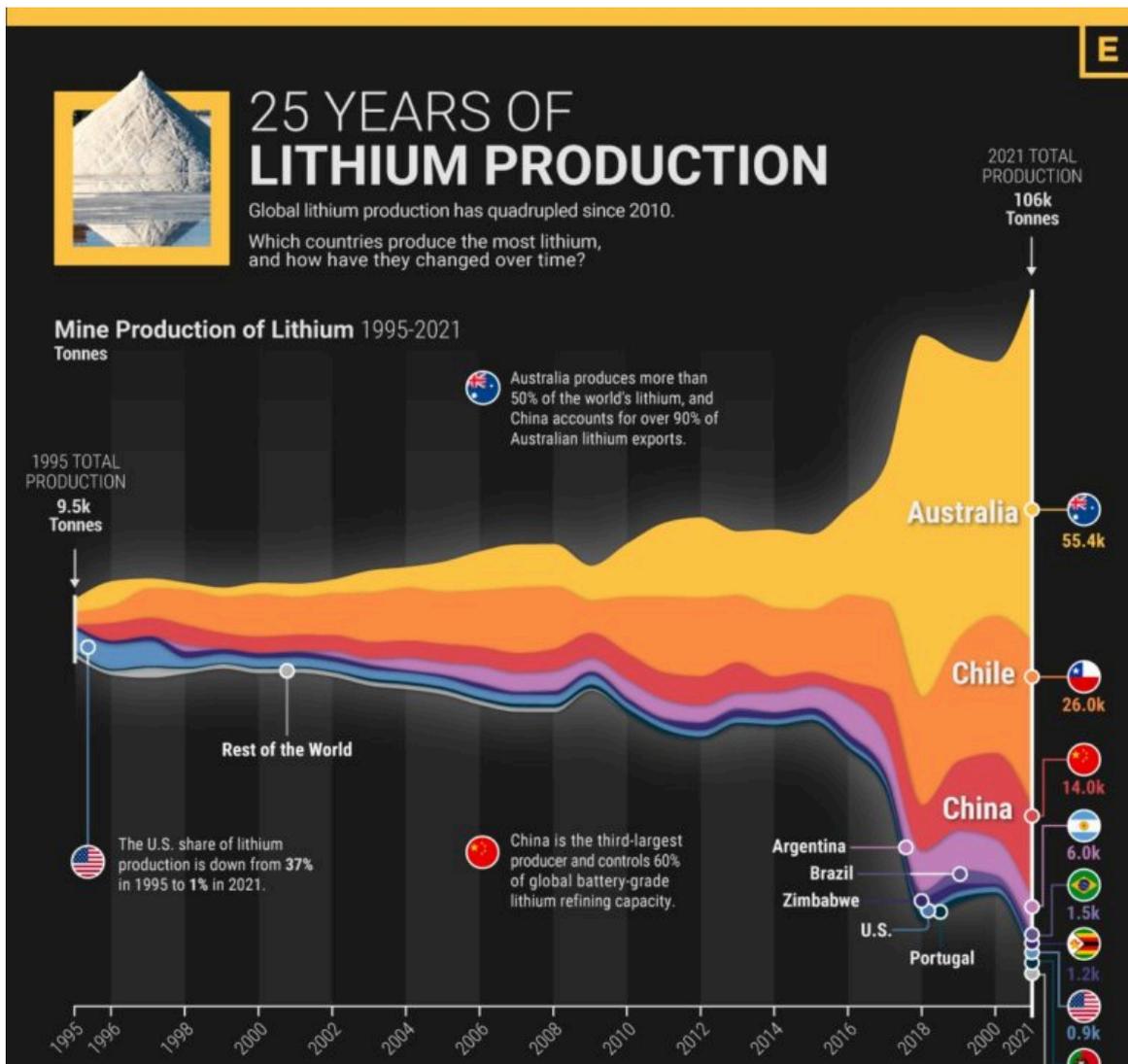
### Évolution de la production mondiale de cobalt de 1995 à 2018 (en tonnes)



Source du graphique : « [Le cobalt dans la transition énergétique : Quels risques d’approvisionnements ?](#) »  
*IFPEN*, publié le 12 novembre 2020.



Source du graphique : « [Cours et production mondiale de quelques métaux](#) » *L'élémentarium*, publié le 2 juin 2023



Source du graphique : Bhutada, Govind et Parker, Sam. « [Visualizing 25 years of lithium production, by country](#) », *VisualCapitalist*, publié le 23 décembre 2022.

La production de ces métaux est essentiellement dû à l'essor des batteries, même s'ils restent utilisés dans des [superaliages](#), des [céramiques](#) ou dans l'industrie. Mais comme le montre le dernier graphique pour le cobalt, ces ressources sont déjà rares et surtout disponibles différemment dans les régions du monde. Pour ces trois métaux, ce sont le [Chili](#), [l'Australie](#) et la [République Démocratique du Congo](#) qui dominent majoritairement les réserves mondiales. Avec l'augmentation du nombre d'équipements connectés, ces batteries deviennent de plus en plus importantes. La tension qui augmente sur le marché de ces minerais augmente d'autant plus que ces batteries peuvent être utilisées pour de nombreux équipements : [ordinateurs](#), [smartphones](#) mais aussi [voitures électriques](#). Au Chili, le président

[Gabriel Boric](#), issu d'une alliance de gauche radicale, a ainsi proposé une Société Nationale du Lithium<sup>46</sup> pour récupérer les bénéfices de l'exploitation de l'*or blanc* et financer ses réformes sociales. En République Démocratique du Congo, par contre, l'exploitation des minerais ne bénéficie pas seulement au gouvernement mais aussi aux groupes armés, à la corruption et aussi à la [Chine](#)<sup>47</sup>. Ces batteries électriques permettent aux voitures de rouler mais sont aussi essentielles pour les autres objets du numérique. La production globale de téléphone portable englobait ainsi 23% de la production globale de cobalt<sup>48</sup>.

« Au rythme actuel de production, les réserves rentables d'une quinzaine de métaux de base et de métaux rares seront épuisés au moins dans 50 ans, pour cinq métaux essentiels, y compris le fer pourtant très abondant. »

Pitron, Guillaume. « La guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique », *Chapitre 8 - Extension du domaine de la mine, Les liens qui libèrent*, publié en 2018, page 287.

Dans ce cadre, il est donc légitime de s'interroger : Comment les dynamiques d'extractions et [d'innovations](#) technologiques reconfigurent-elles les rapports économiques internationaux ? Y répondre nécessite tout d'abord de comprendre en quoi ces minerais sont critiques pour le numérique et pour les États. En comprenant leurs importances, il sera alors possible de comprendre comment les firmes et États sécurisent les chaînes d'approvisionnement. Enfin, il s'agira de comprendre comment ces dynamiques restructurent les relations entre [demande et offre](#) internationale dans le cadre des relations inter-étatiques.

---

<sup>46</sup> « [Estrategia nacional del litio](#) » *Chile Avanza Con Litio*, communiqué du gouvernement chilien, publié le 20 avril 2023.

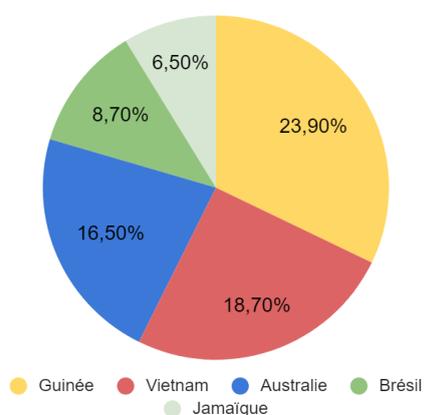
<sup>47</sup> Desorgues, Pierre. « [Les minerais, une malédiction pour la République Démocratique du Congo ?](#) » *TV5Monde*, publié le 7 décembre 2023.

<sup>48</sup> Pitron, Guillaume. « La guerre des métaux rares » *Chapitre 2 - La part d'ombre des technologies vertes et numériques, Les liens qui libèrent*, publié le 10 janvier 2018.

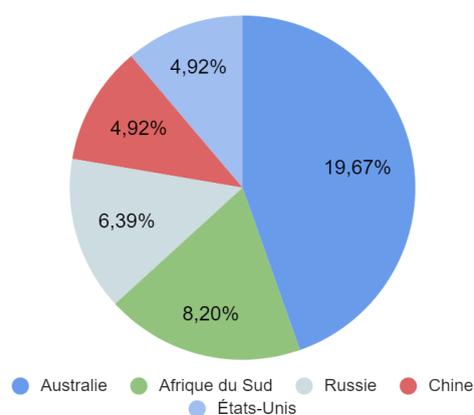
# I - Les ressources minérales : Un enjeu géostratégique

Afin de mieux comprendre la répartition des minerais et les enjeux stratégiques, voyons leurs répartitions selon le rapport du [Département de géologie des États-Unis d'Amérique](#)<sup>49</sup> :

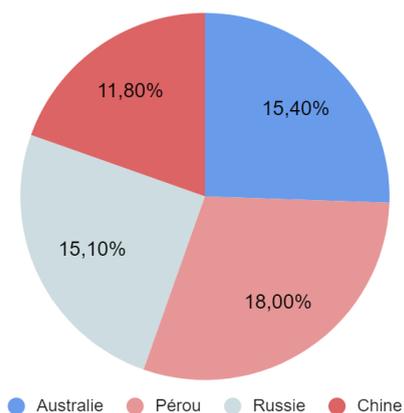
Principales réserves mondiales de bauxite



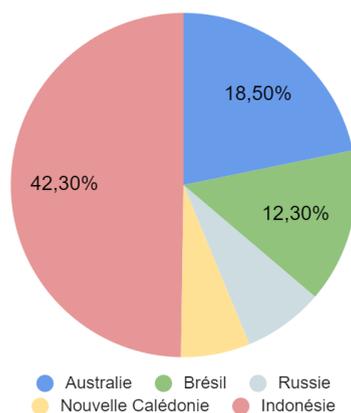
Principales réserves mondiales d'or



Principales réserves mondiales d'argent

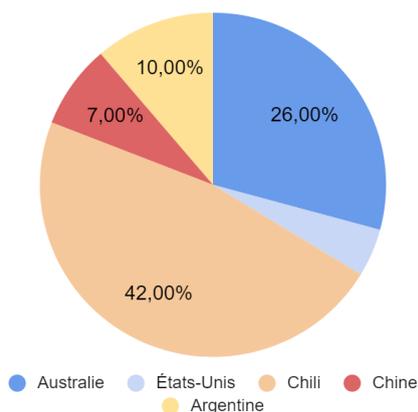


Principales réserves mondiales de nickel

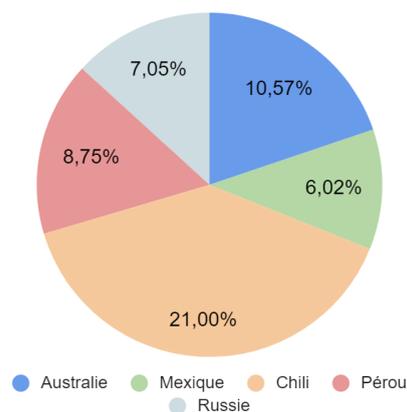


<sup>49</sup> « [USGS - Mineral commodity Summaries 2024](#) » U.S. Geological Survey, publié le 31 janvier 2024.

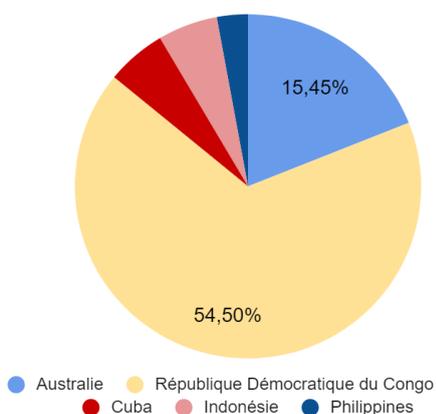
Principales réserves mondiales de lithium



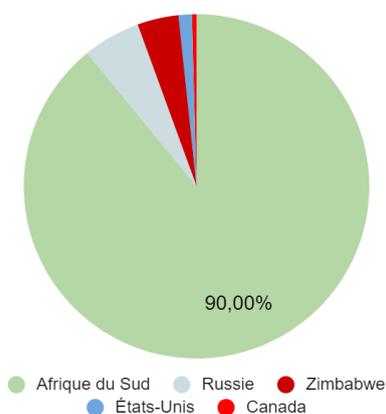
Principales réserves mondiales de cuivre



Principales réserves mondiales de cobalt



Principales réserves mondiales de platinoïdes



On comprend donc en voyant ces divers graphiques que certaines zones du globe sont mieux dotées que d'autres en minerais critiques. Le continent sud-américain dispose de nombreux minerais critiques en nombre : lithium, cuivre, nickel ou argent. L'Australie par la qualité et la taille de ses sols dispose aussi d'une large variété de minerais. Cependant, certains minerais comme le cobalt, les platinoïdes ou le lithium sont en grande majorité détenus par un seul pays. Dans une situation où certains acteurs consomment tandis que d'autres exportent, chacun souhaite voir sa part de profit maximisée<sup>50</sup>. Les pays peuvent décider de différentes stratégies quant à leurs minerais. Ainsi, certains minerais sont produits majoritairement dans certains pays tandis que leurs réserves sont plus importantes dans d'autres : l'or est présent en majorité en Australie (19.7%) par rapport à la Russie (6,39%) ou la Chine (4,92%) mais c'est la Chine qui mène la production d'or (31%) en 2024, suivie par

<sup>50</sup> Harbulot, Christian. « 2 - La guerre des ressources », *Manuel d'intelligence économique*. Presses Universitaires de France, 2012, pp. 37-52.

l'Australie (26%) et la Russie (26%). Pour augmenter sa part de marché face au Chili, l'Australie a par exemple fait elle-même chuter les prix du lithium en 2018<sup>51</sup>.

Les utilisations de ces minerais augmentent donc en fonction des besoins. La part des batteries dans l'usage du lithium est passé en 10 ans de 37% à 71% et atteindra 90% en 2030<sup>52</sup>. L'accélération du marché des voitures électriques multiplierait ainsi sa demande par 30<sup>53</sup>. Son extraction se fait par divers moyens. Au Chili ou en [Bolivie](#), l'extraction se fait par des [saumures](#) issues de lacs salés. En Australie, elle se fait depuis les gisements de roches. Il est notable que cette dernière méthode est bien plus utilisée car moins coûteuse<sup>54</sup>.

---

<sup>51</sup> Fages, Claire « [L'australie fait chuter les prix du lithium](#) », rfi, publié le 30 novembre 2018.

<sup>52</sup> Kölbl, Léna, Kölbl, Thomas, Herrmann, Laura, Kaymakci, Elif, Ghergut, Poirel, Arnaud, Schneider, Jochen « [Lithium extraction from geothermal brines in the Upper Rhine Graben : A case study of potential and current state of the art](#) » *Hydrometallurgy*, Elsevier, Août 2023.

<sup>53</sup> « [Le krach du lithium](#) » Transitions & Energies publié le 8 mars 2023.

<sup>54</sup> Danino-Perraud, Raphaël, Solène Rey-Coquais, et Audrey Sérandour. « [Enjeux miniers de la transition énergétique : l'exemple de la production du cuivre et du lithium au Chili](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 153-172.

## II - Le rôle des firmes

Dans la chaîne de consommation de ces minerais, une étape est importante pour rendre ce produit utilisable : le raffinage. Sans cette étape, il n'est pas possible de l'utiliser. Dans le cadre des [micro-processeurs](#), le silicium nécessite par exemple d'être pur à 99.9%. C'est cette étape qui permet la constitution d'une valeur ajoutée au minerai. Un minerai peut très bien être extrait dans un pays A, transporté tel quel dans un pays B et y être raffiné. En 2021, l'Australie a produit 50 000 tonnes de lithium et pourtant, la Chine en a raffiné 60%<sup>55</sup>. L'exemple du cobalt est encore plus frappant. La République Démocratique du Congo produisait ainsi 73% du cobalt en 2023. Pourtant, 99% de ce cobalt brut est exporté vers la Chine pour y être raffiné puis utilisé dans la construction de batteries lithium-ion<sup>56</sup>. Le raffinage est donc une étape plus qu'importante : pour la production d'une puce 2 grammes, 2 kilogrammes de matériaux sont rejetés, expliquant ainsi la quantité importante de minerais nécessaires<sup>57</sup>.

Plusieurs stratégies pour les pays peuvent être alors mises en place. Gabriel Boric, président du Chili, comme [Salvador Allende](#) en son temps avec les mines de cuivre, a ainsi décidé de « nationaliser » la production de lithium, même si dans les faits les entreprises privées peuvent toujours participer à son extraction. Ces choix politiques tiennent au fait que le programme social du président Boric présente de nombreuses réformes coûteuses, qui seraient donc en partie financées par le lithium. Ces réformes devaient être notamment financées par une hausse des impôts mais en raison de la composition droitrière du [parlement](#), elle a été refusée<sup>58</sup>. Néanmoins, la part du raffinage du lithium au Chili est majoritairement assurée par des entreprises chinoises : [Sinopec](#), [CNPC](#), [CNOOC](#) ou [Sinochem](#). Ces entreprises sont présentes sur les 15 plus grands projets extracteurs en Amérique Latine. [Tianqi Lithium](#) est ainsi le second producteur de lithium en Chine, Chili et Australie. L'entreprise a même racheté 24% des parts de la société chilienne et australienne [SQM](#), 4<sup>e</sup>

---

<sup>55</sup> Danino-Perraud, Raphaël, Solène Rey-Coquais, et Audrey Sérandour. « [Enjeux miniers de la transition énergétique : l'exemple de la production du cuivre et du lithium au Chili](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 153-172.

<sup>56</sup> Amsellem, David. « [De l'importance de bien cartographier les enjeux énergétiques : retour d'expérience](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 27-40.

<sup>57</sup> Flipo, Fabrice, Dobré, Michelle et Michot Marion. « La face cachée du numérique », *L'échappée*, publié en 2013.

<sup>58</sup> Genoux, Flora. « [Au Chili, le président Gabriel Boric essuie un nouveau revers](#) », *Le Monde*, publié le 10 mars 2023.

producteur mondial de lithium ou la firme nationale [Codelco](#)<sup>59</sup>. 9 des 20 plus grandes raffineries se trouvent ainsi en Chine. La Chine investit donc massivement en [Amérique du Sud](#), multipliant par 5 ses investissements entre 1990 et 2010 mais aussi dans d'autres pays miniers tels que [l'Indonésie](#) avec la mine d'or de Sokor Kelantan<sup>60</sup>. Ces investissements sont faits par des [multinationales](#) chinoises fortement soutenues par le régime chinois. [L'Inde](#) aussi assure la sécurité de sa chaîne d'approvisionnement en finançant massivement via la banque EXIM des entreprises indiennes présentes en [Afrique](#). Cette banque fournit des lignes de crédit à taux exceptionnels et participe donc au projet politique de [Modi Brand India](#)<sup>61</sup>.

Le secteur [manufacturier](#) est un puissant levier de [croissance économique](#) pour les États. Il représentait ainsi 28% de la valeur ajoutée chinoise et 14% de la valeur ajoutée indienne en 2021. Les politiques de croissance de ces puissances émergentes sont alors centrées autour des investissements pour récupérer la part la plus importante du processus de [plus-value](#) internationalement divisé. La Chine investit ainsi massivement pour construire un complexe technologique et industriel fort : Si en 1996 une seule des 500 premières firmes mondiales était chinoise, aujourd'hui il y en a 129, contre 121 firmes états-uniennes. Soutenue par son principe de [civilisation écologique](#), la Chine détient 4 des 10 plus grands fabricants [d'éolienne](#), 6 des 10 plus grands fabricants de [panneaux solaires](#) et envisage d'être leader sur la fabrication de voitures électriques. Son parc de véhicule a ainsi été multiplié par 125 entre 1978 (1,3 millions) et 2015 (162,8 millions)<sup>62</sup>. Ce marché est en pleine expansion et attire donc les entreprises étrangères. Si celles-ci veulent profiter des gains à venir, elles doivent ainsi consentir à des [transferts de technologie](#) permettant au complexe industriel chinois de renforcer leur leadership en [R&D](#). La Chine exporte aussi son savoir-faire unique. Ainsi, sur les 10 usines de batteries électriques en [Allemagne](#), 7 sont d'origine chinoise :

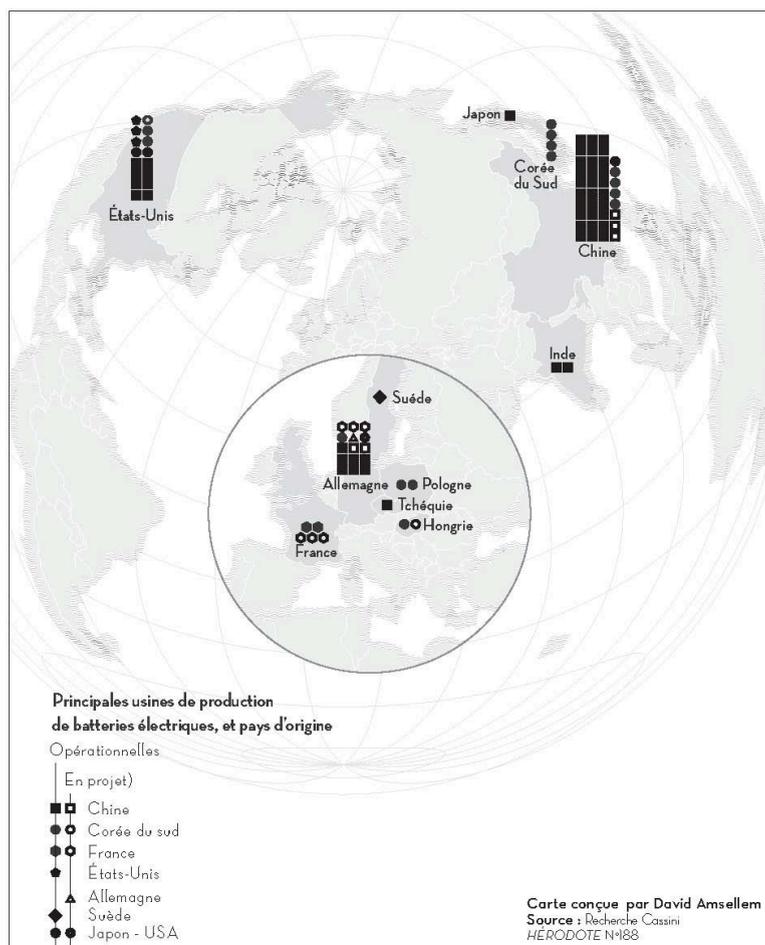
---

<sup>59</sup> Danino-Perraud, Raphaël, Solène Rey-Coquais, et Audrey Sérandour. « [Enjeux miniers de la transition énergétique : l'exemple de la production du cuivre et du lithium au Chili](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 153-172.

<sup>60</sup> Lafaye de Micheaux, Elsa. « [La montée en puissance de la Chine et les normes sociales en Asie du Sud-Est : le rôle des investissements](#) », *Hérodote*, vol. 176, no. 1, 2020, pp. 59-75.

<sup>61</sup> Jain-Grégoire, Pooja. « [La singularité de la géopolitique indienne en Afrique](#) », *Hérodote*, vol. 173, no. 2, 2019, pp. 49-65.

<sup>62</sup> Maréchal, Jean-Paul. « [La lutte contre le changement climatique et la transition énergétique chinoise](#) », *Mondes en développement*, vol. 191, no. 3, 2020, pp. 49-65.



Les firmes transnationales sont certes indépendantes. Elles réalisent des profits qui ne vont pas directement dans les caisses de l'État, qu'elles soient chiliennes ou chinoises. Cependant, elles permettent aux États de structurer leurs politiques commerciales. Par son tissu industriel, un pays peut renforcer ou diminuer sa dépendance à d'autres. Elles sont aussi constitutives des politiques commerciales nationales. En contrôlant l'ensemble de la chaîne de production des technologies dominantes, il est possible à la fois de mieux maîtriser les coûts mais aussi d'intensifier son indépendance<sup>63</sup>. C'est donc le cas de la Chine, principalement pour les [terres rares](#) mais aussi pour le cobalt. Dans le cas des terres rares par exemple, elle contrôle 99% de la production de ces métaux de l'extraction au raffinage jusqu'à la production d'objets électroniques. Cette stratégie s'est constituée en mettant d'abord en place des mines puis un corridor d'approvisionnement et des centrales de raffinage. Via les [économies d'échelle](#) produites, les concurrents européens ou américains ont vu leurs profits dégringoler<sup>64</sup>. Cette

<sup>63</sup> Amsellem, David. « [De l'importance de bien cartographier les enjeux énergétiques : retour d'expérience](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 27-40.

<sup>64</sup> Pitron, Guillaume. « La guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique », *Chapitre 4 - L'occident sous embargo Les liens qui libèrent*, publié en 2018.

stratégie appliquée sur les terres rares est la même qui est en train d'être appliquée sur d'autres minerais précieux. Les politiques de Gabriel Boric ou [Xi Jinping](#) visent toutes deux à s'assurer une place dans cette chaîne d'approvisionnement. Ces exemples montrent que l'État peut autant réaffirmer sa présence via des politiques redistributives, comme au [Vénézuéla](#) ou au Chili, basées sur l'extractivisme mais aussi être un opérateur entre les différentes firmes internationales, ou bien assurer la fonction de courtier<sup>65</sup> comme le montrent ici les situations chinoises et indiennes. Ces relations polyformes sont le vecteur témoin, non seulement, d'une nouvelle division du travail international mais aussi d'une profonde restructuration des relations économiques internationales où les balances commerciales peuvent fortement se restructurer, de manières multiples.

---

<sup>65</sup> Grajales, Jacobo et Vadot, Guillaume. « [Introduction : Entreprises, territoires et pouvoirs politiques : localiser l'analyse du capitalisme extractif](#) ». *Politix*, 2020/4 n° 132, publié en 2020.

### III - De la tertiarisation à la primarisation des économies nationales

Selon la théorie économique classique, notamment développée par [Ricardo](#), les [coûts de production](#) et donc la [valeur](#) d'une marchandise ne sont pas les mêmes qu'elle soit produite à un point A ou à un point B. Ricardo explique ainsi que si une terre est plus fertile quelque part et qu'elle nécessite donc moins de travail qu'à un autre endroit, il sera possible d'augmenter la production. C'est la théorie des [avantages comparatifs](#). Selon l'auteur, cela expliquerait en partie la division territoriale du commerce international. Cependant, cette explication omet le rôle décisif de la [productivité](#). La productivité ne tient pas qu'aux [travailleurs](#), elle tient aussi au rôle du [capital humain](#). Peu importe la fertilité de la terre, si les travailleurs disposent d'un [moyen de production](#) à haute valeur technologique, ils pourront compenser totalement ou en partie les différences de productivité liées à cette fertilité. C'est dans ce cadre que certains [marxistes](#) pensent donc le commerce international. Les firmes industrielles pour se fournir en matières premières, mettre à bien les logiques [d'accumulation du capital](#), de la maximisation des profits et de la diminution des coûts se dirigent hors du marché domestique<sup>66</sup>. Elles structurent donc de manière inégalitaire les relations économiques à l'international car les États peuvent se servir de ces différences pour soutenir leurs économies aux dépens d'autres<sup>67</sup>.

Dans un contexte de [libre-échange](#), les pays peuvent mettre en place des accords bilatéraux afin de sécuriser leurs approvisionnements. En 2023, les États-Unis d'Amérique ont ainsi réalisé un accord avec le [Japon](#)<sup>68</sup>. [L'Union Européenne](#) quant à elle a visé l'Australie, la [Corée du Sud](#), le [Canada](#), l'Inde, le Japon ou encore les États-Unis d'Amérique. La sécurisation de l'accès aux ressources minérales est critique dans le cadre des politiques de réindustrialisation menées aux États-Unis, [Inflation Reduction Act](#) (IRA), et en Europe, [REPowerEU](#). Ces accords commerciaux tentent de corriger les effets de dépendance liée à la place massive de la Chine dans le raffinage de ces minerais. Ces accords bilatéraux peuvent être structurés par des décisions politiques. La [guerre commerciale](#) débutée par [Trump](#) envers la Chine a par exemple mené à de nombreuses mesures [protectionnistes](#). Les

---

<sup>66</sup> Lénine, Vladimir, « L'impérialisme, stade suprême du capitalisme », publié en 1917.

<sup>67</sup> Luxemburg, Rosa « L'accumulation du Capital », publié en 1913.

<sup>68</sup> « [Minerals Security Partnership](#) » *U.S Department of States*, 2022.

États-Unis se tournent alors vers d'autres pays, notamment dans le Pacifique et l'Union Européenne<sup>69</sup> : [Pays-Bas](#), Japon<sup>70</sup>, [Philippines](#), [Vietnam](#), [Singapour](#), Inde. Il s'agit à la fois de sécuriser les chaînes d'acheminement des produits mais aussi d'imposer des restrictions aux produits chinois<sup>71</sup>. Ces politiques commerciales peuvent servir des intérêts géopolitiques comme c'est déjà le cas avec les embargos sur [Cuba](#), [l'Iran](#), la [Somalie](#) ou la [Corée du Nord](#)<sup>72</sup>. Elles permettent aussi de construire des [politiques industrielles](#) en favorisant sa production domestique comme pour l'aluminium<sup>73</sup>, renouant avec un interventionnisme [keynésien](#)<sup>74</sup>. Lorsque l'Union Européenne lance les Projets Importants d'Intérêt Européen Commun (PIIEC) comme celui sur les semi-conducteurs financé à hauteur de 8,1 milliards d'euros par la Commission Européenne<sup>75</sup>, l'IRA subventionne cette production à hauteur de 400 milliards de [dollars](#) américains en subventions et crédits d'impôts<sup>76</sup>. Aux États-Unis comme en Europe, ces politiques industrielles passent par la production des nouvelles technologies. Néanmoins, si l'on s'arrête ici, on oublie un acteur majeur de la production de nouvelles technologies et notamment de batteries.

La Chine utilise une stratégie [d'investissements directs étrangers](#) massifs (IDE) depuis le lancement de la stratégie [Go Global](#) de 1999. En 12 ans, avec le programme des [Nouvelles routes de la Soie](#), la Chine a représenté 12% des IDE globaux, 150 milliards de dollars<sup>77</sup>. Cette stratégie se déploie donc à travers son complexe industriel sur plusieurs zones du monde : l'Amérique du Sud, l'Afrique mais aussi [l'Association des Nations d'Asie du Sud-Est](#) (ASEAN)<sup>78</sup>. La Chine agit comme un créancier alternatif en proposant des aides au

---

<sup>69</sup> Melasuo, Tuomo. « [De Bandung à l'Ukraine - De la décolonisation et de la Guerre froide](#) », *NAQD*, vol. 41-42, no. 1-2, 2023, pp. 406-437.

<sup>70</sup> « [Accord Japon / États-Unis sur les échanges de matériaux critiques et batteries électriques](#) » *Le Figaro*, le 28 mars 2023.

<sup>71</sup> Grjebine, Thomas, et Jérôme Héricourt. « [III/ Les dilemmes d'une réindustrialisation \(verte\) en économie ouverte](#) », CEPII éd., *L'économie mondiale 2024*. La Découverte, 2023, pp. 43-58.

<sup>72</sup> Emlinger, Charlotte, Houssein Guimbar, et Kevin Lefebvre. « [IV/ Environnement et sécurité nationale : un tournant pour les politiques commerciales](#) », CEPII éd., *L'économie mondiale 2024*. La Découverte, 2023, pp. 59-72.

<sup>73</sup> Senate Finance Committee « [Breaking Down Section 232 of the Trade Expansion Act of 1962](#) », *United States Senate – Committee on finance*, le 19 juin 2018.

<sup>74</sup> Bensidoun, Isabelle, et Thomas Grjebine. « [I/ Vue d'ensemble : l'économie mondiale en phase de reconfigurations](#) », CEPII éd., *L'économie mondiale 2024*. La Découverte, 2023, pp. 7-27.

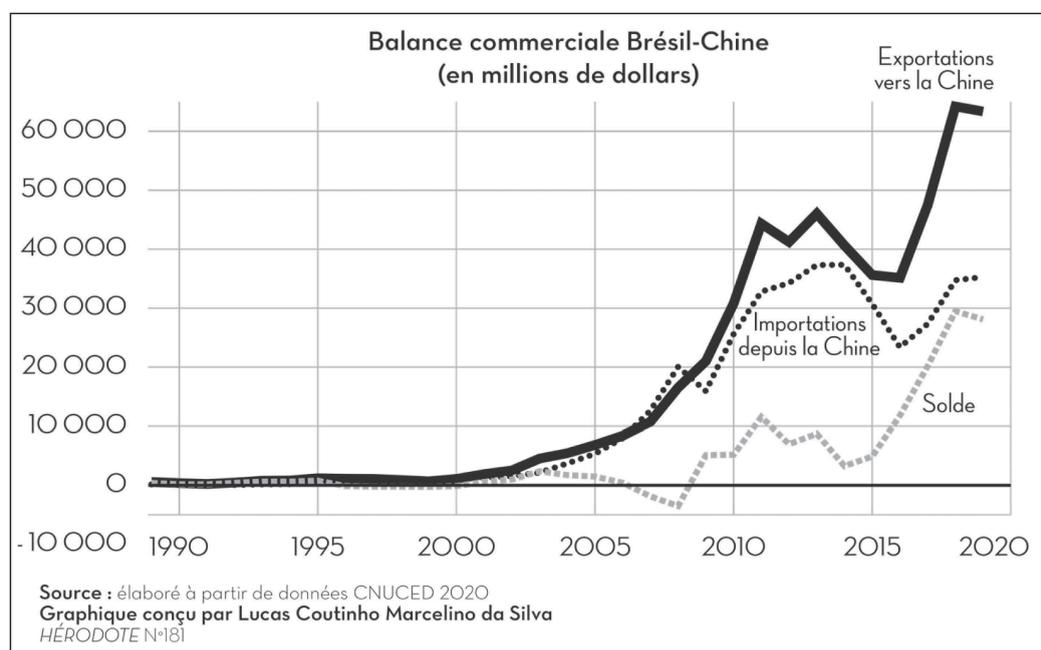
<sup>75</sup> Commission Européenne « [La commission autorise 8,1 milliards d'euros d'aides d'État pour un projet conjoint de recherche sur la microélectronique et les technologies de communication](#) » *Commission Européenne*, le 8 juin 2023.

<sup>76</sup> Boulet-Gercourt, Philippe. « [États-Unis : des milliards investis pour leur réindustrialisation et le climat. L'Europe se réajuste.](#) » *Challenges* le 22 avril 2023.

<sup>77</sup> Lafaye de Micheaux, Elsa. « [La montée en puissance de la Chine et les normes sociales en Asie du Sud-Est : le rôle des investissements](#) », *Hérodote*, vol. 176, no. 1, 2020, pp. 59-75.

<sup>78</sup> Frecon, Eric. « [L'ASEAN face à la redéfinition de sa centralité – diplomatique, opérationnelle et géographique](#) », *Hérodote*, vol. 176, no. 1, 2020, pp. 9-24.

développement via [l'initiative multilatérale de Chiang Mai](#) mais aussi via la [Banque Populaire de Chine](#) (BPOC). Elle fournit des prêts bilatéraux à 39 pays via des *lignes de swap*. Parmi ces 39 pays, 28 sont des marchés émergents<sup>79</sup>. Les pays à plus faibles revenus tels que le [Laos](#), la [Thaïlande](#) ou la [Malaisie](#) sont favorisés par la Chine tout comme ses partenaires historiques tels que le [Brésil](#). Contre l'obtention de ces prêts, le pays devra fournir des ressources stratégiques comme c'est le cas pour les hydrocarbures vénézuéliens<sup>80</sup>. L'exemple du Brésil est ici frappant de la détérioration des échanges dûe à l'investissement massif en R&D de la Chine, notamment dans les nouvelles technologies. L'accession de [Lula](#) au pouvoir en 2023 a permis aux deux pays de renforcer leurs relations bilatérales<sup>81</sup>. Mais le Brésil détient une place importante pour la Chine. Lui aussi membre des [BRICS+](#), il est considéré comme le plus grand pays en développement de l'hémisphère occidental. La Chine est le plus grand partenaire commercial du Brésil et y investit massivement, plus que la [Banque Mondiale](#). Même si la balance commerciale est déséquilibrée, la Chine exporte plus de produits manufacturés à haute valeur ajoutée alors que le Brésil reprimarise son économie<sup>82</sup>.

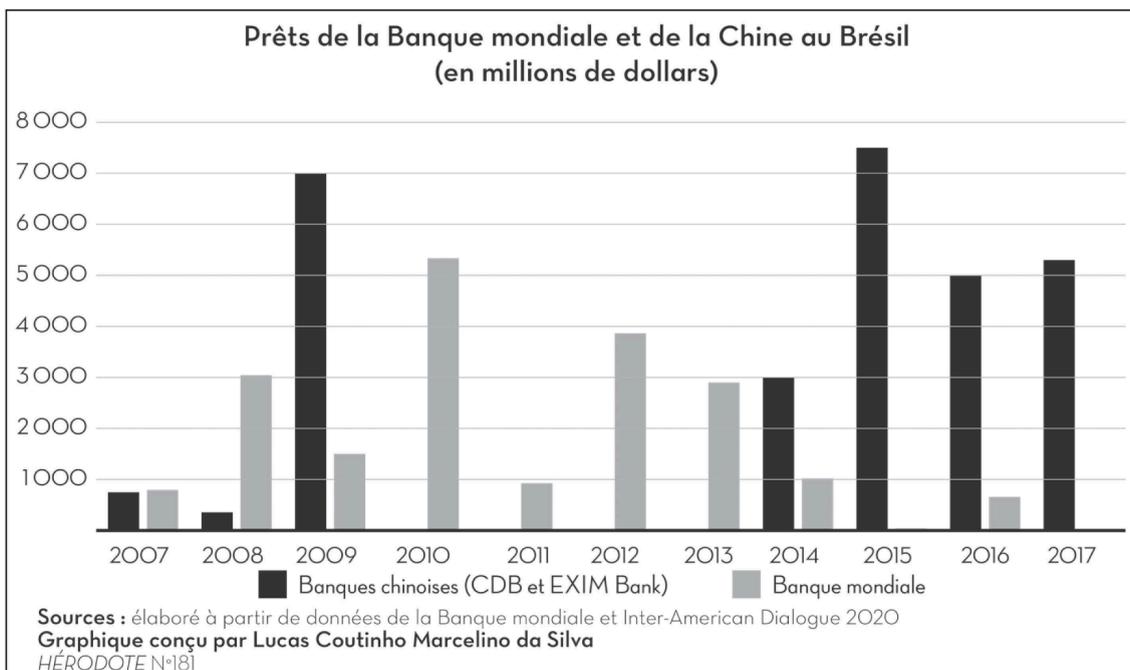


<sup>79</sup> Padiou, Ysaline, et Alisée Pernet. « [La Chine, créancier émergent : mythes et réalités](#) », *Revue d'économie financière*, vol. 141, no. 1, 2021, pp. 103-116.

<sup>80</sup> Svampa, Maristella, et Ariel Slipak. « [Amérique latine entre vieilles et nouvelles dépendances : le rôle de la Chine dans la dispute \(inter\)hégémonique](#) », *Hérodote*, vol. 171, no. 4, 2018, pp. 153-166.

<sup>81</sup> Huld, Arendse. « [China and Brazil deepen bilateral relations with signing of 15 agreements during Lula visit](#) » *China Briefing*, le 21 avril 2023.

<sup>82</sup> Lima, Aniel, et Lucas Coutinho. « [Relations avec la Chine : collaboration ou dépendance ?](#) », *Hérodote*, vol. 181, no. 2, 2021, pp. 151-169.



Si l'on observe les dynamiques de division internationale du processus productif d'équipements numériques, on comprend donc que l'utilisation des matières premières dépend de plusieurs facteurs. Certes, les réserves sont importantes mais le raffinage l'est tout autant et la production finale aussi. La majorité des puissances occidentales cherchent à relancer leurs croissances après plusieurs crises mondiales via des politiques de réindustrialisation portées sur ces secteurs. La Chine a par exemple doublé son investissement dans son complexe industriel entre 2017 et 2019<sup>83</sup>. Ces politiques se lient de fait aux nécessités de [transition écologique](#). En plus du numérique, certains secteurs comme celui des batteries peuvent donc être davantage en tension par le simple fait que leurs débouchés industriels augmentent. Les États cherchent donc à sécuriser leurs chaînes d'approvisionnement, comme en Europe où l'on relance actuellement la production de lithium<sup>84</sup>. Les États prospectent donc pour trouver de nouveaux fournisseurs ayant des réserves déjà connues mais d'autres acteurs émergent aussi. La récente découverte de réserves exceptionnelles de terres rares en Corée du Nord modifie ainsi sa place dans le circuit international<sup>85</sup>. La question de ces ressources minérales modifie alors profondément les alliances et rapprochement entre pays dans une nouvelle configuration internationale

<sup>83</sup> DiPippo, Gerard, Mazzocco, Illaria, Kennedy, Scott, P. Goodman, Matthew « [Red Ink : Estimating chinese industrial policy spending in comparative perspective](#) » publié le 23 mai 2022.

<sup>84</sup> « [L'une des plus grandes mines de lithium d'Europe sera exploitée en France d'ici 2027](#) » France24, publié le 24 octobre 2022.

<sup>85</sup> Daly, Tom. « [China could tap North Korea rare earth mine in exchange for solar investment : report](#) », Reuters, publié le 24 octobre 2019.

toujours mouvante, comme le montre l'intérêt de plus en plus marqué de la France envers les pays d'[Asie centrale](#) comme le [Kazakhstan](#) et l'[Ouzbékistan](#), fournissant près de la moitié de la consommation de [l'uranium](#) français<sup>86</sup>. Comme nous l'avons vu, la Chine quant à elle tente de se rapprocher des pays Africains<sup>87</sup> et sud-américains. Malgré l'héritage colonial, une pluralité de formes d'économie [extractiviste](#), ou néo-extractiviste, se forment aujourd'hui, redéterminant les capacités d'action des États producteurs<sup>88</sup>. De l'autre côté du spectre du commerce international, certaines mesures protectionnistes visent ainsi à développer les industries technologiques comme le [Chips and Science Act](#)<sup>89</sup> du côté états-unien ou les récentes listes de restrictions d'exportations de terres rares chinoises<sup>90</sup>. Cependant, les politiques protectionnistes des États-Unis n'étaient pas spécifiquement destinées à la croissance économique. Donald Trump a ainsi justifié les différentes mesures sur les micro-processeurs comme nécessaires pour la sécurité nationale. La constitution d'un complexe industriel et technologique fort est-elle seulement liée à des objectifs économiques ou des objectifs [géopolitiques](#) sont-ils sous-jacents ?

---

<sup>86</sup> Xerri, Ambre. « [Emmanuel Macron : en Ouzbékistan, la valse des contrats continue](#) », publié le 2 novembre 2023.

<sup>87</sup> « [Angola : Pour séduire Pékin, le président fait des terres rares une priorité](#) » *Africa Intelligence*, publié le 20 décembre 2016.

<sup>88</sup> Boutaleb, Assia et Brisson, Thomas. « [Exploitations extractivistes ?](#) ». *Écologies Le vivant et le social, La Découverte*, publié en 2023.

<sup>89</sup> « [Micron décroche une subvention de 6,1 milliards de dollars pour ses mégafabs aux États-Unis](#) » *L'UsineNouvelle* publié le 25 avril 2024.

<sup>90</sup> Escande, Philippe. « [La Chine accentue la nationalisation du secteur des terres rares](#) », *Le Monde*, publié le 2 juillet 2024.

## Chapitre II - Les infrastructures numériques, clés de voûte critiques de la souveraineté technologique

[L'économie numérique](#), notamment par la [valeur ajoutée](#) qu'elle accorde aux [marchandises](#) échangées, est donc stratégique pour la [croissance économique](#) des [États](#). Il est nécessaire à la fois pour les [firmes](#) et pour les États de contrôler les [coûts de production](#) de ces technologies et la sécurité de leurs [chaînes d'approvisionnement](#). Dans cette situation, les firmes et les États expriment une relation d'interdépendance. Les firmes répondent aux besoins des [économies](#) nationales. Les États, eux, offrent des débouchés économiques à ces entreprises sur d'autres marchés internationaux par des accords bilatéraux, par la constitution de normes internationales mais aussi par de larges investissements. L'état économique d'un pays est essentiel par le fait qu'il détermine, en partie, les moyens qui pourront être accordés aux diverses politiques menées. L'indépendance nationale et la sécurisation de ces chaînes impliquent donc à la fois détenir la possibilité de produire ce que l'on souhaite et assurer que les ressources nécessaires soient disponibles.

Pourtant, la [Chip Wars](#) – ou guerre des microprocesseurs – avait comme raison officielle la sécurité nationale des [États-Unis](#) face à un potentiel risque venant de la [Chine](#)<sup>91</sup>. L'expression est utilisée par Chris Miller pour décrire la bataille commerciale pour les microprocesseurs depuis la [Guerre Froide](#) jusqu'à aujourd'hui. Il explique ainsi que la Chine dépense désormais plus d'argent annuellement pour importer des [puces](#) qu'elle n'en dépense pour le pétrole. Ces puces sont nécessaires pour faire fonctionner tout type d'objet électronique. L'entreprise [Semiconductor Manufacturing International Corporation](#) (SMIC) et les autres entreprises taïwanaises fournissent 37% de la nouvelle puissance de calcul mondiale. En 2022, TSMC a été accusée de fournir au gouvernement chinois des technologies en lien avec l'industrie militaire chinoise<sup>92</sup>, impulsée par le [China Integrated Circuit Industry](#), fond d'investissement gouvernemental pour les circuits intégrés<sup>93</sup>. Les restrictions états-uniennes ont ainsi concerné [Huawei](#) pour les mêmes raisons. Pour freiner le

---

<sup>91</sup> Miller, Chris. « Chip War : The fight for the World's Most Critical Technology », *Scribner*, publié le 4 octobre 2022.

<sup>92</sup> Leplâtre, Simon. « [Les producteurs de puces électroniques de Taïwan au coeur d'une guerre technologique entre les États-Unis et la Chine](#) », *Le Monde*, publié le 25 octobre 2022.

<sup>93</sup> Sheng, Wei, « [SMIC gets \\$2 billion from China's state-backed funds](#) », Technode, publié le 18 mai 2020.

progrès technologique chinois mais aussi pour des accusations d'espionnage<sup>94</sup> via la technologie [5G](#). Le numérique a en effet une dimension stratégique en elle-même. L'ensemble des premières technologies internet comme [ARPANET](#) ont été développées pour des intérêts stratégiques, scientifiques mais aussi militaires<sup>95</sup>. Même si la libéralisation du secteur a commencé en 1995, les États, états-unien mais aussi européens ou [israéliens](#), ont soutenu activement les firmes privées pour développer des technologies militaires. [Google Earth](#) ou [Palantir](#) sont directement issus du projet [In-Q-Tel](#) de la [CIA](#). Les États se servent de ce complexe pour développer leurs capacités régaliennes. La technologie permet de plus de fournir de nouveaux types de renseignements liés aux données. Ces renseignements peuvent provenir de [softwares](#) de la couche logicielle mais aussi être captés depuis différentes infrastructures<sup>96</sup>.

Ces infrastructures, ce sont les [datacenters](#), les industries de [télécommunications](#), les réseaux de transport de données satellitaires ou [sous-marins](#). Elles sont nécessaires au développement technologique et au bon fonctionnement du réseau mais aussi des enjeux stratégiques. Les messages entre les gouvernements français et allemands captés par la [NSA](#) l'ont été faits au niveau du [Danemark](#) entre 2012 et 2014 avec l'accord tacite du service de renseignement militaire danois<sup>97</sup>. La technologie est devenue un enjeu majeur dans les confrontations [géopolitiques](#) internationales car comme l'indique Amaël Cattaruzza, le numérique redéfinit le territoire national en comprenant une *datasphère* territorialisée. Les infrastructures numériques sous-tendent cette datasphère. Il est donc légitime de se questionner dans quelle mesure le développement et la maîtrise de ces infrastructures numériques deviennent des enjeux de croissance économique et de souveraineté nationale.

---

<sup>94</sup> « [Trump signe un décret hostile à Huawei](#) », Le Figaro, publié le 16 mai 2019.

<sup>95</sup> Coelho, Ophélie « Géopolitique du Numérique » Chapitre 3 - *De la Big Science aux Big Tech*, Les éditions de l'Atelier, publié le 31 août 2023.

<sup>96</sup> Zuboff, Shoshana. « L'Âge du capitalisme de surveillance » Chapitre 8 - La restitution : de l'expérience aux données , *Campus*, 2018.

<sup>97</sup> Seibt, Sébastien « [Comment le Danemark est devenu le poste d'écoute de la NSA en Europe](#) », *France24*, publié le 31 mai 2021.

# I - L'insertion des États dans l'économie numérique

Les politiques sectorielles via lesquelles les innovations technologiques se développent sont liées à des phénomènes de [path dependence](#). Des choix du passé déterminent aujourd'hui les conditions de développement des entreprises car ils ont structuré un tissu social-productif plus ou moins favorable au secteur. On peut ainsi prendre l'exemple de [Taïwan](#) avec l'investissement massif dans les [semi-conducteurs](#) mais aussi d'autres exemples plus anciens. Le [protectionnisme](#) est ainsi utilisé pour développer certains secteurs depuis le XVII<sup>e</sup> siècle comme en 1820 avec l'interdiction de l'exportation des machines britanniques vers les États-Unis ou le [tariff McKinley](#) promulgué par les États-Unis en 1890<sup>98</sup>. Le secteur numérique est non seulement une source de profit mais aussi une source d'intérêt pour les États. Il faut noter que durant toute la première période de [l'informatique](#), de 1890 à 1958, les États étaient les premiers clients mais surtout les seuls de certaines industries. On note ainsi que les cartes perforées de [Herman Hollerith](#) ont principalement été utilisées pour les recensements, d'abord en [Russie](#) en 1897<sup>99</sup>. Entre 1890 et 1930, le [recensement](#) informatique par les États s'est ainsi étendu de 30 à 50%<sup>100</sup>. La nouvelle capacité de mémoire et de calcul permet ainsi de faciliter des tâches régaliennes, d'où l'importance stratégique de ces technologies. S'il fallait une preuve de cet intérêt stratégique pour les États, il suffit de voir que les cartes perforées ont servi à automatiser et intensifier le génocide commis par les [nazis](#), dès 1933<sup>101</sup>. Cette utilisation du numérique est ainsi toujours menée par la Chine envers les [Ouzighours](#), la [Birmanie](#) envers les [Rohingyas](#) ou encore Israël sur la population [palestinienne](#). Le [Brésil](#) a par exemple démarré [sa stratégie numérique](#) via la création d'un Secrétariat Spécial à l'Informatique (SEI) en 1979 puis une réserve de marché pour les mini et [micro-ordinateurs](#) nationaux en 1981. Le SEI restreint les [joint-ventures](#) pour protéger son secteur numérique sur le modèle du [protectionnisme éducateur](#)<sup>102</sup>. L'objectif de ce protectionnisme est de convaincre les entreprises nationales d'investir massivement<sup>103</sup>. Elle réussit en ce sens puisqu'elle entraînera la création du premier ordinateur grand public

---

<sup>98</sup> « [4 - La guerre des protectionnismes](#) », Christian Harbulot éd., *Manuel d'intelligence économique*. Presses Universitaires de France, 2012, pp. 69-82.

<sup>99</sup> Valluy, Jérôme. « [Humanité et numérique\(s\)](#) », *Terra-HN*, republié en 2023.

<sup>100</sup> Valluy, Jérôme. « [Humanité et numérique\(s\)](#) », *Chapitre 1 : Sociohistoire de l'informatique en « expansion sociétale »*, *Terra-HN*, publié en 2023.

<sup>101</sup> Ali, Götz et Heinz Roth, Karl. « Le recensement intégral - Recensement, identification, triage sous le national-socialisme », *Rotbuch Verlag*, publié en 1984.

<sup>102</sup> List, Friedrich. « [Système national d'économie politique](#) », Capelle Libraire-Éditeur. 1857.

<sup>103</sup> Drouvot, Hubert, Verna, Gérard. « [L'exemple brésilien](#) », *Les politiques de développement technologique*, pp.137-165.

brésilien COBRA (*Computadores e Sistemas Brasileiros*) par [BB Tecnologia e Serviços](#). La Chine a aussi mené ces politiques en interdisant les consoles japonaises sur son territoire en 2000. Ces mesures ont permis à [NetEase](#) et [Tencent](#) d'émerger puis de se développer<sup>104</sup> jusqu'à aujourd'hui peser respectivement 15,8 milliards de [dollars](#) américains en 2019 et 10 580 milliards de dollars américains en 2023 pour Tencent.

Aujourd'hui, ces stratégies protectionnistes continuent en tournant notamment autour de la réindustrialisation. La Chine avec le projet [Made In China 2025](#) cherche ainsi à transformer son secteur [manufacturier](#) d'un système à forte intensité de main d'œuvre à un système de forte intensité de savoir. 347 milliards de dollars, par 900 fonds d'investissements gouvernementaux soutiennent ce programme s'inspirant du modèle d'[Industrie 4.0](#) allemand. 2,5% du PIB national est ainsi destiné à la R&D. Les exportations des industries manufacturières représentant 19,6% de la croissance économique chinoise et 11,6% des recettes fiscales, il est essentiel pour l'État d'investir le secteur des [NTIC](#). Ses objectifs visent à assurer la production de 40% des puces pour la téléphonie mobile, 80% des [robots](#) industriels, 80% des équipements [d'énergie renouvelables](#) et des équipements destinés à [l'industrie spatiale](#)<sup>105</sup>. C'est en réponse à ces mesures que les États-Unis ont déclenché un système de restriction commerciale par rapport à la Chine. Pour des raisons de croissance économique afin de booster leurs politiques de [réindustrialisation](#) mais aussi parce que l'accès à ces technologies pourrait mener à un développement ou un dépassement des technologies américaines. La majorité des micro-processeurs de dernière génération sont designés par NVIDIA et produits par la fonderie taïwanaise TSMC. Cette dernière représente 61,2% des parts de marchés sur la fabrication de ces microprocesseurs. Ne pas pouvoir accéder à ces microprocesseurs, c'est mettre en danger l'ensemble de l'industrie connectée, des [cartes graphiques](#)<sup>106</sup> aux [jeux-vidéos](#)<sup>107</sup>, jusqu'aux voitures<sup>108 109</sup>. L'interdiction de l'utilisation de ces puces a par exemple fait chuter de 288,9% les ventes de Huawei dans les

---

<sup>104</sup> Simon, Jean-Paul. « [L'émergence des écosystèmes de contenus numériques en Chine. Le rôle des sociétés de l'internet et des jeux vidéo](#) », *Réseaux*, vol. 224, no. 6, 2020, pp. 225-255.

<sup>105</sup> Da Silva, Imelda Aurore, Alexis Abodohoui, et Zhan Su. « [Importance des produits « Made in China »](#) dans le développement économique de la Chine », *Mondes en développement*, vol. 201, no. 1, 2023, pp. 125-144.

<sup>106</sup> Kan, Michael « [Inside the GPU shortage : Why you still can't buy a graphics card](#) » PCMag, publié le 7 octobre 2021.

<sup>107</sup> Anderton, Joe « [Playstation 5 shortages expected to continue into 2022](#) » DigitalSpy, publié le 15 mai 2021.

<sup>108</sup> Kalea, Salle « [Chip woes : GM eliminates start/stop features on some full-size trucks, SUVs](#) », The Detroit News.

<sup>109</sup> King, Ian, Wu, Debby et Pogkas, Demetrios, « [How a chip shortage snarled everything from phones to cars](#) » Bloomberg, publié le 29 mars 2021.

pays occidentaux<sup>110</sup>. Les restrictions des politiques commerciales pour soutenir les protectionnismes nationaux peuvent ainsi affecter très largement la capacité d'un pays à entretenir la croissance de son secteur technologique<sup>111</sup>.

Parfois cependant, ces formes de protectionnisme dans le secteur numérique ne fonctionnent pas. Le COBRA a ainsi souffert de la contrebande de [l'IBM-PC](#), 2 à 3 fois moins cher et de la concurrence des puces taïwanaises. Au niveau national, les complexes industriels peuvent fonctionner de paire avec l'État. C'est le cas avec les États-Unis qui ont par exemple développé ARPANET avec l'appui de firmes privées ou les technologies utilisées pendant la seconde guerre mondiale avec l'aide d'IBM. L'Inde organise son complexe industriel en développant une [Base Industrielle et Technologique de Défense](#) (BITD) regroupant 52 laboratoires, 9 groupes publics de défense et 39 [arsenaux](#) d'États. Dans ce regroupement, les entreprises privées indiennes mais aussi russes ou israéliennes prennent une place forte<sup>112</sup>. Les innovations technologiques peuvent être soumises à des stratégies de coopération bilatérales comme l'accord en 2013 entre le Brésil et la France sur les supercalculateurs pétaflopiques. L'intérêt est économique mais aussi stratégique car il multiplie les possibilités pour les États d'agir contre d'autres États de manière passive via l'espionnage ou active via diverses attaques informatiques.

---

<sup>110</sup> Ke, Ding « [Chine contre États-Unis : le front oriental de la guerre. Deuxième partie : la technologie](#) » LeGrandContinent, publié le 4 octobre 2023.

<sup>111</sup> Costa, Bruno « NVIDIA : Symbole du nouveau paradigme numérique ? » IV - Pénurie et contrôle des chaînes d'approvisionnement, *Terra-HN*, publié le 2 septembre 2024.

<sup>112</sup> Monsonis, Guillem. « [Puissance et dépendance : l'Inde et les importations d'armement](#) », *Hérodote*, vol. 173, no. 2, 2019, pp. 173-193.

## II - L'intérêt géostratégique du transport des données

En 2013, [Edward Snowden](#), ancien employé de la CIA et de la NSA, dévoile qu'un programme de [surveillance de masse](#) a été mis en place par les services de renseignement américains et [britanniques](#). Le programme [PRISM](#) permettait notamment à la NSA d'accéder aux données des [GAFAM](#) tout en interceptant des données transitant par les câbles sous-marins. Entreprises nationales, [gouvernements](#), entreprises de télécommunication, la liste de cibles est longue. Après ces annonces, plusieurs États vont tenter de *reterritorialiser* leur transport de données. Le [cyberespace](#) est en effet un territoire stratégique pour les États. La Chine et [l'Iran](#) ont ainsi limité les connexions étrangères en créant une sorte d'Internet déconnecté avec le [Great Firewall](#) et l'*Internet Halal*. Via les [fournisseurs d'accès](#) nationaux le réseau internet passe de passif et muet à un réseau intelligent et directif, capable de voir son contenu régulé<sup>113</sup>. Les applications et moteurs de recherche nationaux tels que [Baidu](#), [Weibo](#) ou [Wechat](#) permettent de limiter les connexions extérieures. En occident, l'Europe avec le [Data Act](#)<sup>114</sup>, le Brésil et [l'Allemagne](#) avec une résolution à [l'ONU](#)<sup>115</sup> condamnant l'espionnage ou la reprise en main de [Tiktok](#) par le gouvernement états-unien<sup>116</sup> vise les mêmes objectifs de territorialisation du cyberespace<sup>117</sup>. On pourrait penser que le territoire national se limite aux confins physiques et aux frontières. Pourtant, lorsque la NSA a espionné des dirigeants européens, elle a empiété sur le territoire et les prérogatives nationales sans poser un pied en France, en Allemagne ou au Brésil. L'exemple de la guerre entre la [Russie](#) et [l'Ukraine](#) est encore plus frappant. Depuis 2014 et [l'invasion de la Crimée](#), le [conflit russo-ukrainien](#) se déroule sur un territoire donné mais aussi dans le cyberespace tant via des attaques informationnelles<sup>118</sup> que par des cyberattaques comme [Pipedream](#) ou [Industroyer2](#). Celui-ci est constitutif du territoire national car considéré comme une aire à défendre<sup>119</sup>. Pour accroître sa *datasphère* en [Europe de l'Est](#), les États-Unis appuient l'Ukraine en vue d'obtenir un allié fortement dépendant mais utilisent aussi ce genre

---

<sup>113</sup> Cattaruzza, Amaël. « [Géopolitique des flux de données](#) », , *Géopolitique des données numériques. Pouvoir et conflits à l'heure du Big Data*, sous la direction de Cattaruzza Amaël. Le Cavalier Bleu, 2019, pp. 83-95.

<sup>114</sup> Commission Européenne « [Loi sur les données](#) », 28 juin 2023.

<sup>115</sup> « [Résolution 69/166 Le droit à la vie privée à l'ère numérique](#) », *Nations Unies*, le 18 décembre 2014.

<sup>116</sup> « [Le Montana devient le premier État américain à interdire Tiktok](#) » *Le Monde*, 18 mai 2023.

<sup>117</sup> Marquet, Clément. « Amaël CATTARUZZA, *Géopolitique des données numériques. Pouvoir et conflits à l'heure du Big Data*, Paris, Le Cavalier Bleu, 2019, 174 p. », *Réseaux*, vol. 232-233, no. 2-3, 2022, pp. 298-301.

<sup>118</sup> Cattaruzza, Amaël, et Kévin Limonier. « [Chapitre 6. Le cyberespace. nouveau lieu de conflictualités géopolitiques](#) », , *Introduction à la géopolitique*. avec la collaboration de Limonier Kévin. Armand Colin, 2019, pp. 188-211.

<sup>119</sup> Cattaruzza, Amaël, et Kévin Limonier. « [Chapitre 2. Le territoire entre jeux de pouvoir et représentations](#) », , *Introduction à la géopolitique*. avec la collaboration de Limonier Kévin. Armand Colin, 2019, pp. 56-83.

d'attaques<sup>120</sup> même si parfois elles apparaissent comme sous le seuil de conflictualité nécessaire à déclencher un conflit ouvert<sup>121</sup>.

Les capacités d'espionnage sont rendues possibles par le système de marchandisation de la *data*. Pour mener à bien le micro-ciblage publicitaire, les entreprises de la [Big Tech](#) créent des [User Profile Information](#) (UPI) qui compilent l'ensemble des données disponibles à propos d'un utilisateur. Une partie des données est donnée de manière consciente par l'utilisateur (par exemple l'âge, le nom, le prénom...) tandis qu'une autre est récupérée par des capteurs qui analysent son activité ([cookies](#), historique, éléments consultés...) <sup>122</sup>. Cette partie est considérée comme le *surplus comportemental* sur lequel se base [l'économie de la surveillance](#) <sup>123</sup>. Pour que ce système fonctionne au mieux, les plateformes doivent provoquer des effets d'échelle : plus l'utilisateur est actif, plus il produit du surplus comportemental, plus il y a d'utilisateurs, plus il y a de surplus comportemental. C'est pour cela que la majorité des outils des GAFAM sont gratuits. Certains utilisateurs sont même payés pour fournir des informations supplémentaires <sup>124</sup>. Cette capacité de surveillance est alors nécessaire pour le *business model* de ces entreprises. Il est possible alors de réactualiser le concept de surveillance et de [biopolitique](#) pensé par [Foucault](#) <sup>125</sup>. Cette surveillance sert aux États dans une vision biopolitique. Elle renforce et sous-tend ce pouvoir pour des intérêts [capitalistiques](#) et régaliens. Les États peuvent alors élargir leurs capacités d'espionnage, de leurs concitoyens ou de puissances étrangères, avec l'appui des firmes privées. C'est ce système corporatiste qui est appelé système *NSA & GAFAM* par Jérôme Valluy. L'État Américain a ainsi non seulement soutenu les investissements en R&D de ces entreprises via le fond d'investissement In-Q-Tel de la CIA mais aussi l'exportation de ces produits <sup>126</sup>. Grâce au [Patriot Act](#), la NSA a pu collecter quotidiennement 5 milliards de données téléphoniques <sup>127</sup>.

---

<sup>120</sup> Sanger E., David. « [Obama Order speed up wave of cyberattacks against Iran](#) » *The New-York Times*, le 1 juin 2012.

<sup>121</sup> Cattaruzza, Amaël. « [Vers une géopolitique numérique](#) », *Constructif*, vol. 60, no. 3, 2021, pp. 46-50.

<sup>122</sup> Zuboff, Shoshana. « L'Âge du capitalisme de surveillance » Chapitre 5 - L'élaboration du capitalisme de surveillance : kidnapper, accaparer, rivaliser, *Campus*, 2018.

<sup>123</sup> Zuboff, Shoshana. « L'Âge du capitalisme de surveillance » Chapitre 6 - Pris en otage : la division du savoir dans la société, *Campus*, 2018.

<sup>124</sup> « [Dans un pays étranglé par l'inflation, à laquelle s'ajoute une nouvelle politique d'austérité, des dizaines de milliers d'Argentins ont prêté leur iris à un scan biométrique pour la cryptomonnaie World coin #AFPVertical](#) » *Tweet* de l'Agence France Presse, le 16 avril 2024.

<sup>125</sup> Le Texier, Thibault. « [Penser la surveillance au-delà de Foucault](#) ». *Critique*, 2020/11 n° 882, 2020, publié en 2020.

<sup>126</sup> Le Texier, Thibault et Nahapétian, Naïri. « [Débattre du marketing pour repolitiser la consommation](#) ». *L'Économie politique*, 2022/3 N° 95, publié en 2022.

<sup>127</sup> Valluy, Jérôme. « [Humanités et numérique\(s\)](#) », *Chapitre 2 : Technologie, économie, politique : quel facteur déterminant ?*, *Terra-HN*, republié en 2023.

Les GAFAM qui ont été notamment financées par l'État Américain pour développer des technologies de surveillance ont ainsi autorisé implicitement et collaboré explicitement avec l'État pour assurer une surveillance des citoyens. Cette situation se retrouve par la suite dans de nombreuses zones géographiques : Europe après les [attentats de 2015](#), Chine depuis l'instauration du [système de crédit social](#), Russie depuis les années 2000, Iran lors des [mouvements sociaux récents](#)... La Chine a même modifié son code civil en 2020 pour distinguer les captations légales et illégales. De même, lorsque l'Europe via son [règlement sur les marchés numériques](#) (DMA) donne un cadre juridique à la vente et l'utilisation de données<sup>128</sup>, elle légitime de fait ce type de marchandisation. Deux facteurs peuvent expliquer cette collaboration. Cela a tout d'abord été rendu possible grâce à la stratégie du choc perpétrée par [Bush](#), soumettant l'idée que la lutte contre le terrorisme nécessitait une surveillance généralisée. Ensuite, il ne faut pas oublier la collusion entre géants du net et partis politiques. [Obama](#) a fait sa campagne sur la base des données de millions d'électeurs américains, [Eric Schmidt](#) dans son ouvrage se disait proche [d'Hillary Clinton](#), Donald Trump s'est servi du système de [Cambridge Analytica](#) et [Elon Musk](#) a même annoncé le soutenir dans la course à la présidentielle en 2024<sup>129</sup>.

Dans le cadre du numérique, les infrastructures de transport de données mais aussi de stockage sont donc importantes pour assurer la sécurité des États. Les États-Unis par leurs investissements importants dans le secteur technologique comme vu auparavant dispose d'une très bonne connexion aux autres pays. Pour rappel, 95% du transit des télécommunications passent par des câbles. 90% des câbles transocéaniques passent ainsi par les États-Unis d'Amérique tout comme 97% des échanges entre l'Europe et l'Asie<sup>130</sup>. Plusieurs pays ont ainsi investi le secteur des câbles sous-marins tels que le Brésil avec 3 connexions régionales ([UNISUR](#) en 1994, [ALBA 1](#) en 2011, Global Nexus en 2012), 2 connexions avec le continent africain ([SaeX](#) en 2014, [SACS](#) en 2016). La Chine quant à elle voit plus grand puisque le [câble PEACE](#) rejoint la [France](#) en passant par le [Pakistan](#) mais aussi par l'Afrique. Ces pays sont néanmoins concurrencés par les GAFAM qui développent eux-même leurs structures pour des raisons économiques. [Meta](#) et [Microsoft](#) ont ainsi déployé le câble transatlantique [Marea](#) entre [Bilbao](#) et la [Virginie](#) en 2017 tandis que

---

<sup>128</sup> « [DMA : le règlement sur les marchés numériques veut mettre fin à la domination des géants du Net](#) », *ViePublique*, publié le 13 mai 2024.

<sup>129</sup> Nutarelli, Mathilde « [Soutien d'Elon Musk à Donald Trump : une « stratégie circonstancielle » et une « convergence d'idées »](#) », *Public Sénat*, publié le 17 juillet 2024.

<sup>130</sup> Cattaruzza, Amaël. « [Vers une géopolitique numérique](#) », *Constructif*, vol. 60, no. 3, 2021, pp. 46-50.

[Alphabet](#) et Meta ont eux déployé le [Pacific Light Cable Network](#) entre [Los Angeles](#) et [Hong Kong](#) en 2022. Depuis 2010, Google a ainsi lancé 21 chantiers sous-marins dont 14 câbles sont actuellement en état de marche. L'investissement dans ces infrastructures leurs permettent de diminuer l'achat de [bande passante](#) et donc de mieux maîtriser leurs coûts<sup>131</sup>. Naturellement, elles sont donc stratégiques pour les états mais nécessaires aussi à l'économie numérique. Lorsque 4 câbles sous-marins ont été touchés par un glissement de terrain en [Côte d'Ivoire](#) le 14 mars 2024<sup>132</sup>, ce sont des pannes majeures des outils de [bureautique](#) classique qui ont été observés<sup>133</sup> voir des réseaux nationaux entiers qui ont été coupés car dépendant de la connexion sous-marine<sup>134</sup>. La redirection des connexions et le maintien de l'activité numérique a été possible uniquement grâce aux réseaux terrestres et satellitaires. Néanmoins, le développement de telles infrastructures pourtant réservées à des initiatives étatiques ou inter-étatiques peut poser problème. L'utilisation « indépendante » de ce type de réseau pourrait ainsi être monnayée contre des avantages économiques, fiscaux ou politiques contraignant les États. [Starlink](#) a ainsi demandé au [Pentagone](#) de prendre en charge financièrement les services qu'elle avait pourtant gracieusement offert à l'Ukraine<sup>135</sup>.

---

<sup>131</sup> Coelho, Ophélie « Géopolitique du numérique » *Chapitre 8 : Tracer de nouvelles routes*, Les éditions de l'Atelier, publié le 31 août 2023.

<sup>132</sup> « [Coupure d'internet en Afrique : réparer les câbles sous-marins, une tâche complexe et fastidieuse](#) » RFI, publié le 20 mars 2025.

<sup>133</sup> « We're investigating reports of an issue where some users in the EMEA region are unable to access one or more Microsoft 365 services. » [Tweet de Microsoft 365 Status @MSFT365Status](#), le 14 mars 2024

<sup>134</sup> « [Rapport sur les ruptures de câbles sous-marins en Afrique de l'Ouest de 2024](#) » InternetSociety, publié le 18 avril 2024

<sup>135</sup> Marquardt, Alex. « [Exclusive : Musk's SpaceX says it can no longer pay for critical satellite services in Ukraine, asks Pentagon to pick up the tab](#) », *CNN*, publié le 14 octobre 2022

### III - L'innovation technologique comme facteur de développement des infrastructures numériques

L'appât du profit peut être un facteur fort de développement de ces infrastructures par le secteur privé. En Afrique, l'action des entreprises du numérique n'est pas uniquement là pour solutionner des problèmes infrastructurels concrets. Avec 590 millions [d'internautes](#) déjà actifs et 800 millions de nouveaux clients potentiels, c'est une manne financière importante qui se présente à elles. Le marché y est déjà segmenté entre les entreprises européennes, chinoises et états-uniennes qui s'appuient sur le tissu productif local pour intégrer le secteur numérique africain<sup>136</sup>. En effet, parmi les pays du monde, trois groupes se distinguent : le groupe des puissances de [l'OCDE](#), un second groupe composé de la Russie, de la Chine, de [l'Asie](#) et de [l'Afrique du nord](#) et enfin un troisième groupe composé majoritairement de [l'Afrique sub-saharienne](#). Alors que les deux premiers groupes ont vu leurs taux de connexion augmenter respectivement dans les années 2000 et 2010, l'Afrique sub-saharienne reste majoritairement non connectée à Internet<sup>137</sup>. C'est notamment la Chine qui cible ces infrastructures à construire : Huawei représentait en 2019 70% du marché des infrastructures en Afrique, où elle avait déjà installé 60% des réseaux [3G](#) et [4G](#) présents<sup>138</sup>.

L'extension des marchés et notamment celui de l'IA pousse les entreprises à investir massivement dans le secteur du transport et du stockage de données. [L'IA générative](#) nécessite en effet de grandes puissances de calcul, disséminées sur des zones de territoires éloignées qu'il faut connecter de manière puissante et rapide. Ces capacités supérieures de calcul sont rendues possibles par la méthode de calcul par triangle des GPU. En réalisant des calculs de manière simultanée, les cartes graphiques multiplient les performances par rapport à des CPU qui ne réalisent qu'un calcul à la fois<sup>139</sup>. L'augmentation de ces capacités de calcul est nécessaire à la fois pour les crypto-monnaies et pour les IA génératives. Si nous devons illustrer ce cas, c'est comme si nous devons trouver la solution à une énigme. Le [CPU](#) poserait une question à la fois jusqu'à trouver la bonne réponse. Les échecs successifs

---

<sup>136</sup> Coelho Ophélie, « Géopolitique du numérique », *Chapitre 9 : néocolonialisme technologique cap vers l'Afrique, Les éditions de l'Atelier*, publié le 31 août 2023.

<sup>137</sup> Valluy, Jérôme. « [Humanités et numérique\(s\)](#) », *Chapitre 5 : L'intervention étatique en question : des États « débordés » ?*, *Terra-HN*, publié en 2023.

<sup>138</sup> Valluy, Jérôme. « [Humanité et numérique\(s\)](#) », *Terra-HN*, publié en 2023.

<sup>139</sup> Luc Buatois. « [Algorithmes sur GPU de visualisation et de calcul pour des maillages non-structurés. Modélisation et simulation.](#) » *Institut National Polytechnique de Lorraine*, publié en 2008.

conduisent à écrémer les possibilités de réponse jusqu'à obtenir la bonne. Les GPU quant à eux vont suivre le même principe mais en posant un nombre plus important de question simultanément<sup>140</sup>. Les IA effectuent leur apprentissage automatique de la même manière. Pour entraîner ces IA, il est alors nécessaire de construire des unités de calcul surpuissantes. Ces cartes graphiques ne sont alors pas destinés à des ordinateurs classiques mais à des supercalculateurs. Elles sont spécifiquement désignées pour répondre aux besoins des intelligences artificielles<sup>141</sup>. A titre d'exemple, les [GPU H100](#) de NVIDIA sont des boîtes métalliques de 150 kilogrammes, bien plus importants que nos cartes graphiques [GEFORCE](#)<sup>142</sup>. Avec la démocratisation des IA génératives, une bulle s'est ainsi créée. Pour maximiser les possibilités de calcul, ces machines sont disposées dans des data centers spécifiques. Ces infrastructures nécessitent une bande passante plus importante car ces calculs fonctionnent en cloud<sup>143</sup>. C'est pour cela que l'installation de *data-centers* se multiplient et que les infrastructures de traitement de données deviennent de plus en plus importantes. Nouveau moteur de l'économie numérique, l'IA devient un enjeu stratégique, géopolitique et économique, ses chaînes d'approvisionnement aussi<sup>144</sup>. Malgré l'historicité du [machine learning](#) depuis le début des années 70, c'est bien dans la fin de la décennie 2010 que l'IA dite *connexionniste* émerge<sup>145</sup>. Il s'agit des IA qui apprennent d'elles-mêmes et peuvent corriger leurs apprentissages en limitant l'intervention des *dresseurs*. Ici, c'est bien son « expansion sociale », c'est-à-dire des débouchées concrètes aux innovations technologiques. Même si en réalité, Alphabet, Meta, Apple utilisaient déjà [l'intelligence artificielle symbolique](#), capables de ne réaliser qu'une seule tâche, ce sont les usages démocratisés ou les crypto-monnaies qui déterminent aujourd'hui l'intérêt des IA via [réseaux neuronaux](#). Le nombre de données jouent un rôle mais ce sont les puissances de calcul qui ont ici leur importance.

---

<sup>140</sup> Costa, Bruno « NVIDIA : Symbole du nouveau paradigme numérique ? » *II - L'ascension fulgurante de NVIDIA dans l'économie numérique et le rôle de la crypto-monnaie*, Terra-HN, publié le 2 septembre 2024

<sup>141</sup> « [NVIDIA launches UK's most powerful supercomputer, for Research in AI and Healthcare](#) » Communiqué de presse de NVIDIA, publié le 6 juillet 2021.

<sup>142</sup> Duckett, Chris, « [IA : NVIDIA dévoile sa nouvelle architecture Hopper, le successeur d'Ampère](#). » ZDnet, publié le 23 mars 2022.

<sup>143</sup> Costa, Bruno « NVIDIA : Symbole du nouveau paradigme numérique ? » *III- NVIDIA et l'IA*, Terra-HN, publié le 2 septembre 2024.

<sup>144</sup> Costa, Bruno « NVIDIA : Symbole du nouveau paradigme numérique ? » *V- NVIDIA et l'IA*, Terra-HN, publié le 2 septembre 2024.

<sup>145</sup> Cardon, Dominique, Cointet, Jean-Philippe et Mazières Antoine. « [La revanche des neurones : L'invention des machines inductives et la controverse de l'intelligence artificielle](#) ». *Réseaux*, 2018/5 n° 211, publié en 2018.

Depuis 2012, le parc de data-centers français a ainsi progressé de 45% et le nombre de data centers mondiaux devrait doubler d'ici 2028<sup>146</sup>. En août 2024, ils étaient au nombre de 7 568<sup>147</sup>. Ces data-centers doivent être dans des zones suffisamment larges pour accueillir des structures conséquentes. Un data center *hyperscale* nécessite par exemple 3 000m<sup>2</sup> d'espace. Sur la zone de la [Plaine Commune](#) dans le département de [Seine-Saint-Denis](#) en France, c'est 84 000m<sup>2</sup> qui sont occupés par des infrastructures de stockage de données. En centralisant ces *data-centers*, il est possible de réaliser des économies d'échelle importantes<sup>148</sup>. Néanmoins, si elles sont si proches des grandes villes c'est parce qu'elles ont besoin d'être physiquement proches des données émises. 73% des data-centers britanniques se trouvent ainsi à [Londres](#)<sup>149</sup>. Comprendre l'importance des data-centers c'est aussi comprendre leur importance en terme de taille :

« Je suis sur un data-center à côté d'Évry, une fois fini, ça va être le plus gros d'Europe. En termes de taille, c'est 750 mètres sur 150 mètres, deux fois. »

Entretien 1 avec Léonardo, technicien en génie électrique.

Cette situation crée des situations de tension, notamment énergétiques au [Pays-Bas](#) comme au [Royaume-Uni](#)<sup>150</sup> et met donc en lumière un dernier aspect de la matérialité du numérique après son système de production et les infrastructures nécessaires : la nécessité d'autres secteurs productifs pour permettre au secteur numérique de fonctionner, notamment l'énergie.

---

<sup>146</sup> Loukil, Ridha « [Les géants de l'internet et du cloud comptent plus de 1000 datacenters dans le monde](#) » *L'usine Nouvelle*, publié le 21 avril 2024.

<sup>147</sup> « [Data Centers Map](#) » [datacentermap.com](#), consulté le 18 août 2024.

<sup>148</sup> Carnino, Guillaume, et Clément Marquet. « [Les datacenters enfoncent le cloud : enjeux politiques et impacts environnementaux d'internet](#) », *Zilsel*, vol. 3, no. 1, 2018, pp. 19-62.

<sup>149</sup> Coelho, Ophélie « Géopolitique du Numérique », *Chapitre 10 : La multinationale et les ressources du territoire*, Les éditions de l'Atelier, publié le 31 août 2023.

<sup>150</sup> R. Nirina « [Crise énergétique : les data centers, vrais coupables de la pénurie d'énergie](#) », *LeBigData.fr*, publié le 19 octobre 2022.

## Chapitre 3 - Reconfigurations et tensions énergétiques mondiales : Le cas chinois

Le [numérique](#) représente une hausse drastique de la consommation [d'électricité](#). A titre d'exemple, les fermes de cryptomonnaie imposent une capacité importante d'énergie : plus d'un [GW](#) sur 20,1 GW de capacité dans le cadre des mines de crypto-monnaies à [Ekibastouz](#) au [Kazakhstan](#). Cela a mené la [Chine](#) à bannir les crypto-monnaies. Le Kazakhstan, lui, a autorisé les [crypto-monnayeurs](#) à installer leurs fermes si cela s'accompagnait d'infrastructures énergétiques autosuffisantes<sup>151</sup>. Le numérique représente de fait une augmentation notable de l'énergie demandée et pourtant elle semble aussi apparaître comme une solution : [smart grids](#), technologies vertes, tertiarisation, etc. Depuis sa démocratisation, le trafic [internet](#) a ainsi été multiplié par 17,5 millions. 90% des données informatiques disponibles en 2017 ont été générées en seulement deux ans<sup>152</sup>. Déjà en 2012, [Greenpeace](#) publiait un rapport expliquant que si l'industrie du cloud était un pays, il se placerait au cinquième rang mondial en termes de consommation d'électricité, autant que le [Japon](#)<sup>153</sup>. L'importance du cloud, est notamment dûe à la consommation énergétique des [data centers](#). Notre premier enquêté le montre en parlant des moteurs de secours, fonctionnant au [fioul](#), pour le plus gros data-center d'Europe :

« L : Ce moteur là, il est très, très puissant, ça peut servir comme un moteur de bateau. [...] Tu vois, je t'avais dit c'est 4 à 8 moteurs par bâtiments, là on est à 57. [...]

B : Les moteurs fonctionnent à quoi ?

L : Le fioul. Euh ouais ça consomme beaucoup, 60 litres par heure. »

Entretien 1 avec Leonardo, technicien en génie électrique.

Les innovations technologiques mènent donc à une augmentation des besoins infrastructurels mais aussi énergétiques.

---

<sup>151</sup> Estechandy, Hugo. « [Entre tensions électriques et géopolitiques : les enjeux énergétiques et de ressources en Asie centrale au prisme du minage de cryptomonnaies](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 91-107.

<sup>152</sup> Zuboff, Shoshana. « L'Âge du capitalisme de surveillance » Chapitre 14 - Une utopie de la certitude, *Campus*, 2018.

<sup>153</sup> « [How clean is your cloud ?](#) », *Greenpeace*, publié en avril 2012.

Pourtant, à l'heure où les différentes [COP](#) ont mis sur le devant de la scène les besoins de transition énergétique, les [énergies fossiles](#) représentent toujours 80% de la production d'énergie mondiale<sup>154</sup>. En Chine, l'utilisation des énergies fossiles mène à des [externalités](#) négatives à la fois économiques mais aussi sociales. Dans la première décennie de ce millénaire, le gouvernement chinois a ainsi vu émerger des manifestations sociales liées à ces questions<sup>155</sup>. Ces mobilisations ont lieu de manière très large dans l'ensemble des pays du monde, liées à la prise de conscience écologique mondiale. La question énergétique est un exemple frappant de la dépendance du secteur numérique à d'autres problématiques. Même si ce secteur peut impulser des technologies plus propres, sa production, sa maintenance et son développement nécessitent une stratégie structurée d'approvisionnement en hydrocarbure. Comment allier, alors, [transition numérique](#), [innovations](#) technologiques et [énergies durables](#) ? Il pourrait être étrange de traiter de la transition écologique dans le cadre du numérique mais cette [transition énergétique](#) est aujourd'hui l'objet constitutif de la résilience du [capitalisme](#). Si celui-ci veut perdurer, il doit comprendre cet aspect et cette [résilience](#) ne tient que grâce aux innovations technologiques qui permettent certes d'augmenter la [production](#) mais aussi de l'intensifier en réduisant les besoins énergétiques.

C'est dans ce cadre que nous analyserons ici l'exemple chinois en détaillant sa stratégie d'accès aux [hydrocarbures](#) dans une situation [géopolitique](#) internationale mouvante. Il s'agira de montrer que le numérique reste dépendant d'autres secteurs et qu'il ne peut pas évoluer de manière [autarcique](#). Son implication dans la transition énergétique reste conditionnée à des politiques internationales et [industrielles](#).

---

<sup>154</sup> Giblin, Béatrice. « [Géopolitique des ressources naturelles](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 3-9.

<sup>155</sup> Goulard, Sébastien. « [Les réactions sociales face aux défis environnementaux en Chine](#) », *Géoconfluences*, publié en février 2016.

# I - Exportation et sécurisation des chaînes d'approvisionnement

Certains pays détiennent des lieux de passages stratégiques permettant de structurer le [commerce international](#) et les échanges énergétiques. Le [canal de Suez](#) représente par exemple 10% du [trafic maritime](#) mondial. Le [détroit d'Ormuz](#) dans le [golfe persique](#) représente quant à lui 40% du trafic pétrolier mondial. Le [détroit de Malacca](#) quant à lui voit transiter entre 20 et 25% du transport maritime conteneurisé mondial chaque année. Les infrastructures de navigation et portuaire sont importantes pour le transport de marchandises puisque 80% des biens exportés transitent par navire mais aussi pour le transport d'énergie. Les [États](#) vont donc tenter de sécuriser ces infrastructures pour garantir un accès à l'énergie peu coûteux et constant. La Chine sécurise par exemple ses approvisionnements en hydrocarbure par [la stratégie du collier de perle](#)<sup>156</sup>. Elle acquiert ou construit des ports chinois depuis la ville de [Kunming](#) en Chine jusqu'au détroit d'Ormuz en passant par [l'Europe](#) avec le [port du Pirée](#). L'objectif est de contourner certains rivaux régionaux, notamment [l'Inde](#) avec qui elle entretient des relations conflictuelles depuis plus de 60 ans<sup>157</sup>. En investissant ces zones, la Chine vise directement les zones oubliées des [États-Unis](#) en construisant aussi des infrastructures numériques comme le [câble PEACE](#) ou des structures de transport ferroviaires et numériques<sup>158</sup>.

Parmi ces zones stratégiques, le détroit de Malacca est particulièrement visé par la Chine. Il représente ainsi 16 millions de [barils](#) par jour contre 18,3 millions pour le détroit d'Ormuz. Néanmoins, 80% des importations chinoises provenant du golfe arabo-persique ou de [l'Afrique](#) y passent. Au vu des ambitions technologiques et des évolutions démographiques à venir de la Chine, une grande quantité d'énergie est nécessaire. Entre 1971 et 2017, la Chine est passée de 789,4 millions de tonnes à 9,3 milliards de tonnes de [CO2](#), démontrant l'aspect énergivore de son économie. Pour favoriser son [indépendance énergétique](#), elle va non seulement chercher le soutien de ses alliés traditionnels comme nous

---

<sup>156</sup> O. Zajec, « [Actualité et réalité du collier de perles](#) », in *Monde chinois* n° 18, Paris, Choiseul, été 2009, p. 59-67.

<sup>157</sup> Landrin, Sophie. « [Le dialogue s'enlise entre la Chine et l'Inde sur leur conflit dans l'Himalaya](#). », *Le Monde*, le 29 avril 2023.

<sup>158</sup> Palle, Angélique. « [La stratégie énergétique chinoise et ses échelles, résoudre par l'échelle internationale un paradoxe interne](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 193-205.

allons le voir par la suite mais aussi investir auprès d'acteurs tiers. Le pays investit donc énormément en [Indonésie](#) ou en [Malaisie](#) pour s'assurer des ressources énergétiques ([minerais](#), [gaz naturel](#), hydrocarbures) mais aussi bénéficier de l'utilisation d'infrastructures énergétiques ou de transport. Sur la question des lieux de production, certaines zones comme les [fleuves](#) sont aussi sources de tensions régionales. Les stratégies d'annexion du Tibet et notamment du canyon du [Yarlung Tsangpo](#) s'expliquent car les capacités de production des infrastructures hydrauliques représentent 3 fois la capacité de production électrique du [barrage des Trois-Gorges](#). A titre d'idée, ces infrastructures énergétiques représentent la capacité de production de 75 [réacteurs nucléaires](#) français, la consommation de 30 millions de foyers français<sup>159</sup>.

La construction de telles infrastructures est complémentaires aux unités de production et de stockage d'énergie. En Afrique, par exemple, les carences infrastructurelles représentent un coût important pour le transport international des marchandises : 11,8% de la valeur des importations contre 7,8% pour les pays développés. Cela représente 712 milliards de [dollars](#), le [PIB](#) cumulé de l'[Afrique du Sud](#) et du [Nigéria](#). Le transport maritime est alors 7 fois plus économique que les transports inter-régionaux<sup>160</sup>. Au-delà du transport, 53% des 1,2 milliards d'habitants en Afrique vivent sans électricité, 900 millions n'ont pas accès à internet, 300 millions n'ont pas d'accès à [l'eau potable](#) et 40% ne disposent pas de [téléphones portables](#). La Chine profite donc de ces carences en investissant des sommes importantes via *Programme for Infrastructures Development in Africa*. Sur les deux dernières décennies, elle a ainsi financé 30,57% des infrastructures soit 128 des 452 milliards recensés<sup>161</sup>. Les firmes jouent ici un rôle important dans [l'aide au développement](#)<sup>162</sup> que la Chine impulse mais aussi que les pays receveurs acceptent, comme alternative au [FMI](#) ou à la [Banque Mondiale](#). Elle y exporte ses innovations technologiques mais aussi des infrastructures énergétiques peu chères et efficaces comme les [centrales à charbon](#). Elle minimise ainsi les [émissions de carbone](#) présentes sur son territoire tout en développant sa [croissance](#).

---

<sup>159</sup> Oulkebous, Leila. « [Enjeux géopolitiques autour du partage et du contrôle de trois grands fleuves transfrontaliers en Asie du Sud \(Gange, Indus et Brahmapoutre\)](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 73-89.

<sup>160</sup> Coelho, Ophélie « Géopolitique du Numérique » *Chapitre 9 - Néocolonialisme technologique : cap vers l'Afrique* Les éditions de l'Atelier, publié le 31 août 2023.

<sup>161</sup> Aurégan, Xavier. « [Les contributions de la Chine au financement et à la réalisation des infrastructures en Afrique](#) », *Mondes en développement*, vol. 197, no. 1, 2022, pp. 99-120.

<sup>162</sup> Nay, Olivier. « [Gouverner par le marché : Gouvernements et acteurs privés dans les politiques internationales de développement](#) ». *Gouvernement et action publique*, publié en 2017.

## II - La tripartition des politiques énergétiques mondiales

La [guerre en Ukraine](#) et les sanctions imposées à la [Russie](#) ont mené à une reconfiguration des [politiques énergétiques](#) mondiales. En 2022, l'économie russe s'est contractée de 2,2%. Les puissances européennes ont délaissé les hydrocarbures russes pour se tourner vers le [gaz naturel liquéfié](#) (GNL), notamment états-unien. Les [économies émergentes](#) mais aussi l'Inde et la Chine profitent quant à elles d'hydrocarbures à bas coût. Les échanges entre la Russie et la Chine ont ainsi augmenté de 27% entre 2021 et 2022. L'Inde quant à elle a vu ses échanges augmenter de 250% sur la même période<sup>163</sup>. Comme sur la question des technologies, on assiste donc à un [friendshoring](#) défini comme « le commerce entre amis »<sup>164</sup>. Avec le désinvestissement des États-Unis au [Moyen-Orient](#), on voit émerger une tripartition de la géopolitique des ressources énergétiques : [BRICS+](#) / [Union Européenne](#) / États-Unis d'Amérique. Ces trois blocs sont composites et autour d'eux gravitent divers pays. Les alliances se reconfigurent dans le cadre des conflits internationaux. Par exemple, la Russie a développé ses relations avec la [Turquie](#) pour éviter le pipeline [bluestream](#)<sup>165</sup>. Les effets de cette guerre sont particulièrement visibles en Europe. La Russie représentait ainsi 40 à 50% des importations européennes de gaz naturel, 20 à 25% des importations de [pétrole](#) et 40% des importations de combustibles solides, principalement du charbon<sup>166</sup>. L'Europe représente 9,6% de la demande d'énergie mondiale<sup>167</sup>.

A cette reconfiguration, il faut ajouter la recherche de nouvelles sources d'hydrocarbure. Pour la Russie il s'agit par exemple de l'arctique : 25% des réserves de pétrole se trouvent sous les [calottes glaciaires](#)<sup>168</sup>. Les voies maritimes et les [Zones Économiques Exclusives](#) sont ainsi très importantes pour l'ensemble des pays du monde. L'exemple des [îles Spratley](#) le démontre : elles sont contestées par la Chine, [Taïwan](#), les [Philippines](#), le [Brunei](#) et la Malaisie. A l'intérieur des zones régionales d'échange

---

<sup>163</sup> Saint-Mézard, Isabelle. « [La Chine et l'Inde face à la guerre en Ukraine : jusqu'où soutenir la Russie ?](#) », *Hérodote*, vol. 190-191, no. 3-4, 2023, pp. 223-235.

<sup>164</sup> Creti, Anna, et Patrice Geoffron. « [II/ Vers des échanges d'énergie « entre amis » ?](#) », CEPII éd., *L'économie mondiale 2024*. La Découverte, 2023, pp. 29-42.

<sup>165</sup> Seni, Nora. « [Russie-Turquie. une complicité toxique](#) », *Hérodote*, vol. 190-191, no. 3-4, 2023, pp. 159-169.

<sup>166</sup> Mollier-Sabet, Louis. « [La \(co\)dépendance énergétique de l'Europe et de la Russie en chiffres.](#) » *Public Sénat*, le 9 mars 2022.

<sup>167</sup> Olivier, Arthur. « [L'énergie dans l'Union européenne.](#) » *Toutel'europe.eu*, le 3 octobre 2023.

<sup>168</sup> Bros, Aurélie. « [L'Arctique : le nouvel Eldorado énergétique russe ?](#) », *Revue Défense Nationale*, vol. 808, no. 3, 2018, pp. 93-99.

énergétiques, il peut ainsi avoir des conflits sur les questions territoriales<sup>169</sup>. Ces conflits émergent notamment entre la Chine et le [Vietnam](#)<sup>170</sup>. Certains États tiers de l'[Asie du Sud-Est](#) jouent ainsi un grand rôle sur la distribution énergétique mondiale. C'est par exemple le cas de [Singapour](#). La cité-État n'est pas productrice d'hydrocarbure mais profite des flux qui transitent près de son territoire pour créer un hub énergétique. Elle négocie ou raffine les hydrocarbures et représente ainsi deux tiers des flux mondiaux de GNL. Singapour a ainsi développé des infrastructures énergétiques en ciblant la totalité de la chaîne de production énergétique. Sur [l'île de Jurong](#), elle a ainsi construit un parc industriel destiné aux hydrocarbures où sont produits [caoutchouc](#), produits de grande consommation ou pharmaceutique. L'ensemble de la [géographie](#) de l'île est ainsi reconfigurée depuis son indépendance en 1965 par la [Housing and Development Board](#)<sup>171</sup>. Singapour, comme d'autres pays de [l'ASEAN](#), profite ainsi de la reconfiguration énergétique en prenant une place de plus en plus importante qui pousse le Japon, la Chine ou la [Corée du Sud](#), très dépendants des importations d'énergie à revoir en profondeur leurs alliances mais aussi leur présence sur cette zone.

---

<sup>169</sup> Bonnet, François-Xavier. « [Cartographie des voies sous-marines en Asie du Sud-Est](#) », *Hérodote*, vol. 176, no. 1, 2020, pp. 25-41.

<sup>170</sup> de Tréglodé, Benoît. « [Géostratégie du Viêt Nam dans les Spratleys et les États riverains de l'ASEAN](#) », *Hérodote*, vol. 176, no. 1, 2020, pp. 43-58.

<sup>171</sup> de Koninck, Rodolphe. « [La cité-État de Singapour : l'innovation au service du contrôle social](#) », *Hérodote*, vol. 176, no. 1, 2020, pp. 201-218.

### III - Transition énergétique et numérique

La Chine fait face à deux problématiques liées à son développement économique : sa consommation énergétique augmente mais elle doit concilier cela avec la production et la consommation d'énergies propres.

La transformation de [l'économie chinoise](#) amène à une modification de la [division du travail](#). Par les innovations technologiques des [gains de productivité](#) apparaissent. Dans le secteur [agricole](#), cela revient donc à une nécessité moindre des [travailleurs](#). Ces travailleurs ruraux doivent alors travailler dans le secteur moderne<sup>172</sup>. En 1990, 172 millions de Chinois doivent ainsi changer de secteur. Depuis la décennie 90, la croissance est donc tirée par une industrie intensive en travail mais aussi en émission de carbone. La [courbe environnementale de Kuznets](#) montre que la soutenabilité de la transition écologique tient sur plusieurs facteurs<sup>173</sup> : un effet de [croissance démographique](#), l'impact de [l'intensité énergétique](#), l'évolution du [mix énergétique](#) et de croissance économique. Au sein de la croissance économique, différents effets de compositions existent, notamment les impacts des transformations sectorielles de l'économie. La [tertiarisation](#) réduit les émissions de carbone tandis que [l'industrialisation](#) les augmente. Ensuite, les effets de l'innovation technologique sur la modernisation du [capital productif](#) permettent de diminuer l'énergie consommée ou de la substituer par d'autres sources énergétiques plus propres<sup>174</sup>. Via son programme [Made in China 2025](#), la Chine intensifie ainsi sa transition énergétique en se concentrant sur les innovations technologiques. Elle a ainsi investi massivement à hauteur de 360 milliards en 2021 pour produire des technologies vertes : 144 milliards dans le [solaire](#), 100 milliards dans l'éolien ou encore 70 milliards dans [l'hydroélectrique](#). Le pays est donc le premier producteur [d'ampoules à basse consommation](#), d'éolienne, de [panneaux solaires](#) ou de [batteries électriques](#). Le marché chinois des technologies vertes se concentre principalement sur les innovations dans les [biotechnologies](#), les [semi-conducteurs](#) ou les [voitures électriques](#). L'innovation technologique et numérique est alors nécessaire pour faire aboutir les ambitions chinoises.

---

<sup>172</sup> Lewis, Arthur. « [Economic Development with unlimited supplies of Labour](#) », *The Manchester School*, publié en 1954.

<sup>173</sup> Kuznets, Simon. « [Economic Growth and income inequality](#) », *The American Economic Review*, publié en mars 1955.

<sup>174</sup> Guilhot, Laëtitia, André Meunié, et Guillaume Pouyanne. "[China's long journey toward energy transition](#)", *Mondes en développement*, vol. 191, no. 3, 2020, pp. 13-30.

La problématique d'une énergie propre est une nécessité pour le [Parti Communiste Chinois](#) (PCC). La continuité de son [contrat social](#) passe par la satisfaction des besoins essentiels de la population en échange de l'abandon de volonté de réformes politiques. Pour répondre aux externalités négatives causées par l'industrie, la Chine se place depuis les années 2010 comme un leader des technologies vertes. Au niveau national, il s'agit de se placer comme une « [civilisation écologique](#) » en proposant un développement industriel soutenable<sup>175</sup>. La part du [charbon](#) dans son mix énergétique est alors passé de 71,6% à 66,8% entre 2012 et 2015, moment du lancement de cette politique. La Chine optimise notamment son système de distribution électrique via des *smarts grids*, des réseaux de distribution intelligents<sup>176</sup>. Le gouvernement central représente à lui seul 10% des investissements énergétiques sur le territoire. Elle déploie cette politique en poussant les provinces et villes à rénover leurs parcs immobiliers en développant des [éco-cités](#)<sup>177</sup>. Elle développe aussi des unités de production énergétique importante comme le barrage des trois gorges qui, avec ses 26 générateurs d'une puissance totale de 22 500 MW, produit 10% de la demande énergétique chinoise. Rien que ce barrage produit autant que 25 réacteurs nucléaires, la consommation mensuelle de 10 millions de foyers français<sup>178</sup>.

Malgré sa politique très volontariste, la situation internationale complique les ambitions chinoises. Depuis 2009, la Chine est importatrice nette de charbon, depuis 2015 elle est importatrice nette de pétrole et en est dépendante à 60%. Même si la part du charbon dans son mix énergétique est stable, sa consommation en volume augmente. Alors qu'elle représentait 30% de la demande mondiale en 2000, elle en représentait 50% en 2016. En 2030, la Chine deviendra le premier consommateur mondial de pétrole, alors même que les États-Unis ambitionnent d'être le exportateur net d'énergie fossile<sup>179</sup>. La production de technologies propres est rendue d'autant plus compliquée par la [guerre commerciale](#) débutée par [Trump](#)

---

<sup>175</sup> Maréchal, Jean-Paul. « [La politique climatique chinoise et les petits États insulaires](#) », *Outre-Terre*, vol. 60-61, no. 1-2, 2022, pp. 278-292.

<sup>176</sup> « [Étude de cas - Positionnements et influences sur le marché des réseaux électriques intelligents](#) », Christian Harbulot éd., *Manuel d'intelligence économique*. Presses Universitaires de France, 2012, pp. 163-174.

<sup>177</sup> Romano, Giulia C. « [Poursuivre le développement durable dans une ville chinoise. L'État local chinois et l'incertitude : un aperçu à partir du cas de Yangzhou](#) », *Mondes en développement*, vol. 191, no. 3, 2020, pp. 67-82.

<sup>178</sup> « [Le Nucléaire en chiffres](#). » EDF, 2019.

<sup>179</sup> Maréchal, Jean-Paul. « [La lutte contre le changement climatique et la transition énergétique chinoise](#) », *Mondes en développement*, vol. 191, no. 3, 2020, pp. 49-65.

qui restreint la capacité de production des microprocesseurs<sup>180</sup> et donc les possibilités d'accélérer l'innovation technologique et l'amélioration de [l'efficacité énergétique](#) des produits numériques chinois. Les États-Unis et l'Europe suivent en effet des politiques similaires à celles menées en Chine. Il s'agit d'améliorer l'efficacité du tissu productif en adoptant plus d'énergies propres. Le plan [REPowerEU](#)<sup>181</sup> et [l'European Green Deal](#) représentent plus de 750 milliards d'euros levés au nom de l'Union Européenne sur plusieurs dizaines d'années<sup>182</sup>. Aux États-Unis, via [l'IRA](#), [l'administration Biden](#) a alloué 369 milliards de dollars américains. Les [crédits d'impôts](#) se montent à 10% mais peuvent monter à 40% si les technologies sont d'origine américaine. Cela pousse donc les entreprises à réduire leur activité en Chine pour relocaliser aux États-Unis. Cette problématique touche la Chine mais aussi dans une moindre mesure l'Union Européenne qui se retrouve dans une position compliquée pour produire les composants nécessaires à la transition énergétique<sup>183</sup>.

Le secteur du numérique représente ainsi des défis parallèles et multiples. La croissance intensive du secteur pousse naturellement à une croissance des besoins énergétiques, malgré une meilleure efficacité des équipements. L'augmentation de ces besoins ne serait pas problématique si elle n'était pas à concilier avec la nécessité d'une transition énergétique. Ces deux dynamiques amènent à une tension supérieure sur les chemins d'accès à l'énergie qui poussent les pays à restructurer leurs stratégies sur le plan international. Le numérique évolue donc de fait dans un environnement politique qui le conditionne. Les microprocesseurs sont une nécessité pour la transition énergétique chinoise mais les politiques commerciales américaines empiètent sur les possibilités du gouvernement chinois en termes d'innovation. La politique technologique du PCC est donc soumise à des facteurs externes, même si la chaîne dispose d'assez de pouvoir pour contrôler les infrastructures et chaînes d'approvisionnement de base, preuve encore que le numérique s'inclut par essence dans un environnement plus large.

---

<sup>180</sup> Kelion, Leo « [Pénurie de micropuces : pourquoi il y a une crise des semi-conducteurs et comment elle peut vous affecter](#) » BBC News, publié le 23 mars 2021.

<sup>181</sup> Communication from the commission. « [REPowerEU Plan](#) », le 18 mai 2022.

<sup>182</sup> Commission Européenne « [Le pacte vert pour l'Europe](#) », le 11 décembre 2019.

<sup>183</sup> Cattan, Raphaël. « [Inflation Reduction Act : « L'Europe risque de faire face à un déficit de compétitivité dans la production des composants clés de la transition énergétique »](#) » *Le Monde*, le 31 août 2023.

## Conclusion

La [croissance](#) de [l'économie numérique](#) tient-elle seulement à son propre développement ? Il semble bien qu'on ne peut répondre oui à cette question si l'on omet l'ensemble des principes de fonctionnement de l'économie. Si par contre on contextualise l'économie numérique on voit qu'elle évolue dans un contexte matériel défini par son tissu socio-productif, qu'elle a un intérêt particulier pour les [États](#) et que même lorsqu'un État met en place une politique numérique, il doit assurer des politiques connexes pour la mettre à bien, soumises elles aussi à des enjeux nationaux et internationaux.

Ainsi, les [ressources minérales](#) définissent un nouveau rapport de force entre les États par le fait qu'elles sont réparties de manière inégale. Les [innovations](#) technologiques liées au numérique vont ainsi impulser de nouvelles tensions sur des [matières premières](#) qui n'étaient pas utilisées autrefois comme le démontre l'exemple du [lithium](#). Dans ce cadre, les [firmes](#) tentent de contrôler les [chaînes d'approvisionnement](#) et les sources de [plus-value](#). Ces plus-values sont différenciées selon l'étape du processus. Ainsi, le raffinage permet un plus grand [profit](#) que l'extraction. Soutenues par les États, ces firmes vont donc impulser une modification des rapports économiques internationaux. Alors même que le [Brésil](#) produit des [marchandises manufacturées](#), il recommence à primariser son économie au profit de la [Chine](#) et aux dépens de sa [balance commerciale](#).

Si les États s'impliquent dans ce secteur, c'est que le numérique est un secteur stratégique pour la croissance économique par le fait qu'il permet des profits plus importants que le [secteur primaire](#). Ils s'y insèrent aussi car le numérique dispose d'une dimension [matérielle](#) et stratégique. Les infrastructures du numérique produites de base par les États sous-tendent alors l'économie et son environnement. L'innovation technologique élargit l'éventail des opportunités étatiques tout en créant de nouveaux besoins tant économiques que stratégiques qui redéfinissent l'action des États en temps de conflit comme en temps de paix.

Néanmoins, même en ayant une [politique industrielle](#) et [géostratégique](#) comme c'est le cas pour la Chine, il reste toujours des facteurs externes à ce secteur. Dans le cas de la Chine, la question énergétique est ainsi importante et constitutive d'un exemple concret. Les [politiques énergétiques](#) sont déterminées par des enjeux nationaux de transition écologique liés à des questions de pouvoir. Elles sont aussi influencées par la situation internationale où la Chine ne dispose pas de capacité suffisante pour maîtriser sa politique énergétique de A à Z de

manière autonome. Elle est dépendante des évolutions de la situation géopolitique internationale.

L'objectif de ce mémoire n'a donc pas été d'être exhaustif. Il s'agissait de montrer via quelques exemples le fait que le développement de l'économie numérique tient à des éléments palpables mais aussi que le tissu socio-productif définit les conditions de production et donc d'utilisation de ces technologies, à chaque étape de la chaîne d'approvisionnement. Par conséquent, [l'infrastructure](#) économique réelle détermine une partie des possibilités de croissance et d'innovation.

La constitution de cet environnement ne peut être comprise que de manière interdisciplinaire. Les innovations technologiques tout comme les politiques commerciales jouent mais il aurait aussi été possible de montrer comment la [dérégulation néolibérale](#) des années 80 a mené à un environnement législatif où de plus en plus d'entreprises de la [Big Tech](#) se constituent en monopoles<sup>184</sup>. Cet aspect, un peu plus détaillé dans l'étude de cas sur [NVIDIA](#), tient aux questions juridiques et pourrait donc mettre en lumière diverses causes de croissance de ce secteur. Par son aspect internationalisé, le secteur du numérique appelle à de nouveaux enjeux, notamment de [régulation](#) et de [gouvernance internationale](#) qui peuvent éclairer les enjeux de [souveraineté](#) nationale. Ces questions de [droit](#) apparaissent dès les années tout au long de l'histoire du numérique<sup>185</sup> mais sont toujours autant d'actualité. Comme l'a montré la [mobilisation de citoyens espagnols](#) pour le [droit à l'oubli](#), l'action des associations comme la [Quadrature du Net](#), ces [zones grises](#) du droit permettent déjà d'attaquer les fondements de l'inégalité numérique par le droit. La lutte juridique ou *cause lawyering* a en effet déjà permis l'obtention de nouveaux droits, l'investissement de nouveaux champs de lutte<sup>186</sup>. Ces questions de droits portent sur des questions de gouvernance régaliennne, de cadre [concurrentiel](#). Ce constat est particulièrement visible au sein de [l'Union Européenne](#) dans laquelle le droit à une véritable importance dans la construction des politiques publiques<sup>187</sup> :

---

<sup>184</sup> Frédéric Marty. « [Le critère du bien-être du consommateur comme objectif exclusif de la politique de concurrence](#) » *Revue internationale de droit économique*, publié en 2018.

<sup>185</sup> Barré, Nicolas. « [La justice américaine condamne Microsoft au démantèlement](#) », *Les Échos*, publié le 8 juin 2000.

<sup>186</sup> Gaïti, Brigitte et Israël, Liora. « [Sur l'engagement du droit dans la construction des causes](#) », *Politix*, vol. 16, n°62, publié en 2003.

<sup>187</sup> Dulong, Delphine. « [La science politique et l'analyse de la construction juridique de l'Europe : bilan et perspectives](#) », *Droit et société*, publié en 2001.

« Je me *dégooglise* comme on dit le plus possible. A part ma boîte mail, où je suis trop dépendante parce que ça fait des années que je l'ai, j'utilise pas les autres services google. [...] Il faut gérer les grands groupes d'abord en priorité si tu veux faire une économie de tes données. Il y a aussi des moyens de récupérer, de faire des demandes de RGPD et ça je l'ai fait. »

Entretien 3 avec Nora, informaticienne.

Mais au-delà de ces [sujets économiques](#), elles s'articulent aussi avec des problématiques juridiques tant dans le champ des droits fondamentaux, de l'écologie ou du social. Dans les critiques du numérique, comme celle du [capitalisme](#) en général à l'heure du XXI<sup>e</sup> siècle, ces revendications deviennent dès lors transversales, augmentant la porosité des barrières militantes sectorielles<sup>188</sup>, mais les stratégies de réforme changent aussi. Le numérique, notamment les [réseaux sociaux](#), peuvent ainsi servir de supports à de nouvelles stratégies, moins risquées pour la population comme le montre l'exemple des [printemps arabes](#)<sup>189</sup>.

De même, nous avons pris la question du numérique surtout sur sa conception en aval mais l'impact politique, social ou environnemental du numérique et de ses innovations est aujourd'hui de plus en plus soumis à un fort questionnement de la part de la population. Les disparités économiques et sociales liées à sa production mais aussi son utilisation impliquent des modifications de notre modèle social. Aujourd'hui comme durant le développement des machines connectées durant le XX<sup>e</sup> siècle, le numérique remet en question la [division du travail](#) contemporaine à laquelle nous sommes habitués<sup>190</sup>. Face à cette situation, d'autres problématiques émergent : écologiques, humanitaires, sanitaires et sociales. En [Europe](#) comme en [Amérique du Nord](#), en [Asie](#) comme en [Amérique du Sud](#), en [Afrique](#) comme en [Océanie](#) nous faisons à la fois face à un système économique mondialisé uniforme, celui de la [surveillance](#), mais nous subissons aussi des situations nationales très différentes en raison de la [division internationale du processus productif](#) numérique, comme nous avons pu le voir. Il serait donc légitime aussi de se questionner sur la possibilité du numérique d'être un catalyseur de ces problématiques. Le numérique pourrait ainsi être l'élément fédérateur d'un [altermondialisme](#). Les manifestations du début des années 2000, comme lors du [G8 d'Évian](#),

---

<sup>188</sup>Fondation Danielle Mitterrand et Jeanpierre, Laurent. « [14. Post-capitalisme : combiner utopies réelles, réformes radicales et poussées révolutionnaires](#) ». *Donnons vie aux utopies* Pour une métamorphose radicale, Érès, publié en 2023.

<sup>189</sup> Jeanpierre, Laurent. « [Points d'inflexion des révoltes arabes](#) ». *Les Temps Modernes*, 2011/3 n° 664, publié en 2011.

<sup>190</sup> « [Onclusive : le plan de remplacement de personnels par l'IA contesté](#) » Les Échos, publié le 15 janvier 2024.

de [Gênes](#) ou [Seattle](#), avaient montré que les acteurs y ayant participé étaient issus de plusieurs groupes ([syndicats](#), [partis politiques](#), [sociétés civiles](#), etc) mais que l'aspect international était un concept unificateur<sup>191</sup>. L'écologie est par exemple un élément de mobilisation internationale, autant contre le [G7](#)<sup>192</sup> que lors des [marches pour le climat](#)<sup>193</sup>. Lorsqu'on comprend l'impact matériel du numérique tant en termes de consommation de matières premières et d'énergie, il serait possible que [l'extractivisme](#) puisse catalyser ces problématiques écologiques mais aussi sociales. Penser les conséquences sociales de l'économie numérique c'est donc aussi questionner plus largement l'économie que nous choisissons.

Tout au long de notre voyage, nous avons aussi démontré que le numérique façonnait les [relations internationales](#) mais depuis la [Guerre Froide](#) et le développement des [ordinateurs](#), beaucoup de choses ont changé : émergence de la Chine comme seconde puissance mondiale, conflits ouverts en Europe, remise en cause du [consensus de Washington](#), nouvelles organisations internationales... Ces changements donnent assez de matière pour questionner la place du numérique dans les motifs de coalition et les conséquences qui le suivent, comme la globalisation l'a amené à le faire dans les années 80 à 2000<sup>194</sup> : renforcement des dynamiques précoloniales, coloniales et post-coloniales, reconfiguration totale, réappropriation de certains modèles, continuité d'une historicité précédente ? Ces changements interviennent dans un contexte particulièrement mouvant dans lequel il faut comprendre les intérêts des États, des firmes mais aussi des organisations internationales. Qu'elles soient institutionnalisées comme le [FMI](#), [l'ONU](#), [l'OTAN](#), [l'UA](#), [l'ASEAN](#), le [Mercosur](#) ou même non-institutionnelles comme les [BRICS+](#), le [G7](#), [l'IBSA](#), le [Groupe de Lima](#) ou [l'Organisation de Coopération de Shanghai](#), ces organisations jouent depuis le début du siècle un rôle important dans la gestion des crises<sup>195</sup>. [L'Iran](#), membre récent des BRICS+, développe par exemple ses infrastructures énergétiques à l'aide de la Chine, où elle achète des armes aux [Russes](#) et aux chinois pour assurer la surveillance

---

<sup>191</sup> Fillieule, Olivier, Blanchard, Philippe, Agrikoliansky, Éric, Bandler, Marko, Passy, Florence et Sommier, Isabelle « [L'altermondialisation en réseaux. Trajectoires militantes, multipositionnalité et formes de l'engagement : les participants du contre-sommet du G8 d'Évian](#) », *Politix*, publié en 2004.

<sup>192</sup> Barroux, Rémi. « [Opposés au G7, des milliers de manifestants ont marché à Hendaye et Bayonne](#) », *Le Monde*, publié le 24 août 2019.

<sup>193</sup> Sermondadaz, Sarah. « [Climat : les jeunes manifestants peuvent-ils encore peser sur les négociations pendant les COP ?](#) », *The Conversation*, publié le 11 avril 2024.

<sup>194</sup> François, Bastien. « [Note critique : Bayart \(jean-François\), l'État en Afrique. La politique du ventre. Paris, Fayard, 1989](#) », *Politix*, publié en 1990.

<sup>195</sup> Ambrosetti, David et Buchet de Neuilly, Yves. « Les organisations internationales au coeur des crises », *Cultures & Conflits*, publié en 2009.

étatique. L'exemple du [BRICS Cable](#), qui s'est résolu par un échec, a montré que le numérique pouvait ainsi être au centre des préoccupations de ces pays, mais qu'en serait-il aujourd'hui ?

# Annexe

## Bibliographie

### Ouvrages

Ouvrages contemporains (25) :

Ali, Götz et Heinz Roth, Karl. « Le recensement intégral - Recensement, identification, triage sous le national-socialisme », *Rotbuch Verlag*, publié en 1984.

Bourdieu, Pierre. « Les structures sociales de l'économie », *Média Diffusion*, publié le 5 mai 2000.

Bourdieu, Pierre. « Homo Academicus », *Les éditions de Minuit*, publié le 1<sup>er</sup> novembre 1984.

Breton, Philippe. « Une histoire de l'informatique », *Eyrolles*, publié en 1990.

Cattaruzza, Amaël, Taillat, Stéphane, Danet, Didier « [La cyberdéfense](#) », *Armand Colin*, publié en 2023.

Cattaruzza, Amaël. « [Géopolitique des données numériques : Pouvoir et conflits à l'heure du Big Data](#) », *Le cavalier bleu*, publié en 2019.

Coelho, Ophélie « Géopolitique du Numérique », *Les éditions de l'Atelier*, publié le 31 août 2023.

Courtecuisse, Mathieu. « Le Saut cognitif - Comment l'intelligence artificielle change le monde », *First*, publié le 26 septembre 2019.

Durand, Cédric. « Techno-féodalisme : Critique de l'économie numérique », *La découverte*, publié le 17 septembre 2020.

Foucault, Michel. « Surveiller et Punir », *Gallimard*, publié le 20 février 1975.

Friedman, Milton « Théorie des prix » *Aldine Publishing Company*, publié en 1962.

Habermas, Jürgen. « La Technique et la science comme « idéologie » », *Gallimard*, publié le 20 avril 1990.

Klein, Naomi. « La stratégie du choc », *Knopf Canada*, publié en 2007.

Laclau, Ernesto et Mouffe, Chantal. « Hégémonie et stratégie socialiste », *Fayard*, publié en 2019.

Latour, Bruno. « Nous n'avons jamais été modernes », *La Découverte*, publié en 1991.

Lazard, Emmanuel et Mounier-Kuhn, Pierre-Éric. « Histoire illustrée de l'informatique », *EDP Sciences*, publié en 2016.

Miller, Chris. « Chip War : The fight for the World's Most Critical Technology », *Scribner*, publié le 4 octobre 2022.

Mumford, Lewis. « Le mythe de la machine », *Harcourt Brace Jovanovich*, publié en 1967.

Pitron, Guillaume. « La guerre des métaux rares : La face cachée de la transition énergétique et numérique », *Les liens qui libèrent*, publié le 10 janvier 2018.

Rubel, Maximilien. « Karl Marx : Essai de biographie intellectuelle », *Klincksieck*, publié en 1954.

Saint-Étienne, Christian. « Le libéralisme stratège contre le chaos du monde », *Odile Jacob*, publié le 26 août 2020.

Schmidt, Éric et Cohen, Jared. « The digital New Age », *Knopf*, publié en 2013.

Toledano, Joëlle. « GAFAs : reprenons le pouvoir ! », *Odile Jacob*, publié le 26 août 2020.

Valluy, Jérôme. « [Humanité et numérique\(s\)](#) », *Terra-HN*, republié en 2022.

Varoufakis, Yanis. « Techno feudalism : What killed capitalism », *Bodley Head*, publié le 28 septembre 2023.

Zuboff, Shoshana. « L'Âge du capitalisme de surveillance » *Campus*, 2018.

Ouvrages classiques (18) :

Gramsci, Antonio « Cahiers de prison », publié en 1929.

Hayek, Friedrich « La Route de la servitude », *Routledge*, publié en 1944.

Labriola, Antonio « Essais sur la conception matérialiste de l'histoire », *V. Giard & E. Brière*, publié en 1902.

Lénine, Vladimir, « L'impérialisme, stade suprême du capitalisme », publié en 1917.

List, Friedrich. « [Système national d'économie politique](#) », *Capelle Libraire-Éditeur*, publié en 1857.

Luxemburg, Rosa « L'accumulation du Capital », publié en 1913.

Marx, Karl. « Le 18 Brumaire de Louis Bonaparte », publié en 1852.

Marx, Karl. « Le capital. Livre 1 », *Maurice Lachâtre*, publié le 14 septembre 1867.

Marx, Karl, Engels, Friedrich et Weydemeyer Joseph « L'idéologie allemande », publié en 1932.

Maynard Keynes, John « Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie » *Cambridge University press* publié en 1936.

Proudhon, Pierre-Joseph « Qu'est-ce que la propriété ? », *Librairie de Prévot*, publié le 30 juin 1840.

Smith, Adam « Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations », *W. Strahan and t. Cadell*, publié en 1776.

Smith, Adam « Théorie des sentiments moraux », publié en 1759.

Stanley Jevons, William, « Theory of Political Economy », publié en 1871.

Stuart Mill, John « Principe d'économie politique », publié en 1848.

Ricardo, David. « [On the Principles of Political Economy and Taxation](#) » 1817.

Rousseau, Jean-Jacques « Du contrat social », 1762.

#### Articles Universitaires (84) :

Abbas, Mehdi. « [L'auto-qualification. Continuités et changements dans la gouvernance des rapports Nord-Sud à l'OMC](#) », *Mondes en développement*, vol. 202, no. 2, 2023, pp. 43-59.

Ambrosetti, David et Buchet de Neuilly, Yves. « Les organisations internationales au coeur des crises », *Cultures & Conflits*, publié en 2009.

Amsellem, David. « [De l'importance de bien cartographier les enjeux énergétiques : retour d'expérience](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 27-40.

Andréani, Fabrice, et Lucie Laplace. « [Quand la \(contre-\)révolution vote avec ses pieds : penser l'explosion migratoire vénézuélienne](#) », *Hérodote*, vol. 171, no. 4, 2018, pp. 29-44.

Baconnet, Alexis. « [De quelques orientations stratégiques et cyberspatiales du Brésil](#) », *Outre-Terre*, vol. 42, no. 1, 2015, pp. 221-237.

Bataillon, Gilles. « [Amérique centrale : violences et pseudo-démocraties \(1987-2018\)](#) », *Hérodote*, vol. 171, no. 4, 2018, pp. 67-88.

Bensidoun, Isabelle, et Thomas Grjebine. « [I/ Vue d'ensemble : l'économie mondiale en phase de reconfigurations](#) », CEPII éd., *L'économie mondiale 2024*. La Découverte, 2023, pp. 7-27.

Berthaud, Pierre, et Michel Rocca. « [Introduction Des politiques de développement alternatives au consensus de Washington : l'expérience de l'Amérique latine des années 2000-2015](#) », *Mondes en développement*, vol. 188, no. 4, 2019, pp. 7-11.

Bloch, Vincent. « [Le castrisme de marché](#) », *Hérodote*, vol. 171, no. 4, 2018, pp. 135-152.

Bonnet, François-Xavier. « [Cartographie des voies sous-marines en Asie du Sud-Est](#) », *Hérodote*, vol. 176, no. 1, 2020, pp. 25-41.

Bouille, Clément, « [Les semi-conducteurs au coeur de la rivalité Chine-USA](#) » Polytechnique Insights, publié le 23 mars 2022.

Boutaleb, Assia et Brisson, Thomas. « [Exploitations extractivistes ?](#) ». Écologies Le vivant et le social, *La Découverte*, publié en 2023.

Bros, Aurélie. « [L'Arctique : le nouvel Eldorado énergétique russe ?](#) », *Revue Défense Nationale*, vol. 808, no. 3, 2018, pp. 93-99.

Buatois, Luc. « [Algorithmes sur GPU de visualisation et de calcul pour des maillages non-structurés. Modélisation et simulation](#) ». Institut National Polytechnique de Lorraine.

Buscatto, Marie. « [Granjon, F. \(2022\). Classes populaires et usages de l'informatique connectée : des inégalités sociales-numériques. Paris, Presses des Mines, 360 p.](#) », *Savoirs*, vol. 65, no. 2, 2024, pp. 93-95.

Carnino, Guillaume, et Clément Marquet. « [Les datacenters enfoncent le cloud : enjeux politiques et impacts environnementaux d'internet](#) », *Zilsel*, vol. 3, no. 1, 2018, pp. 19-62.

Cardon, Dominique, Cointet, Jean-Philippe et Mazières Antoine. « [La revanche des neurones : L'invention des machines inductives et la controverse de l'intelligence artificielle](#) ». *Réseaux*, 2018/5 n° 211, publié en 2018.

Cattaruzza, Amaël. « [Géopolitique des flux de données](#) », *Géopolitique des données numériques. Pouvoir et conflits à l'heure du Big Data*, sous la direction de Cattaruzza Amaël. Le Cavalier Bleu, 2019, pp. 83-95.

Cattaruzza, Amaël. « [Vers une géopolitique numérique](#) », *Constructif*, vol. 60, no. 3, 2021, pp. 46-50.

Cattaruzza, Amaël, et Kévin Limonier. « [Chapitre 2. Le territoire entre jeux de pouvoir et représentations](#) », *Introduction à la géopolitique*. avec la collaboration de Limonier Kévin. Armand Colin, 2019, pp. 56-83.

Cattaruzza, Amaël, et Kévin Limonier. « [Chapitre 6. Le cyberspace, nouveau lieu de conflictualités géopolitiques](#) », , *Introduction à la géopolitique*. avec la collaboration de Limonier Kévin. Armand Colin, 2019, pp. 188-211.

Costa, Bruno. « NVIDIA : Symbole du nouveau paradigme numérique ? », *Terra-HN*, publié le 2 septembre 2024.

Coupey-Soubeyran, Jézabel, et Wojtek Kalinowski. « [VII/ Financement de la transition écologique : où est le problème ?](#) », CEPII éd., *L'économie mondiale 2024*. La Découverte, 2023, pp. 101-117.

Creti, Anna, et Patrice Geoffron. « [II/ Vers des échanges d'énergie « entre amis » ?](#) », CEPII éd., *L'économie mondiale 2024*. La Découverte, 2023, pp. 29-42.

Da Silva, Imelda Aurore, Alexis Abodohoui, et Zhan Su. « [Importance des produits « Made in China](#) » dans le développement économique de la Chine », *Mondes en développement*, vol. 201, no. 1, 2023, pp. 125-144.

de Almeida, Paulo Roberto. « [Rapports du Brésil avec les États-Unis et ses voisins sud-américains](#) », *Hérodote*, vol. 181, no. 2, 2021, pp. 139-150.

de Koninck, Rodolphe. « [La cité-État de Singapour : l'innovation au service du contrôle social](#) », *Hérodote*, vol. 176, no. 1, 2020, pp. 201-218.

de Tréglodé, Benoît. « [Géostratégie du Viêt Nam dans les Spratleys et les États riverains de l'ASEAN](#) », *Hérodote*, vol. 176, no. 1, 2020, pp. 43-58.

Danino-Perraud, Raphaël, Solène Rey-Coquais, et Audrey Sérandour. « [Enjeux miniers de la transition énergétique : l'exemple de la production du cuivre et du lithium au Chili](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 153-172.

Dulong, Delphine. « [La science politique et l'analyse de la construction juridique de l'Europe : bilan et perspectives](#) », *Droit et société*, publié en 2001.

Drouvot, Hubert, Verna, Gérard. « [L'exemple brésilien](#) », *Les politiques de développement technologique*, pp.137-165.

Emlinger, Charlotte, Houssein Guimbard, et Kevin Lefebvre. « [IV/ Environnement et sécurité nationale : un tournant pour les politiques commerciales](#) », CEPII éd., *L'économie mondiale 2024*. La Découverte, 2023, pp. 59-72.

Estechandy, Hugo. « [Entre tensions électriques et géopolitiques : les enjeux énergétiques et de ressources en Asie centrale au prisme du minage de cryptomonnaies](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 91-107.

Fillieule, Olivier, Blanchard, Philippe, Agrikoliansky, Éric, Bandler, Marko, Passy, Florence et Sommier, Isabelle « [L'altermondialisation en réseaux. Trajectoires militantes](#).

[multipositionnalité et formes de l'engagement : les participants du contre-sommet du G8 d'Évian](#) », *Politix*, publié en 2004.

Fondation Danielle Mitterrand et Jeanpierre, Laurent. « [14. Post-capitalisme : combiner utopies réelles, réformes radicales et poussées révolutionnaires](#) ». *Donnons vie aux utopies* Pour une métamorphose radicale, Érès, publié en 2023.

François, Bastien. « [Note critique : Bayart \(jean-François\), l'État en Afrique. La politique du ventre. Paris, Fayard, 1989](#) », *Politix*, publié en 1990.

Frécon, Eric. « [L'ASEAN face à la redéfinition de sa centralité – diplomatique, opérationnelle et géographique](#) », *Hérodote*, vol. 176, no. 1, 2020, pp. 9-24.

Gaïti, Brigitte et Israël, Liora. « [Sur l'engagement du droit dans la construction des causes](#) », *Politix*, vol. 16, n°62, publié en 2003.

Giblin, Béatrice. « [Géopolitique de l'Amérique latine](#) », *Hérodote*, vol. 171, no. 4, 2018, pp. 3-5.

Giblin, Béatrice. « [Géopolitique des ressources naturelles](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 3-9.

Grajales, Jacobo et Vadot, Guillaume. « [Introduction : Entreprises, territoires et pouvoirs politiques : localiser l'analyse du capitalisme extractif](#) ». *Politix*, 2020/4 n° 132, publié en 2020.

Grjebine, Thomas. « [I/ Vue d'ensemble : l'économie mondiale évitera-t-elle le précipice ?](#) », CEPII éd., *L'économie mondiale 2023*. La Découverte, 2022, pp. 7-22.

Grjebine, Thomas, et Jérôme Héricourt. « [III/ Les dilemmes d'une réindustrialisation \(verte\) en économie ouverte](#) », CEPII éd., *L'économie mondiale 2024*. La Découverte, 2023, pp. 43-58.

Guiffard, Jonathan. « [L'Ukraine, un allié essentiel à la protection du territoire numérique américain](#) », *Hérodote*, vol. 190-191, no. 3-4, 2023, pp. 63-77.

Guilhot, Laëtitia, Meunié, André, et Pouyanne, Guillaume. "[China's long journey toward energy transition](#)", *Mondes en développement*, vol. 191, no. 3, 2020, pp. 13-30.

Harbulot, Christian. « [1 - L'approche des nouveaux pays capitalistes](#) », éd., *Manuel d'intelligence économique*. Presses Universitaires de France, 2012, pp. 101-114.

Harbulot, Christian « [1 - Les stratégies d'accroissement de puissance des États](#) », éd., *Manuel d'intelligence économique*. Presses Universitaires de France, 2012, pp. 17-36.

Harbulot, Christian. « [2 - La guerre des ressources](#) », éd., *Manuel d'intelligence économique*. Presses Universitaires de France, 2012, pp. 37-52.

Harbulot, Christian. « [4 - La guerre des protectionnismes](#) », éd., *Manuel d'intelligence économique*. Presses Universitaires de France, 2012, pp. 69-82.

Harbulot, Christian « [Étude de cas - Positionnements et influences sur le marché des réseaux électriques intelligents](#) », éd., *Manuel d'intelligence économique*. Presses Universitaires de France, 2012, pp. 163-174.

Jeanpierre, Laurent. « [Points d'inflexion des révoltes arabes](#) ». *Les Temps Modernes*, 2011/3 n° 664, publié en 2011.

Kölbl, Léna, Kölbl, Thomas, Herrmann, Laura, Kaymakci, Elif, Ghergut, Poirel, Arnaud, Schneider, Jochen « [Lithium extraction from geothermal brines in the Upper Rhine Graben : A case study of potential and current state of the art](#) » *Hydrometallurgy*, Elsevier, Août 2023.

Kuznets, Simon. « [Economic Growth and income inequality](#) », *The American Economic Review*, publié en mars 1955.

Lafaye de Micheaux, Elsa. « [La montée en puissance de la Chine et les normes sociales en Asie du Sud-Est : le rôle des investissements](#) », *Hérodote*, vol. 176, no. 1, 2020, pp. 59-75.

Le Texier, Thibault. « [Penser la surveillance au-delà de Foucault](#) ». *Critique*, 2020/11 n° 882, 2020, publié en 2020.

Le Texier, Thibault et Nahapétian, Naïri.. « [Débattre du marketing pour repolitiser la consommation](#) ». *L'Économie politique*, 2022/3 N° 95, publié en 2022.

Lewis, Arthur. « [Economic Development with unlimited supplies of Labour](#) », *The Manchester School*, publié en 1954.

Lima, Aniel, et Lucas Coutinho. « [Relations avec la Chine : collaboration ou dépendance ?](#) », *Hérodote*, vol. 181, no. 2, 2021, pp. 151-169.

Martin, Gérard. « [La Colombie entre post-accord et post-conflit](#) », *Hérodote*, vol. 171, no. 4, 2018, pp. 45-66.

Marty, Frédéric. « [Le critère du bien-être du consommateur comme objectif exclusif de la politique de concurrence: une mise en perspective sur la base de l'histoire de l'Antitrust américain.](#) » *Revue internationale de droit économique*, 2015, 2014 (4), pp.271-297.

Maréchal, Jean-Paul. « [La lutte contre le changement climatique et la transition énergétique chinoise](#) », *Mondes en développement*, vol. 191, no. 3, 2020, pp. 49-65.

Maréchal, Jean-Paul. « [La politique climatique chinoise et les petits États insulaires](#) », *Outre-Terre*, vol. 60-61, no. 1-2, 2022, pp. 278-292.

Matonti, Frédérique. « [Marx entre communisme et structuralisme](#) ». *Actuel Marx*, 2009/1 n°45, publié en 2009.

Melasuo, Tuomo. « [De Bandung à l'Ukraine - De la décolonisation et de la Guerre froide](#) », *NAQD*, vol. 41-42, no. 1-2, 2023, pp. 406-437.

Monnet, Éric. « [V/ Les mutations du système monétaire international](#) », CEPII éd., *L'économie mondiale 2024*. La Découverte, 2023, pp. 73-86.

Nay, Olivier. « [Gouverner par le marché : Gouvernements et acteurs privés dans les politiques internationales de développement](#) ». *Gouvernement et action publique*, publié en 2017.

Oulkebous, Leila. « [Enjeux géopolitiques autour du partage et du contrôle de trois grands fleuves transfrontaliers en Asie du Sud \(Gange, Indus et Brahmapoutre\)](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 73-89.

Padiou, Ysaline, et Alisée Pernet. « [La Chine, créancier émergent : mythes et réalités](#) », *Revue d'économie financière*, vol. 141, no. 1, 2021, pp. 103-116.

Palle, Angélique. « [La stratégie énergétique chinoise et ses échelles, résoudre par l'échelle internationale un paradoxe interne](#) », *Hérodote*, vol. 188, no. 1, 2023, pp. 193-205.

Péléraux, Hervé, et Mathieu Plane. « [5 / Le tissu productif en France](#) », Éric Heyer éd., *L'économie française 2024*. La Découverte, 2023, pp. 57-69.

Polidori, Marion. « [L'arrêt Google Spain de la CJUE du 13 mai 2014 et le droit à l'oubli](#) ». *Civitas Europa*, publié en 2015.

Radford, Alec, Narasimhan, Karthik, Salimans, Tim et Sutskever Iliya « [Improving Language Understanding by Generative Pre-Training](#) » OpenAI, publié le 11 juin 2018.

Romano, Giulia C. « [Poursuivre le développement durable dans une ville chinoise. L'État local chinois et l'incertitude : un aperçu à partir du cas de Yangzhou](#) », *Mondes en développement*, vol. 191, no. 3, 2020, pp. 67-82.

Romer, Paul « Increasing returns and Long-Run Growth », *Journal of Political Economy* publié le 1<sup>er</sup> octobre 1986.

Saint-Mézard, Isabelle. « [La Chine et l'Inde face à la guerre en Ukraine : jusqu'où soutenir la Russie ?](#) », *Hérodote*, vol. 190-191, no. 3-4, 2023, pp. 223-235.

Saint-Upéry, Marc, et Pablo Stefanoni. « [Le cauchemar de Bolívar : crise et fragmentation des gouvernements de l'Alba](#) », *Hérodote*, vol. 171, no. 4, 2018, pp. 7-27.

Seni, Nora. « [Russie-Turquie, une complicité toxique](#) », *Hérodote*, vol. 190-191, no. 3-4, 2023, pp. 159-169.

Simon, Jean-Paul. « [L'émergence des écosystèmes de contenus numériques en Chine. Le rôle des sociétés de l'internet et des jeux vidéo](#) », *Réseaux*, vol. 224, no. 6, 2020, pp. 225-255.

Soulé, Folashadé. « [La diplomatie multilatérale de l'Inde : entre engagement constant et choix intéressés](#) », *Hérodote*, vol. 173, no. 2, 2019, pp. 67-83.

Seaman, John. « [L'approvisionnement de la Chine en ressources énergétiques et minérales : quel rôle pour les marchés ?](#) », Notes de l'Ifri, Ifri, octobre 2015,

Svampa, Maristella, et Ariel Slipak. « [Amérique latine entre vieilles et nouvelles dépendances : le rôle de la Chine dans la dispute \(inter\)hégémonique](#) », *Hérodote*, vol. 171, no. 4, 2018, pp. 153-166.

#### Articles de Presse (96) :

Aït-Kacimi, Nessim « [Les traders à l'affût des craquements dans la bulle de NVIDIA](#). » *Les Échos*, publié le 24 juin 2024.

Arif, Rameez, « [Qu'est-ce qu'un datacenter hyperscale et comment fonctionne-t-il ?](#) » *FS Community*, publié le 7 juin 2022.

Brandy, Grégor. « [Que se passe-t-il au Kazakhstan ? Tout comprendre en quatre questions](#) », *Le Monde*, publié le 6 janvier 2022.

Barré, Nicolas. « [La justice américaine condamne Microsoft au démantèlement](#) », *Les Échos*, publié le 8 juin 2000.

Barroux, Rémi. « [Opposés au G7, des milliers de manifestants ont marché à Hendaye et Bayonne](#) », *Le Monde*, publié le 24 août 2019.

Bhutada, Govind et Parker, Sam. « [Visualizing 25 years of lithium production, by country](#) », *VisualCapitalist*, publié le 23 décembre 2022.

Boulet-Gercourt, Philippe. « [États-Unis : des milliards investis pour leur réindustrialisation et le climat, l'Europe se réajuste.](#) » *Challenges* le 22 avril 2023.

Bouvet, Rémi, « [NVIDIA réserve des wafers 5 nm à TSMC à coup de milliards](#) » *Tom's Hardware*, publié le 29 décembre 2021.

Cattan, Raphaël. « [Inflation Reduction Act : « L'Europe risque de faire face à un déficit de compétitivité dans la production des composants clés de la transition énergétique »](#) » *Le Monde*, le 31 août 2023.

Clapaud, Alain « [IA : quelles alternatives à NVIDIA ?](#) » *Silicon*, publié le 30 mai 2024.

Daly, Tom. « [China could tap North Korea rare earth mine in exchange for solar investment : report](#) », *Reuters*, publié le 24 octobre 2019.

Descamps, Maud. « [Pourquoi le bitcoin est-il passé sous la barre des 40 000 dollars ?](#) », *Europe 1*, publié le 12 janvier 2022.

Desorgues, Pierre. « [Les minerais, une malédiction pour la République Démocratique du Congo ?](#) » *TV5Monde*, publié le 7 décembre 2023.

Duckett, Chris, « [IA : NVIDIA dévoile sa nouvelle architecture Hopper, le successeur d'Ampere.](#) » *ZDnet*, publié le 23 mars 2022

Escande, Philippe. « [La Chine accentue la nationalisation du secteur des terres rares](#) », *Le Monde*, publié le 2 juillet 2024.

Fages, Claire « [L'Australie fait chuter les prix du lithium](#) », *rfi*, publié le 30 novembre 2018.

Gabel, Barbara « [ChatGPT et droits d'auteur : le New York Times, héraut de la liberté de la presse](#) » *France24*, publié le 29 décembre 2023.

Garric, Audrey. « [Donald Trump engage le retrait officiel des États-Unis de l'accord de Paris sur le climat](#) » *Le Monde*, le 4 novembre 2019.

Gartenberg, Chaim « [TSMC augmente les prix des puces alors que les pénuries d'approvisionnement persistent](#) » *The Verge*, publié le 26 août 2021.

Gavois, Sébastien, « [Le lobbying bruxellois des géants américains du numérique est « alarmant »](#) » *NEXT*, publié le 28 septembre 2020.

Genoux, Flora. « [Au Chili, le président Gabriel Boric essuie un nouveau revers](#) », *Le Monde*, publié le 10 mars 2023.

Hérard, Pascal. « [Chine : les fermes de minage de Bitcoins bientôt interdites ?](#) », *TV5Monde*, mis à jour le 24 décembre 2021.

Hervieu, Sébastien. « [En intégrant l'Afrique du Sud, les BRIC s'affirment comme un club politique des pays émergents.](#) » *Le Monde*, le 14 avril 2011.

Huld, Arendse. « [China and Brazil deepen bilateral relations with signing of 15 agreements during Lula visit](#) » *China Briefing*, le 21 avril 2023.

Israel, Esteban, Boadle, Anthony. « [Hacker group threatens cyber-attack on World Cup sponsors-source](#) » *Reuters*, le 30 mai 2014.

Johnston, Matthew « [10 most profitable companies in the world](#) » Investopedia, publié le 20 juin 2024.

Jowitt, Tom. « [OpenAI cherche des alternatives à Nvidia](#) » Silicon, publié le 23 juillet 2024.

Kan, Michael « [Inside the GPU shortage : Why you still can't buy a graphics card](#) » PCMag, publié le 7 octobre 2021.

Ke, Ding « [Chine contre États-Unis : le front oriental de la guerre. Deuxième partie : la technologie](#) » LeGrandContinent, publié le 4 octobre 2023.

Keary, Tim, « [Ukraine supplies 90% of U.S. semiconductor-grade neon \(and what it means to chip supply chain\)](#) » VentureBeat, publié le 24 février 2022.

King, Ian, Wu, Debby et Pogkas, Demetrios, « [How a chip shortage snarled everything from phones to cars](#) » Bloomberg, publié le 29 mars 2021.

Kelion, Leo « [Pénurie de microprocesseurs : pourquoi il y a une crise des semi-conducteurs et comment elle peut vous affecter](#) » BBC News, publié le 23 mars 2021.

Krauskopf, Lewis, « [Can Sizzling Magnificent Seven trade keep powering US stocks in 2024 ?](#) » Reuters, publié le 29 décembre 2023.

Lacy, Lisa. « [GPT-4o and Gemini 1.5 Pro : How the new AI models compare](#) », CNET, publié le 25 mai 2024.

Landrin, Sophie. « [Le dialogue s'enlise entre la Chine et l'Inde sur leur conflit dans l'Himalaya.](#) », *Le Monde*, le 29 avril 2023.

Leplâtre, Simon. « [Les producteurs de puces électroniques de Taïwan au coeur d'une guerre technologique entre les États-Unis et la Chine](#) », *Le Monde*, publié le 25 octobre 2022.

Loukil, Ridha « [Le fabricant de puces TSMC de nouveau confronté au manque d'eau à Taïwan](#) » L'usine Nouvelle, publié le 24 mars 2023.

Loukil, Ridha « [Les géants de l'internet et du cloud comptent plus de 1000 datacenters dans le monde](#) » *L'usine Nouvelle*, publié le 21 avril 2024.

Lyons, Kim « [US tightens trade restrictions on Chinese chipmaker SMIC](#) » The Verge, publié le 26 septembre 2020.

Massie, Graeme « [Major chip shortage caused by Trump trade war blamed for PS5 shortage](#) » Independent, publié le 11 février 2021.

Nicolas, Emilie « [La guerre verte](#) » *Le Devoir*, publié le 8 février 2024.

Nutarelli, Mathilde « [Soutien d'Elon Musk à Donald Trump : une « stratégie circonscrite » et une « convergence d'idées »](#) », *Public Sénat*, publié le 17 juillet 2024.

Olivier, Arthur. « [L'énergie dans l'Union européenne](#). » *Toutel'europe.eu*, le 3 octobre 2023.

Olivier, Zajec, « [Actualité et réalité du collier de perles](#) », in *Monde chinois* n° 18, Paris, Choiseul, été 2009, p. 59-67.

Ogier, Thierry. « [Petrobras espionné par les États-Unis](#) », *Les Échos*, le 17 septembre 2013.

Perrigo, Billy, « [Exclusive : OpenAI used Kenyan workers on less than \\$2 per hour to make ChatGPT less toxic](#) », *Time*, publié le 18 janvier 2023.

Petit, Edouard « [S&P 500 : 10 choses à connaître avant d'investir](#) » *Épargnant3.0*, publié le 7 mars 2023.

R. Nirina « [Crise énergétique : les data centers, vrais coupables de la pénurie d'énergie](#) », *LeBigData.fr*, publié le 19 octobre 2022.

Richard, Philippe « [Quelle est la géographie des datacenters ?](#) » *ITSocial*, publié le 19 juin 2023.

Robil, Raphaël « [4 impacts du numérique à connaître et comprendre](#) » *LemonInteractive*, publié le 26 septembre 2023.

Rong Xu, An « [Taiwan is facing a drought, and it has prioritized its computer chip business over farmers](#). », *The New York Times*, publié le 8 avril 2021.

Sanger E., David. « [Obama Order speed up wave of cyberattacks against Iran](#) » *The New-York Times*, le 1 juin 2012.

Sermondadaz, Sarah. « [Climat : les jeunes manifestants peuvent-ils encore peser sur les négociations pendant les COP ?](#) », *The Conversation*, publié le 11 avril 2024.

Singh, Shubham, « [Perplexity AI raises \\$73.6M in funding round led by Nvidia, Bezos, now valued at \\$522M](#) », *Business Today*, publié le 6 janvier 2024.

Shahan, Zachary. « [Nvidia's self-driving vehicle approach – from Tesla to DHL to Mercedes](#) », *CleanTechnica*, publié en 2020.

Shankland, Stephen « [Behold Nvidia's Giant New Voyager Building](#) » *CNET*, publié le 5 mai 2022.

Sheng, Wei, « [SMIC gets \\$2 billion from China's state-backed funds](#) », *Technode*, publié le 18 mai 2020.

Soares, Marcelo. « [WikiLeaked cable says 2009 brazilian blackout wasn't hackers, either](#). », *Wired*, le 6 décembre 2010.

Szadkowski, Michaël. « [Que sait-on des hackers de Sony Pictures ?](#) », *Le Monde*, le 19 décembre 2014.

Seibt, Sébastien. « [Comment le Danemark est devenu le poste d'écoute de la NSA en Europe](#) », *France24*, publié le 31 mai 2021.

Seibt, Sébastien. « [Quel est le rôle de la crise au Kazakhstan dans la chute des cryptomonnaies ?](#) », *France 24*, publié le 6 janvier 2022.

Singer, Graham « [History of the Modern Graphics Processor](#) » TechSpot, publié le 3 avril 2013.

Sheng, Wei, « [SMIC gets \\$2 billion from China's state-backed funds](#) », Technode, publié le 18 mai 2020.

Ting-Fang, Cheng et Li, Lauly « [La production de MacBook et d'iPad retardée en raison d'une pénurie d'approvisionnement](#) » Nikkei Asia, publié le 8 avril 2021.

Valent, Cyril, « [Les ordinateurs contiennent des métaux précieux](#) » 01net, le 1 juillet 2010.

Verge, Pauline et Goulard, Hortense « [NVIDIA devient la première capitalisation boursière mondiale](#) », *Les Échos* publié le 18 juin 2024.

Witt, Stephen, « [How Jensen Huang's Nvidia is powering the A.I. revolution](#) » The New Yorker, publié le 27 novembre 2023.

Xerri, Ambre. « [Emmanuel Macron : en Ouzbékistan, la valse des contrats continue](#) », publié le 2 novembre 2023.

« [Accord Japon / États-Unis sur les échanges de matériaux critiques et batteries électriques](#) » *Le Figaro*, le 28 mars 2023.

« [Angola : Pour séduire Pékin, le président fait des terres rares une priorité](#) » *Africa Intelligence*, publié le 20 décembre 2016?

« [Bitcoin mining : Comment créez-vous un bloc ?](#) », bit2me Academy, publié en 25 février 2020.

« [Ces robots alimentés par de l'IA assurent la récolte des fruits](#) », *La Dépêche*, publié le 11 juillet 2023.

« [Chili : la plus grande mine de cuivre du monde entre en grève](#) », *Les Échos*, publié le 14 août 2024.

« [Composants électroniques : des tensions d'approvisionnement toujours vives](#) » Le Point, publié le 13 décembre 2022.

« [Coupure d'internet en Afrique : réparer les câbles sous-marins, une tâche complexe et fastidieuse](#) » RFI, publié le 20 mars 2024.

« [DMA : le règlement sur les marchés numériques veut mettre fin à la domination des géants du Net](#) », *ViePublique*, publié le 13 mai 2024.

« [Fabrication d'un microprocesseur](#) », Irif.

« [Faits sur l'aluminium](#) » Ressources-Naturelles Canada publié le 11 juillet 2023.

« [Halving Bitcoin : Compte à rebours, date et définition du halving de bloc](#) », Coin Academy.

« [L'action NVIDIA et l'IA sont-elles une bulle ? Selon Citi, 2024 s'annonce comme une répétition de 1999](#) », Investing.com, publié le 14 mars 2024.

« [L'envolée boursière de NVIDIA est-elle une bulle ?](#) » BFM Bourse, publié le dimanche 3 mars 2024.

« [L'une des plus grandes mines de lithium d'Europe sera exploitée en France d'ici 2027](#) » *France24*, publié le 24 octobre 2022.

« [Le cobalt dans la transition énergétique : Quels risques d'approvisionnements ?](#) » *IFPEN*, publié le 12 novembre 2020.

« [Le krach du lithium](#) » Transitions & Energies publié le 8 mars 2023.

« [Le Montana devient le premier État américain à interdire Tiktok](#) » *Le Monde*, publié le 18 mai 2023.

« [Manganèse \(MN\)](#) » *minéralInfo* publié en 2024.

« [Micron décroche une subvention de 6.1 milliards de dollars pour ses mégafabs aux États-Unis](#) » *L'UsineNouvelle* publié le 25 avril 2024.

« [Microsoft Estimates 8,5 million computers globally affected by CrowdStrike glitch](#) » EuroNews, publié le 21 juillet 2024.

« [Nouveau contentieux entre la Chine et les États-Unis devant l'OMC](#) » *Challenges*, le 17 juin 2012.

« [Nvidia devient première capitalisation mondiale en Bourse](#) » *zonebourse.com*, publié le 18 juin 2024.

« [NVIDIA GeForce Now : tout comprendre au service de cloud gaming de NVIDIA](#) » *Frandroid*, publié le 24 juillet 2024.

« [Panne informatique affectant les systèmes Microsoft Windows disposant de l'EDR CrowdStrike Falcon](#) » *CERT-FR*, publié le 22 juillet 2024.

« [This Man Is Leading an AI Revolution in Silicon Valley—And He's Just Getting Started](#) », sur *fortune.com*, publié le 16 novembre 2017.

« [TSMC, le géant des puces](#) », *Le Revenu*, publié le 10 février 2023.

« [Trump signe un décret hostile à Huawei](#) », *Le Figaro*, publié le 16 mai 2019.

« [Que devient un ordinateur portable usagé confié à Eco-systèmes ?](#) »  
eduscol.education.fr .

« [What is Endpoint Detection and Response \(EDR\)](#) » PaloAlto Networks.

#### Archives (8)

« [Dans un pays étranglé par l'inflation, à laquelle s'ajoute une nouvelle politique d'austérité, des dizaines de milliers d'Argentins ont prêté leurs iris à un scan biométrique pour la cryptomonnaie Worldcoin #AFPVertical](#) » X de Agence France-Presse @afpfr, publié le 16 avril 2024.

« [News Brief](#) » IGN Staff, publié le 1 septembre 2000.

« [NVIDIA Picasso - Page produit](#) » Site de NVIDIA.com, consulté le 18 août 2024.

« [NVIDIA Build](#) » Homepage de build.nvidia.com, le catalogue d'API de NVIDIA.

« [Résolution 69/166 Le droit à la vie privée à l'ère numérique](#) », Nations Unies, le 18 décembre 2014.

« [RIVA 128's brochure](#) » NVIDIA, publié le 6 juillet 1997.

« [The final text of the Digital Markets Act \(DMA\)](#) » eu-digitalmarkets.com .

« We're investigating reports of an issue where some users in the EMEA region are unable to access one or more Microsoft 365 services. » [Tweet de Microsoft 365 Status @MSFT365Status](#), le 14 mars 2024.

#### Bases de données (9) :

Dow, Robert, « [Q2 GPU shipments soar year-to-year](#) » Jon Peddie Research, publié le 26 août 2021.

« [Bitcoin Difficulty Chart](#) » CoinWarz, consulté le 18 août 2024.

« [Data Centers Map](#) » datacentermap.com, consulté le 18 août 2024.

« [Graphique société NVIDIA](#) » Boursier.com, consulté le 18 août 2024.

« [Submarine Cable Map](#) » Submarinemap.com, consulté le 18 août 2024.

« [Google Data Center Map](#) » baxtel.com - consulté le 12 août 2024.

« [statista.com](#) » Statista.com

« [Morningstar | Empowering Investor Success](#) » Morningstar.com

« [Cours et production mondiale de quelques métaux](#) » *L'élémentarium*, mis à jour depuis le 2 juin 2023.

Communiqués de presse (11) :

Commission Européenne « [La commission autorise 8,1 milliards d'euros d'aides d'État pour un projet conjoint de recherche sur la microélectronique et les technologies de communication](#) » *Commission Européenne*, le 8 juin 2023.

Commission Européenne « [Le pacte vert pour l'Europe](#) », le 11 décembre 2019.  
[phase de reconfigurations](#) », CEPII éd., *L'économie mondiale 2024*. La Découverte, 2023, pp. 7-27.

Commission Européenne « [Loi sur les données](#) », 28 juin 2023.

Communication from the commission. « [REPowerEU Plan](#) », le 18 mai 2022.

OpenAI, « [Introducing ChatGPT](#) » *OpenAI*, publié le 30 novembre 2022.

The White House « [Building a Clean Energy Economy – A guidebook to the Inflation Reduction Act's investments in Clean Energy and Climate Action](#) », *CleanEnergy.gov*, Janvier 2023.

« [Estrategia nacional del litio](#) » *Chile Avanza Con Litio*, communiqué du gouvernement chilien, publié le 20 avril 2023.

« [Les GAFAM échappent au RGPD, la CNIL complice](#) », *La Quadrature du net*, communiqué de presse publié le 25 mai 2021.

« [Minerals Security Partnership](#) » *U.S Department of States*, 2022.

« [NVIDIA launches UK's most powerful supercomputer, for Research in AI and Healthcare](#) » Communiqué de presse de NVIDIA, publié le 6 juillet 2021.

Émissions radiophoniques (37) :

André, Dominique. « [Xi-Jinping, le prince rouge](#) », France Inter, diffusé le lundi 22 avril 2024.

Bourmeau, Sylvain, Obiégly, Gaëlle et Stiegler, Barbara. « [Les injonctions du néolibéralisme](#) », *La Suite dans les idées*, France culture, diffusé le samedi 26 janvier 2019.

Caranta, Mattéo, Renard, Mary-Françoise, Kateb, Alexandre et Ventura, Christophe. « [BRICS + 6, vers un bouleversement de l'ordre mondial ?](#) », *Le Temps du débat*, France Culture, diffusé le jeudi 24 août 2023.

de Rocquigny, Tiphaine. « [Bidenomics : l'heure des comptes pour les États-Unis](#) », *Entendez-vous l'éco ?*, France Culture, diffusé le 6 novembre 2023.

de Rocquigny, Tiphaine. « [Des économies communistes](#) », *Entendez-vous l'éco ?*, France Culture, diffusé le 15 avril 2024.

de Rocquigny, Tiphaine. « [Max Weber : une pensée économique](#) » *Entendez-vous l'éco ?*, France culture, diffusé le 17 janvier 2024.

de Rocquigny, Tiphaine. « [Portraits de femmes économistes](#) », *Entendez-vous l'éco ?*, France Culture, diffusé le 10 mars 2021.

de Rocquigny, Tiphaine. « [Trois regards sur l'économie numérique](#) », *Entendez-vous l'éco ?*, France Culture, diffusé le 27 février 2023.

de Rocquigny, Tiphaine. « [Vous avez dit "néolibéral" ?](#) », *Entendez-vous l'éco ?*, France Culture, diffusé le 6 novembre 2023.

de Rocquigny, Tiphaine, Mounier-Kuhn, Pierre, et Guillou, Sarah. « [Épisode 1/6 : Transistor : La révolution à sauts de puce](#) », *Entendez-vous l'éco ?*, France Culture, diffusé le 31 janvier 2022.

de Rocquigny, Tiphaine, Candar, Gilles et Chatriot, Alain. « [Épisode 3/3 : Jaurès : “Le capitalisme porte en lui la guerre”](#) », *Entendez-vous l'éco ?*, France Culture, diffusé le 14 septembre 2022.

de Rocquigny, Tiphaine et Perrot, Anne « [Épisode 2/3 : Les GAFAM dans le viseur de l'antitrust](#) », *Entendez-vous l'éco ?*, France Culture, diffusé le 28 février 2023.

Gacon, Julie. « [Détroits, une géographie sensible](#) », *Cultures Monde*, France Culture, diffusé le 24 juin 2024.

Gacon, Julie. « [Libre-échange : la nouvelle donne](#) », *Cultures Monde*, France Culture, diffusé le 25 mars 2024.

Gacon, Julie. « [Printemps arabes, dix ans après...](#) », *Cultures Monde*, France Culture, diffusé le 11 janvier 2021.

Gacon, Julie, Wirth, Assia, Cornet, Maxime et Marquis Théo.. « [Épisode 2/4 : De Madagascar au Kenya, les sous-traitants de l'IA](#) », *Cultures Monde*, France Culture, diffusé le 30 avril 2024.

Hovine, Alette. « Les leçons de Keynes » *Entendez-vous l'éco ?*, France culture, diffusé le 12 novembre 2020.

Lazaj, Altin. « [Chili : Contestations contre un appel d'offres d'exploitation de lithium](#) », *Chronique des Matières Premières*, RFI, diffusé le 11 janvier 2022.

Mauduit, Xavier. « [Penser la construction européenne](#) », *Le cours de l'Histoire*, France Culture, diffusé le 12 janvier 2024.

Mauduit, Xavier, Demmer, Christine et Leblic Isabelle. « [Épisode 4/4 : Du massacre d'Ouvéa aux accords de Nouméa, l'indépendantisme kanak](#) », *Le cours de l'Histoire*, France Culture, diffusé le 30 mai 2024.

Muhlmann, Géraldine. « [Philosopher au Sud \(Amérique latine, Afrique, Caraïbe\)](#) », *Avec Philosophie*, France Culture, diffusé le 29 mai 2023.

Muhlmann, Géraldine. « [Karl Marx, aujourd'hui ?](#) », *Avec Philosophie*, France Culture, diffusé le 31 janvier 2024.

Rousset, Dominique. « [Le capitalisme est-il soluble dans le XXIe siècle ?](#) » *Matières à penser*, France Culture, diffusé le 25 novembre 2019.

Saltiel, François et Gobin, Julien. « [Des Lumières au transhumanisme : Quelle civilisation à l'ère technologique ?](#) » *Le Meilleur des mondes*, France Culture, diffusé le vendredi 5 avril 2024.

Saltiel, François, Peugeot, Valérie, Kauffmann, Alexis et Shulz, Sébastien. « [Les "communs" : une alternative au capitalisme numérique ?](#) » *Le Meilleur des mondes*, France Culture, diffusé le vendredi 12 janvier 2024.

Saltiel, François, Leonarduzzi, Inès, Blanc, Félix et Pitron Guillaume. « [Pollution numérique : la grande illusion du virtuel ?](#) » *Le Meilleur des mondes*, France Culture, diffusé le vendredi 31 mai 2024.

Saltiel, François, Mao, Blaise et Mendès France, Tristan. « [Dictatures 2.0 : Quand la technologie sert l'autoritarisme](#) » *Le Meilleur des mondes*, France Culture, diffusé le vendredi 31 mai 2024.

Saltiel, François, Turcan, Marie, Boullier, Dominique, Tréguer, Félix et Broustail Maryse. « [Comment informer et transmettre pour comprendre les enjeux du numérique en 2024 ?](#) » *Le Meilleur des mondes*, France Culture, diffusé le vendredi 21 juin 2024.

Saltiel, François, Wang, Alain, Coelho, Ophélie et Bürbaumer, Benjamin. « [TikTok, semi-conducteurs : quand la tech chinoise conteste l'hégémonie américaine](#) » *Le Meilleur des mondes*, France Culture, diffusé le vendredi 29 mars 2024.

Saltiel, François et Zuboff, Shoshana. « [Entretien avec Shoshana Zuboff : les mutations du capitalisme de surveillance à l'ère de l'IA](#) » *Le Meilleur des mondes*, France Culture, diffusé le vendredi 31 mai 2024.

Tricot, Antoine. « [A l'ère de la surveillance numérique](#) », *LSD, La série documentaire*, France culture, diffusé le mardi 30 mars 2021.

Van Reeth, Adèle. « [Épisode 2/4 : Proudhon. "La propriété, c'est le vol"](#) », *Les Chemins de la Philosophie*, France Culture, diffusé le 9 novembre 2021.

Van Reeth, Adèle. « [L'école de Francfort](#) », *Les Chemins de la Philosophie*, France Culture, diffusé le lundi 18 novembre 2019.

Van Reeth, Adèle. « [L'Éthique de Spinoza](#) », *Les Chemins de la Philosophie*, France Culture, diffusé le 11 avril 2016.

Van Reeth, Adèle. « [« Quoi Hegel ? Qu'est-ce qu'il a Hegel ? »](#) », *Les Chemins de la Philosophie*, France Culture, diffusé le 3 mai 2018.

Van Reeth, Adèle. « [Hannah Arendt, "Condition de l'homme moderne"](#) », *Les Chemins de la Philosophie*, France Culture, diffusé le 3 janvier 2022.

« [BRICS : quel impact pour l'Égypte, nouveau membre de l'alliance, et l'Argentine, qui a préféré décliné l'invitation](#) », *Le club des correspondants*, Franceinfo, diffusé le lundi 1 janvier 2024.

#### Rapports (12) :

Amnesty International, « [JO 2024 : Pourquoi la vidéosurveillance algorithmique pose problème](#) », publié le le 15 avril 2024.

DiPippo, Gerard, Mazzocco, Illaria, Kennedy, Scott, P. Goodman, Matthew « [Red Ink : Estimating chinese industrial policy spending in comparative perspective](#) », *CSIS*, publié le 23 mai 2022.

Kemp, Simon, « [Digital 2022 : Global Overview Report](#) » DataReportal, publié le 26 janvier 2022.

Salah, Rania. « [Route de la soie numérique - Géostratégie des câbles sous-marins](#) », *La BRI dans l'Espace*, OFNRS, 2021.

Senate Finance Committee « [Breaking Down Section 232 of the Trade Expansion Act of 1962](#) », *United States Senate – Committee on finance*, le 19 juin 2018.

« [2024 Digital economy Report : Shaping an environmentally sustainable and inclusive digital future.](#) » United Nations Conference on Trade and Development, publié le 10 juillet 2024.

« [How clean is your cloud ?](#) », *Greenpeace*, publié en avril 2012.

« [Le Nucléaire en chiffres.](#) » *EDF*, 2019.

« [Les dépenses de lobbying des GAFAM continuent à augmenter](#) » Observatoire des multinationales, publié le 18 septembre 2023.

« [Rapport sur les ruptures de câbles sous-marins en Afrique de l'Ouest de 2024](#) » InternetSociety, publié le 18 avril 2024.

« [Mineral commodity summaries 2024](#) » *U.S. Geological Survey*, publié le 31 janvier 2024.

« [Mineral commodity summaries 2023](#) » *U.S Geological Survey*, publié le 31 janvier 2023.

#### Vidéos (1) :

Underscore\_ « [La stratégie diabolique d'Nvidia pour étouffer AMD](#) » Youtube, publiée le 26 juin 2024 .

# Étude de cas : NVIDIA, première valorisation boursière mondiale

Symbole d'un nouveau paradigme économique tourné vers l'intelligence artificielle ?

## Introduction

Le 18 juin 2024, la capitalisation boursière de NVIDIA dépasse celle de Microsoft et Apple. Ce jour-là elle atteint 3 352 milliards de dollars américains<sup>196</sup> alors que Microsoft grimait à 3 317 milliards et Apple à 3 285 milliards de dollars. NVIDIA comme ces deux autres entreprises font partie des *Magnificent Seven* avec Tesla, Meta, Amazon et Alphabet. Celles-ci présentent des valorisations importantes. En 2023, ces entreprises ont été responsables de deux tiers de la hausse du S&P 500<sup>197</sup>. L'indice Standard&Poor's 500 regroupe ainsi les 500 plus grandes sociétés cotées sur le NYSE et le NASDAQ. 52% de la capitalisation boursière mondiale, 1% des entreprises cotées dans le monde, sa composition a énormément évolué. Ainsi, en 2000, les plus importantes capitalisations se trouvaient être : General Electric, Exxon Mobil, Pfizer, Citigroup, Cisco Systems, Walmart, Microsoft, AIG, Merck et Intel<sup>198</sup>. Ainsi, malgré la présence d'acteurs du numérique et des télécommunications il y a déjà de ça 24 ans, ce secteur semble être le nouveau moteur de la finance mondiale, reflet des attentes et des perspectives d'évolution du commerce international. L'évolution de NVIDIA semble donc appartenir à ce mouvement financier global mettant sur le devant de la scène les entreprises technologiques du monde entier. Le numérique apparaît donc comme un secteur dans lequel il fait bon d'investir. Ces valorisations boursières déterminent ce que les acteurs financiers estiment du potentiel futur de l'entreprise. Si l'on regarde les plus grands résultats nets mondiaux on s'aperçoit aussi que les

---

<sup>196</sup> « [Première capitalisation mondiale en bourse : NVIDIA détrône Apple et Microsoft](#) », LaPresse, publié le 18 juin 2024.

<sup>197</sup> Krauskopf, Lewis, « [Can Slizzing Magnificent Seven trade keep powering US stocks in 2024 ?](#) » Reuters, publié le 29 décembre 2023.

<sup>198</sup> Petit, Edouard « [S&P 500 : 10 choses à connaître avant d'investir](#) » Épargnant3.0, publié le 7 mars 2023.

entreprises du numérique représentent une bonne partie des entreprises au meilleur bénéfice net en août 2024 : Apple avec 100,39 milliards de dollars<sup>199</sup>, Microsoft avec 86,18 milliards de dollars<sup>200</sup> ou encore Alphabet avec 82,41 milliards de dollars<sup>201</sup>. Cependant, les classements des valorisations et des bénéfices net diffèrent. Ainsi, on retrouvera après ces trois entreprises, Berkshire Hathaway Inc., une société de holding financière, la Banque Industrielle et Commerciale de Chine, JPMorgan Chase & Co, une société de holding financière, la China Construction Bank Corp., Meta puis NVIDIA<sup>202</sup>. Le bénéfice net de NVIDIA se quantifie ainsi à 42,60 milliards de dollars, deux fois moins que Alphabet ou Microsoft<sup>203</sup>. Il est alors légitime de s'interroger sur le comment du pourquoi de cette différence notable. Alors même que NVIDIA était peu connue du grand public, s'adressant majoritairement aux gamers via sa production de cartes graphiques, les acteurs financiers semblent lui accorder une importance future plus qu'importe, plus que celles des géants historiques de la Big Tech. La frénésie et l'euphorie boursière autour de l'action de NVIDIA est ainsi décrite par de nombreux médias et acteurs financiers comme un potentiel premier symptôme d'une bulle financière naissante<sup>204 205 206</sup> à l'image de celle ayant eu lieu dans les années 2000, la bulle internet.

Comment NVIDIA a-t-elle pu atteindre cette place dans ce classement, alors même qu'elle ne dispose d'aucune usine ? Pour comprendre ces dynamiques de mouvement, nous réaliserons une étude de cas chronologique partant de la fondation de l'entreprise jusqu'à sa place actuelle et ce qu'elle représente à l'avenir. Ce voyage temporel nous amènera à un parcours spatial et géographique : des États-Unis à Taïwan, des places boursières aux manufactures, des jeux-vidéos à l'intelligence artificielle.

---

<sup>199</sup> « [Apple Inc. Financial Statements](#) », MorningStar, consulté le 28 août 2024.

<sup>200</sup> « [Microsoft Corp. Financial Statements](#) » MorningStar, consulté le 28 août 2024.

<sup>201</sup> « [Alphabet Inc Class A, Financial Statements](#) » MorningStar, consulté le 28 août 2024.

<sup>202</sup> Johnston, Matthew « [10 most profitable companies in the world](#) » Investopedia, publié le 20 juin 2024.

<sup>203</sup> « [NVIDIA Corp. Financial Statements](#) » MorningStar, consulté le 28 août 2024.

<sup>204</sup> « [L'action NVIDIA et l'IA sont-elles une bulle ? selon Citi, 2024 s'annonce comme une répétition de 1999](#) », Investing.com, publié le 14 mars 2024.

<sup>205</sup> « [L'envolée boursière de NVIDIA est-elle une bulle ?](#) » BFM Bourse, publié le dimanche 3 mars 2024.

<sup>206</sup> Aït-Kacimi, Nessim « [Les traders à l'affût des craquements dans la bulle de NVIDIA.](#) » Les Échos, publié le 24 juin 2024.

# I - Historique et évolution de l'entreprise

Fondée en 1993 par Jensen Huang, Chris Malachowsky et Curtis Priem, NVIDIA est donc aujourd'hui un acteur majeur de l'économie numérique. Tous trois sont d'anciens employés d'entreprises construisant des micro-processeurs et d'équipements électroniques comme AMD, LSI Logic, HP ou Sun Microsystems. Pour comprendre le rôle des micro-processeurs dans l'industrie, il est nécessaire de remonter aux cartes perforées des années 1920. Produites par Herman Hollerith, qui deviendra IBM, elles permettent d'enregistrer et de chiffrer des données issues des unités de production. IBM développe une situation monopolistique grâce à une stratégie de *vendor lock-in* – ou enfermement propriétaire – où chaque produit est dépendant de l'environnement numérique de l'entreprise<sup>207</sup>. A cela, s'ajoute un contexte économique international : Après la Seconde Guerre Mondiale, les États-Unis conçoivent l'Europe comme un débouché pour leurs produits. Ils imposent ainsi de nombreuses restrictions obligeant les européens à se tourner vers IBM<sup>208</sup>. La croissance du secteur numérique se développe en raison de l'apport considérable en terme de rationalisation de production économique dans le cadre du fordisme et du toyotisme<sup>209</sup>. Les équipements numériques permettent de diminuer les coûts de production, d'augmenter la productivité mais aussi de mieux surveiller les travailleurs. Les États continuent à développer le secteur technologique en tentant de développer un réseau interconnecté. Plusieurs projets émergent : *European Information Network*, *Cyclades*, *Mark I* ou encore *Arpanet*. Dans le courant des années 90, le *Transmission Control Protocol* (TCP/IP) est développé. Il permet la connexion entre plusieurs machines à distance. Ensuite, le *Hypertext Markup Language* (HTML), le *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP), l'*Uniform Resource Locator* (URL) et le *World Wide Web*, sont créés en Europe par Tim Berners Lee, membre du CERN. On met en forme une page via le HTML, la demande d'accès se fait via le TCP/IP et la page est transférée sous HTTP puis nous la visualisons. L'URL est disponible dans un grand annuaire qu'est le *Web*<sup>210</sup>. Avec l'émergence de ces technologies et la

---

<sup>207</sup> Coelho, Ophélie « Géopolitique du Numérique » *Chapitre 1 - Avant la Silicon Valley, des bombes, du chewing-gum et des machines à écrire*, Les éditions de l'Atelier, publié le 31 août 2023.

<sup>208</sup> Coelho, Ophélie « Géopolitique du Numérique » *Chapitre 1 - Avant la Silicon Valley, des bombes, du chewing-gum et des machines à écrire*, Les éditions de l'Atelier, publié le 31 août 2023.

<sup>209</sup> Coelho, Ophélie « Géopolitique du Numérique » *Partie II - Naissance et expansion des Big Tech*, Les éditions de l'Atelier, publié le 31 août 2023.

<sup>210</sup> Coelho, Ophélie « Géopolitique du Numérique » *Chapitre 3 - De la Big Science aux Big Tech*, Les éditions de l'Atelier, publié le 31 août 2023.

libéralisation du secteur des télécommunications, les *Personal Computers* deviennent accessibles aux particuliers. IBM, leader du secteur, décide alors de sous-traiter la production de *softwares* – couche logicielle – à Microsoft et Apple. Ces entreprises fonctionnent alors en vendant des licences aux utilisateurs. Néanmoins, cette dynamique de sous-traitance touche d'autres parties du PC : matières premières, composants, processeurs ou encore châssis. AMD, LSI Logic, HP ou Sun Microsystems font partie de ces entreprises sous-traitantes.

L'entreprise se fonde sur des investissements fondés sur le calcul accéléré, basé sur les graphiques dans un contexte fortement oligopolistique structuré autour de leurs anciennes entreprises<sup>211</sup>. Pendant 4 ans, elle conserve son statut de *start-up* en réalisant tout d'abord la carte NV1 avec STMicroelectronics, une multinationale franco-italienne. Censée remplacer les cartes vidéo 2D pour porter des jeux-vidéos sur PC. Son coût était considérable en raison de l'intégration de l'ensemble des composants utilisés alors pour produire le son, les images ou encore le calcul rendant nécessaire la modification de l'ensemble des configurations PC. Les utilisateurs de PC peuvent en effet parfois monter leurs propres PC afin de choisir les composants, en fonction de leurs besoins et de leurs moyens. Lorsque Microsoft sort son *application programming interfaces* (API) DirectX, le refus de prendre en charge d'autres logiciels graphiques met fin à cette première aventure. Une API désigne un ensemble de règles et de protocoles qui servent d'intermédiaires entre deux logiciels. Elle permet de faciliter les intégrations de services tiers et Microsoft ayant une place importante dans le marché de la couche logicielle, son choix s'impose unilatéralement à l'ensemble des acteurs dépendants de ses produits. En effet, en 1995 débutait la Bulle Internet. Les entreprises vendant des licences pour leurs logiciels (Netscape, Microsoft, Apple...) et les industries de télécommunication (Cisco, Alcatel, Lucent...) profitent d'une forte spéculation. Pourtant, dans l'ombre, le secteur du numérique se prépare à un changement profond. En 1997 que NVIDIA se remet partiellement de cet échec commercial en lançant la RIVA 128 ou NV3. Le Graphics Processing Unit (GPU) est destiné à une utilisation commerciale et intègre une accélération 3D en plus des accélérations 2D et vidéo déjà présentes. Un GPU est un composant électronique conçu pour effectuer des calculs complexes, à la différence des *Central Processing Unit* (CPU), ils effectuent de nombreux calculs simultanés et disposent de leur propre mémoire. Ce GPU est constitué de 3,5 millions de transistors cadencé à 100MHz. C'est l'usage d'une puce graphique combinée 2D/3D qui avantageait alors la puce face à ses

---

<sup>211</sup> « [This Man Is Leading an AI Revolution in Silicon Valley—And He's Just Getting Started](#) », sur *fortune.com*, publié le 16 novembre 2017.

concurrents en permettant aux ordinateurs de prendre en charge des résolutions supérieures aux puces de Voodoo Graphics<sup>212</sup> tout en réalisant des calculs par triangle. Si l'on visualise un triangle disposant à chaque sommet d'information, un GPU classique aurait calculé une information en prenant chacun des sommets, assemblés puis traités pour déterminer la couleur finale et la profondeur de l'image qui sera affichée. La méthode choisie par NVIDIA traite directement les triangles entiers en réalisant un calcul unique par cellule. La performance peut alors être multipliée par 7 tout en réduisant la charge du GPU<sup>213</sup>. Le succès de cette puce permet alors à l'entreprise de consolider sa production et d'entrer en bourse le 22 janvier 1999.

Le 11 octobre 1999, NVIDIA sort la GeForce 256 ou NV10. La puce permet de transformer les scènes 3D en scènes 2D plus vite en ne dessinant que les parties de la scène une fois le rendu terminé via un matériel *Transform, clipping, lightning* (T&L) supplémentaire et une mémoire cache<sup>214</sup>. Le succès de la puce mène l'ensemble des constructeurs à adopter cette technique. Comme pour ses premières puces, NVIDIA sous-traite la production à une entreprise taïwanaise, Taiwan Semiconductor Manufacturing Company Limited (TSMC). C'est à ce moment que NVIDIA commercialise ses produits comme un GPU<sup>215</sup>. Son système permet alors une augmentation de la fréquence de certains jeux. En 1997, le chiffre d'affaires de NVIDIA était de 13,3 millions de dollars. En 2000, son chiffre d'affaires s'élève alors à 374,5 millions de dollars, multiplié par 28<sup>216</sup>. Si ses concurrents ATI et Intel s'avèrent toujours leader sur le marché des cartes graphiques, NVIDIA s'impose alors comme une entreprise en mesure de challenger ses concurrents. A la suite de l'éclatement de la bulle internet, de nombreuses entreprises de cartes graphiques sont rachetées par ces géants. C'est dans cette période qu'émergent les géants que nous connaissons tous aujourd'hui comme Google ou Amazon. Contrairement aux entreprises fonctionnant sur le système de licence, ces entreprises proposent une utilisation gratuite de leurs services. La vente de licence permettait certes un profit direct et quantifiable mais l'usage des algorithmes de ces nouvelles entreprises dépasse toutes les attentes. L'utilisation gratuite de leurs services est profitable au consommateur, certes, mais surtout à ces entreprises elles-même. En favorisant des effets de réseau et d'échelle, plus d'utilisateurs

---

<sup>212</sup> « [RIVA 128's brochure](#) » NVIDIA, publié le 6 juillet 1997.

<sup>213</sup> Buatois, Luc. « [Algorithmes sur GPU de visualisation et de calcul pour des maillages non-structurés. Modélisation et simulation.](#) » Institut National Polytechnique de Lorraine.

<sup>214</sup> « [News Brief](#) » IGN Staff, publié le 1 septembre 2000.

<sup>215</sup> Singer, Graham « [History of the Modern Graphics Processor, Part 2](#) » TechSpot, publié le 3 avril 2013.

<sup>216</sup> *Ibid.*

participent à l'amélioration d'un algorithme, de plus en plus puissant, connecté, précis et donc à même de faire fonctionner un autre pendant du business-model. Cet autre pendant est la finalité de cet algorithme : la marchandisation des données. Ces entreprises vont mettre en avant leur capacité de micro-cibler les consommateurs grâce aux données que nous fournissons. Avec l'éclatement de la bulle, de nombreuses entreprises font faillite et sont rachetées par d'autres plus grosses. Pendant, ce temps, tandis que ATI travaillera sur le Project Dolphin pour Nintendo et sa Gamecube, NVIDIA contribuera à penser les premiers systèmes d'exploitation Xbox. NVIDIA a ainsi développé sa gamme GeForce jusqu'à surpasser ses deux concurrents en 2001 où l'entreprise détenait 31% du marché des cartes graphiques contre 26% pour Intel et 17% pour ATI<sup>217</sup>. Comme pour d'autres entreprises de la Big Tech, ceux-ci se sont vus assigner par la justice américaine pour des violations de lois antitrust dans ce secteur<sup>218</sup>. Les deux entreprises, ATI et NVIDIA, produisent alors des GPU pour des consoles de jeux-vidéos et pour des PC. En 2006, l'entreprise lance une première carte graphique à double GPU, peu de temps après ATI qui sera rachetée par AMD.

A partir de 2006, l'entreprise diversifie sa stratégie commerciale en lançant sa plateforme CUDA pour *Compute Unified Device Architecture*. C'est une plateforme de calcul parallèle qui permet d'accélérer les performances des CPU. Lorsqu'un code est rentré, ce n'est pas le CPU en lui-même qui agit mais le programme CUDA en lançant des centaines de tâches simples en même temps. Cela permet donc de traiter et d'afficher beaucoup d'images de manière plus rapide. Le marché des cartes graphiques reste alors structuré autour de la concurrence entre AMD et NVIDIA et l'hégémonie d'Intel qui en 2012 détenait 63,4% des parts de marché. Cette dernière oriente sa stratégie vers les ordinateurs de bureau et mobiles grand public en proposant des cartes graphiques avec un grand nombre de coeurs, fonctionnant à une vitesse plus lente<sup>219</sup>. Si cette décennie marque alors le début d'un succès durable pour NVIDIA, c'est bien dans la fin des années 2010 que le tournant s'opère suite à une évolution notable de l'économie numérique : le boom des crypto-monnaies.

---

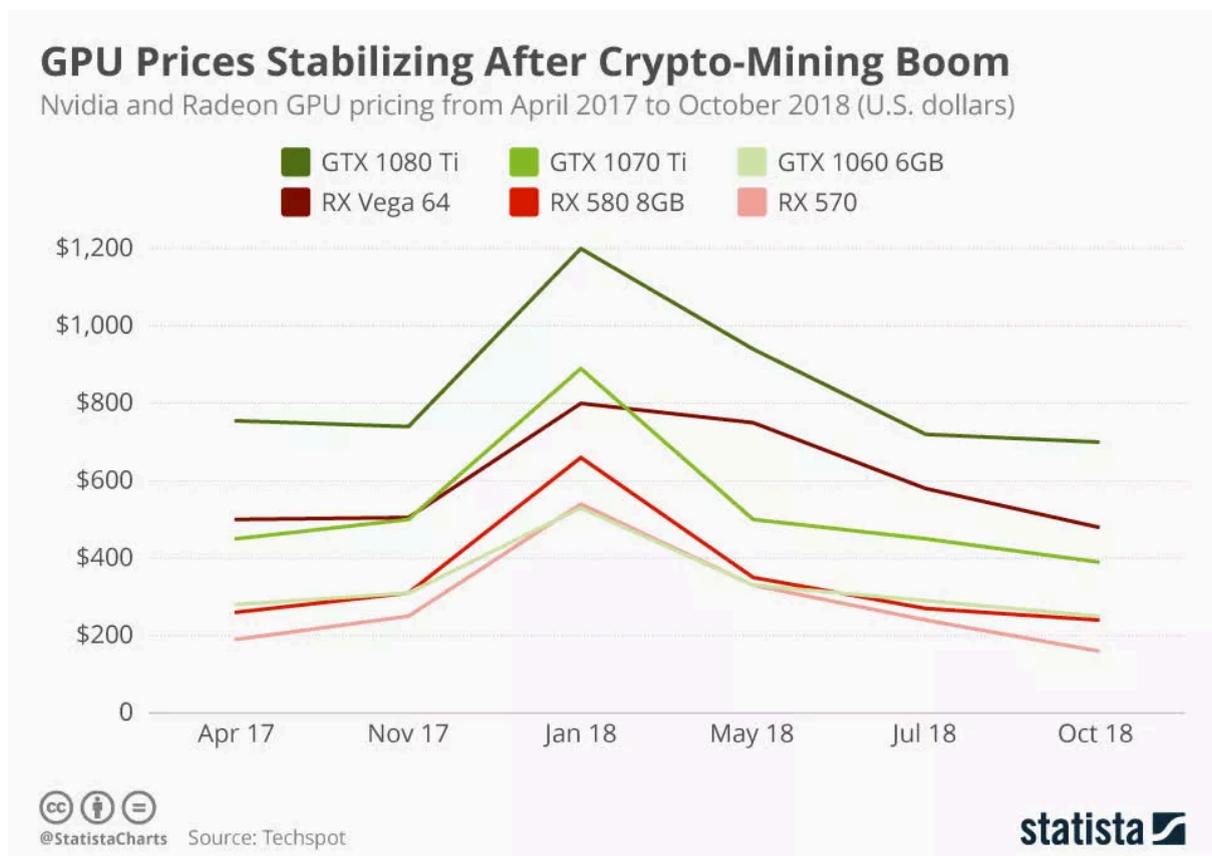
<sup>217</sup> Singer, Graham. « [History of the GPU part 3](#) » Techspot, publié le 3 avril 2013.

<sup>218</sup> Krazit, Tom, et McCarthy, Caroline (December 1, 2006). "Justice Dept. subpoenas AMD, Nvidia". *New York Times*. publié le 8 décembre 2006.

<sup>219</sup> Singer, Graham. [History of the GPU part 4](#) Techspot, publié le 3 avril 2013.

## II - L'ascension fulgurante de NVIDIA dans l'économie numérique et le rôle de la crypto-monnaie

Lorsqu'en 2015, Google fait passer son logiciel TensorFlow en open source, il offre au public un large accès à sa bibliothèque d'outils. Cela va de paire avec le développement du *Tensor Processing Unit* fabriqué par Google, un GPU maison pour accélérer les calculs via des réseaux neuronaux. NVIDIA réalise alors ses premières productions pour l'apprentissage automatique avec la Jetson TX1 et le NVIDIA DRIVE. En 2017, l'entreprise propose Volta, une carte spécifiquement destinée au marché de l'informatique professionnel<sup>220</sup>. Ici, les architectures de calcul sont différentes et à titre d'information contenait plus de 21,1 milliards de transistors. L'émergence de ces cartes graphiques amène à une utilisation davantage tournée vers les besoins de minage de crypto-monnaies dès 2018 comme le témoigne l'évolution du prix des cartes graphiques sur le graphique ci-dessous.



<sup>220</sup> Evanson, Nick. [History of the GPU part 5](#) Techspot, publié le 23 février 2021.

Pour comprendre l'importance des cartes graphiques dans le minage de crypto-monnaies il nous faut tout d'abord réaliser une courte explication sur ce que sont les crypto-monnaies. Celles-ci apparaissent en 2009 avec le bitcoin. Depuis, de nombreuses crypto-monnaies ont émergé avec des usages similaires à celles des monnaies émises par les banques centrales. Le premier principe qui structure l'émission de ces monnaies est la *blockchain*. A l'image d'un Grand Livre qui détaille les activités d'une entreprise, il s'agit de l'ensemble des transactions en bitcoin. La viabilité et la sécurité de cet instrument est garanti par la transparence et l'accès libre à la consultation de ces données sans pour autant qu'il soit modifiable *a posteriori*. Chaque transaction est réalisée grâce à des identifiants dont disposent les propriétaires de crypto-monnaies qui permet d'identifier la provenance de la transaction, inscrite sur le Grand Livre de la blockchain. Lorsqu'un individu achète ou vend un actif en crypto-monnaie, la marque de son action, via ses identifiants, est inscrite dans ce registre. Les pages de ce livre sont les *blocs* de la *blockchain*. Si l'opération, achat ou vente, a été effectuée et est inscrite sur une nouvelle page alors les identifiants de l'individu seront inscrits aussi sur la page précédente. Ces identifiants sont liés à un élément crypté inscrit dans les deux blocs (celui précédant l'opération et celui la suivant). Le bloc transforme cette information en une suite de nombre type : TransactionABC123. Elle est alors transformée en une suite de nombre. Dans un exemple de crypto-monnaie extrêmement simplifiée on pourrait comprendre ceci ainsi :

TransactionABC123 est une suite de nombre contenant la transaction, l'horodatage, le montant, etc. Cette suite de nombre sera qualifiée comme égale à  $x$ . La *blockchain* crypte le nombre et énonce un résultat type : 0023. Attention, il faut comprendre ici que cet exemple est simplifié. En réalité le *hash* contient des centaines de milliers de nombre, il faut ainsi le comprendre comme un nombre dont on affichera uniquement les 4 derniers chiffres tels que 100[...]0023. Dans cette équation, seul ce nombre est connu. Le nombre recherché par l'individu, le mineur, sera nommé  $y$ . Le système d'émission de la crypto-monnaie connaît la valeur de TransactionABC123 mais le mineur non. Le mineur va donc proposer un nombre et le système, lui, acceptera ou non la réponse tel quel :

Blockchain : TransactionABC123 ( $x$ ) + Inconnu à trouver par le mineur ( $y$ ) = Hash (0023)

Mineur A :  $x + 1 = 0023$

Blockchain : Faux

Mineur A :  $x + 2 = 0023$

Blockchain : Faux

...

Mineur A :  $x + 42 = 0023$  Blockchain : Vrai. TransactionABC123 + 42 = 0023

A ce moment, le mineur obtient une bonne réponse qui est la « preuve de son travail ». Cela débloque une nouvelle page du Grand Livre de la blockchain, un nouveau bloc. Les autres mineurs, s'ils s'interrogent sur la véracité de ce déblocage, peuvent alors tester en vérifiant que les transactions incluses dans le bloc sont valides et que le nombre final, le *hash du bloc* est bien le bon. Ils vérifient ceci en réalisant l'opération inverse. Ainsi, on aurait :

Mineur B : TransactionABC123 = [...]9981 car : [...]0023 - 42 = TransactionABC123 = [...]9981

Pour avoir résolu ce problème, le mineur A gagne alors une récompense, un total de Bitcoin par bloc découvert avec les frais de transaction associés aux transactions incluses dans le bloc qu'il a miné. Cependant, en réalité le *hash* à trouver n'est pas aussi court, il est composé de centaines de milliers de nombre qui mathématiquement multiplient les solutions potentielles. Si l'on imagine un cadenas à quatre chiffres, il y a 1 seule chance sur 10 000 possibilités de trouver le bon chiffre au hasard. Avec le bitcoin, c'est comme si l'on avait un cadenas qui disposait de millions de chiffres. Au fil du temps, le *hash* augmente en nombre, ajustant ainsi la difficulté et le temps que l'on prend à miner un bitcoin. Car oui, résoudre ces hypothèses prend du temps. En imaginant que la difficulté actuelle comprendrait par exemple 60 trillions de hashes à trouver cela donnerait :

Nombre de *hashes* moyen à essayer = 86 870 000 000 000 (difficulté du 16 août 2024<sup>221</sup>) x  $2^{32}$  (Constante, nombre de possibilité pour le *hash* codé en 32 bit)

Nombre de *hashes* moyen à essayer en août 2024 = 373 201 437 614 592 000 000 000 ou 373,2 septillions.

---

<sup>221</sup> « [Bitcoin Difficulty Chart](#) » CoinWarz, consulté le 18 août 2024.

Chaque 2016<sup>e</sup> bloc débloqué, la difficulté s'ajuste. Un bloc est constitué pour être miné environ en 10 minutes<sup>222</sup>. Lorsqu'ils débloquent un bloc, les mineurs obtiennent donc un total de Bitcoin par bloc. Tous les 210 000 blocs, soit environ 4 ans pour une durée moyenne de 10 minutes de résolution, cette récompense diminue de moitié. Cela est réalisé pour diminuer obtenir une monnaie stable en réduisant la création de bitcoins et donc l'inflation, on note ainsi : 50 BTC par bloc (2009-2012), 25 BTC par bloc (2012-2016), 12,5 BTC par bloc (2016-2020), 6,25 BTC par bloc (2020-2024)<sup>223</sup>. Ce *halving* a eu lieu le 10 mai 2024. On notera ainsi que les prochaines récompenses seront 3,125 BTC (2024-2028) puis 1,5625 (2028-2024). En suivant une courbe moyenne et en gardant les mêmes durées de résolution des problèmes, le dernier halving devrait avoir lieu en 2265, jusqu'à atteindre le plafond de 21 millions de bitcoins. Néanmoins, plusieurs facteurs peuvent intervenir en agissant sur le *hashrate* (puissance de calcul totale du réseau) : une augmentation du nombre de mineurs ou une évolution technologique permettant de calculer plus rapidement accélèrent le taux de résolution des problèmes mathématiques posés par la blockchain. La difficulté du *hashrate* s'augmentant automatiquement, l'apparition de tel facteur rend ainsi la résolution plus compliquée et donc la rentabilité moins grande. Une plus grande difficulté implique plus d'essais.

Mais qu'implique concrètement un essai ? Tout cela dépend de l'équipement. La nécessité de tel ou tel équipement pour le minage est donc quantifié par la difficulté du *hashrate*. Lorsque cette difficulté était basse, il était possible d'utiliser des CPU classiques afin d'acheter à bas prix des équipements qui faisaient largement le travail. Au fur et à mesure que la difficulté a augmenté, la rentabilité des CPU a diminué jusqu'à ce qu'en 2018 le retour sur investissement soit plus important pour un GPU qu'un CPU. En effet, par les caractéristiques techniques que nous avons expliquées précédemment, le GPU calcule en parallèle plusieurs résultats via la présence de plusieurs cœurs et de leur mémoire cache plus élevée. Avec l'augmentation de la valeur boursière du Bitcoin et la spéculation, les mineurs ont donc ciblé un achat massif des cartes graphiques afin de profiter du boom de la crypto-monnaie. D'autres acheteurs ayant supposé une restriction de l'offre ont ainsi spéculé en achetant de nombreuses cartes graphiques dans un processus spéculatif. 25% des cartes graphiques étaient alors achetées en 2020 étaient achetées pour le minage de crypto-monnaies<sup>224</sup>. Naturellement en prenant en compte cette forte restriction de la demande par rapport à

---

<sup>222</sup> bit2me Academy « [Bitcoin mining : Comment créez-vous un bloc ?](#) » publié en 25 février 2020.

<sup>223</sup> « [Halving Bitcoin : Compte à rebours, date et définition du halving de bloc](#) », CoinAcademy.

<sup>224</sup> Dow, Robert, « [Q2 GPU shipments soar year-to-year](#) » Jon Peddie Research, publié le 26 août 2021.

d'autres usages (gaming, construction d'ordinateurs destinés à un usage personnel ou professionnel, intégration de cartes graphiques dans des véhicules électrique...), le prix des cartes graphiques a explosé permettant aux entreprises de carte graphique d'augmenter grandement leurs profits. Cette tension sur le marché des cartes graphiques est donc impulsée par l'attrait du minage, qui, en raison des économies d'échelle et de la tentative des crypto-mineurs de diminuer les coûts de production des BTC (ou tout autre monnaie), industrialisent à grande échelle de véritables fermes de crypto monnaies.

### III - NVIDIA et l'IA : Interdépendance de l'innovation technologique et équiementière

Tout comme les cryptomonnaies, la base des IA est le calcul de données, en tout cas de probabilité. Les Intelligences Artificielles sont multiples, elles ont divers usages, divers objectifs et peuvent être destinées à des publics différents. Ce qui les caractérise c'est l'apprentissage automatique, qui permet aux systèmes d'apprendre à partir de données sans programme explicite, un réseau de neurones artificiels et un traitement du langage humain. Pour l'apprentissage automatique ou *machine learning*, de nombreuses manières peuvent exister comme utiliser des jeux de données étiquetés, analyser des schémas et des tendances ou encore entraîner les modèles par des essais et erreurs. On collecte tout d'abord une large base de données, on choisit le modèle d'apprentissage adapté et on l'entraîne en l'évaluant. De nombreux types d'IA existent, ainsi la reconnaissance vocale est considérée comme une IA faible tout comme les IA générative de texte car elles sont développées pour concevoir des tâches spécifiques. Les progrès technologiques viseront ainsi à développer une IA générale, au niveau de l'intelligence humaine, et à terme une IA super-intelligente, dépassant largement nos capacités. Les réseaux de neurones artificiels traitent l'information par couche. Les premiers reçoivent les données initiales, chaque neurone calcule une somme pondérée des informations puis le signal est propagé aux couches suivantes jusqu'à obtenir le résultat souhaité. Imaginons une image de 28x28 pixels, soit 784 pixels au total. Chaque neurone va calculer la valeur de l'intensité du pixel sur un spectre allant de 0 à 1, du blanc au noir. Chaque neurone va caractériser une particularité du pixel (couleur, poids, etc) puis faire la somme de ces données pour les transmettre à la prochaine couche de neurone jusqu'à ce que l'information soit écrémée pour donner un résultat probable à la couche de neurones de sortie. Cela nécessite donc de réaliser des calculs parallèles importants, tâche privilégiée des GPU. Certains GPU ou puces peuvent être néanmoins plus utiles pour certains domaines spécifiques. C'est pour cela que l'on a créé des *Application-Specific Integrated Circuit* (ASIC) pour les crypto-monnaies, des puces produites spécifiquement pour le crypto-minage afin d'augmenter la rentabilité des équipements, rendant les GPU beaucoup moins attractifs.

Prenant source sur un article du New Yorker<sup>225</sup>, on voit que l'entraînement de réseau neuronal dans les années 2010 pour identifier des vidéos de chat par google nécessite seize mille

---

<sup>225</sup> Witt, Stephen, «[How Jensen Huang's Nvidia is powering the A.I. revolution](#)» The New Yorker, publié le 27 novembre 2023.

processeurs et seulement deux GPU de Nvidia GeForce appuyés par l'interface CUDA. C'est via la reconnaissance d'image et les résultats qualitatifs de l'utilisation des GPU que l'entreprise se lance dans le secteur de l'IA jusqu'à présenter en 2016 leur premier supercalculateur le DGX-1. Ces GPU ont été utilisés chez OpenAI notamment pour entraîner les modèles GPT jusqu'à sa sortie en novembre 2022 NVIDIA cherche encore aujourd'hui alors à renforcer son *business model* vers la construction d'équipements spécifiques pour l'IA et la recherche comme le montre le supercalculateur *Cambridge-1* lancé en juillet 2021<sup>226</sup> ou le nouveau siège social de l'entreprise<sup>227</sup>. NVIDIA commercialise le [H100](#) basé sur une nouvelle architecture Hopper en 2022. L'architecture permet une performance accrue, notamment via une bande passante plus importante et des calculs simultanés intensifs<sup>228</sup>. Selon NVIDIA, 20 de ces GPU peuvent supporter l'équivalent du trafic Internet mondial. Ces super-puces sont ainsi principalement destinées à l'usage industriel, notamment les entreprises détenant des services cloud. Ce sont des boîtes métalliques de 150 kilos, bien loin des premiers GPU qui peuvent coûter jusqu'à 500 000 dollars en 2023.

Avec l'émergence de ChatGPT et des IA de texte générative pour le grand public, une bulle spéculative s'est créée sur ce sujet, en dopant donc les résultats financiers des entreprises telles que OpenAI mais aussi celles qui produisent les équipements nécessaires comme NVIDIA. Cette évolution majeure du secteur économique numérique tient au fait que les architectures des puces et produits sont maintenant conçues pour traiter la méthode même de *deep learning*. Si les puces H100 ne suffisent pas alors il suffit de les entreposer, de les relier dans des lieux spécifiques afin d'augmenter les capacités de calcul, ce à quoi servent les *data centers* et les centres de traitement de données. Selon le même article du New Yorker cité précédemment, la marge brute des équipements de NVIDIA approchait 70% en 2023. Leurs concurrents historiques, AMD, lancent aussi des supercalculateurs mais NVIDIA conduit une stratégie concurrentielle agressive et le renforcement du tournant vers l'IA générative.

Le domaine de l'équipement n'est pas le seul vecteur de transformation de l'activité de NVIDIA vers l'IA. En effet, en plus de la couche logicielle proposé par NVIDIA comme nous l'avons vu avec CUDA, l'entreprise propose une bibliothèque de modèles d'IA générative nommée Picasso<sup>229</sup>. Cette bibliothèque propose donc de créer et d'entraîner des

<sup>226</sup> « [NVIDIA launches UK's most powerful supercomputer, for Research in AI and Healthcare](#) » Communiqué de presse de NVIDIA, publié le 6 juillet 2021.

<sup>227</sup> « [Shankland, Stephen « Behold Nvidia's Giant New Voyager Building](#) » CNET, publié le 5 mai 2022.

<sup>228</sup> Duckett, Chris, « [IA : NVIDIA dévoile sa nouvelle architecture Hopper, le successeur d'Ampere](#). » ZDnet, publié le 23 mars 2022.

<sup>229</sup> « [NVIDIA Picasso - Page produit](#) » Site de NVIDIA.com.

modèles d'IA sur une base de données par Shutterstock ou encore Getty Images. A cela s'ajoute une *Fonderie d'IA* qui permet de choisir l'architecture Edify proposée par NVIDIA en les personnalisant selon ses usages. Ces IA génératives visuelles permettent de produire des images, des contenus 3D, des textures, de l'éclairage et même des vidéos. Ce modèle étant en open-source, il dispose comme CUDA de la possibilité pour les codeurs de construire leurs logiciels dans n'importe quelle langue de codage. Les services *cloud* des GAFAM, AWS, Google Cloud, Microsoft Azure ou Oracle Cloud utilisent le NVIDIA DGX Cloud. Au-delà de la génération de texte ou d'image, NVIDIA propose ainsi l'entraînement des IA pour consolider les algorithmes de recherche actuelle dans les prévisions météo, dans l'optimisation des itinéraires, dans la découverte de médicaments mais aussi la construction d'interfaces machine-homme<sup>230</sup>. Ces modèles d'API sont open-source permettant donc à NVIDIA de multiplier les agents qui produiront et entraîneront ces modèles, ayant pour conséquence un *cercle vertueux* d'alimentation de contenu. Le *software* est alors utilisé comme un moyen de construire un environnement adapté aux entreprises qui permettront de restreindre les possibilités pour les agents économiques de se détourner du modèle NVIDIA via une dépendance au chemin, la même stratégie qu'a pu utiliser IBM en son temps. Mais derrière ce *cloud*, il y a bien une infrastructure matérielle qui sous-tend cette possibilité. Certes, l'utilisateur peut s'équiper de cartes graphiques mais il peut aussi souscrire au *cloud NVIDIA*. Dans l'exemple du gaming, en utilisant GeForce Now pour 9,16 euros par mois pour une version où l'on peut jouer durant 6 heures et 18,33 euros par mois pour une version illimitée, il est possible de réaliser les calculs qui étaient autrefois réalisés par le GPU de l'ordinateur à distance. Les GPU à distance transmettent alors un flux vidéo via la connexion internet<sup>231</sup>. Les joueurs peuvent alors jouer à des jeux en résolution maximale en 4K et en 120 images par secondes (FPS). Ce système permet ainsi de jouer à des jeux sur d'anciens ordinateurs, sur des smartphones ou tablettes qui ne disposeraient pas de la puissance suffisante pour les faire tourner. Dans ses usages professionnels, ce type de cloud permet donc aussi aux entreprises de bénéficier d'une puissance de calcul conséquente sans pour autant qu'elles aient à leur disposition de nombreuses cartes graphiques. Cependant, il serait illusoire de penser que ce service cloud remplace intégralement l'achat massif de cartes graphiques comme nous allons à présent le voir avec l'exemple de la *Chips Wars*.

---

<sup>230</sup> « [NVIDIA Build](https://www.nvidia.com/build) » Homepage de build.nvidia.com, le catalogue d'API de NVIDIA.

<sup>231</sup> « [NVIDIA GeForce Now : tout comprendre au service de cloud gaming de NVIDIA](#) » Frandroid, publié le 24 juillet 2024.

## IV - 2020-2023 : Pénurie et contrôle des chaînes d'approvisionnement

En 2020, une pénurie des micro-processeurs démarre. 169 industries sont touchées<sup>232</sup>. Parmi elles, le secteur industriel notamment et l'ensemble de la chaîne de production qui dépend de l'utilisation des micro-processeurs dans ses produits. Plusieurs raisons existent mais rappelons tout d'abord qu'en 2022, le secteur pesait à lui seul, 600 milliards de dollars<sup>233</sup>. Pour cela il nous faut comprendre le modèle du processus de production des microprocesseurs. Intel, AMD ou NVIDIA sont des entreprises sans usines. Celles-ci désignent donc leurs puces électroniques puis elles sous-traitent à un constructeur. Pour réaliser une fonderie de micro-processeurs, plusieurs conditions doivent réunies. La plus importante, *Taiwan Semiconductor Manufacturing Corporation* (TSMC) est une scission de l'Institut de recherche en technologie industrielle du gouvernement taïwanais datant de 1987. Tandis que l'institut de recherche conçoit les semi-conducteurs, TSMC les fabrique. Ce modèle d'entreprise permet tout d'abord de renforcer la compétitivité et l'intérêt de Taïwan dans le commerce international dès lors qu'il permet à des *start-up* ou de plus grosses entreprises de produire des circuits intégrés sans devoir assumer les coûts d'une fonderie. Cherchant à s'exporter, TSMC est par exemple en discussion pour réaliser sa première usine de semi-conducteurs en Europe. Située en Allemagne, cette seule fonderie coûterait 11 milliards d'euros d'investissement, celle que l'entreprise a implanté en Arizona, 11 milliards de dollars<sup>234</sup>. Pour comprendre le coût d'une fonderie il faut comprendre les défis auxquels les fonderies font face. La miniaturisation des processus de fabrication atteint aujourd'hui des *nœuds* (les connexions entre les atomes de silicium) de 3 nanomètres. Pour donner un ordre d'idée, un brin d'ADN a une largeur de 2 nm et la plus petite bactérie connue mesure entre 200 et 300 nm de diamètre. A cette taille, il faut ajouter que les composants ne doivent en aucun cas être contaminés, d'où un strict contrôle de la température, de l'humidité et même des particules dans des *salles blanches*. Une fois cet environnement réuni, il est important de détenir des équipements de lithographie précis à une échelle nanométrique et d'autres machines de pulvérisation, de contrôle qui permettront d'inscrire ce que l'on veut sur le

---

<sup>232</sup> « [Composants électroniques : des tensions d'approvisionnement toujours vives](#) » Le Point, publié le 13 décembre 2022.

<sup>233</sup> Boule, Clément, « [Les semi-conducteurs au coeur de la rivalité Chine-USA](#) » Polytechnique Insights, publié le 23 mars 2022.

<sup>234</sup> « [TSMC, le géant des puces](#) », Le Revenu publié le 10 février 2023.

*wafer*. Ce dernier est l'élément essentiel dans le processus de fabrication de semi-conducteurs. C'est une fine tranche de silicium en forme de disque de 25 à 300 mm servant de support pour les circuits intégrés et les transistors<sup>235</sup>. Un wafer contient alors de nombreux micro-processeurs puis est découpé pour réaliser le GPU. Il est à noter que les cartes graphiques disposent aussi de plusieurs autres composants tels que la mémoire vidéo, le circuit imprimé, le système de refroidissement, les connecteurs d'alimentations, des condensateurs et des résistances. Tout cela crée donc d'importantes barrières à l'entrée pour les entreprises qui souhaiteraient investir dans des unités de production. En plus de ces barrières à l'entrée, le secteur des micro-processeurs nécessite de lourds investissements en R&D. Ainsi, TSMC a investi 5,52 milliards de dollars américains sur la seule année 2023<sup>236</sup>. Pour visualiser la difficulté à se fournir chez d'autres constructeurs, il suffit de regarder l'état de la partition du marché de la production des semi-conducteurs. En 2023, selon *Trendforce*, les 10 premières fonderies détenaient au total un revenu au dernier trimestre de l'année 2023 de 30,489 milliards d'euros. Cependant, les parts de marchés entre les différentes fonderies sont bien peu également réparties. En effet, TSMC représentait 61,2% de parts de marchés contre 11,3% pour son concurrent Samsung comme le démontre le tableau ci-dessous, issu de la page Wikipedia de NVIDIA :

---

<sup>235</sup> « [Wafer](#) » Page wikipédia, consultée le 17 août 2024.

<sup>236</sup> « [2023 Annual report](#) » TSMC publié le 12 mars 2024.

Rang	Entreprise	Type	Pays	Revenus (Millions de USD)		Part de marché	
				Q4 2023	Q3 2023	Q4 2023	Q3 2023
1	TSMC	Pure-play	Taiwan	19,660	17,249	61,2	57.9
2	Samsung Semiconductor	IDM	Korea	3,619	3,690	11.3	12.4
3	GlobalFoundries	Pure-play	United States	1,854	1,852	5.8	6.2
4	UMC	Pure-play	Taiwan	1,727	1,801	5.4	6.0
5	SMIC	Pure-play	China	1,678	1,620	5.2	5.4
6	Hua Hong Semiconductor	Pure-play	China	657	766	2.0	2.6
7	Tower Semiconductor	Pure-play	Israël	352	358	1.1	1.2
8	PowerChip	IDM	Taiwan	330	305	1.0	1.0

9	Nexchip	Pure-play	China	308	283	1.0	0.9
10	Vanguard (VIS)	Pure-play	Taiwan	304	333	1.0	1.11

Bien qu'il existe certaines sociétés comme Samsung ou PowerChip qui sont des IDM, la grande majorité des entreprises sont des *pure-players*. Cela signifie qu'ils ne conçoivent pas de puces électroniques. Il est ainsi plus rentable de ne pas concevoir de puces en laissant d'autres entreprises le faire et donc en pouvant produire l'ensemble de ces puces. Cela permet à l'entreprise d'avoir des clients variés et de produire de manière continue sans risque, *a priori*, de tension pour elle. En développant ce modèle, elles se rendent d'autant plus indispensables à leurs premiers clients tels que NVIDIA, Intel, AMD ou Qualcomm mais aussi aux clients de ces derniers, les GAFAM ou autres entreprises de la Big Tech. Attaquer ce maillon de la *supply chain* c'est donc attaquer le point névralgique de la production matérielle de l'économie numérique. Le vecteur actuel de spéculation boursière et l'enjeu essentiel pour le développement des possibilités de calcul pour l'IA comme nouveau paradigme économique du commerce international. Le graphique publié par Bloomberg le montre bien<sup>237</sup> :

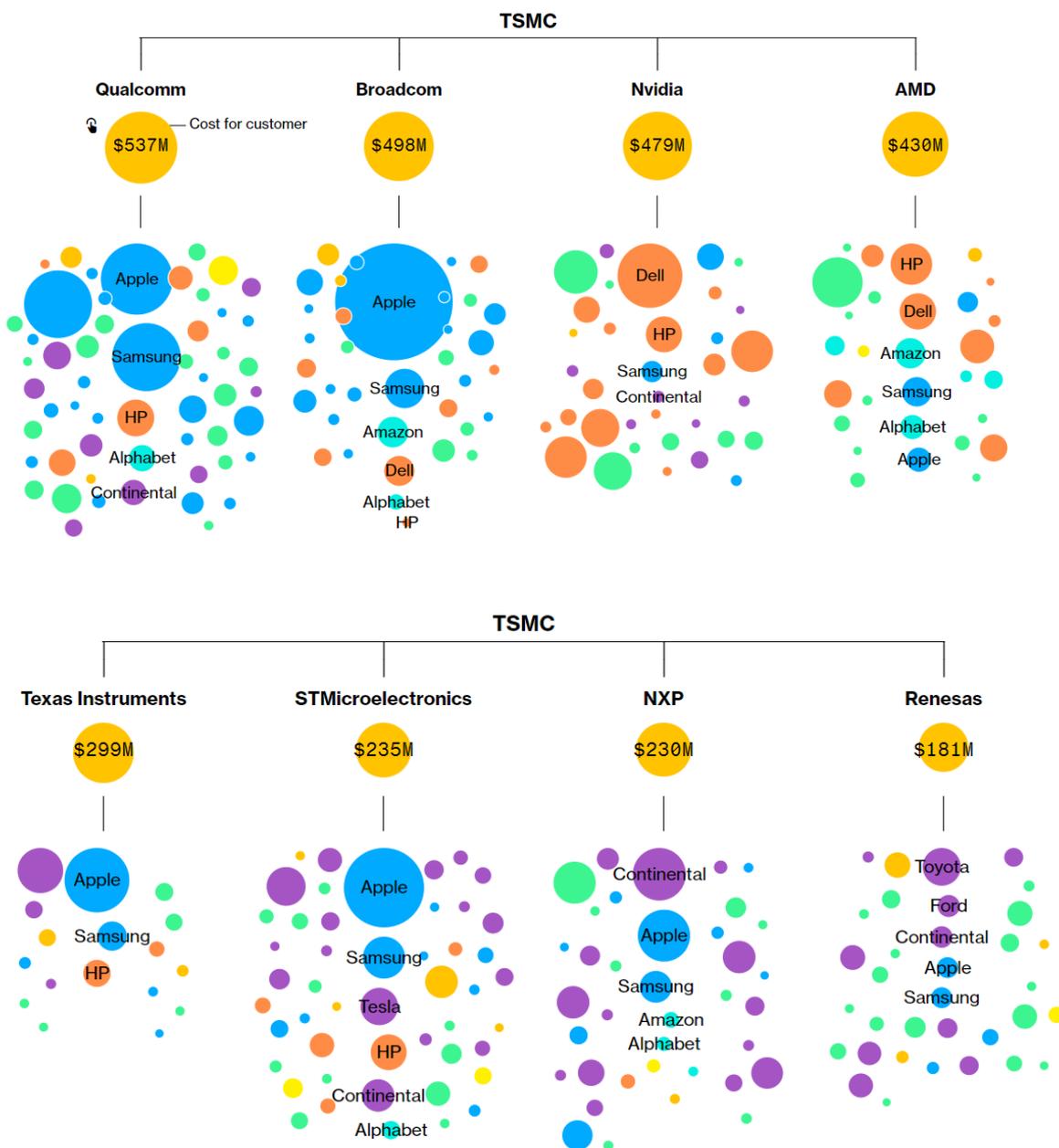
---

<sup>237</sup> King, Ian, Wu, Debby et Pogkas, Demetrios, « [How a chip shortage snarled everything from phones to cars](#) » Bloomberg, publié le 29 mars 2021.

### Supply Chain Bottleneck

TSMC manufactures chips for **chip designers and semiconductor firms**, which in turn supply major makers of consumer electronics and cars

- Autos
- Communications
- Consumer electronics
- Hardware
- Household appliances
- Online Services



King, Ian, Wu, Debby et Pogkas, Demetrios, « [How a chip shortage snarled everything from phones to cars](#) » Bloomberg, publié le 29 mars 2021

Comme on peut le voir sur ces graphiques, TSMC fournit non seulement la quasi-totalité des designers de puces mais les usages sont différenciés selon les produits désignés. Ainsi, NVIDIA et AMD dominent le marché du *hardware* tandis que Qualcomm et Broadcom dominent celui des télécommunications.

Un manquement dans cette *supply-chain* est donc synonyme de conséquence en chaîne. Si notre exemple introductif de la pénurie des micro-processeurs l'a montré, il nous est dès lors nécessaire de le développer d'autant plus pour appréhender à la fois la matérialité nécessaire de l'ensemble des couches de l'économie numérique, pour comprendre l'intérêt des agents économiques pour la production des semi-conducteurs. En 2020, la crise sanitaire du COVID-19 impulse deux dynamiques. La première est celle du développement du télétravail pour conjuguer croissance économique et mesures de confinement. Nikkei Asia estimait ainsi que le marché des ordinateurs en 2020 avait connu une augmentation de la demande de 13%<sup>238</sup>. La deuxième dynamique a été celle de l'augmentation de la tension dans les *supply chain* en raison des politiques de confinement qui mènent à réduire ou fermer les unités de production, à Taïwan ou ailleurs. A cela, ajoutons les phénomènes météorologiques ayant eu lieu à Taïwan avec une forte sécheresse en 2021, alors même que l'industrie des semi-conducteurs est extrêmement consommatrice d'eau ultra pure<sup>239</sup>. TSMC consommait ainsi 76,1 millions de mètres cubes d'eau en 2021 sur ses installations taïwanaises<sup>240</sup>. Néanmoins, si tout cela n'était joué qu'au hasard des événements météorologiques ou sanitaires, cela serait trop simple. Les facteurs géopolitiques ont ainsi joué, tout autant que la gestion de ces événements. Ils jouent sur l'ensemble des étapes de la *supply chain*, de l'approvisionnement en amont à la vente en aval.

Le mandat de Donald Trump a initié une nouvelle politique commerciale des États-Unis vers la Chine. Les États-Unis ont commencé par réaliser une politique protectionniste vis-à-vis de leur économie et de leurs exportations mais ont aussi imposé des restrictions à de nombreuses entreprises chinoises et États-Uniennes sous peine de sanction. L'exemple le plus frappant dans notre cas est celui de *Semiconductor Manufacturing International Corporation* (SMIC), l'entreprise disposant de la plus grande production de puces en Chine. Le groupe fournit les équipements de télécommunication civils et militaires étatiques et participe à de nombreux projets impulsés par le *China Integrated Circuit Industry Investment Fund*, un fond d'investissement gouvernemental pour les circuits intégrés<sup>241</sup>. Elle produit les puces de Qualcomm, Huawei, Broadcom ou encore Texas Instruments. C'est ce

---

<sup>238</sup> Ting-Fang, Cheng et Li, Lauly « [La production de MacBook et d'iPad retardée en raison d'une pénurie d'approvisionnement](#) » NikkeiAsia, publié le 8 avril 2021.

<sup>239</sup> Rong Xu, An « [Taiwan is facing a drought, and it has prioritized its computer chip business over farmers.](#) », The New York Times, publié le 8 avril 2021.

<sup>240</sup> Loukil, Ridha « [Le fabricant de puces TSMC de nouveau confronté au manque d'eau à Taïwan](#) » L'usine Nouvelle, publié le 24 mars 2023.

<sup>241</sup> Sheng, Wei, « [SMIC gets \\$2 billion from China's state-backed funds](#) », Technode, publié le 18 mai 2020.

lien avec l'industrie militaire qui pousse en 2020 le département du commerce étasunien à demander à ce que les entreprises traitant avec SMIC obtienne une licence. Cela signifie que d'autres entreprises pourraient construire leur puces moyennant une certaine somme d'argent<sup>242</sup>. Les entreprises qui veulent alors commercialiser leurs produits sur le territoire états-unien se tournent alors naturellement vers TSMC et Samsung, les deux plus grosses fonderies. Or avec l'ensemble des raisons que nous venons de citer, ces entreprises étaient largement sous tension en raison de la hausse de la demande. La production des semi-conducteurs est en effet issue en large majorité du continent asiatique. Les États-Unis à titre d'exemple ne produisaient en 2021 plus que 12% de la production mondiale des puces électroniques contre 37% en 1990<sup>243</sup>. Cependant, les entreprises telles que NVIDIA, Intel ou AMD, désignent les puces. Elles doivent alors sortir des puces spécifiques au marché chinois et se sont vues restreindre leurs exportations pour des entreprises chinoises telles que Huawei. Bien que Huawei ne représentait « que » 15% du chiffre d'affaires de TSMC, l'interdiction d'obtention des puces a fait chuter ses ventes de 288,9% dans les pays occidentaux<sup>244</sup>.

La pénurie des semi-conducteur a donc conduit à une hégémonie de plus en plus forte de l'entreprise TSMC qui augmente alors le prix de ses *wafers* de 10 à 20% en 2021<sup>245</sup> tout comme les autres fonderies. N'est-il pas possible alors pour les entreprises dépendantes telles que Apple de se tourner vers un autre constructeur ? Non. TSMC est le seul capable de produire des puces au niveau et surtout en nombre suffisant pour assurer la chaîne d'approvisionnement de certains produits. Ce n'est pas sans compter sur les logiques de spéculation et de sécurisation des ressources des entreprises. Huawei comme d'autres, à la suite des premières sanctions américaines ont ainsi constitué un stock important de semi-conducteurs, accélérant la pénurie. Huawei a ainsi constitué un stock de 13 milliards de dollars de semi-conducteurs en 2019<sup>246</sup>.

---

<sup>242</sup> Lyons, Kim « [US tightens trade restrictions on Chinese chipmaker SMIC](#) » The Verge, publié le 26 septembre 2020.

<sup>243</sup> Massie, Graeme « [Major chip shortage caused by Trump trade war blamed for PS5 shortage](#) » Independent, publié le 11 février 2021.

<sup>244</sup> Ke, Ding « [Chine contre États-unis : le front oriental de la guerre. Deuxième partie : la technologie](#) » LeGrandContinent, publié le 4 octobre 2023.

<sup>245</sup> Gartenberg, Chaim « [TSMC augmente les prix des puces alors que les pénuries d'approvisionnement persistent](#) » The Verge, publié le 26 août 2021.

<sup>246</sup> Boulle, Clément, « [Les semi-conducteurs au coeur de la rivalité Chine-USA](#) » Polytechnique Insights, publié le 23 mars 2022.

Mais en quoi NVIDIA est ici concernée ? 47% des ventes du secteur des semi-conducteurs proviennent de la conception. L'avance technologique de NVIDIA en ce qui concerne l'IA est ainsi un vecteur important de sa récente valorisation et augmentation de part de marché sur certains clusters. NVIDIA a alors réservé des capacités de production à hauteur de 6,9 milliards de dollars pour produire des wafers de 5 nm dès 2021<sup>247</sup> en prévoyant les risques de pénurie. Cela a largement handicapé son concurrent AMD qui, dès lors, n'avait pas la possibilité de produire suffisamment de ses puces graphiques<sup>248</sup>. Cela pousse alors à des parts de marché de plus en plus importantes pour NVIDIA. L'entreprise pèse en effet pour 80% des parts de marché pour les semi-conducteurs à IA<sup>249</sup> et la continuité de cette hégémonie pourrait amener à un effet de *lock-in* complet. Cela a donc pour conséquence naturelle, une plus grande dépendance des GAFAM même envers NVIDIA, notamment pour les recherches en intelligence artificielle. OpenAI cherche ainsi à développer des semi-conducteurs IA avec Broadcom<sup>250</sup> tandis que Tesla commence à développer son propre matériel depuis 2019<sup>251</sup>. De l'autre côté du pacifique, la Chine cherche aussi suite aux sanctions américaines à produire des semi-conducteurs tout aussi compétent comme le démontre l'exemple de SMIC. C'est un enjeu tant économique que géopolitique car le développement de l'IA et de son environnement est donc devenu un nouveau moteur de l'économie numérique.

---

<sup>247</sup> Bouvet, Rémi, « [NVIDIA réserve des wafers 5nm à TSMC à coup de milliards](#) » Tom's Hardware, publié le 29 décembre 2021.

<sup>248</sup> Underscore\_ « [La stratégie diabolique d'Nvidia pour étouffer AMD](#) » Youtube, publiée le 26 juin 2024.

<sup>249</sup> Clapaud, Alain « [IA : quelles alternatives à NVIDIA ?](#) » Silicon, publié le 30 mai 2024.

<sup>250</sup> Jowitt Tom, « [OpenAI cherche des alternatives à Nvidia](#) » Silicon, publié le 23 juillet 2024.

<sup>251</sup> Shahan, Zachary, « [Nvidia's self-driving vehicle approach – from Tesla to DHL to Mercedes](#) », CleanTechnica, publié en 2020.

## V - NVIDIA : Symbole actif d'un nouveau paradigme tourné vers l'IA ?

Comme nous avons donc pu le voir au fil de cette étude de cas, la valorisation à 3 000 milliards de dollars de NVIDIA le 18 juin 2024<sup>252</sup> correspond à plusieurs vecteurs mais l'évolution de la capitalisation boursière de NVIDIA depuis 5 années peut être corrélée à celle de l'évolution de l'IA et le rôle des semi-conducteurs dans l'économie numérique. Ainsi, sur le graphique ci-dessous, on voit que la valorisation boursière de NVIDIA augmentait de manière cohérente sur la période 2020 et toute la crise des semi-conducteurs. Plusieurs pics de valorisation sont constatés pendant la période de pénurie des semi-conducteurs mais c'est bien à partir de novembre 2022 où la valorisation de NVIDIA explose. Le 30 novembre 2022, jour de la sortie de ChatGPT, l'action était à 68,56\$. Un an plus tard, en 2023 elle se quantifie à 187.08\$. Cette croissance continue jusqu'à atteindre les 3 000 milliards dont nous parlons aujourd'hui<sup>253</sup>.



<sup>252</sup> Verge, Pauline et Goulard, Hortense « [NVIDIA devient la première capitalisation boursière mondiale](#) » publié le 18 juin 2024.

<sup>253</sup> « [Graphique société NVIDIA](#) » Boursier.com, consulté le 18 août 2024.

NVIDIA surpasse donc l'ensemble des entreprises du NASDAQ, vaut autant que l'ensemble des entreprises du CAC 40 et même si l'action subit quelques déconvenues, elle reste toujours au sommet des valorisations boursières. Pourtant, le résultat net de NVIDIA est inférieur à celui de ses concurrents. La valorisation de l'entreprise démontre alors que ce n'est pas sa trésorerie actuelle qui détermine l'intérêt que les boursiers lui prêtent mais bien ses capacités d'évolution, notamment dans le secteur de l'IA, qui se corrèle aux évolutions de la valeur de l'action. Cette évolution ne tient donc pas uniquement à l'innovation technologique que NVIDIA apporte mais bien à l'innovation technologique de NVIDIA dans le contexte de son environnement économique. La marchandise de NVIDIA n'a pas de valeur d'usage par essence car celle-ci se construit sur son utilité dans un tissu social productif mondial<sup>254</sup> où sa technologie GPU a un intérêt. Cet environnement est donc celui de l'IA qui nécessite une somme de calculs exponentiel au nombre infini de données qu'elle peut et doit traiter. L'inclusion de l'IA, peu importe qu'elle soit faible, générative ou forte, se fait dans nombre de secteurs, même ceux qui pensaient pouvoir s'en dégager comme ont pu le montrer les récents exemples de modification de la division du travail dans le secteur de la veille journalistique<sup>255</sup>.

NVIDIA et le secteur de l'IA ont tout intérêt à développer ce modèle d'IA. Le rôle de la firme a alors un effet performatif sur le secteur de l'économie, que ce soit par la spéculation qui est entraînée par effet de mimétisme ou bien les actions de l'entreprise même. Via son *venture capital*, NVIDIA investit alors dans des entreprises travaillant sur la couche logicielle de l'IA comme Run:AI ou Deci acquises en 2023. Mais elle investit aussi dans le secteur de l'équipement, son cheval de bataille, avec les investissements dans Arm Holdings (2022) et dans le secteur du transport et du traitement des données avec Cumulus Networks (2020) ou Mellanox Technologies (2019). Dans un contexte de libéralisation de l'économie et de structuration de la politique *anti-trust* états-unienne vers la protection du consommateur<sup>256</sup>, NVIDIA choisit naturellement de développer un environnement favorable dans les trois

---

<sup>254</sup> Marx, Karl « Le capital, Livre I » *Chapitre IV, La marchandise*, Maurice Lachâtre, publié le 14 septembre 1867.

<sup>255</sup> « [Onclusive : le plan de remplacement de personnels par l'IA contesté](#) » Les Échos, publié le 15 janvier 2024.

<sup>256</sup> Frédéric Marty. [Le critère du bien-être du consommateur comme objectif exclusif de la politique de concurrence: une mise en perspective sur la base de l'histoire de l'Antitrust américain](#). *Revue internationale de droit économique*, 2015, 2014 (4), pp.271-297.

couches de l'économie numérique. En contrôlant l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement, l'entreprise rend dépendante alors tout le secteur du numérique qui souhaiterait travailler avec l'IA, ses data-centers spécifiques comme ont pu le faire Alphabet, Meta, Microsoft ou IBM. NVIDIA répond donc bien au modèle idéal-typique caractéristique des entreprises de l'économie numérique comme défini dans notre introduction.

Le développement de l'IA est alors devenu stratégique pour les entreprises du numérique dès lors qu'il permet de réduire certains coûts de production, augmenter les possibilités de profit et le perfectionnement des produits proposés aux utilisateurs. Néanmoins, comme l'a montré l'exemple de la guerre commerciale menée par Donald Trump envers la Chine et les semi-conducteurs, cette question est aussi une question géostratégique. TSMC n'a pu construire ses unités de production et sa place monopolistique uniquement grâce au soutien premier du gouvernement taïwanais et des IDE. Ses infrastructures créées en Europe ou aux États-Unis répondent certes à un moyen d'augmenter la production et d'accroître ses parts de marché mais elles dépendent aussi des investissements publics. La *Chips Wars* s'est en effet inscrite dans un contexte géo-économique où la Chine, consciente des enjeux technologiques, déploie le programme *Made In China 2025*, augmentant les restrictions vis-à-vis des entreprises étrangères afin d'obtenir des *joint-ventures*. L'action des États-Unis doit quant à elle se replacer dans le déclin de l'industrialisation à haute valeur ajoutée au profit des économies émergentes depuis plusieurs décennies. L'action de Donald Trump qui n'a pas été stoppée par Joe Biden répond ainsi à des enjeux de relocalisation de la production. A tout cela, les besoins matériels qu'ils soient dûs à l'énergie nécessaire ou aux matériaux inhérents à la construction de l'équipement destiné aux IA est tout aussi important. La sécheresse à Taïwan mais aussi la rupture d'approvisionnement de certaines matières premières comme la diminution des exportations du néon par l'Ukraine dans le cadre de la guerre russo-ukrainienne de 2022<sup>257</sup> a ainsi joué sur les *supply chain* de l'IA démontrant que l'économie numérique est tout aussi soumise aux conditions matérielles de son environnement qu'avant.

Le développement du secteur de l'IA est donc constitutif d'un nouveau tournant dans l'économie numérique après celui des transistors en 1947, de la commercialisation des CPU par Intel en 1971, le *World Wide Web* en 1989, la bulle internet des années 2000 où l'avènement de l'ère de la surveillance via la couche logicielle au début des années 2000. Ce

---

<sup>257</sup> Keary, Tim, « [Ukraine supplies 90% of U.S. semiconductor-grade neon \(and what it means to chip supply chain\)](#) » VentureBeat, publié le 24 février 2022.

sont sur ces modèles paradigmatiques que l'économie numérique par un double mouvement transforme la société et est transformée par la société. L'exemple de NVIDIA montre qu'il est ainsi éminemment important de comprendre ces transformations par les transformations technologiques, mais si nous souhaitons montrer à quel point l'économie numérique est en fait conditionnée à un environnement matériel, palpable, nous devons dès lors inscrire cette étude de cas dans une analyse globale de cet éco-système. La technologie de l'IA dépend en effet comme nous l'avons vu des trois couches de l'économie numérique à la fois des équipements, de la couche logicielle et des infrastructures. Sans lithium, sans *softwares*, sans data-centers, les IA n'ont pas de valeur d'usage. Sans énergie, sans usages sociaux, sans infrastructures de transports, les IA n'ont pas non plus de valeur d'usage. Enfin, sans retombées économiques, sans reconstitution du processus productif à sa faveur, sans effet réciproque du marché, l'IA n'a pas non plus de valeur d'usage. Puisque la matérialité du nouveau paradigme dans lequel nous évoluons a ainsi été caractérisée, nous pouvons dès lors appuyer ce raisonnement en constatant comment l'économie internationale est structurée autour des ressources naturelles, des firmes, des politiques étatiques et des événements géopolitiques.

# Entretiens

## Fiches d'entretiens

### Entretien 1

**Titre : Entretien avec Leonardo, technicien en génie électrique**

**Date :** 29 août 2024      **Durée :** 30 minutes

**Lieu :** Café à Dourdan (91)    **Enregistrement :** Dictaphone

**Interlocuteur :** Leonardo est technicien en génie électrique. Âgé de 23 ans, il est en alternance dans une entreprise qui s'occupe de la mise en service de moteurs d'urgence dans un data-center. Il a travaillé sur deux chantiers différents de data-centers. Il a reçu une formation en génie électrique et en circuit embarqué. La prise de contact s'est faite par message, le connaissant d'un ami en commun.

### Entretien 2

**Titre : Second entretien avec Leonardo, technicien en génie électrique**

**Date :** 31 août 2024      **Durée :** 45 minutes

**Lieu :** Café à Dourdan (91)    **Enregistrement :** Dictaphone

**Interlocuteur :** Leonardo est technicien en génie électrique. Âgé de 23 ans, il est en alternance dans une entreprise qui s'occupe de la mise en service de moteurs d'urgence dans un data-center. Il a travaillé sur deux chantiers différents de data-centers. Il a reçu une formation en génie électrique et en circuit embarqué. La prise de contact s'est faite par message, le connaissant d'un ami en commun.

### Entretien 3

**Titre : Entretien avec Nora, informaticienne**

**Date :** 8 septembre 2024      **Durée :** 25 minutes

**Lieu :** Bar à Paris (75)      **Enregistrement :** Dictaphone

**Interlocutrice** : Nora est une informaticienne ayant réalisé deux premières années d'une licence informatique. Âgée de 20 ans, elle complète sa formation en parallèle de son travail en complétant son portfolio en *freelance*. Elle développe des applications IOS. La prise de contact s'est faite par les réseaux sociaux suite à une demande pour un entretien avec des personnes travaillant dans le secteur numérique.

#### **Entretien 4**

**Titre** : Entretien avec Maxime, automaticien

**Date** : 9 septembre 2024      **Durée** : 1 heure 15

**Lieu** : Café à Dourdan (91)      **Enregistrement** : Dictaphone

**Interlocuteur** : Maxime est automaticien. Il travaille actuellement dans une entreprise où il doit automatiser des machines pour des clients différents. Son entreprise est donc une entreprise sous-traitante. Après un BTS CRSA et une licence professionnelle, il commence sa vie professionnelle avec cet emploi. La prise de contact s'est faite sur conseil de Leonardo, nous nous connaissions déjà, ayant des amis en commun.

# Retranscriptions

## Entretien 1

**Titre : Entretien avec Leonardo, technicien en génie électrique**

**Date :** 29 août 2024

**Durée :** 30 minutes

**Lieu :** Café à Dourdan (91) **Enregistrement :** Dictaphone

**Interlocuteur :** Léonardo est technicien en génie électrique. Âgé de 23 ans, il est en alternance dans une entreprise qui s'occupe de la mise en service de moteurs d'urgence dans un data-center. Il a travaillé sur deux chantiers différents de data-centers. Il a reçu une formation en génie électrique et en circuit embarqué. La prise de contact s'est faite par message, le connaissant d'un ami en commun.

*La discussion démarre de manière informelle sur nos travaux respectifs : son rapport d'alternance et mon mémoire.*

Bruno : Genre moi ce que j'ai fait, c'est en gros c'est quoi les modifications dans l'économie numérique genre par rapport à 2000, 2010, etc.

Leonardo: Genre le prix d'un téléphone, d'un e télé, comment la technologie évolue ça devient cher

B : Puis même, par exemple hier j'ai parlé avec un mec du cloud computing. Vu que les jeux nécessitent plus de gigas, tu dois produire des PC de plus en plus puissants.

L : Bah la même chose, il y a pas longtemps j'ai acheté un PC. J'en avais besoin, je me suis dit j'ai les moyens, je vais me prendre un pc portable et le mec je lui ai dit « bah ouais j'ai pas besoin d'un truc pas très puissant », juste de quoi faire des rapports. Ils me disent si vous voulez y aller, 8 giga de RAM mais attention parce qu'il y a Windows 11 ou 12 qui vient de sortir, il va nécessiter tant de giga et derrière le PC il va être un peu juste pour les performances tout ça. Tout ça, ça m'a rappelé ce que t'as dit.

L : Mais t'as pris quoi comme PC du coup ?

B : C'est un 16 giga de RAM...

L : Ça va, avec ça tu peux faire le taf non ?

B : T'avais quoi comme besoins ? Tu joues à des jeux ?

L : Non, j'ai la play. Sinon, c'est juste pour bosser.

B : Mais t'as pas de PC Fixe ?

L : J'en ai un mais je l'ai... il est à l'abandon.

B : Moi mon pc portable, c'est devenu un pc fixe... parce que la batterie est morte.

L : Haha.

B : Mais toi tu bosses dans les *data-centers*.

L : C'est ça. Pas totalement en fait, je fais de la mise en service de data-centers.

B : C'est quoi ton site d'emploi ?

L : Je suis technicien mais comment... Je suis sur un data-center à côté d'Évry, à Lisses. Une fois fini, ça va être le plus gros d'Europe. En termes de taille, c'est 750 mètres sur 150 mètres, deux fois. Moi je vais m'occuper de l'alimentation de secours, de tout ça. Par exemple, admettons, je sais pas... il y a une panne, moi je suis dans les groupes électrogènes. On va les mettre dans les data-centers. S'il y a une coupure internet, nous il faut que le groupe se démarre direct. Il faut qu'il prenne le relais instantanément. Je suis là dedans

B : Mais genre en mode, par exemple, genre, ta journée de travail aujourd'hui c'était quoi ?

L : Par exemple là tu vois on avait les essais en charge. On a fait tourner les moteurs une première fois, là actuellement du coup, une fois que t'as fait tourné une première fois, il y a ce qu'on appelle l'essai en charge : tu vas avoir ton banc de charge, une simulation... c'est comme s'il alimentait tout le bâtiment. Le moteur il faut le faire tourner à vide juste pour le faire tourner. Tu le fais tourner mais après il alimente une banque, un ascenseur tout ça... Là on fait les simulations. Tu connais Eiffage ? On bosse avec eux. Comme ils ont pas l'habitude, ils ont mal fait les trucs donc ça a retardé mais normalement on laisse tourner le moteur 4 heures. On fait le relevé numérique, tout ça. Par exemple, les courbes, les tensions

est-ce que tout va bien. Est-ce qu'on a pas des pics de courant, est-ce que le moteur est pas en train de fumer... Et sinon, ouais les autres journées c'est juste de l'installation et de la préparation.

B : Là ça fait longtemps que t'es sur ce data-center ?

L : Depuis fin mai. Quasi 3 mois. 3 mois et demi ouais.

B : Avant tu faisais quoi ?

L : Avant j'en étais dans un autre, à Marcoussis.

B : Ok.

L : Je sais pas si tu connais Marcoussis ?

B : Ouais je connais Marcoussis.

L : Il y a une grosse montée, je sais pas si t'es passé par là ? Le data center est un peu différent, au lieu d'être un gros data center c'est plein de petits. Là où je bosse il y en aura que deux mais à Marcoussis il y en a 20 et ils sont encore en train d'augmenter.

B : Mais ça appartient à la même entreprise ?

L : Non c'est des concurrents.

B : Mais pourquoi ils ont décidé de tout mettre à côté ? Pour l'électricité ?

L : Non en fait... T'as plein de petits bâtiments, chaque bâtiment, l'entreprise est différente. A Lisses, c'est uniquement Amazon. A Marcoussis, c'est un peu de Amazon, un peu de Microsoft, même de Pornhub... En gros y a mon tuteur il me regarde, il me dit là y a les sites pornos !

B : Genre il y a des étiquettes ? Ou c'est juste des blocs ?

L : C'est juste des blocs où il y a marqué TC-2, c'est le deuxième construit, TC-3, le troisième... il y a juste pas le 13 parce que ça porte malheur donc on est passé de 12 à 14.

B : Mais ça ressemble à quoi quand t'y vas ? Est-ce que c'est comme une ferme ?

L : Bah ça peut ressembler à une ferme, attends je vais te montrer...

*Il me montre la photo suivante sur son smartphone :*



Source : Roussel, Juliette. « [Data centers : Data4 renforce son ancrage en Essonne avec un premier appel à projet](#) », *Les Échos*, le 14 décembre 2023

B : Et ça c'est ceux sur lesquels t'as bossé ?

L : Ouais. Par exemple, ça ressemblait à un truc comme ça.

B : Ok.

L : Donc en fait, t'as plein de petits bâtiments. Aujourd'hui t'en as beaucoup plus, là c'était avant. Maintenant, faut que t'imagines, il y en a une vingtaine des petits bâtiments comme ça. Donc tu y circules, t'as vraiment ça.

B : A l'intérieur, c'est genre...

L : A l'intérieur, ils sont assez restreints sur les photos. Mais ouais tu rentres, c'est aussi sécurisé qu'une prison.

B : Ah ouais ?

L : Tu rentres, tu badges à l'entrée. Si t'as pas ton badge, tu rentres pas. Si t'as pas quelqu'un qui te dit tu peux rentrer tu rentres pas. T'as ton premier badge pour rentrer dans la zone où les gens travaillent. T'as un deuxième coupo de badge à faire où tu rentres dans la zone data. Et là t'as pas tout le monde qui a accès. Moi j'y ai accès vu que je suis technicien et que je fais les interventions là-bas mais c'est vraiment comme une prison en terme de sécurité, tout ça.

B : Mais... il y a... c'est des tours qui sont empilés à l'intérieur ?

L : Ouais c'est ça. Je les ai pas vues souvent. C'est vraiment des petites tours.

B : Toi tu bossais principalement dans quel secteur ?

L : Les groupes électrogènes. Moi je fais l'alimentation de secours.

B : Mais c'est dans une autre partie du bâtiment ?

L : Non. C'est le même bâtiment... ok c'est un peu une autre partie. Par exemple, si le bâtiment c'est la table : il y a un long couloir qui traverse tout, il y a les groupes et les allées juste là. Sur une mise en service tu les vois en train de les installer, quand tu passes tu les sens. Quand j'ai fait une mise en service ouais c'était vraiment des petites tours.

B : Avant de bosser dans les data centers t'avais fait d'autres trucs ?

L : Non. J'ai fait deux mises en service dans les data centers. Là c'est la deuxième mais on est vraiment au tout début. Pas totalement au début, ça fait 3 ans que le chantier est en cours mais pour l'instant...

B : Parce que ça prend combien de temps d'en faire un ?

L : Bah ça dépend. Ceux à Marcoussis, ça va prendre un an, un an et demi. Par exemple, quand je suis arrivé, ils étaient du coup sur des séries ça faisait depuis juillet qu'ils étaient dessus. Le bâtiment avait déjà poussé, ils avaient fait tout le bâtiment. Du coup ils déposaient tous les trucs et on a lancé le truc. Là où j'étais à Lisses, j'ai commencé il y a deux ans et on est à peine en train de tester les alimentations de secours. Là c'est vraiment un chantier BTP, t'as les mecs qui font encore de la peinture et tout.

B : Et ça serait fini quand du coiup ?

L : 2030. Les deux bâtiments. 2027 le premier. Pendant 3 ans la construction continue jusqu'au deuxième en 2030

B : Toi tu restes sur toute la durée ? Ou l'alimentation prend juste une certaine partie du temps ?

L : On va dire, ça prend un peu toute la durée. Pour te donner un ordre d'idée : les petits data centers de Marcoussis, on a trois à huit moteurs qui vont prendre le relais. A lisses, on en a 57 par bâtiments. Donc en fait au début, on a que 7 moteurs qui sont livrés pour que nous on ait toujours un truc à faire et qu'on soit là en cas de galère. Ils livrent les moteurs par groupe. 4 par 4. Au début ils en ont livré 8.4 arrivent Lundi et dans un mois il y en aura 4, etc.

B : Les moteurs dont tu parles, c'est pas vous qui les faites ?

*Il me montre des moteurs mais étant donné la confidentialité du site, il n'est pas possible de les inclure ici.*

L : Tu vois, ça ressemble à ça un petit peu.

B : Ah ouais c'est gros !

L : C'est énorme, ta tête elle arrive au niveau de l'arrêt d'urgence. Ces moteurs on les achète à Caterpillar, une boîte américaine. Nous, on a un contrat d'exclusivité avec Caterpillar, pour intervenir sur les machines Caterpillar en France. Ma boîte elle signe un contrat d'exclusivité donc on est les seuls à intervenir dessus.

B : Mais il y a beaucoup d'entreprises comme la tienne, en France ?

L : Oui mais c'est les concurrents. On bosse pas sur les mêmes moteurs. Nous on est beaucoup, on est 660 un truc comme ça. En France. 900 je crois... on est aussi en Pologne, en Algérie...

*Il me montre son rapport d'alternance.*

B : Il parle de quoi ton rapport ?

L : J'ai expliqué un peu mes missions. Là par exemple... on est principalement en Belgique, en France, en Pologne... Mais tu vois dans mon rapport, j'ai décrit mes missions, tu vois.

B : C'est quoi le sujet de ton rapport ? Tes missions ?

L : Il veut qu'on décode ce que j'ai fait pendant mon alternance. Donc tu vois j'ai fait une petite mission au début... c'est un type de maintenance. Je bosse sur des tableaux électriques comme ça... il y a un truc derrière pour vérifier, il y a des petites vices, il faut les insérer, tester les batteries et derrière c'est la mise en service comme je t'en parlais. On a le moteur qui arrive. Comme l'ingénieur c'est pas... Il y a un ingénieur qui, dans le titre, il a pas été très bon. On a dû refaire tout, par exemple on a ce type d'erreur là : erreur basse température d'eau. Il avait mal fait son schéma. Du coup les mecs qui ont mal fait le câblage et il faut que l'eau soit suffisamment chaude pour démarrer. Puis après c'est du remplissage fioul, des tests électriques... Après bon t'as la veille idéation, ça se fait avec une signature sur le moteur, c'est toutes les images de la mise en service, de l'installation de l'équipement, le moteur prêt à démarrer... Là on est ici aujourd'hui, les tests en charge. Après il va avoir d'autres tests du bâtiments avec les climats...

B : Mais là, sur la température de l'eau par exemple, c'est par exemple par rapport au *cooling* ?

L : Ouais c'est ça. C'est à la fois comme un réacteur et t'as basse température d'un moteur et la haute température pour le chauffer. Nous notre moteur... Quand il fonctionne bien, il est à 80 degrés. Derrière du coup on va avoir tout un programme informatique avec de l'eau froide et de l'eau chaude dans le moteur qui est chauffé. Quand le moteur il dépasse 80, tu mets de l'eau froide, dès qu'il est en dessous de 70, hop, eau chaude.

B : C'est ta boîte qui gère aussi l'eau ?

L : Ouais en fait on gère tout. Derrière t'as tout un programme informatique qui est stocké, en automate. Derrière, on a... attends je peux te montrer parce que j'ai en photo... En fait on a les réservoirs qui étaient jusque là. *Il me montre les réservoirs qui sont accolés au moteur.* Tu as les réservoirs en blocs, une jauge de liquide de refroidissement et elle va s'activer... tu as les tuyaux un peu partout. C'est tous les petits tuyaux comme ça. Si je te remontre... Si je te montre cette erreur là, par exemple sur le moteur, je sais pas si j'ai une photo... Le moteur est à 30 degrés, il faut qu'on chauffe parce que sinon tu vas avoir du mal.

B : Mais...

L : Mais en gros tout va être automatisé. On a fait un programme informatique, on a plein de capteurs qui vont dire si la température elle est au-dessus de 50 par exemple... en dessous de 50 tu chauffes, au dessus du 80 tu refroidis.

B : Et en terme d'alimentation électrique, est-ce que ça change entre le data-center que tu avais fait avant et celui là ? C'est tout regroupé ?

L : On va dire oui et non. Par exemple, tu vois... je te montre vite fait... dans le data-center où je suis actuellement, tu as ces grosses armoires là. Tac. ça par exemple, ça y était pas, sauf que là le moteur il était plus puissant, ça c'est la même chose mais pour le groupe. *Il me montre les moteurs.* Ce moteur là il est très très puissant, ça peut servir comme un moteur de bateau. C'est très très différent. Par exemple, comme il y a... comment... Comme le bâtiment est plus petit, l'alimentation est moins...

B : Moins importante ?

L : Moins importante ouais. Tu vois, je t'avais dit c'est 4 à 8 moteurs par bâtiments, là on est à 57.

B : Moteurs par bâtiments ? Et est-ce que ça augmente pas les coûts d'avoir plein de petits bâtiments ? Pour l'entreprise ?

L : Euh... pour eux oui, mais pour nous pas tant que ça. Justement, nous c'est un super contrat qu'on a. Je t'avais dit qu'il y en avait 20, on a le 20 mais le 21 et le 23, on les a pas. Il faut qu'on fasse gaffe, sinon c'est la concurrence qui prend ces contrats.

B : Mais ça coûte cher les erreurs ?

L : Bah ouais, dans un data-center, il y a eu un problème. Le moteur il était à l'arrêt pendant longtemps. C'est pour ça qu'il y a plusieurs moteurs. Mais s'il y en a qu'un qui fonctionne et que les autres non... ça leur coûte cher.

B : Vu que les data centers traitent les données différemment, c'est différent d'un truc qui peut s'éteindre et s'allumer.

L : Bon j'en ai fait une. J'en ai fait une dans un hôpital à Versailles. Là, c'est vraiment différent. T'avais un petit moteur. Il devait juste prendre en charge l'alimentation de secours de l'hôpital. Mais les deux c'est des sites sensibles. Les données c'est très sensibles. Si jamais

il y a une panne dans un data-center, t'as pas d'Amazon, tu perds... t'as plus accès à Amazon, t'as plus accès à Amazon Prime, ce genre de chose... même pour Microsoft, t'as plus accès à certains trucs. Même chose, Société Générale ils sont aussi à Marcoussis, Orange, SFR. Après, moi j'ai pas bossé dedans mais par exemple, ils sont à Dourdan. Dans les bâtiments... Dans les bâtiments de la Croix Saint-Jacques, il y a une alimentation de secours, c'est un moteur à nous. C'est pas mon secteur mais il y a des mecs qui ont ce secteur.

B : C'est pour une raison que t'as pris les data-center en particulier ?

L : Non, ça dépend des secteurs. Moi je suis N6 Data-center, N1 c'est l'île-de-France, N2 c'est le centre...

B : Mais dans ton rapport, c'était quoi le sommaire par exemple ?

L : J'avais un cahier des charges, un truc imposé par mon prof.

B : C'était tes conditions de travail du coup ? Ou c'est plus large sur le secteur que tu fais ?

L : C'est-à-dire ?

B : Je sais pas... tu racontes quoi ?

L : Dans mon rapport, j'ai tout cassé. J'avais une présentation de l'entreprise, raison de l'entreprise, capital, date de la création, activités, savoir-faire... Le service dans lequel se déroule le stage, les travaux effectués lors de l'alternance. Pour pas tout dire, pour pas tout raconter, pour pas que ça fasse 70 pages, j'ai choisi les trucs. Moi je suis électronique, comme j'ai fait pas mal de mécanique... si je parle de mécanique ils vont pas apprécier. J'ai parlé de l'électrique, de la maintenance. Tous les ans t'as des maintenances à faire pour t'assurer que ça fonctionne. Par exemple, on va tester les batteries. On va tester les sécurités. Par exemple, notre moteur, il peut créer... On a deux trucs différents : alarmes et sécurité. « Alarmes » c'est un défaut pour lequel le moteur peut continuer de tourner, il y a un truc dans la cuve de fioul, qui est stocké puis qui va dans le moteur... c'est comme un moteur de voiture, ça utilise de l'essence. Si t'as un bas niveau ça tourne mais si t'as un très bas niveau t'as un problème sur l'approvisionnement. Il va s'arrêter parce que s'il tourne sans fioul il va cramer.

B : Les moteurs fonctionnent à quoi ?

L : Le fioul. Euh ouais ça consomme beaucoup, 60 litres par heure mais d'habitude un moteur je crois... ça fonctionne une dizaine d'heure dans l'année... à peine.

B : Ah ouais ?

L : C'est des alimentations de secours, dès que ça coupe le courant, ça prend le relais, il tourne, il tourne, il tourne, tant que le courant est pas revenu et quand le courant revient c'est bon.

B : Il s'active jamais ?

L : C'est rare. Mais comme... Comme les data-centers c'est très énergivores, il y a souvent des coupures.

B : Mais du coup est-ce que vu qu'il y a beaucoup de coupures, est-ce que c'est... par rapport à l'hôpital, les groupes électrogènes sont plus utilisés ?

L : Oui. Dans un hôpital, un seul, ça suffit largement. Même quand j'en parle avec mes collègues, dans les entreprises de bâtiment tout ça, ça va être un ou deux maximum. Parce que ça consomme pas beaucoup. Dans un data-center, les serveurs consomment beaucoup. Au niveau des kilowattheures tout ça... les consommations électriques ça te parle ?

B : Ouais.

L : Les data-centers c'est vraiment énorme par rapport aux entreprises.

B : T'as des exemples de ce que t'as vu ? Une fourchette, une comparaison ?

L : Euuuh... hmmm... c'est-à-dire ?

B : Genre tu dis les datacenters ça consomme plus mais c'est genre beaucoup plus ou un peu plus.

L : Je pense que c'est beaucoup beaucoup plus. Beaucoup plus. Parce que les serveurs ils tournent 24 heures sur 24. Un hôpital tu peux éteindre la lumière et voilà. Un hôpital ça va... c'est quand même 24 heures sur 24...

B : Ouais mais le groupe électrogène de secours il va pas tourner...

L : Oui que dans les coupures. Quand j'étais à l'hôpital et qu'on a fait notre mise en service, on était... On était un peu sous pression parce que l'hôpital disait « on coupe le courant, sauf que derrière les gens...

B : Sous perfusion...

L : Sous-perfusion ce genre de chose, ils vont pas... ils vont plus rien recevoir. Donc on devait être sûr de notre coup. Si le moteur il démarre pas...

B : Ouais les gens risquent de mourir.

L : Ouais.

B : Mais les data-centers ils sont alimentés de l'énergie qui est issue...

L : Réseau EDF.

B : Donc ça peut être énergie renouvelable, énergie fossile...

L : Honnêtement, c'est souvent fioul. En tout cas dans ceux où j'ai bossé, c'est fossile, pas trop renouvelable. Mais je crois que dans le sud, c'est un peu les deux.

B : Mais, là dans ceux que t'as bossé ils utilisaient des énergies fossiles pour des raisons en particulier ?

L : Oui, je pense. Parce que bah je pense... nous on a pas de parc éolien à côté... je pense les panneaux solaires, en région parisienne, c'est pas ce qu'il y a de plus efficace. Après je me dis t'es à Marseille, je peux comprendre les panneaux solaires. Par exemple, j'ai fait des études dans mes cours. On a vu qu'un panneau solaire à Marseille, c'est trois fois plus efficace qu'un panneau solaire à Paris entre l'exposition lumineuse, le soleil, tout ça.

B : Mais toi, depuis que tu bosses là-bas... tu connaissais les data-centers ?

L : Pas du tout.

B : Est-ce que ça a changé quelque chose ?

L : Je m'y connais un petit peu. Comme je suis sur le chantier je vois comment ça se passe.

B : Est-ce que ton opinion elle a changé sur ça ?

L : En vrai, oui et non. Parce que je me dis c'est quand même important. Aujourd'hui, dès que tu bosses t'es content que tes données soient stockées quelque part mais d'un côté c'est énergivore de fou. tu vois par exemple, nous quand on démarre le moteur, t'as la fumée qui sort au démarrage quand on fait tourner le moteur. Et ça consomme quand même 60 litres par heure. On va avoir 114 machines, si t'en as... je ne sais pas... 10 qui tournent dans la nuit, ça va te faire derrière... je ne sais pas combien de litres sont consommés. Mais non, c'est hyper énergivore. Limite tu vois, je quitte pas l'entreprise pour ça mais quand je suis arrivé et que je voyais que ça consommait, ça polluait pas mal, je me disais « c'est chaud quand même ». Sur certaines vidanges... t'as des mecs qui mettent du liquide de refroidissement par terre, vas y que je te mets de l'huile... derrière tu mets de l'eau mais ça finit dans les canalisations.

B : Mais sur les... Pourquoi tu quittes la boîte ?

L : En soi, c'est pas ce que... moi je suis à l'unité d'Évry. Je suis en génie électrique, à la base j'étais dans les systèmes embarqués. Tout l'électronique, l'informatique, ça peut être un téléphone, une cafetière, une voiture, un drone, tout ça. Et je peux pas faire ça en alternance. Du coup je passe en maîtrise de l'énergie et du coup après, cette boîte elle était dans ça vu qu'ils fournissent de l'énergie. Ils font des groupes électrogènes, des panneaux solaires, de l'éolien, là ils bossent sur les groupes à hydrogènes. Ils sont beaucoup plus chers mais ils polluent aussi beaucoup moins mais voilà, les prix c'est deux fois le prix. Deux, trois quatre fois le prix. Là le moteur il est à un million cent mille, le moteur. On a signé 114 moteurs. Déjà ça c'est une grosse affaire. Si il faut multiplier deux fois le prix, les gens ils vont choisir les Caterpillar. Les Américains, on les connaît, ça fonctionne très bien.

B : Là tu vas refaire génie électronique ?

L : Ouais je vais refaire le système embarqué. Là mon école d'ingénieur, je me dirige vers ça.

B : Pourquoi ? C'est plus intéressant ? Tu préfères ?

L : Ouais je préfère... Bah en fait, même si j'aime pas être derrière un ordinateur toute la journée, maîtrise de l'énergie, c'est pas trop mon truc en fait. Il m'est arrivé des petits trucs et je me suis dit je veux pas passer ma vie là-bas. Je me suis fait un flip au mois de juillet. On a des extracteurs d'air, ça va recycler l'air dans la pièce et empêcher le moteur de pas le surchauffer, c'est un moyen de le refroidir. A un moment, je dois en brancher un autre, de 400 volts. Je suis en journée tranquille, je fais pas attention... je retire le premier câble, hop, je

retire le deuxième câble : il y a une étincelle. Je suis un peu ébloui, légèrement, comme elle était petite. Mais là j'aurai pu me prendre les 400 volts. T'as déjà vu les images dans les films, ils prennent une décharge, ils sont projetés en arrière, j'aurai été projeté en arrière. Je me suis fait un flip !

B : Mais ça arrive les accidents de travail comme ça ?

L : C'est rare mais ça arrive. Moi c'est le seul que j'ai fait. J'ai dû en faire deux. Par exemple, j'assure une maintenance, je fais tomber une clé à molette sur une batterie. Je sais pas si t'as vu les vidéos ?

B : Non.

L : T'as une batterie, si tu mets une batterie, une clé à molette entre le plus et le moins, tu peux faire fondre ta clé à molette et ça peut faire exploser la batterie.

B : T'as rien eu ?

L : Non, non. La chance que j'ai eu c'est que ça a pas collé. Parce qu'après ça fond ça fusionne avec

B : Génie électrique, tu fais aussi les circuits imprimés ?

L : Ouais c'est plus ça.... oh putain.

*Deux amis en commun entre dans le bar*

Jordan : Ah ça prend un litron carrément...

B : Wesh, vous faites quoi ici ?

L : Non, *lui répondant*, c'est une pinte

Alexandre : Tu connais, je suis allé à la salle, ce connard tu connais il est venu chez moi et je lui ai dit, tiens on va voir Bruno il doit avoir fini

B : Bah non on a pas fini, tu peux arrêter de gâcher mes études Jordan ou ça se passe comment

J : Ça bosse bien ?

B : Bah ouais ça bosse bien tu vas être dans mon enregistrement. Là c'est en train d'être enregistré et mon professeur il va savoir que tu es un mec qui gâche mes études Jordan.

J : Pourquoi vous êtes là ?

B : Parce que là c'est plus calme que chez Beer's.

*L'entretien s'arrête ici.*

## Entretien 2

**Titre : Second entretien avec Leonardo, technicien en génie électrique**

**Date :** 31 août 2024      **Durée :** 45 minutes

**Lieu :** Café à Dourdan (91)    **Enregistrement :** Dictaphone

**Interlocuteur :** Léonardo est technicien en génie électrique. Âgé de 23 ans, il est en alternance dans une entreprise qui s'occupe de la mise en service de moteurs d'urgence dans un data-center. Il a travaillé sur deux chantiers différents de data-centers. Il a reçu une formation en génie électrique et en circuit embarqué. La prise de contact s'est faite par message, le connaissant d'un ami en commun.

*Je revois Leonardo pour continuer à parler de ses études.*

Bruno : Du coup, on parlait des circuits imprimés, t'en as fait ?

Leonardo : Quand j'étais en circuit embarqué ouais. Si tu veux je peux te montrer, j'ai fait un site web. C'était très gênant à faire. Du coup, hop si je vais dans mes projets, j'ai fait un petit truc comme ça, un petit robot. On nous a tout fourni mais moi derrière je vais faire de la programmation.

B : Et toi tu devais souder les trucs ?

L : J'avais de la soudure, tu vois ça allait du montage du robot avec tous les composants, au début on le reçoit, c'est vraiment un truc comme ça *il me montre un amas de pièces*, tu le montes ça devient ça *il me montre une petite voiture*. Tu as ta première carte, tu codes, tu regardes les composants, comment ça fonctionne.

B : Du coup tu codes aussi ?

L : Ouais je code. J'ai des lignes de code et à la fin mon code il fait 300 lignes.

B : Mais genre... hmm... ça se passe comment ? En mode t'écris le code et après tu l'envoies sur la carte ?

L : Ouais c'est comme ça en fait. Il y a une petite prise USB, tu connectes ta carte, ton pc il reconnaît la carte et derrière tu fais des petits tests. Par exemple, j'avais un capteur de ligne,

tu vois par exemple ça va être... le prof va nous faire une piste, il va nous mettre un petit bout de scotch noir. Toi derrière, pour faire un suiveur de ligne, pour qu'il reste bien sur le morceau de scotch noir, tu as ton capteur. Deux aux extrémités, deux aux centres. Moi quand j'étais précis j'utilisais que ces deux-là. Dès que lui il détecte plus la ligne tu tournes à droite, dès que lui il détecte plus la ligne tu tournes à gauche, etc. Et après si jamais il se perdait, je disais « Si tu détectes plus ici, tu fais ça. ». Tu vas tester et après tu vas faire un programme par étapes. Moi il respectait un parcours : au début il suivait la ligne, il y a un obstacle. Imagine l'obstacle c'est la bière. Mon robot il va arriver, j'ai un capteur ultrason, il va détecter ça et hop dès qu'il détecte j'ai un programme qui dit tu tournes à gauche pendant une demi-seconde pour éviter l'obstacle puis tu tournes à droite jusqu'à que tu détectes la ligne.

B : Est-ce qu'ils fabriquent la puce selon les besoins de l'objet ou alors c'est le code qui fait ça ?

L : C'est le code mais ça dépend. Nous on a utilisé une petite carte parce qu'on avait pas besoin de faire beaucoup de trucs. Si t'avais besoin de faire un programme plus complexe. On va dire, les cartes électroniques elles ont des ports. T'as des... comment on appelle ça... les analog input, les ports alternatifs où les valeurs évoluent, par exemple ça peut être une distance. Ici, ça va être 20cm, 15cm, 100, etc. Si jamais tu as besoin d'utiliser plusieurs fois les capteurs qui vont évoluer, bah celle sur laquelle je bossais, il y en avait 5. S'il y en avait plus que 5 j'aurai dû en passer sur une autre.

B : Et sur la carte, est-ce que c'est des processeurs ? Je sais pas comment ça s'appelle... est-ce que c'est pareil que les semi-conducteurs ?

L : Moi je bossais sur celle-là. *Il me montre une carte.* Il y a les petits ports analogs A0, A1, A2, etc. Là t'as les digital, là tu vas plutôt mettre par exemple une couleur. Par exemple, la couleur rouge je vais définir... comme les RGB, tu vois ce que c'est RGB ?

B : Ouais, comme la télé ?

L : Ouais Rouge, Green, Blue. Je vais dire par exemple si tu détectes rouge, tu vas détecter ça pour rouge, ça pour bleu, ça pour vert. Pour la couleur verte tu vas détecter ça, ça, ça. Et après je vais dire tu stockes ça là-dedans. Ensuite quand je les rappelle dans le programme elles sont stockées dans le programme. Le fil, il va être connecté à des capteurs et après le programme comme il est intelligent, il va tout de suite comprendre.

B : Mais c'est toi qui avec le code lui fait comprendre qu'il doit faire ça ?

L : Quand j'avais mes relevés RGB, j'avais le rouge qui était à 230, le bleu à 70 et le vert à 110. Je lui disais : « Si le rouge est à plus de 200... ». J'ai créé une variable. En gros, tu vas créer une entité dans laquelle tu vas stocker quelque chose. Dans cette variable couleur, tu vas stocker rouge. Dès que je vais l'appeler, il va savoir que c'est du rouge. Même chose pour le bleu et même chose pour le vert.

B : Est-ce que c'est comme des réseaux neuronaux ? Ou alors les réseaux neuronaux c'est pour au-dessus ?

L : C'est-à-dire ?

B : J'avais lu que par exemple t'avais certaines cartes graphiques ou plus par exemple qui genre avait je sais pas par exemple des neurones... comme ça on va dire... *je dessine* ils reçoivent une information et chaque neurone va calculer un truc et après il vont l'envoyer à un réseau plus petit jusqu'à aboutir à la réponse finale.

L : Non je vais pas avoir un truc comme ça. En termes de trucs intelligents, ça va être par exemple ça va tout le temps switcher. J'ai pas besoin de faire un reset sur mon truc. Par exemple, certains ont besoin de faire un reset. S'ils détectaient mal la couleur ils sont foutus. Moi le mien, si tu le mets devant le siège qui est rouge, il va détecter du rouge, si tu le mets devant du bleu ou du vert. ça va être tout le temps ça. S'il détecte aucun des trois, la lampe s'éteint. Au début du trajet, la lampe était éteinte et dès qu'il détectait la couleur, elle s'allumait.

B : Toi ce que t'aimerais faire après, c'est, genre, travailler sur ces trucs là ? Ou alors après... c'est sur quelle étape du processus de production ?

L : Un peu des deux, mon école d'ingé par exemple tu vas partir de la carte électronique que tu vas faire toi-même. Tu vas créer ta propre interface homme-machine, les réglages tout ça. Et derrière tu crées toi-même ton programme, tu fais toi-même tes tests. Les seuls trucs qu'il va te donner c'est l'appareil. Si je bosse sur un drone, ils vont me donner un drone et me dire : « Tu nous crées une carte, tu nous fais une télécommande à distance. ». Il y en a certains qui l'ont fait, ils avaient justement... ils étaient en système embarqué, les mecs ils avaient tu sais

les voitures télécommandées pour enfant et derrière ils devaient le diriger avec le PC. ça veut dire qu'il savaient réussi à connecter les cartes...

B : Des cartes réseau ?

L : Des cartes réseau c'est ça. Ils étaient connectés au PC en bluetooth. Ils appuient sur la flèche du haut, le truc il avance. A gauche, les roues tournaient à gauche, à droite, les roues à droite, en bas, ils reculaient.

B : Mais est-ce que du coup c'est lié à l'IA ou pas ?

L : L'IA, pas encore. Mais nous on travaille sur ce qui s'appelle l'I2C. Je sais plus ce que ça veut dire l'I2C. C'est les communications entre tous les petits appareils. Par exemple t'as ton capteur, un capteur pour détecter une couleur, ils vont communiquer ensemble et derrière tout communiquer à la carte, où ça sera stocké.

B : Sur une distance courte ?

L : C'est ça. Par exemple, sur ce que je t'ai montré, j'avais mon capteur de distance, avec ça il va communiquer la distance à laquelle il est sur la carte dans laquelle il y a le programme. Il va faire une comparaison. Dans mon programme je disais : 1 Tant que t'es à moins de 20 centimètre de l'obstacle, tu continues d'avancer. Dès que tu es à 20 centimètres » J'utilisais une boucle wall. une boucle Wall en informatique c'est que dès que la condition est vraie, tu sors dans la boucle, tant que la condition est fausse, tu restes coincé dedans. Par exemple, ça va être comme dans la vraie vie : tant que j'ai pas fini mon verre, je vais pas payer. Donc là, je vais pas aller payer si j'ai pas fini mon verre.

B : Et ça suit jusqu'à ce que ce soit validé ?

L : C'est ça, je lui disais tu vas à droite, tu avances et tant que tu as pas détecté la ligne, tu tournes à gauche. Là, il détecte la ligne, hop, il passe à la prochaine étape.

B : Là, dans ce secteur là, il y a des évolutions ou pas ?

L : Il va y en avoir oui. Il va y en avoir. Je pense, surtout avec l'IA, honnêtement je saurai pas te dire lesquelles. Mais l'I2C, ouais je pense. C'est assez récent l'I2C.

B : Là par exemple, je sais pas, si tu faisais ces études là y a 5 ans, est-ce que t'apprendrais les mêmes choses ou depuis quelques années il y a des trucs qui ont changé sur la manière de coder, de faire les machines ?

L : La manière de coder, je pense oui. Maintenant, justement, on a beaucoup d'aide. Par exemple, comme les cartes sur lesquelles on bosse elles sont assez récentes, il y a des mecs qui ont passé des années à les étudier. Derrière, ils vont... comment... je vais te donner un exemple : quand j'ai eu mon capteur de couleur, j'arrivais pas à le faire fonctionner. Du coup j'ai tapé sur internet la référence, je suis tombé sur un mec qui m'a expliqué voilà comment tu fais fonctionner, comment tu fais ça. Ou alors, maintenant sur les sites, tu as carrément une bibliothèque.

B : D'API ? Ou un autre truc ?

L : Non, en fait, quand tu es sur le site de programmation, ton composant, si tu veux le programmer, il faut que tu intègres les bibliothèques du composant en question. Dans les bibliothèques maintenant, tu as des exemples qui sont fournis. Pour les capteurs de couleur j'avais les petits trucs RGB. Du coup, tu peux relever le rouge, le bleu, le vert. Tout ça, ça se programme là. Dans le programme, ça simplifie la vie vu qu' au lieu de créer toi même ton programme et d'aller passer des heures et des heures quelle ligne il faut pour tel truc, tu apprends toi-même, tout est inscrit. Le mec il va te dire : « Tu utilises telle ligne de code, ça va te faire relever la couleur rouge, parce que le rouge avant tu l'auras associé à telle valeur digitale. ».

B : Toi tu modifies quoi alors ? Tu fais pas juste copier-coller.

L : Non je fais pas copier-coller. Pour mon suiveur de ligne, je vais à peu près faire moi-même. ça veut dire que... je vais te montrer, c'est simple. *Il cherche.*

B : Parce que j'avais vu justement des bibliothèques comme ça, pour des IA ou même sur github t'as des espèces de modèles. Mais c'est fourni par celui qui vend la carte ?

L : Celui qui me vend mon suiveur de ligne, il va me fournir ça. *Il me montre la carte.* En gros les broches SCL / SCA, c'est les branches de communication dont je t'ai parlé. Tout ça, ça va me permettre de communiquer entre le suiveur de ligne et la carte. Derrière, le GND c'est la masse, ton VCC c'est ton symbole, ton 3,3. En gros, ça c'était pour l'alimentation.

S1, S2, c'est la configuration du système. Derrière, tu vois moi je me suis dit j'ai utilisé un code à l'aide de ce code j'ai pu faire des relevés de ligne. Par exemple, quand j'avais les deux... ça j'ai simulé les deux petits points morts qui représentent la ligne. Quand j'ai relevé ça, j'avais une valeur qui était à 9, une autre à 3, une autre à 7. Derrière, à chaque fois je lui disais : quand tu détectes ta ligne et que t'es bien dessus, t'avances. Quand t'es à droite, j'écris une fonction tourner à droite, quand t'es comme ça, tourner à droite, puis tourner à droite, puis tourner à gauche, etc.

B : C'est qui qui fabrique ces puces là ?

L : C'est l'unité qui les fournit.

B : Il y a une marque ?

L : Nous on utilise Arduino. Je crois que c'est un truc italien. Mais tu vois par exemple, derrière, j'ai un exemple de code. Donc là je vais utiliser ma fonction RGB-line-follower-loop. Donc ça va permettre à mon suiveur de ligne de se mettre en route. Là je vais définir turn-off-set, c'est une variable dans laquelle je vais stocker RGB-Line-Follower et Position-State qui est la commande pour relever la ligne et par laquelle je vais obtenir ma petite valeur, 9, 3, 7 tout ça. En gros c'est des valeurs en bit. Tu sais t'as : 0100100, tout ça. Derrière, je vais l'afficher avec turn-off-set et vu que je veux un truc très précis et très réactif, j'ai mis un delay-1 pour que ce soit tout les millisecondes. Ensuite, je refais tout le temps ça : si ta valeur est égale à 9, on est dans cette condition, j'appelle ma fonction « avancer ». C'est un peu compliqué mais ça aussi on l'a fait nous même. Dans chaque carte, t'as ce qu'on appelle les registres qui vont être stockés sur des piles. Par exemple, moi j'avais le registre : TCC-R0. En gros, ça va te permettre de créer toi-même ton signal. Les signal qui font clac, clac, clac carré tout ça. Si ton signal il est à 1, ton robot il va avancer à fond. Ensuite, on va réduire le rapport cyclique pour avoir soit un signal rectangle tu vas avoir par exemple clac - clac, clac, clac. Ou soit un truc où tu fais un truc continu. Et en fait, on va faire varier ces trucs là, donc par exemple le max c'est 255, moi je l'ai mis à 230 parce que je veux qu'il bombarde un petit peu.

B : C'est la vitesse ?

L : Ouais c'est la vitesse, et derrière c'est les registres de configuration, comme 0 à 1, comme 0 tout ça c'est les registres. je sais pas si j'ai un exemple à te donner... Tu vois par exemple,

je veux utiliser un PWM-Rapide. PWM ça va être le signal carré, rectangulaire, tout ça. Je veux que mon système choisisse rapidement, donc derrière je vais lui dire : « on met à 1 tel bit, à un 1 tel bit. ». Sur la documentation technique tu vas avoir tous les trucs.

B : Plus tu veux faire des trucs compliqués, plus tu dois coder ?

L : Un petit peu, ça dépend de ce que tu vois. J'ai peut-être d'autres exemples pour toi... Par exemple... je sais pas si j'en ai un... c'est lequel... si je tape celui-là... *Il cherche sur son téléphone.*

B : Non mais t'inquiète, c'est juste pour comprendre. J'imagine que quand tu vas devoir travailler, tu vas pas faire que des robots qui suivent des lignes. ça peut être des trucs encore plus...

L : Là par exemple je peux te donner un autre exemple : un thermomètre. On a notre régulateur de tension. Admettons lui tu lui mets 12 volts, l'avantage c'est qu'il va te donner la valeur que tu veux. Si par exemple on impose une alimentation 12 volts, mais que mes composants sont en 8 volts, j'utilise ça, je fais mes calculs avec mes condensateurs et ça va faire varier la vitesse. Tu vois, même chose. On va faire plein d'études. Donc ça par exemple, ça c'était il y a deux ans donc je sais plus ce que c'est exactement... tu vas avoir des amplis. Un ampli c'est imagine t'as une très faible tension, tu veux l'augmenter tu vas utiliser ça. Mais derrière ça va être toujours le même principe.

B : Je me souviens de mes cours de physique, j'ai dû dessiner des trucs comme ça. *En parlant d'un circuit électrique.*

L : Là c'était un peu plus complexe donc on utilisait cette carte-là qui était un peu plus balèze que l'autre. Là, on avait plus de choses à faire. On a posé une première version numérique, ça veut dire par exemple... c'est ça dans tous les appareils. Par exemple, admettons, ton téléphone là, t'as 52% de batterie mais ça se trouve, la batterie en soit ça se mesure en volt. Ta batterie, ça veut dire il va rester 8,4 volts. Comme elle est sur 12 volts, tac, tac, tac il te reste 72%

B : C'est la conversion des données binaires, ou numériques, en données que tu peux comprendre ?

L : C'est ça. Par exemple, la batterie, c'est un exemple. Admettons, ton téléphone t'as une batterie 12 volts, si ta batterie sur tes 12 volts, t'as plus que 6 volts, derrière tu vas dire : « Ah bah tiens, j'ai 50% de batterie ».

B : Mais, là par exemple, sur ces circuits imprimés là, etc... est-ce que... à quel point c'est différent en termes de puissance de calcul, par exemple d'un ordinateur ? Je sais pas si je dis bien les choses.

L : Je vois ce que tu veux dire.

B : Est-ce que ça nécessite, imaginons au lieu de faire ta voiture tu veux construire un circuit imprimé pour un téléphone. C'est beaucoup beaucoup d'heures de travail ? Ou alors c'est la même chose.

L : Oui, par exemple, en stage, j'ai fait un stage dans les entreprises à côté du concessionnaire Peugeot. On va dire, ils avaient comment dire... Sur ces câbles là par exemple, ils devaient être différenciés. Moi mon rôle, c'était de créer une base de données. Là par exemple, même si c'était la même carte, il y avait beaucoup, beaucoup plus de travail parce que c'était un truc différent. Par exemple, ils m'ont donné un appareil dans lequel je devais être capable d'afficher les choses. Par exemple, je dois être capable de dire quand ils mettaient le câble, ok t'as affiché la valeur en bit : 100010101000... ça correspond à tel truc. Soit le truc il existe, je l'enregistre. Soit s'il existe pas, mon programme il devait être capable de gérer une carte SD, et là j'ai galéré. Du coup, par exemple, là où tu me disais c'était différent aujourd'hui ou il y a 5 ans, je pense que il y a 5 ans, j'aurai dû me démerder moi-même. Maintenant t'as des mecs qui via des forums vont faire des trucs spécialisés.

B : Et tu peux utiliser les trucs des bibliothèques pour faciliter le travail ?

L : Oui, par exemple, j'ai appris dans les bibliothèques comment tu faisais les cartes SD, créer un dossier, créer un fichier, enregistrer un fichier dans un dossier, ouvrir le fichier.

B : Mais pourquoi ils font ça ? Parce qu'ils sont sympas ou derrière il y a un intérêt ?

L : En fait, ils avaient un petit truc. Mais qui était un petit peu pourri, ils voulaient que je l'améliore.

B : Non je veux dire les bibliothèques. Est-ce qu'ils font ça parce que juste ils veulent bien t'aider ou alors c'est parce que...

L : On va dire oui je pense et eux derrière, ça leur fait un petit plus. Si t'achètes un composant et que tu dois aller toi-même trouver tout sur internet, tu vois par exemple, ça va être ça. Tu vas avoir un dossier technique ils vont te dire : telle fonction c'est pour tel truc. Ce qui est pratique en informatique c'est qu'à côté de tes lignes de code tu peux mettre des commentaires. Moi pour ma carte SD, j'avais une fonction qui s'appelait TCS-Guideline. Je savais pas ce que c'était, il m'a mis juste à côté : « Initialisation de la carte SD. ». Tant que tu as pas appelé cette ligne de code, la carte SD elle est pas considérée comme active. Ensuite derrière tu vas avoir TCS.Open, tu vas créer un fichier. Moi je savais pas, mais à côté le mec il mettait en anglais « Écrire un fichier ».

B : Et est-ce que c'est un argument d'achat quand t'as un truc comme ça ?

L : Oui, parce que moi du coup, j'ai plus utilisé ces composants là parce que derrière ça facilite un peu la vie.

B : Mais t'avais le choix ?

L : Oui t'as le choix.

B : Si tu voulais vraiment te rendre la vie infernale...

L : Si je veux me compliquer la vie, je peux prendre un truc où j'ai pas d'exemple. Mais maintenant tout le monde le fait.

B : Parce que justement, j'avais vu que NVIDIA faisait ça avec leurs nouvelles cartes graphiques. Notamment avec les supercalculateurs dans les data-centers, j'avais lu qu'en gros ils développaient des bibliothèques où par exemple l'IA et tout tu peux utiliser des lignes de code déjà faites et toi tu les customise selon tes besoins.

L : Même un truc qui se fait maintenant : par exemple sur un même composant, tu vas avoir plusieurs bibliothèques. Par exemple, t'as le truc du composant, derrière t'as un mec qui va dire : tenez j'ai créé un truc plus simple ! Et derrière il va dire après : « dans la bibliothèque si tu veux faire telle fonction, moi je te la propose. » Maintenant, pour l'indicateur de couleur,

t'avais la bibliothèque du composant et trois quatre bibliothèques avec des mecs qui disaient « Moi j'ai fait ça pour ma fonction, si ça t'intéresse, fais toi plaisir. »

B : C'est gratuit ?

L : Oui c'est gratuit. Moi par exemple j'ai un site de composant, tu tapes le nom de ton composant, tu trouves la référence et derrière quand tu inclues la bibliothèque à ton programme, tu auras un petit truc dans le fichier. Il y aura marqué : exemple. Et quand tu cliques dessus, tu auras les exemples du composant en question.

B : Mais... donc du coup en plus ils font ça parce qu'ils ont même pas à faire des programmes après, les gens le font à la place de l'entreprise, vu qu'ils se disent tiens on va partager notre programme.

L : C'est ça, les entreprises créent les composants pour les gens.

B : Mais là, les composants dont tu parles c'est quoi ? Ils ont un nom ?

L : Bah... ça va être... pas spécialement... ça va être capteur, capteur ultrason... Tu vois, si moi je te le montre, il va être un petit peu... par exemple...

B : C'est tout ce qui est...

L : Je vais te ressortir celui-là. Tu vois par exemple, mon suiveur de ligne, il va ressembler à ça. *Il me montre un capteur de quelques millimètres.* Tu as cette petite tête qui va s'allumer et suivre la ligne. Nous on va le voir comme ça mais derrière ça se trouve, il est équipé sur plein de trucs que tu connais pas et tu le vois pas mais il est pas comme ça.

B : Mais même si c'est des capteurs ultra-son, ou des capteurs visuels, c'est toujours des circuits imprimés ?

L : Ouais, ouais. tu vois par exemple, là on le voit bien, ça c'est mon capteur de couleur, on dirait pas un capteur de couleur. Derrière t'as des toutes petits trucs et le truc qui détecte la couleur c'est le petit truc jaune. Sauf que derrière tu vois pas mais tous ces petits trucs où il y a écrit 1002, 1002, 680, c'est des résistances. Derrière, tous les petits fils que tu vois, c'est tes fils qui font les liens. Tu vas voir que celle là est reliée avec celle là en parallèle. Celle-là je sais pas c'est quoi son composant, ta petite puce elle va être reliée avec la résistance ici, le petit condensateur...

L : Est-ce que les espèces de petit trucs là : 133, etc c'est des transistors ? Ou alors des transistors c'est encore plus petit ? Parce que j'avais lu qu'il y avait des transistors quelque part...

L : Alors transistors, oui je crois que je peux t'en trouver.

B : Mais il y en a pas du tout ?

L : Non, moi dans mon robot suiveur de ligne j'en ai pas eu besoin. Sur celui-là, si je te trouve le schéma, je crois que j'en ai utilisé. Est-ce que j'en ai là-dessus ? Bah non, là j'en ai pas tu vois. *Il me montre un schéma.*

B : Quand tu utilises pas des transistors tu utilises quoi ?

L : Là par exemple, on va avoir... ça ça va être ce qu'on appelle un ampli. Admettons, comme je te dis, j'ai une petite tension, à force d'utiliser des résistances, c'est par rapport au courant. Admettons par rapport au courant t'as un circuit continu. tu pars de ta batterie, t'as une, deux résistances et tu retourneras à ta batterie. Le courant va être le même partout. Si t'as un ampère de courant, ça va être un ampère au niveau de la résistance, partout. Le voltage ça va être différent. Plus t'as de composants, plus il est faible. Par exemple, si ma batterie, elle fait 1000, 1 kilo-ohm et que j'ai un ampère, je vais avoir 1000 volts. Parce que t'as  $U = R \cdot I$ . la tension elle est liée à la résistance, à l'intensité. C'est pour ça qu'on utilise des amplificateurs. A chaque fois que tu vas utiliser des composants, tu vas avoir une charge et du coup la tension va être réduite. Derrière, tu as ce que l'on appelle des potentiomètres. Un potentiomètre, par exemple, le son d'un téléphone c'est un potentiomètre. Parce que je vais régler... c'est ce qu'on appelle la résistance variable. Je vais régler la charge. Plus la résistance est faible, plus le courant est élevé, plus la tension est élevée derrière.

B : Et du coup les informations sont transmises par des fils ? Mais elles peuvent être transmises par autre chose ?

L : En fait, les informations, tu les as plutôt au niveau des appareils de mesure. Par exemple, sur un truc comme ça je peux l'avoir. Si derrière j'ai rien qui relève la tension, je vais rien avoir. Les cartes électroniques quand tu les mets dans les digital input, tu peux lire la valeur. Enfin plutôt pour les analogues pardon, parce que ça va être des trucs variables. tu vas relever la valeur ça peut être 10.3. Tu vas tourner ça, tu peux mettre un tournevis, tu peux aller d'un

volt à 4. Je crois que c'est ce que j'avais mis dessus. Moi j'évolue entre 4.16 et 8.64, derrière j'avais dit que 4.16 volt c'était 0 degré et 8.64 c'était peut-être 40.

B : Et c'est grâce à ça que dans le truc des data-centers ils calculent l'eau qui faut grâce à ces potentiomètres, la machine elle sait qu'il faut refroidir ou non ?

L : Non, un potentiomètre, c'est un truc variable. C'est lié surtout aux capteurs. Par exemple quand t'as une enceinte et que tu vas tourner ton truc tu vas augmenter le son.

B : Ouais c'est toi qui donne une...

L : C'est ça.

B : Ok.

L : C'est surtout des capteurs. Derrière, ces capteurs ils vont envoyer une information qui va être comparée à une consigne. Mon moteur dès qu'il atteint 82 degrés, on va ouvrir un truc un moteur Calorstat qui vont laisser passer l'eau froide pour refroidir le moteur. Il va y avoir un capteur de température qui va relever la température, c'est son rôle. Dès que le moteur il tourne, il relève, il relève, il relève, il relève tout le temps et dès qu'il sent que c'est trop, il lâche l'eau. Tout est relié au traitement. Ta consigne, on va dire c'est 82 par exemple, si t'es au dessus de 82, t'as un contact qui va s'activer derrière le contact il va comment... il va en fait faire le lien électrique parce qu'un contact c'est un peu comme un conducteur. S'il est ouvert... s'il est ouvert ça passe pas, s'il est fermé ça passe. Le contact il est ouvert tant que t'as la consigne. Dès que tu l'as atteint, il va se fermer et passer le courant. Là ça va alimenter le truc, les calorstat vont s'ouvrir et refroidir le moteur.

B : T'as déjà bossé sur des codes comme ça pour les data-centers ?

L : Non, on va dire, malheureusement, tout est un peu fait. Et surtout quand je suis arrivé au data-center depuis le mois de mai, le mec avec qui je bosse l'avait déjà fait.

B : Mais globalement, tu pourrais le faire.

L : On va dire oui, parce que c'est pas compliqué, nous on a un logiciel qui s'appelle E.T, Electronical Technician, je sais pas quoi, c'est un truc d'assistance où on a un programme qui a été créé entièrement par le créateur. Nous dedans on a juste des consignes à rentrer. Par exemple, pour la vitesse, nous le moteur on veut qu'il tourne à 1500 tours minutes. Donc on

va lui dire, sur le programme, là t'as Engine.Speed tu vas mettre 1500 tours minutes et derrière tu auras une autre consigne, deux autres consignes. La sur-vitesse et la sous-vitesse. La sous- vitesse on l'a mis à 1400, la survitesse à 1600. Avant t'aurais dû tout faire toi même, dans 5 ans, ça se trouve c'était pas comme ça. et derrière il va te dire : si t'es en sous-vitesse, il y a un problème avec le moteur, survitesse même chose.

B : C'est des questions de sécurité ?

L : La sécurité, oui. Par exemple, moi ça m'est jamais arrivé mais si jamais t'as un problème dans le moteur, t'as les pistons ils font clac, clac, clac très vite. Si jamais t'as un piston qui se détache, ça part. C'est une question de sécurité. On a un truc qui s'appelle la vanne-fusible. Ca va être les protections contre les incendies. Admettons que le feu est si important que les extincteurs, que les trucs au plafond anti-incendie arrive pas à les éteindre, on a une petite pièce en plastique disposée sur le moteur à la sortie des échappements, là où le feu sortira, cette pièce va fondre et derrière : clac. ça va activer la vanne. En fait, c'est connecté à un fil. Imagine t'as un fil qui est tendu, t'as une petite pièce qui maintient le fil, la pièce elle est plus là, le poids va tomber ça va activer la vanne. Derrière, le moteur va s'arrêter.

B : C'est une espèce de fusible ?

L : C'est ça, exactement. Le moteur va se mettre en arrêt. Et t'auras plus d'approvisionnement en fioul. Ce qui est dangereux c'est de remettre du fioul alors que le moteur est inflammable, en feu. Donc ouais t'as plein de choses de sécurité. Par exemple, si le moteur est trop chaud, bah ça peut prendre feu. C'est pour ça qu'on a créé des trucs pour lesquels il est censé refroidir. C'est pour ça qu'on a des sécurités. Par exemple, si la température du moteur est trop chaude, il y a un problème avec le circuit de refroidissement, le moteur on le met à l'arrêt direct. Le rare moment où il peut prendre feu c'est là où il y a un souci de code, un contact cassé, un disjoncteur qui a sauté.

B : Ok, parce qu'en gros moi, l'idée de mon mémoire, c'est de montrer que... tu vois souvent on dit on peut regarder les séries sur un service de streaming, tu peux télécharger tes jeux de manière digitale, tu peux avoir tes informations sur un cloud... Mais en fait, même si on te dit qu'entre guillemets tout est dématérialisé, en fait tu te rends compte avec les data-centers, c'est des trucs qui sont concrets, même pour les semi-conducteurs, les cartes graphiques, les circuits imprimés dont tu parlais. Si t'avais pas quelque part, bah des trucs concrets, qu'on peut toucher, on pourrait pas faire fonctionner tous les clouds et tout.

L : C'est ça.

B : Ouais. Du coup, c'est pour ça que les data-centers je trouvais ça intéressant, parce qu'en vrai il y a pas mal de problématiques en ce moment, autour de l'énergie, tout ça.

L : Bah le problème c'est que les data centers on en a de plus en plus besoin et c'est très énergivore. On en construit partout.

B : Même dans des maisons j'ai vu.

L : Ah ouais ?

B : En gros ils font des mini data center, pas des data center mais certaines machines qui permettent de calculer les informations, ils te les mettent à la place des radiateurs et en échange d'une prime que les data centers ils te paient, tu peux faire chauffer genre ton appart.

L : Ah ouais.

B : A la place d'un radiateur.

L : Je savais pas.

B : C'est pour le *free cooling* je crois.

L : Ouais ça surchauffe beaucoup.

B : Pareil, il y avait une piscine dans le 93 qui était chauffée par des data-centers.

L : Nous par exemple, l'avantage c'est que nos moteurs à Marcoussis, c'est que tu vois à Marcoussis il y avait la pièce avec les data et la pièce avec le moteur. Nous le moteur, je sais pas si je t'ai montré... on a un énorme ventilateur ici. Ce ventilateur là, il va créer de l'air frais. Cet air frais là, il peut, il est redirigé vers les salles data. Par exemple, c'est un autre avantage du moteur.

B : Ok. Du coup c'est conçu pour.

L : Là il va pas le faire mais à l'étage... les data-centers ils font 20 mètres de haut, le moteur il est sur la terrasse, il va pas le faire. Mais à Marcoussis, ce sont des petits bâtiments qui font la taille d'un gymnase, il pourra le faire.

B : Vous, vous concevez ça pour que ça consomme le moins d'énergie possible ?

L : Oui on essaie de faire le moins d'énergie possible. Parce que là on a des améliorations qui ont été faites, ça a beaucoup progressé là-dessus mais ça reste très énergivore. À Marcoussis, on doit avoir 90 moteurs, à Lisses, 114. Comme je t'avais dit c'est 60 litres par heure. Donc t'imagines à l'année ce que ça fait.

B : Mais c'est pas que les moteurs d'urgence ? C'est pas que les moteurs d'alimentation qui s'activent au cas où ?

L : Nous, si.

B : Là les 114 et les 90, tu dois multiplier en plus par 4 le nombre de moteurs total ? Ou ?

L : Non, c'est bon. En fait par exemple, les 90 c'est pour les 20 bâtiments, 114 pour les deux, parce que c'est pas les mêmes dimensions. Ils tournent très rarement. Quand j'ai fait mes maintenances sur les moteurs, au niveau des premiers sur les data-centers qui ont 20 ans, certains moteurs ils ont tourné que 400 heures. 400 heures sur 20 ans, c'est pas énorme, ça doit faire 20 heures à l'année. Toi c'est que quand t'as des coupures de courant, mais là-bas c'est énergivore.

B : Mais après t'as le moteur de base qui fonctionne ?

L : Nos moteurs, on peut aussi les mettre aussi pour les bateaux, les hôpitaux.

B : Les moteurs qui sont utilisés au-delà de ceux d'urgence, c'est d'une autre entreprise ?

L : On va dire, c'est toujours caterpillar mais ça ne va pas être nous. Parce que tu vois, moi par exemple, j'ai jamais fait de la mise en service pour un cargo. Mais je sais que nos moteurs sont utilisés pour des moteurs de cargo. Ton moteur dans ta voiture ça va être 100 chevaux, là c'est 3400. C'est utilisé dans les bateaux. La plupart des cargos américains sont des caterpillar là-dessus.

B : Ok, ça marche.

*L'entretien se finit.*

### Entretien 3

**Titre : Entretien avec Nora, informaticienne**

**Date :** 8 septembre 2024

**Durée :** 25 minutes

**Lieu :** Bar à Paris (75)

**Enregistrement :** Dictaphone

**Interlocutrice :** Nora est une informaticienne ayant réalisé deux premières années d'une licence informatique. Âgée de 20 ans, elle complète sa formation en parallèle de son travail en complétant son portfolio en *freelance*. Elle développe des applications IOS. La prise de contact s'est faite par les réseaux sociaux suite à une demande pour un entretien avec des personnes travaillant dans le secteur numérique.

Bruno : Donc du coup tu es développeuse c'est ça ?

Nora : Ouais.

B : Ok.

N : Développeuse d'ios.

B : Ok. Du coup tu as fait une licence d'informatique avant ?

N : J'ai pas terminé

B : Ok. Et pourquoi tu as choisi une licence d'informatique ?

N : Euh c'est ce qui me parle le plus en fait. Pour moi, le développement c'est une manière de s'exprimer aussi, de créer, comme le dessin.

B : Pour de vrai ?

N : Oui.

B : Ok. Mais ça change quoi IOS et Android ?

N : Ios c'est juste ... bah ... je suis plus familière avec cet environnement là et j'ai une machine apple où je travaille principale dessus donc je la rentabilise en fait

B : T'as un mac ?

N : Oui c'est ça

B : Et t'as déjà essayé de coder pour des trucs androids ?

N : Oui !

B : Mais c'est le même langage de programmation ?

N : Non c'est justement ça la différence, les applications ios c'est propre avec le langage d'apple, le langage est différent chez apple, ils l'appellent Swift.

B : Ça change quoi ?

N : Ca change que c'est pour ça que les applications d'apple ils ont tous leurs UI parce qu'ils ont un OS lié qui est produit par ça, l'os d'apple c'est macos, c'est ios, c'est pas pareil que les majorités des machines sous android, qui sont plus basées sur un Java, on va dire et sur les différentes machines un peu plus poussées, Linux, mais c'est rare.

B : Mais l'environnement android est-ce que du coup vu qu'il est ouvert c'est pas plus facile pour développer des applications, des trucs comme ça ?

N : Si, si mais moi c'est de par ma formation que j'ai choisi de faire les applications ios.

B : Ok. Et j'ai peut-être une question sur la question des trackers par exemple

N : Ouais.

B : Est-ce que c'est ton rôle de les implanter ? Ou alors c'est dans des API

N : Non...

B : Du coup c'est toi qui t'occupe d'implanter les trackers dans les applis ou pas ?

N : En fait c'est un peu plus compliqué avec le système d'apple.

B : Comment ça ?

N : Il y a quand même un large respect de la confidentialité de l'utilisateur dans le développement des environnements des applications Apple. C'est comme ça, chaque

publication IOS, elle passe par un filtre assez fort de l'App Store avant d'arriver. Donc non c'est pas moi qui applique les trackers, parce que je fais pas d'applications où j'en ai besoin

B : Ok. Mais est-ce qu'il y en a pas quand même ?

N : Il y en a dans la certaine limite pour que la fonctionnalité fonctionne, pour que l'application fonctionne mais je prends pas de données d'utilisateurs

B : Donc elles ne sont pas nécessaires ?

N : Si elles sont nécessaires pour personnaliser l'expérience à chacun

B : Mais genre c'est quoi par exemple ? Est-ce que tu as des exemples ?

N : Pff... *Elle réfléchit*

*On nous demande ce que l'on souhaite commander*

B : Sur une application que t'as pu développer ?

N : Imaginons je fais une application, je fais une application pour Lidl, tu t'appelles Laëtitia, c'est peut-être mieux que quand tu ouvres l'application la prochaine fois on te montre la promo sur le saumon parce que la dernière fois t'as acheté du saumon.

Ok

N : C'est pas à but... c'est forcément à but mercantile mais c'est pas à but de violer la confidentialité.

B : Mais est-ce que ça se compile par exemple avec d'autres applications ou pas ?

N : De quoi ?

B : Par exemple, est-ce que l'application de Lidl, est-ce que ça va prendre en compte des trackers qui sont utilisés dans d'autres applications du téléphone et constituer... pas sur apple ?

N : *Elle fait non de la tête.* Non. T'as pas autant de droits sur une machine.

B : Et ça pose pas de problèmes ?

N : Euh, non, mais après moi je fais partie des informaticiens qui sont engagés dans le respect de la vie privée. Je sais pas si tu connais la quadrature du net ?

B : Ouais.

N : Ouais, donc j'essaie d'essaie de coder des solutions qui sont le plus respectueuses possibles de l'utilisateur et de sa vie privée, sinon oui forcément je gagnerai beaucoup plus d'argent à mettre des trackers et des pubs et à glaner les informations que je peux sur Laëtitia. Mais je veux pas parce que c'est que mercantile.

B : Ok. Donc t'as rejoint la quadrature du net ? Ou c'est juste un exemple ?

N : C'est juste un exemple, c'est les plus connus. mais eux ils sont plus sur la législation contre les... la reconnaissance faciale, la vidéosurveillance. Ça se passe moins au niveau du développement même, c'est encadrer la pratique du numérique et de l'informatique en France et ses déviances. Si on entraîne des modèles d'IA sur des modèles de visages de gens dans la rue, on veut pas.

B : Donc toi t'as déjà rejoint des associations ou parler avec des gens de ce sujet là ?

N : Je suis venu à quelques réunions de la quadrature du net mais j'ai jamais vraiment participé à des activités...

Ok, ok. Et est-ce que tu te considères toi comme cyber-militante ? Ou en tout cas militante sur la question du numérique ?

N : Ouais, quand même. Moi, j'utilise pas, genre à part pour toi j'utilise pas Whatsapp. J'ai pas instagram genre... Je suis consciente quand même de ce que j'utilise et c'est pour ça que dans ma pratique je m'interdis certaines choses.

B : Genre quoi ?

N : La majorité des réseaux sociaux je les ai pas. j'utilise pas de plateformes de discussion de masses comme messenger, en tout cas qui sont détenues par des grands groupes privés américains.

B : Ok.

N : Ouais.

B : Mais pour quelles raisons ?

N : Parce que... hmmm..

B : Parce que juste tu veux pas que tes données soient... ?

N : C'est mes discussions, c'est ma liberté d'expression pure, ça n'appartient qu'à moi. j'ai envie de pouvoir dire ce que je veux, tout simplement.

B : Parce que t'as peur d'être espionnée ?

N : C'est pas que j'ai peur. C'est que l'on est à un certain degré.

B : Ok.

N : Tu penses pas ?

B : Non, c'est juste pour savoir toi par exemple t'entends quoi par ça.

N : Bah oui, il y a une surveillance. Parce qu'elle est nécessaire, je pense. On peut pas continuer à...

B : Est-ce qu'il y a des solutions ?

N : Pour ?

B : Toi en tant que développeuse, à ton échelle...

N : Pour éviter la surveillance ? Ouais bien sûr. Moi, ce que j'utilise pour communiquer avec mes proches, c'est Signal. Je sais pas si tu connais ?

B : Ouais.

N : Je me *dégooglise* comme on dit le plus possible. A part ma boîte mail, où je suis trop dépendante parce que ça fait des années que je l'ai, j'utilise pas les autres services google. Je *bypass* Youtube, je *bypass* tout ça pour pas avoir un compte parce que c'est ça qu'il y a le plus de conséquences. Il faut gérer les grands groupes d'abord en priorité si tu veux faire une économie de tes données. Il y a aussi des moyens de récupérer, de faire des demandes de RGPD et ça je l'ai fait. Je l'ai fait y a 6 mois j'ai dit : vous me supprimez ça ça ça, je veux pas que Nora "Mon nom de famille" d'il y a 6 ans, ce soit retrouvé. Je vois pas pourquoi

certaines entreprises auraient ces données là sur moi alors que ça date de quand j'avais 13 ans.

B : Les demandes de RGPD c'est dur à faire ?

N : Non, même aujourd'hui il y a des services qui le font à ta place.

*On nous apporte la commande*

N : Il est étrange le cosmo... un cosmo c'est rose ? Non c'est rouge.

B : C'est un cosmo socialiste

N : Un petit peu rose...

B : Mais du coup est-ce que tu utilises des logiciels open source ?

N : Ouais mais même j'en développe, mais ça c'est pas mon coeur de métier, c'est ma passion.

B : Parce que par exemple, j'avais vu que Framasoft avait lancé une campagne Dégoogliser internet, est-ce que t'en as entendu parler ?

N : Ouais bien sûr, Framasoft, ouais.

B : Tu utilises ces logiciels ou pas ?

N : Je suis pas encore passé sur leurs solutions parce que j'ai pas eu le temps de m'y atteler mais je les connais. Ouais non. J'avais essayé un moment de m'y intéresser mais j'avais pas eu le temps parce que ça prend quand même du temps d'intégrer son système de vie à ça.

B : Tu as des exemples de logiciels ou de plateformes que tu utilises à la place de Google, youtube ou autre ?

N : C'est pas toujours des trucs très légaux. Youtube c'est un *bypass* de Youtube Premium, ça efface tout ce qui est navigation, vue, etc.

B : Mais il faut avoir un certain *background*, genre...

N : Ouais faut s'y connaître, enfin il faut avoir fait des recherches pas mal poussées. Je sais que moi et mes potes de facs on avait fait genre un questionnaire de mot de passe : le nôtre. C'est aussi beaucoup de trucs où c'est mes automatisations dont j'ai besoin, selon ce que je fais, selon mes activités. L'envoi de mail, il est automatisé sur mon Mac.

B : Ok.

N : Tout ça, ça simplifie.

B : C'est facile de coder ça tout seul ?

N : Bah j'étais en L1 donc je suppose que oui ? Je pense que si on s'intéresse assez, c'est pas inaccessible.

B : Et toi par exemple, quand, je sais pas, t'as dit à tes proches que tu arrêtais d'utiliser certains réseaux sociaux ou quoi, ils ont réagi bizarrement ou ?

N : Forcément il y a des gens que j'ai perdu de vue parce qu'ils sont pas tous allés sur Signal, parce que je suis plus sur Insta. J'ai eu quelques réactions négatives mais c'était au pire : "Je vais pas te suivre dans ton choix de te télécharger Signal, Bisous." J'étais là genre : bah ok. Mais ça ne s'est jamais fini sur une dispute.

B : Et pourquoi Signal par rapport à d'autres messageries cryptées ?

N : Parce que je lui fais plus confiance.

B : Ouais ?

N : On pourrait le dire ouais c'est en partie financé par le gouvernement américain mais c'est en majorité financé par les donateurs et s'il est lancé par le gouvernement américain, c'est qu'ils doivent aussi se dire qu'il y a des gens dans ce pays qui croient un minimum dans la liberté d'expression et au droit de parler librement. Les mecs qui ont fait Signal c'est des *cracks*, c'est des gens qui ont vraiment pour opinion la liberté pour les journalistes.

B : Mais toi comment t'en es venue à utiliser Signal, mais à prendre conscience aussi de cette problématique ?

N : Hmm... En sachant ce que je peux faire je me dis ah bah je suis pas la seule à pouvoir le faire, donc je vais me protéger.

B : Genre par exemple dans le cadre de tes études tu as déjà fait des choses qui étaient vouées à... pas forcément espionner les gens, mais à prendre en compte leurs datas ?

N : Dans le cadre de mes études jamais, mais dans ma pratique personnelle... je l'ai pas fait dans ce but là mais j'aurai pu, j'avais le savoir. C'est accessible. J'ai personne à espionner je pense !

B : Mais là, comment t'envisages comment... c'est quoi ta position... si demain on te demandait : Toi tu en penses quoi de l'état du numérique aujourd'hui en tant que développeuse, par exemple sur la question des RGPD ou des réglementations.

N : Désolé, je vais parler de mon ex trente secondes.

B : Ok.

N : Mais lui, il était à Assas et son master il l'a fait sur justement les sanctions pénales qu'on pourrait donner sur le futur face à l'utilisation des IA. Je lui ai inspiré le mémoire évidemment. Mais du coup on a quand même appris pas mal de trucs, comment tu pouvais en soit punir une IA. Je te parle de l'IA parce qu'en vrai quand tu me parles de l'avenir du numérique, c'est ça un des plus gros challenges qu'on a. C'est comment punir, réguler un truc aussi libre, une utilisation aussi libre, aussi puissante ! C'est tellement puissant l'IA !

B : Tu parles de l'IA générative ? Ou alors de l'IA en général ?

N : Bah il y en a plusieurs types des IA. Il y a des IA symboliques, des IA génératives... on va dire pour faciliter je te parle de la seconde. Générative, parce que c'est la plus présente.

B : Toi dans ta méthode de développement ça a changé des choses ?

N : Ouais ça aide, c'est plus rapide, c'est comme si on nous avait donné une super calculette qui parlait français genre.

B : Du coup ce qui change c'est un peu l'interface homme-machine qui est un peu plus ergonomique, je sais pas si on peut dire ça comme ça ?

N : Non c'est une question de langage ! C'est des modèles de langage, tu peux pas parler à ta calculatrice mais là c'est une machine qui parle et qui "a la vérité". Tout ce qui a de plus pur.

c'est possible, même si elle peut se tromper parce que ça c'est un truc de langage. Ça facilite pas mal de choses.

B : Est-ce que t'as déjà utilisé des API qui sont mis en place par des services d'IA comme OpenAI ou NVIDIA ou des trucs dans le genre ?

N : Ouais mais dans ma pratique personnelle, pour mon nuage à moi. Pour l'automatisation des mails et tout, j'ai mon petit... Tu vois Iron Man ? Il a son petit truc là... comment il l'appelle... Travis ? Jonah ?

B : T'as fait ça avec une IA ?

N : En codant ça et j'ai intégré une API d'IA ouais.

B : Tu penses que ça, ça peut changer quelque chose dans le *game* du développement ?

N : Ouais bah ouais, c'est déjà en train de changer des choses. Tu me parles dans la pratique du développement ou dans les produits finis ?

B : Les deux. J'y avais pas vraiment pensé mais tu peux me parler des deux.

N : Dans la pratique des développeurs ça va aussi causer beaucoup... ça dépend de comment les gens vont l'utiliser mais il y aura forcément des failles, de gens qui profitent du système codés avec le cul, qui sont dégueux. Sinon, bah, il y aura peut-être aussi des développeurs qui se reposeront plus sur ça, qui feront des trucs un peu plus bof, qui va *down* la culture de l'entre-partage dans l'informatique. Juste tu discutes avec tes collègues pour trouver des solutions, tu discutes pas avec une machine !

*L'entretien se finit*

#### Entretien 4

**Titre : Entretien avec Maxime, automaticien**

**Date :** 9 septembre 2024      **Durée :** 1 heure 15

**Lieu :** Café à Dourdan (91)      **Enregistrement :** Dictaphone

**Interlocuteur :** Maxime est automaticien. Il travaille actuellement dans une entreprise où il doit automatiser des machines pour des clients différents. Son entreprise est donc une entreprise sous-traitante. Après un BTS CRSA et une licence professionnelle, il commence sa vie professionnelle avec cet emploi. La prise de contact s'est faite sur conseil de Leonardo, nous nous connaissons déjà, ayant des amis en commun.

Bruno : J'ai déjà fait 3 entretiens. Un avec Leonardo, *Maxime et Leonardo se connaissent*, et avec une informaticienne. Et du coup par exemple, l'informaticienne m'a parlé de la manière dont elle codait, mais elle m'a parlé aussi de ses usages d'internet tu vois.

Maxime : Ok...

B : Après avec la bière ça aide t'inquiète pas.

M : Oui je pense que ça va aider.

B : Je sais pas déjà si tu veux m'expliquer, c'est quoi ton travail.

M : Donc mon travail. Je suis automaticien. Automaticien c'est je vais avoir des clients. Qui eux veulent des machines qui sont automatisées. Donc c'est par exemple le fait qu'une personne elle ait à faire le même mouvement plusieurs fois à répétitions, c'est comme ça qu'on va voir, c'est comme ça que les clients vont vouloir venir vers nous pour éviter en gros ce mouvement cyclique. Surtout, nous on fait des machines plus performantes, et avoir plus de débit.

B : Comment ça marche ? Par exemple là, t'as un exemple de ce que t'as fait aujourd'hui ?

M : Si tu veux je peux te parler de mon projet. Je fais un projet avec une entreprise dans le BTP. La société c'est en gros, ils avaient une machine qui permettait de faire des blocs de

béton. Ils prenaient la terre directement sur le site, ils mettaient du béton avec, ça pèse à mort. Deux tonnes, c'est bien stock. Et en fait le problème c'est que actuellement, la machine est un prototype. C'est une machine en gros t'as un opérateur, il est là toute la journée à mettre de la terre, à commander tout, il doit lui-même appuyer sur le bouton pour aller vers le bas, un autre bouton pour tirer le bloc sur la droite et le mettre sur une palette. Moi ça fait 8 mois que je suis dessus. La machine est entièrement automatisée. Je travaille avec d'autres entreprises, nous on fait que de la programmation par contre. Moi je suis que PC, je touche pas à tout ce qui est outil. Donc au final, avec mon programme moi c'est la sécurité et là actuellement, l'opérateur il appuie juste sur le bouton.

B : Et ça fait tout seul ?

M : Oui effectivement.

B : Ok. Mais genre du coup tu codes, non ?

M : C'est de la programmation, donc moi je travaille sur TIA PORTAL. On peut faire plusieurs programmations en langage LCL c'est du IF "capteurs" alors Z "tu mets X". Moi je code en LADDER, c'est du programme en contact. C'est par exemple le capteur quand il va détecter quelque chose, il va envoyer un signal électrique à mon automate. C'est tout mon travail actuellement. Tu sais que moi quand je vais sur mon PC, ça va faire comme une porte qui devient ouverte. Et ça ça veut dire ma porte elle est bonne donc si j'ai mon capteur qu'est-ce qu'il se passe derrière, ça c'est moi qui le programme. J'ai le capteur à droite, je veux qu'un vérin sorte à ce moment-là.

B : Leonardo m'a parlé de ça justement. Il m'a dit par exemple que lui de base, il avait codé par exemple... fin il avait monté une voiture, il y avait un capteur en gros : si telle ou telle case est verte ou rouge, ça veut dire il faut que tu ailles à droite ou à gauche.

M : Leonardo, lui, il fait de la programmation cerveau. Ils font de la programmation qui est pas cyclique, c'est : si j'ai le capteur, mais en fait ça marche qu'une fois. En termes d'automatisme... il faut imaginer que sur cette ligne, il va y avoir peut-être quinze portes ! J'ai une sorte de grosse hélice qui mélange la terre et le ciment pour faire un mélange homogène, sur cette ligne là il y a pas juste écrit : quand j'ai la terre / quand j'ai le ciment. Il y a écrit toutes les trappes fermées, que ça ce soit bon, il faut que la machine soit prête à l'arrière, qu'elle soit prête à l'arrière, que tout soit opérationnel.

B : Là par exemple, tu as eu d'autres projets à part ça, depuis que tu travailles ?

M : J'ai travaillé au Printemps Haussmann sur les CTA, sur les traitements d'air. C'est un autre niveau on va dire... en même temps Haussmann, c'est beaucoup plus strict : y a des horaires à respecter, il y a des codes... t'as pas le droit de faire ce que tu veux. En automatisme, j'ai quand même le droit à une imagination, à un libre arbitre qui est énorme. Moi mon programme si quelqu'un d'autre le fait, il sera jamais pareil. Personne ne pourra jamais faire comme je peux le faire. Le printemps, moi c'était plus, alors là des petits projets. Là où je suis c'est un gros projet de A à Z, le Printemps ça fait 30 ans que la boîte y est. Moi je codais juste des cartes pour la régulation : ils aspiraient l'air dehors pour avoir un air plus propre et au lieu de juste balancer dedans l'air propre et récupérer l'air pas bon, eux ce qu'ils voulaient faire c'était chauffer cet air pour le refroidir. C'était faire du mélange des deux, avec de la régulation. Sinon, bientôt je vais travailler pour Jurong, c'est le métro à Hong-Kong. Je vais faire des IHM.

B : C'est quoi ?

M : C'est "l'Interface Homme Machine", des écrans tactiles, une interface, en gros, tout ce qui se passe dans mon programme qui va être retransmis.

B : Ok

M : Il va me dire il y a ça qui va pas, ce capteur il est cassé, ici il y a plus de jus, il y a plus de courant. C'est plus axé sécurité. En terme de programme, sur un métro, il y en a pas. Enfin, il y en a un mais c'est pas nous qui le faisons, nous c'est par exemple la sécurité. Quelqu'un appuie sur un arrêt d'urgence, on coupe le jeu par exemple de 5 gares et il faut que l'opérateur, quand quelqu'un ait coupé, que les opérateurs puissent voir : « ah les gars il y a un problème sur cette gare là, comment on redémarre ? » C'est assez différent.

B : Là par exemple, le truc de rendre ça automatique, est-ce que c'est pour diminuer par exemple... c'est pour diminuer les coûts de production j'imagine ? Ou alors c'est pour faciliter la vie des travailleurs ?

M : Bah ça dépend des clients. Nous, tant que le client paie... pour mon premier là, les blocs. Au lieu de grands blocs de bétons, c'est pas axés enlever des opérateurs. Dans tous les cas, il y aura toujours besoin sur le site. C'est plus augmenter le nombre de blocs par jour. L'objectif

c'est 100 blocs de 350 kilos par jour. Actuellement avec leurs prototypes ils ont déjà réussi à faire une sorte d'abbaye, ils ont fait des maisons... eux c'est là où c'est quand même... tout dépend, le devis que le client va passer. Tu vas voir aussi ce que les autres veulent faire. C'est un projet là qui permet de faire de l'écologie. Actuellement 350 de terre pour 25 de ciment, leur but : enlever du ciment. Le ciment c'est coûteux, c'est assez polluant et je pense qu'il y a d'autres côtés néfastes. Alors que la terre elle est directement sur le site. Ils font la fondation, ils enlèvent la terre et cette terre là, ça génère la structure.

B : Donc le but c'est toi par exemple t'arrives pour faire les machines pour les coder, les programmer, c'est d'augmenter la production totale du site.

M : Un client qui te demande une machine automatisée, c'est forcément pour avoir plus de production derrière, sinon ça pas de sens.

B : Par exemple pour le métro c'est un enjeu de sécurité ou c'est pareil ?

M : C'est vraiment pouvoir avoir un visuel en temps et en heure quoi. Dès qu'il y a une sécurité qui est enclenchée ou que par exemple il y a un problème : un câble coupé, un truc qui est cassé, un court-circuit, on puisse avoir savoir le plus rapidement qu'il y a un problème.

B : Mais les programmes par exemple. Si demain on te donnait le projet depuis le début, ça te prendrait combien de temps à programmer ? C'est quoi les étapes ?

M : Là si on me donnait le projet...

B : Sur ceux que t'as déjà fait.

M : Là, mon programme que j'ai fait j'ai mis 8 mois à le finir. Là tu vois, actuellement, il est fini, la machine on l'a testé, j'ai réussi à faire plein de blocs. Mais par contre le métro c'est beaucoup plus long. Le Printemps je dirai il faut 5 ans, presque 10. ça fait très longtemps qu'on travaille dessus. Tout seul c'est pas possible.

B : Sur ta machine t'es tout seul ?

M : Tout seul. Comme je viens d'entrer dans la boîte il y a pas si longtemps que ça, c'est mon premier projet donc je me jette un peu dans le bain, c'est un peu mon baptême.

B : C'est quoi les étapes ? Est-ce que t'arrives devant un projet on te donne un devis et tu codes direct ou alors t'as des tests, des phases de tests, jusqu'à la validation...

M : Il faut savoir déjà à quoi sert la machine. La machine sur laquelle je suis il y a plein de choses qui ont changé : des moteurs qui existent plus, des capteurs qui ont été rajoutés, enlevés. Donc au départ, il y a toute la liste matérielle : moi j'aurai besoin de cette carte là, de ces capteurs... C'est des cartes qui répondent pour mes entrées et sorties. Tous mes capteurs ça assure une entrée. L'automate c'est comme un cerveau que je rajoute : il faut que je connecte tout le monde électriquement.

B : Ce cerveau là, c'est un CPU ?

M : Exactement c'est une CPU.

B : Ok, vous utilisez des fois des GPU, des cartes graphiques ?

M : Non, que l'automate. Alors, nous on travaille que avec Siemens. Déjà, ça réduit le marché.

B : Ok.

M : C'est qu'une seule marque donc c'est qu'un seul logiciel.

B : Pourquoi vous utilisez que des CPU ?

M : Parce qu'on en a besoin. Sans CPU on peut rien faire.

B : Par exemple, vous pouvez pas utiliser des cartes graphiques ?

M : Ça répond pas pareil. Parce que après j'ai un logiciel qui me permet de travailler avec ça. Qui puisse communiquer avec les deux.

B : Et le logiciel est de la marque du CPU ?

M : Ouais TIA PORTAL c'est Siemens. Nous on fait que Siemens.

B : Du coup Siemens, ils font les CPU et les machines ?

M : Les cartes. Les machines, non, les machines... surtout en France... tu vas pas acheter chez eux. Tu vas pas acheter un moteur chez eux.

B : Ces processeurs là, ils sont utilisés pour d'autres trucs ?

M : Non. C'est que de la programmation automate.

B : Ok, une fois que t'as vu la machine, la prochaine étape c'est quoi ?

M : Ça dépend. La machine il y avait rien de base. J'avais que le malaxeur dans le gros mélangeur. Tu parles avec le client, tu cherches des solutions, par exemple lui il voulait avoir l'hydrométrie, l'humidité dans le malaxeur. Tu recherches tous les capteurs sur Internet. Tu cherches celui qui est le plus adéquat, eux aussi ils cherchent de leur côté, tu te renvoies la balle. tu commences à faire le programme, tu réfléchis, on te dit comment il va être, tu écris toutes les variables : le capteur 1, le capteur 2, le capteur 2... les capteurs je dois en valoir 250 ! tu en as pas mal. Après tu écris et tu commences à développer petit à petit. Après tu fais des tests, bon voilà, une sorte de logiciel, pas juste tester. Et après une fois que tu penses que t'es pas trop mal, tu vas sur site, si la machine est construite, et tu testes en vrai ! On va être franc : il y a une différence entre ce que tu as fait, ton programme et ce qu'il va se passer là-bas. Mon programme j'ai déjà dû le faire 15 fois ! Tu changes toujours des petits trucs, tu vois comment ça réagit : ton moteur il s'active directement ? Non, pas du tout, ton moteur il prend 10 minutes à démarrer. Il faut prendre en compte les temps d'arrêts, les capteurs en plus... Je suis resté deux mois avec le client : tous les jours je venais, tous les jours je branchais l'ordinateur à l'armoire électrique où il y a le CPU et on testait en même temps. Moi je voyais ce qu'il se passait sur le PC, le client voyait ce qu'il se passait en réalité et puis le client va me dire : j'aime bien ça, j'aime pas ça.

B : Mais par exemple, sur la question des capteurs. Est-ce qu'il y a quelque chose qui conditionne ton choix sur les capteurs ? Genre par exemple, est-ce que c'est juste des préférences ou...

M : Alors il y a des préférences et des choix qui sont faits. Tu peux pas mettre... Par exemple, c'est une machine en extérieur. Tu peux pas mettre un capteur infrarouge. Y a de la terre partout qui va voler, la terre elle va passer devant , moi la machine il faut imaginer qu'elle est quand même, là elle est dans le noir. Là elle voit un capteur qui est actif elle se dit pas : c'est de la terre en poussière, elle se dit : c'est bon ! Et la machine elle peut faire vite n'importe quoi. Nous ce qu'on a mis c'est des capteurs mécaniques, par exemple un vérin va pousser une tige en métal, cette tige va pousser un capteur et là c'est bon : il y a une vraie action qui est faite. Moteur ? Pareil. tu peux pas prendre un moteur sous-dimensionné,

imagine je sais pas... qu'est-ce que j'ai comme moteur ? J'ai un tapis qui permet d'emmener la terre : si tu prends un moteur sous-dimensionné, tu balances la terre dessus, le tapis va grincer, faire du bruit et surconsommer. Tu peux pas en prendre un surdimensionné... tu peux mais ça sert à rien pour l'entreprise, il va payer plus cher. Tu prends le meilleur moteur à 15 000 euros alors qu'il a besoin d'un moteur à 150, ça sert à rien !

B : Et c'est... tous ces trucs là par exemple. Les moteurs, etc.

M : Ouais ?

B : Est-ce qu'il y a genre des conditions par rapport aux fournisseurs, comme là par exemple avec Siemens pour les CPU ? Ou alors, on va dire, c'est *open bar* ?

M : Alors oui, par contre, le client il a aussi les choix qu'il a envie de faire. Le client a dit : nous on a un vérin dans l'atelier, je veux dix vérins.

B : Vous êtes pas obligés d'utiliser Siemens ? Ou alors ils en produisent même pas des capteurs ?

M : Des capteurs Siemens, il doit en avoir, mais il ont aussi leurs propres capteurs. Après ce qu'ils veulent, c'est nous dire au revoir et faire la maintenance derrière, il faut aussi penser à ça. Le plus simple c'est d'avoir leurs propres capteurs, leurs propres références, comment les brancher et à quel niveau les mettre.

B : Ok.

M : Il y a un aspect maintenant, très répétitif. Moi tu vois je suis arrivé il y a dix mois, j'ai appris que le projet, ça fait déjà deux ans qu'il était réfléchi par l'entreprise. Nous on était pas au courant mais eux ils étaient déjà en train de réfléchir : il faut qu'on fasse ça, il faudrait qu'on fasse ça, un électricien, un automaticien. Eux ils étaient déjà dans la conception "on a ce moteur là... on aura juste besoin de par exemple 15 moteurs, on a besoin de deux moteurs en plus, il nous en manque plus. Nous on en rajoute deux.

B : Mais la machine qu'ils utilisent, est-ce qu'elle est unique dans le monde ?

M : Il y a le prototype comme je t'avais dit, c'est un prototype manuel, le mec il est là il appuie partout il commande tout. Et là c'est la première fois qu'ils font une machine comme ça.

B : Imaginons c'est commercialisé avec les changements que t'as fait, est-ce que les changements que t'as fait ils seront commercialisés ou alors c'est différent pour chaque utilisation de la machine ?

M : En fonction de qui va l'acheter, moi mon programme, il est avec le client, il y a des droits dessus. Si quelqu'un rachète la machine, il devra voir avec le client en question qui a fait la machine qui doit me contacter après s'ils doivent modifier le programme. Là leur but c'est de faire d'autres machines.

B : Mais donc dans ce cadre là, ça veut dire que l'ensemble des machines que tu vas programmer ça va être différent pour chaque client ?

M : Tout dépend. Là par exemple, je sais qu'on a automatisé la condition de l'air, mais il y a plein de problèmes, on se dit : on aurait pas dû faire comme ça. Un vérin qui est placé, des fois on se dit : ah bah on aurait pas dû le mettre comme ça, peut-être un vérin plus simple, un vérin hydraulique à la place d'un vérin électrique... Donc les autres machines, c'est sûr elles vont toujours être différentes, il y aura toujours des améliorations. Il va toujours dire : Oui ça me plaît pas ça, on a pas besoin de ça. Les blocs c'est un moule, deux moules déjà ancrés dans la machine. T'as obligatoirement qu'une taille de bloc. Imagine t'as un client il veut faire des blocs plus hauts : il fera la machine plus haute. Après, la machine est complexe parce qu'elle est dimensionnée pour rentrer dans un semi-remorque, donc l'espace est limité. Quand je demandais est-ce qu'on peut rajouter, ils me disaient non, il y a des dimensions à respecter t'as pas le droit de faire plus.

B : Par exemple, là, les contraintes techniques de la machine, ça t'a amené à faire quels choix ? A renoncer à certains trucs ?

M : De mon programme, j'ai dû modifier des choses. Là par exemple, on a un vérin sur variateur, ça permet de construire la vitesse de ce qui va passer dedans et le problème c'est que c'est un variateur, où il y a un autre client qui l'a vendu qui lui a dit : ouais il est déjà fait, nickel et tout ! Sauf que dans mon programme, il y a un problème, il ne fait pas le changement de rotation. Par exemple, je vais te donner un exemple. Le moteur est censé descendre, prendre une palette et remonter. Si je mets pas moi des temps morts, le variateur s'éteint au bout de 5 secondes, le variateur va continuer dans le même sens de rotation. ça devient un peu complexe. Le variateur, il va falloir l'enlever, changer de façon de faire parce que pour eux, c'est une perte de temps. La palette qui aurait pu être emmenée en 25 secondes,

elle va être emmenée en 1 minute parce que je suis obligé de faire des temps d'arrêt, à chaque fois qu'elle s'arrête. Juste parce que le variateur doit s'arrêter avant de relancer la commande inverse. Le moteur peut changer les phases, ça peut se faire automatiquement.

B : Est-ce qu'il y a des modèles qui t'aident à coder tout ça ? J'avais vu que sur certains programmes informatiques, t'avais des API qui étaient fournies par les fournisseurs de composants, de CPU ou GPU, qui permettaient d'accélérer le... Si je dis de la merde tu me dis !

M : API, CPU c'est pas la même chose.

B : Je sais pas si API c'est ce que je pense. Imaginons un modèle de code, un template, où tu peux modifier toi après pour tes propres besoins, il y a pas ça ?

M : Comme je t'ai dit : chaque personne aura un programme différent. Dans les études que j'ai faites, on a tous fait du programme, il y a personne qui fait le même programme. Pour le prof c'est pas sûr parce que tu peux pas mentir : c'est impossible de mentir. Au travail, encore moins, t'as pas le choix. Qu'est-ce que je fais par contre c'est que je m'inspire de mes collègues : ils me passent leurs projets, je voici comment ils font. Si je leur demandais : comment t'as fait pour coder un moteur, comment tu fais un moteur à deux sens, un moteur qui va aller à l'avant et à derrière ? Bah c'est différent d'un moteur qui peut aller dans un sens. Moi j'utilise leurs programmes et je modifie à ma sauce. J'avais un gros problème avant que ma machine soit finie. C'étaient mes vérins. J'avais rajouté un bloc qui m'avait permis de faire le mode manu et le mode auto. Le mode machine c'est auto, le mode manu c'est l'opérateur qui appuie partout. j'avais un problème : lorsque j'appuie du mode auto au mode manu, le vérin faisait toujours ses dernières actions. Par exemple, tu passes du mode auto au mode manu, le vérin est censé s'arrêter, c'est une question de sécurité. Si tu tapes un arrêt d'urgence, ton vérin il s'arrête, enfin. Tu coupes l'alimentation c'est bon, par contre tu enlèves l'arrêt d'urgence et là il repart pleine balle, t'imagines il y a un mec qui est entrain de réparer ça le vérin il part ? Tu peux tuer quelqu'un. Super dangereux. J'ai dû modifier le programme d'un de mes collègues.

B : Il y a pas de bibliothèques ?

M : On a une bibliothèque qui a été faite, c'est quelqu'un qui s'occupe de ça dans la boîte mais y a pas tout. J'avais entendu il y a pas longtemps, un vérin qui s'arrêtait trois fois. Tu as

trois fois en arrière, il s'arrête en plein milieu et il s'arrête au bout. Tu as trois points à faire. Et bah ce vérin-là, il existe pas, il faut le programmer. Toutes les conditions à mettre sur tes machines, c'est impossible que t'aies un calque. Ma machine ressemblera jamais à une autre machine. Je dis je veux que la terre soit dedans, le poids soit dedans, il y a aucune machine qui peut ressembler à ça. C'est impossible. C'est compliqué...

B : Non ! Moi je trouve que c'est intéressant parce que moi ce que j'avais vu sur la question des IA, et notamment de programmes informatiques c'est que en fait justement, contrairement à ce que tu fais, en gros, t'avais des programmes qui entre guillemets qui étaient déjà « tout faits ». Là par exemple, l'émergence des IA génératives ça avait pas mal aidé au niveau du codage pour certains trucs. Pour faciliter la vie des codeurs.

M : Actuellement, les IA, on s'est un peu penchés sur la question parce que ça arrive... c'est beaucoup plus utile pour tout ce qui est informatique, informaticien. Le codage comme ça. Le codage TIA PORTAL ou automatique, il y arrive pas encore. Il peut pas simplement le faire parce qu'il comprend pas. Il lui faudrait le contexte en entier : il lui faudrait lui expliquer la machine intégralement pour qu'il puisse faire quelque chose. Actuellement, l'IA fonctionne sur des petits programmes : j'ai deux capteurs, je veux que quand j'ai les deux capteurs actifs, le moteur se mette à tourner. Là il va y arriver mais ça dépend dans quel langage tu veux, dans tous les langages il existe pas encore. Dans quelques années, peut-être il y a moyen que ça puisse arriver.

B : Pourquoi il ne fonctionne pas ? C'est des problématiques matérielles ?

M : Il peut pas comprendre la question. Personne peut comprendre ton programme, tu peux le comprendre si tu mets des commentaires... mais une entrée ou une sortie, la sortie tu vas pas l'appeler : Moteur qui se trouve en bas à droite". Tu mets des abréviations : MOT\_AB\_VERIN2. Au final, pour l'IA, c'est super compliqué de pouvoir créer quelque chose.

Toi t'as déjà essayé ?

M : Avec un IA ?

B : Ouais ?

M : Ouais j'ai essayé : ça marche pas. Il te dit je sais pas faire.

B : Même si par exemple, imaginons tu lui donnes pas mal de contexte et tout ?

M : Avec pas mal de contexte oui, il arrive mais en beaucoup plus petit : un capteur, un moteur, deux vérins, soyons fous. Là j'ai 15 moteurs, 30 vérins, des conditions dans tous les sens... il arrive pas. J'ai du poids qui est dans le machin, c'est un peu plus complexe de pouvoir me dire : ouais bien sûr c'est ça que tu dois faire. Mon programme... je sais pas... j'ai 200 ou 300 pages de code, avec des lignes partout !

B : Ok

M : Après aussi c'est mon premier projet, il faut que je le fasse de manière développée pour m'en rappeler au maximum. Avec le temps ça va se développer mais pour l'instant l'IA ça va se développer.

B : Plus t'avance, plus tu synthétises le programme ou alors plus il est long ?

M : Le but c'est de le synthétiser. Le client, lui, quand on a lancé un bloc, il appuie sur le chrono et il calcule. Il calcule un temps, lui il m'a dit : mon but c'est de faire encore moins. Donc on est obligé de faire moins. Tu fais pas une machine qui a plus de temps ou du temps égal. Ils m'ont dit : « quand le bloc il commence à être pressé, vient on balance la palette et on lance le malaxeur en même temps. » Là, le client il va la vendre à quelqu'un qui va vraiment utiliser la machine à fond. C'est une personne qui va vivre, il fait 8h par jour, 5 fois par semaine, il va faire des semaines toute l'année, il va voir plein de problèmes, il va me le dire : « ouais il faut peut-être changer ça, optimiser cette partie-là ». Ca se trouve même, les blocs il sont trop pressés, trop longs à être pressés.

B : Est-ce que ça, plus ton programme est long, plus ça prend de temps, ou alors c'est pas du tout lié ?

M : Non c'est pas du tout lié.

B : Ok.

M : Après tout dépend du niveau de sécurité que tu veux. Le programme pour être franc, le programme niveau sécurité il est au maximum parce que c'est mon premier, il faut qu'il soit le plus performant possible. Après, un autre programme court, c'est un programme plus

dangereux. T'as moins de conditions de protection. Là, sur chaque ligne je te dis toujours : si tu as ça, si tu as ça, tu bouges pas.

B : Comment tu fais pour augmenter la vitesse alors ? Tu vas coder des trucs en disant : va plus rapidement ?

M : Ouais ça va être ça, moi les moteurs actuellement ils ont un contrôle total de la vitesse. Il y en a 7. Ils peuvent contrôler la vitesse. Ils vont aussi pouvoir jauger, voir comment ça se passe. Le tapis dont je te parlais tout à l'heure, qui balance la terre dans le mixeur. La vitesse au maximum, c'est pas utile : ça va tellement vite que la terre roule sur le tapis et tombe vers le bas. C'est à double tranchant. Il faut qu'ils arrivent à trouver le bon équilibre.

B : La puissance des CPU, elle est nécessaire ? Ou ça change rien ?

M : Non ça change rien. Après, alors, oui il y a certaines CPU, qui ont plus de patate que d'autres. Là ça va être au millième de seconde la discussion, d'autres ça va être plus lent, mais la puissance électrique qui va être dedans ça va pas être différent. Mais sur la vitesse, ça change un truc ? Non. ça dépend de ce que tu peux supporter dans ton programme. Plus ton programme est gros, plus ton CPU peut le comprendre. C'est comme un téléphone. Tu fais un programme qui fait 128 gigas, ton téléphone il pourra pas le prendre.

B : Donc c'est plus en terme, pas de capacité de calcul, mais de capacité de stockage ?

M : Exactement.

B : Et du coup, est-ce que ça veut dire tu dois mettre des disques durs ? un stockage externe ?

M : Un programme, il fait pas 128 gigas, il fait genre quoi... 10 gigas ? Mais tu mets une carte SD dedans, au cas où tu veux un *back-up*, si tu veux une récupération. Imaginons ça prend l'eau : t'aimerais bien que ton programme tu veux le récupérer. Si tu dois rappeler le mec et qu'il l'a pas, tu sais jamais, c'est plus de sécurité qui sont faites. Après, oui. Le plus important, c'est le temps de scrutage. On va dire que ton CPU, dans ton automate, il parle avec tout le monde. Il récupère toutes les infos. Il parle avec tout le monde et il fait ça tout le temps. Moi sur mon programme ça se fait pas. A l'œil nu, c'est un milli... un millième de seconde, c'est super rapide. Plus c'est lent, plus ça peut avoir des problèmes. Si ton CPU met du temps à avoir une information qui se passe à gauche, tu peux perdre des infos. Ce qui est

quand même... ça peut avoir son importance. Sur les programmes que j'ai fait j'ai jamais eu de problèmes sur ça, c'est des petits programmes.

B : Les CPU sont assez compétentes pour gérer ça ?

M : Oui largement.

B : Toi par exemple sur la machine, t'as rajouté quoi genre ? On va dire... Imaginons la machine, c'est un légo déjà construit, toi tu rajoutes quelle brique ? Le CPU ?

M : Eux, ils ont commandé chez nous. Nous on est avec des électriciens. On a tout ce qui est boîtier électrique, tout ce qui est partie automate – CPU, toutes les cartes qui vont avec pour communiquer – et après tout ce qui est le programme automatique, plus l'IHM. C'est un design à faire, tu dois dessiner des vérins, des moteurs, ta machine tu la fais un peu propre pour qu'un opérateur lambda puisse se dire : ah je connais cette machine ou "je connais pas".

B : Tu rajoutes aussi les capteurs ?

M : Les capteurs, ça dépend desquels. Il y en a ils les avaient déjà et d'autres ils m'ont dit prenez les. C'est un devis qui en fait est fait dans la boîte qui va vendre les choses. Elle dira : il y a besoin de capteurs que vous avez pas, moi je vous les facture tant. Et eux ils sont en mode : « bah oui bien sûr ». Après il y a des boîtes qui te diront peut-être non on va acheter ceux-là.

B : Du coup, en vrai, ton métier, il est quand même pas mal important dans les usines, etc ? Dans le secteur productif ?

M : Tout dépend. Si l'entreprise veut un système automatisé oui.

B : En général par exemple ?

M : En général, on commence à être de plus en plus. Tout ce qui est agro-alimentaire, pharmaceutique, ils optimisent et automatisent partout, c'est obligatoire. Toutes les grosses entreprises veulent de la production, pas de mouvement cyclique. Il y a malheureusement certains métiers qui vont disparaître. On le voit bien par exemple dans le milieu pharmaceutique. On a de plus en plus de machines parce qu'elles sont beaucoup plus compétentes et minutieuses, surtout en termes d'hygiène, il y a un truc qui joue.

B : Par exemple, j'ai vu que dans certaines plantations, notamment en Inde ou des trucs comme ça, par exemple, pour prendre l'exemple d'une mangue. Il y avait des capteurs qui visualisaient la mangue et qui disaient si elle est mûre ou pas. Par contre, ça travaille avec l'IA et du coup, il fallait entre guillemet dresser l'intelligence artificielle en lui disant : « ça c'est une mangue mûre, ça c'est une mangue qui est pas mûre ». Est-ce que toi tu entraînes tes machines ?

M : Non. Pas à ce niveau là. La machine répond toujours aux mêmes ordres. Là on reçoit... Là, tu tapes dans des vraiment grosses entreprises qui ont un budget immense. Pour faire ça c'est impressionnant. Nous on est sur des capteurs, tu traites pas l'information comme ça.

B : C'est coûteux non ?

M : Oui, c'est super coûteux, c'est sûr !

B : Les PME...

M : Ah non là t'es super... t'es sûr. T'imagines analyser une mangue comme ça, c'est incroyable.

B : Toi, par exemple, c'est quoi les coûts pour une entreprise, je sais pas, pour ta machine ? L'entreprise elle décide de t'appeler toi, ça lui coûte cher, pas cher, ou ça va ?

M : Pour le moment je coûte pas cher. Par contre, d'autres employés coûtent chers. Moi on m'a déjà missionné sur des tâches parce que je coûtait moins cher qu'une autre personne : branche des *switchs* sur le réseau, voilà. On m'a dit : tu vas le faire, parce que nous on peut pas le faire. On a des deadlines surtout. Moi j'en ai pas parce que voilà, je viens d'arriver, c'est une petite entreprise avec qui je travaille, tout va bien, c'est donnant-donnant. Le Printemps, c'est... je sais même pas... tu peux pas dire non, tu dois respecter les deadlines, eux ils s'en foutent, ils vont chercher autre part.

B : Vous avez beaucoup de concurrence ?

M : Non, je pense pas non, en soi. Une fois que tu es ancré dans une entreprise, tu restes, si tout se passe bien, tu restes parce que certes tu connais la machine, la boîte, c'est quand même plus bénéfique pour eux, quelqu'un qui connaît déjà, que quelqu'un qui doit à nouveau tout découvrir.

B : Mais il y a beaucoup d'entreprises comme la tienne ?

M : Autour de Chartres, non. Dans le 28 non, dans Paris, je pense ça doit exister. après nous on est une mini entreprise, on est 13. Après automaticien, c'est vraiment un métier à part, c'est vachement solo. Tu peux ne pas... les entreprises pour le moment c'est pas répandu à fond mais t'a pas mal d'offres d'emploi.

B : Par exemple. Sur ton entreprise, par exemple, elle est composée de quoi ? Les 13 personnes ?

M : Que des automaticiens. On va avoir quelqu'un qui va gérer, je sais pas comment je pourrais dire ça, secrétaire ? On va dire ça va être plus prendre les commandes, appeler les fournisseurs, appeler les autres clients, tout ça, comment ça se passe, gérer le personnel, gérer la boîte. Après on a que des automaticiens dans la boîte. Il y a que ça. Notre chef est automaticien.

B : Mais du coup, par exemple, tu différencies ça de l'informatique : pourquoi ?

M : C'est pas du tout la même chose. En termes de langage de programmation c'est différent. L'informatique, c'est assez abstrait au final. Tu vois, moi automaticien, j'ai un truc physique qui va apparaître, un langage informatique, ça va être sur internet. C'est pas pareil. Et en plus de ça, c'est un langage différent. On en avait un d'informaticien, lui c'était plus du langage python qu'il faisait. Lui par exemple, il s'occupait de tout ce qui était le site web de la boîte, pour rentrer nos heures : aujourd'hui j'ai travaillé 7 heures ici, je vais prendre un jour de congé", tout ça quoi. Informaticien, c'est différent c'est pas le même travail.

B : Donc ça dépend du langage de code ?

M : Oui, nous on a toujours du physique derrière. L'informaticien, c'est sur internet. Il a quand même quelque chose de physique mais ce n'est pas la même manipulation pour l'avoir.

B : Quand tu vas faire une interface machine homme pour le métro...

M : C'est vraiment différent. La machine elle est dans mon programme aussi.

B : Ok.

M : Ok.

B : En gros, moi l'idée de mon mémoire, en gros c'est dire que, par exemple. T'as plein de mecs des GAFAM qui disent : Internet, le monde numérique, en général, en fait c'est totalement déconnecté du monde réel, dématérialisé dans le sens où tu vas sur Facebook, tu vas sur Instagram, etc, c'est pas le monde réel. En gros, moi ce que j'essaie de montrer c'est qu'en fait, il existe des choses très réelles, qui font que le numérique en général, il est concret. Par exemple sur la question des CPU, des cartes graphiques qui sont utilisées dans les ordinateurs, ce que je montre c'est que par exemple, à partir du moment où t'as l'entreprise de semi-conducteurs qui ne peut pas produire de semi-conducteurs, tu peux pas produire de cartes graphiques, tu peux pas produire de playstation, de voitures...

M : D'accord.

B : Tout ça...

M : Ah bah nous aussi.

B : ...de téléphones... ah bon ?

M : Si il y a plus de matériaux nous c'est plus possible.

B : Quels matériaux ?

M : Le CPU, c'est un automate, il y a de l'or dedans, t'es obligé d'avoir des micro-conducteurs pour avoir le maximum de possibilités.

B : Mais vous ça vous est arrivé que les prix augmentent ?

M : Cette année (2024), l'année dernière plutôt (2023). On a eu des temps abusés ! Quand tu commandais un capteur, tu le recevais 4 mois plus tard. Ça pose vachement de problèmes. Pénurie de matériaux. En France, ils en vendent peut-être plus. Dans les pays étrangers, ils ont pas forcément le temps de te livrer, ça peut vite poser problème.

Ok

M : Quand t'as un projet avec des deadlines, c'est un peu compliqué. Va expliquer ça à ton client.

B : Mais tu sais c'est quoi les raisons ? Du fait qu'ils ont dit : ouais on vous envoie ça dans 4 mois ?

M : Plus de matériaux un peu simplement. Je crois que c'était vachement bloqué en dehors de la France pour se faire livrer. *A la suite de l'entretien il me dira que cela a peut-être eu un lien avec la Guerre d'Ukraine mais il n'était pas sûr de cette information.*

B : Parce que là vos matériaux ils viennent d'où ? Vos composants ?

M : Je sais pas, en soi de partout, t'appelles un commercial, il va te dire : j'ai ce prix là, j'ai ce prix là qui vient de là". Tu achètes celui qui te fait la meilleure offre.

B : Vous passez tout le temps par un commercial qui fait l'intermédiaire avec des producteurs ?

M : Oui ou alors on l'achète directement. Il y en a pas mal en Chine.

B : Siemens ils produisent que des CPU ?

M : Ils produisent principalement ça, ils produisent peut-être d'autres composants mais c'est tout.

B : Les CPU tu peux vite monter dans les prix... Tu peux monter à 1000 dans les prix. Si tu la crames, au niveau de l'alimentation, t'as les boules.

M : Genre, en mode... toi tu connais le coût de ce que t'as installé sur la machine par exemple dont tu me parlais ? Approximativement ?

B : Hmmm... la machine combien ça a coûté ?

M : Je crois j'avais vu le devis... depuis qu'on est là, on est déjà au moins à 500 000 euros. On commandait aussi les matériaux parce qu'on allait plus vite, ça allait plus vite ! Le travail qu'on a fait aussi, toute la programmation derrière, la licence TIA PORTAL à payer... il faut bien compter au moins 5 ou 6 chiffres la licence.

B : C'est une licence de quoi ?

M : De logiciel. Comme si tu voulais Microsoft 365 sauf là c'est TIA PORTAL. Sauf que tu fais du business par derrière, donc il faut payer la licence.

B : C'est quoi ce logiciel ?

M : C'est un logiciel de programmation, le logiciel sur lequel je travaille.

B : Tu peux pas en utiliser un autre ?

M : Comme nous on est que Siemens... nous... y a différentes versions mais on utilise ça parce que c'est le logiciel de programmation de Siemens.

B : Donc Siemens, pour qui vous travaillez...

M : Non !

B : Siemens avec qui vous travaillez...

M : Non ! Même pas. Ma boîte a décidé qu'on travaillait qu'avec eux, ils s'en foutent de nous. Siemens, c'est juste le plus gros, ils savent même pas qui on est. On a trois commerciaux avec qui on communique, c'est tout.

B : Mais... ils ont décidé ça pour une raison ? Le fait que vous travaillez qu'avec eux ?

M : Tout simplement, c'est pour que n'importe qui dans la boîte puisse travailler sur le projet d'un autre. Imagine si tu as plusieurs projets, tu travailles sur un projet... il y a plein de langages de programmation différents, si tu as d'autres machines, d'autres langages, imagine quelqu'un se ramène avec son PC... TIA PORTAL c'est au moins 3 gigas. Moi je suis en V19. Tu peux pas te trimballer tous les logiciels avec toi, en plus il faut payer une licence pour chacun... Nous on paye déjà une licence tous les mois pour TIA PORTAL, tu peux pas payer plus cher.

B : Et en plus ça coûte cher ?

M : Oui entre cinq et six chiffres je te dis.

B : Ouais ok je vois.

M : C'est plus un choix de : Tout le monde est sur la même longueur d'onde, c'est par exemple... il y en a un il est viré, malade, il a un problème, tu peux rattraper le projet derrière cette personne. Nous on met tout sur une sorte de *cloud* en interne. On met tous nos projets dessus. Si quelqu'un disparaît du jour au lendemain, on peut prendre le projet et rattraper ce qu'il a fait.

B : Parce que j'avais vu justement, qu'il y avait beaucoup d'entreprises qui ont fonctionné par exemple par systèmes de licence dans le monde numérique. Par exemple, bah Microsoft comme tu le disais mais aussi d'autres, bon, un petit plus ancien... en 1999, mais qu'aujourd'hui aussi NVIDIA propose par exemple un système... eux c'est un autre truc, c'est avec CUDA, ils appellent ça. C'est genre en mode tu payes et après t'as accès au logiciel. Une bibliothèque, oui, mais aussi une espèce de logiciel qui prend en compte ton programme, ton langage de programmation.

M : D'accord...

B : Je sais pas expliquer ça...

M : Je vois ce que tu veux dire... je connais pas du tout. C'est vrai que là c'est la période du rush on va dire, il y a pas mal de projets qui sont faits, il y a de l'argent à racler. L'IHM pour le métro, je redescends pour le faire, on est 25. On va en faire à balle. Après on réfléchit pas à cette question là : ça fonctionne, on réussit à faire payer, on continue dans cette voie-là. Peut-être que quand ça aura moins d'impacts, on changera de façon de faire.

B : Il y a des trucs que tu as trouvé... pas compliqué... mais qui t'ont compliqué la tâche ?

M : Avec TIA PORTAL ? Le logiciel tu parles ?

B : Le logiciel, mais même en général, tu me parlais du retard de livraison...

M : Les retards de livraison ouais, c'est le marché électronique. Mais c'est tout le monde, c'est la pénurie de matériaux. Avec les logiciels ouais j'ai eu des problèmes : réinstaller le même logiciel cinq fois. Des fois, les licences fonctionnent pas très bien. Il faut remettre les clés, tout refaire sauf que... Si tu vas chez le client, tu réinstalles le logiciel, ça met 4h à se réinstaller, tu lui dis : On va faire autre chose. ça, ça va être compliqué. Pour l'instant après... j'ai rien, c'est moi qui gère le projet. Après imagine une entreprise... l'ancienne entreprise avec qui ils ont travaillé nous appelle. Ils disent : on a besoin d'un technicien. J'y vais. Ils disent : Ouais le programme est en V17. Moi j'ai TIA PORTAL V19, je dois réinstaller V17.

B : Pourquoi ?

M : C'est comme une différence de console, tu peux pas mettre un jeu play4 sur une play5. Mais là, c'est vice et versa : tu peux peut-être l'ouvrir mais pas le modifier. Mais si eux ils ont besoin de le modifier, il faut réinstaller la clé, le logiciel...

Ok, ok. Mais du coup, c'est quand même de l'électronique ?

M : Ouais y a de l'électronique dedans. Après, moi mon seul outil c'est mon PC : mon PC il crame j'ai plus de métier. Je perds mon PC, mon PC est cassé, je fais plus rien. Comme un technicien sans sa boîte à outil, c'est pas un technicien. ça va être compliqué pour lui.

B : Après... en gros c'est que des circuits intégrés ?

M : Comment ça ?

*Silence.*

M : Mon programme est virtuel. L'automate, il le lit tout simplement. La machine avec tous les fils électriques qui sont reliés au x vérins, le moteur... le vérin s'active, le moteur s'active...

B : Après c'est automatisé ?

M : Exactement. Après, là je te parle de la sécurité. Le moteur tu vas mettre un contacteur dedans. La sécurité... il faut imaginer que moi ce que je fais, c'est sans prendre en compte rien du tout. C'est juste des conditions de rien du tout. L'armoire électrique elle dit : est-ce que c'est possible. Le contacteur, s'il y a trop ou pas assez de courant, il faut que la sécurité s'active : il faut que s'il y ait un court-circuit, ça réagisse. Le programme en soit il s'en fout, si le vérin est mal branché, le CPU dit sort le vérin. Par contre, s'il y a un court-circuit, elle comprend : je t'ai demandé de sortir mais tu t'es arrêté, qu'est-ce qu'il se passe.

B : Toi, la machine que tu as faite... il y a pas d'autres interfaces ? Il y a que toi qui peux te connecter avec ton PC ?

M : Alors si, avec un câble LAN tu peux te connecter, avec un câble réseau. Tu te connectes, tu prends bien sûr le logiciel qui va avec, il faut que l'entreprise ait le logiciel, là tu peux le modifier. Après tu as des codes dessus. Tu as pas le droit d'aller sur le programme et dire : Tiens, tiens j'ai envie de modifier ça. Il faut que tu m'appelles, que tu me demandes le mot de passe pour demander.

B : Ok.

M : Il faut pas que quelqu'un de malveillant puisse faire n'importe quoi : tiens je veux que le vérin s'arrête. Après ça force, le vérin chauffe, ça prend feu... si les câbles prennent feu...

B : Toi t'as fait quoi comme études ? C'est quoi le nom ?

M : Un BTS CRSA, « Conception et réalisation de systèmes automatiques », puis un BTS CSSA, c'est dans la continuité mais c'est une licence professionnelle.

B : Et dans tes études, on t'a parlé de problèmes comme ça ?

M : Non. Ce que tu vois en études et dans la vraie vie, c'est pas pareil. J'ai vu deux mondes différents. Ce que tu as vu c'est peut-être 5% de ce que tu vois dans le travail. En étude tu fais quoi ? 3 vérins qui poussent un fromage. Là je te parle de 15 moteurs, 30 vérins... je vois mes collègues ils ont genre 15 CPU. Moi j'en ai un. Moi c'est déjà exceptionnel alors...

B : Mais c'est pour faire quoi 15 CPU ?

M : Bah le métro par exemple. Chaque gare doit réagir entre elle et chaque gare parle une autre CPU. C'est que de la hiérarchie. La CPU c'est quelqu'un, si tu veux une CPU au dessus, il faut qu'elle communique avec tout le monde.

B : C'est un peu comme un réseau de neurones ?

M : Ouais voila, t'as le plus fort là-haut, le maire qui parle avec tout le monde. Et c'est "tout le monde" ils vont parler avec leurs moteurs assignés, leurs capteurs assignés.

B : Et par exemple, les plus gros trucs qui existent, est-ce que t'as des exemples ? Je sais pas que t'as vu dans tes études ou dans ton boulot, à part le métro. S'ils ont fait genre un truc « de ouf », avec 40 milliards de CPU, ou un truc dans le genre ?

M : Non en vrai déjà, les CPU qu'il y a c'est pas mal. Les CPU, ça englobe déjà beaucoup de choses. Il doit y avoir beaucoup de choses. On travaille sur la ligne 18 pour Paris, par exemple. Sauf que là, c'est beaucoup plus petit. On fait que trois gares. Mais c'est 3 gares où il y a encore une fois, un maximum de sécurité. T'as pas le droit à l'erreur. Là, tu vois mon bloc... il est mal pressé, bon. Il est mal pressé, il sera moche, au pire ils le jettent. Par contre. Un métro, tu foires la sécurité, tu laisses le courant alors que tu veux l'enlever, il y a un

camion sur la route, je sais pas un opérateur, n'importe qui... ça devient vite dangereux. T'as moins le droit à l'erreur.

B : Et est-ce que ça inclut des questions énergétiques ou pas du tout ?

M : Comment ça ?

B : Par exemple, est-ce que sur les capteurs... tu me parlais des moteurs... Est-ce que ça inclut des questions en termes d'électricité, de source de production...

M : Pas sur la consommation, c'est plus sur le « comment il va fonctionner ». Le temps qu'il démarre il va voir un pic d'intensité. Il faut pas que le pic d'intensité te fasse sauter toute la machine. Moi sur ma machine j'ai un régulateur de débit qui me permet de descendre tout doucement et de presser tant que tu souhaites. Ce régulateur avait été mal calibré. Comme l'ampérage était pas bon, le langage que j'ai utilisé pour le coder, il était pas bon non plus. T'imagines, il était sur « pour cent », là il était « pour dix ». La carte elle a dû se dire : « ça a pas de sens », quand je lui ai dit « tu me mets 90% ». C'est plus des questions de pas faire planter la machine.

B : Il y a pas de question de consommation du coup ?

M : Non, pour le moment, non. Après il y a les moteurs, les vérins qu'ils choisissent, comment ils le conçoivent. Par exemple, les vérins sur la machine où je travaille, c'est que de l'hydraulique, c'est une pompe hydraulique qui pousse. Parce qu'ils ont jugé que ça consommerait moins. Ils l'ont relié entre la presse qui consomme à mort, les vérins, on va les relier ensemble ils se sont dit ça.

B : Mais c'est leurs choix ?

M : Oui c'est leurs choix. Si un client, il veut pas réfléchir et le mettre au maximum, la machine elle consommera à mort. Nous on va pas lui dire... on peut lui conseiller mais on va pas lui dire : « Non le vérin je l'enlève j'en mets un moins fort ». ça marche pas comme ça.

B : Ok ça marche !

# Dossier méthodologique : Utilisation de l'IA dans le cas de la recherche

Comment traiter de l'IA et des évolutions numériques sans faire un point réflexif sur l'usage qu'en est le nôtre en science sociale ? Depuis novembre 2022 et la sortie de ChatGPT, les IA génératives génèrent beaucoup d'inquiétudes et de questionnement.

Dans les précédents chapitres, nous avons expliqué le processus de fonctionnement d'une IA. Techniquement, il s'agit avant tout de répondre à un problème donné, par exemple identifier une image, répondre à une question écrite... C'est grâce aux réseaux neuronaux et aux possibilités de calculs simultanés qu'il est possible de pousser à la moulinette une immense base de données et océan de probabilité pour trouver la bonne, ou du moins s'en approcher. Ces IA, avant d'être soumises aux publics sont entraînées pour répondre d'une certaine manière. Même si l'IA apprend de manière automatique, elle apprend sur des schémas affinés, certains contenus peuvent même être étiquetés pour ne pas apparaître ou être caractérisé comme non voulu. Ces modifications et étiquetages de contenu sont réalisés par des travailleurs bien humains<sup>258</sup>. L'implication des entreprises dans l'IA date de bien avant la sortie de ChatGPT comme nous avons pu le voir avec Nvidia. Il faut noter qu'ici encore, ces entreprises sont souvent les mêmes : Microsoft détient 49% d'OpenAI, AWS, NVIDIA offre des supercalculateurs, Microsoft fait travailler ChatGPT sur Microsoft Azure, Elon Musk en fut le PDG... Ces facteurs permettent de remettre en contexte une émergence qui parut pour nombreux, soudaine et spontanée.

## I - Fonctionnement du leader du marché : ChatGPT

Mais comment ChatGPT, les IA génératives de texte fonctionne-t-elle ? C'est un point important pour en comprendre quels sont les risques de leurs utilisations mais aussi la manière de les utiliser. ChatGPT est un chatbot, un logiciel conçu pour imiter une conversation humaine. *GPT* signifie *Generative Pre-trained Transformers*. Cela signifie qu'*a*

---

<sup>258</sup> Perrigo, Billy, « [Exclusive : OpenAI used Kenyan workers on less than \\$2 per hour to make ChatGPT less toxic](#) », *Time*, publié le 18 janvier 2023.

*contrario* des architectures de traitement des données où chaque pack de donnée est étiqueté manuellement (et nous y participons via les *captchas* par exemple), ici il y a en premier lieu un entraînement non supervisé pour définir les paramètres initiaux puis des travailleurs humains étiquettent de manière plus fine les contenus<sup>259</sup>. Si certains modèles GPT sont entraînés pour répondre à des tâches de codage par exemple, ChatGPT est lui entraîné pour être une interface interactive entre humains et l'IA générative de texte. Ces IA s'entraînent alors sur une base de données immense, rendue possible par la numérisation de la quasi-totalité des informations comme nous avons pu le voir en introduction. Pour devenir l'interface qu'elle est devenue, le ChatGPT est aussi un assistant virtuel, cela signifie qu'à ce programme suivant des instructions et générant des données, du texte mais aussi des images ou des vidéos selon les commandes appelées *prompts*, s'y ajoute une interface donnant l'information produite. On peut ainsi citer Siri, Alexa ou le Google Assistant qui utilisent par exemple cette interface en exploitant la synthèse vocale ou du texte comme ChatGPT. Sur la question de la base de données, en plus d'utiliser un corpus de données, ces IA génératives travaillent aussi de manière réflexive sur les instructions que l'on peut lui donner de manière automatique.

ChatGPT dispose néanmoins de plusieurs limites. OpenAI indique ainsi en 2022 que le logiciel écrit parfois des « réponses plausibles mais dénuées de sens en raison de l'absence de source de vérité ». Cela explique ainsi pourquoi ChatGPT donne plusieurs versions si lui on pose une question qui n'a pas de vérité mathématiques tel que :

« Prompt : Est-ce que l'utilisation de l'IA dans la recherche est une bonne chose ?

ChatGPT : L'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) dans la recherche présente à la fois des avantages significatifs et des défis potentiels, ce qui en fait un sujet complexe. »

*Exemple 1 de prompt permettant de montrer que ChatGPT ne donne pas de réponse exacte mais tend à proposer les points positifs et négatifs de manière « neutre ». Testé le 19 août 2024, ChatGPT3*

---

<sup>259</sup> Radford, Alec, Narasimhan, Karthik, Salimans, Tim et Sutskever Iliya « [Improving Language Understanding by Generative Pre-Training](#) » OpenAI, publié le 11 juin 2018.

ChatGPT est aussi sensible à la manière dont nous écrivons les questions, un mot choisi peut orienter la réponse de l'IA car au lieu de demander des clarifications elle peut être amenée à deviner ce que l'auteur souhaite dire. Le site d'OpenAI cite par exemple une question sur Christophe Colomb qui pourrait être posée par un utilisateur<sup>260</sup> :

« Prompt : Parlez-moi de l'arrivée de Christophe Colomb aux États-Unis en 2015

ChatGPT : Cette question est un peu délicate car Christophe Colomb est mort en 1506, il n'aurait donc pas pu venir aux États-Unis en 2015. Mais faisons comme si c'était le cas un instant !

Si Colomb arrivait aux États-Unis en 2015, il serait probablement très surpris des changements survenus depuis son premier débarquement dans le « Nouveau Monde » en 1492. [...] Dans l'ensemble, ce serait une expérience très différente pour Colomb de celle qu'il a vécue il y a plus de 500 ans. »

Ici, on voit bien que la question de l'utilisateur peut porter à la fois sur une supposée arrivée de Christophe Colomb en l'année 2015 mais peut aussi décrire une question du type : « Parlez-moi de l'arrivée de Christophe Colomb en partant sur les connaissances disponibles en 2015. » Pouvant ainsi inclure de nouveaux éléments archéologiques, historiques ou autres. :

« Prompt : Parlez-moi de l'arrivée de Christophe Colomb avec les connaissances dont nous disposons en 2015.

ChatGPT : L'idée d'une arrivée de Christophe Colomb en 2015 semble être une méprise ou une question posée dans un cadre fictif. Si votre question fait référence à l'arrivée de Colomb en Amérique en 1492, mais avec les connaissances historiques actuelles, je vais tenter de clarifier la situation dans ce cadre. »

Exemple 2 : Modification du prompt Christophe Colomb en ajoutant une clarification, testé le 19 août 2024,  
ChatGPT3

A ces problématiques de compréhension, il faut ajouter que ChatGPT est un freemium. En position de *leadership* sur le marché, OpenAI a décidé de limiter sa version gratuite. Le seul de connaissance de GPT-4o est ainsi octobre 2023. Seule la version payante est connectée à

---

<sup>260</sup> OpenAI, « [Introducing ChatGPT](#) » *OpenAI*, publié le 30 novembre 2022.

Internet<sup>261</sup>. Il faut comprendre le système de réponse de ChatGPT. Comme pour le réseau neuronal que nous avons détaillé dans notre étude de cas sur NVIDIA, il s'agit de prendre la totalité des données possibles et de réaliser des calculs pour obtenir une réponse la plus probable. Compte-tenu des limites intrinsèques au logiciel et à l'état actuel des innovations technologiques, ces réponses peuvent donc être approximatives. Le logiciel peut même souffrir d'*hallucinations*, une réponse contenant de fausses informations présentées comme un fait. Plusieurs causes existent. Par l'absence de transparence sur les corpus, il est même possible que ces IA génératives se contentent de copier et plagier certains textes, amenant des problèmes de propriété intellectuelle<sup>262</sup> et pour les utilisateurs non avertis des conséquences juridiques liées. Le logiciel peut donc être poussé à générer du texte divergent de sa source. Si durant leurs entraînements les IA sont poussées à voir trop de, faux, modèles confirmés par la statistique, alors, elles peuvent reprendre ces *procès* falsifiés et les affirmer comme véritables. Les IA peuvent solutionner ces problèmes d'hallucination uniquement par l'entraînement constant. Et pourtant, ces hallucinations se renforcent avec l'utilisation, on peut ainsi voir ChatGPT donner des réponses qu'il « sait » alors qu'en réalité il ment. Sur ChatGPT-3, une étude a ainsi montré que sur 115 références générées par ChatGPT, 47% étaient fabriquées, 46% étaient authentiques mais comportaient des informations inexactes et 7% étaient authentiques et exactes<sup>263</sup>.

Dans le milieu universitaire, l'utilisation de ces IA génératives pose donc l'ensemble de ces problèmes. Comment un texte contenant des informations erronées, de fausses citations plagiées ou des hallucinations pourrait contribuer à la construction d'une science ? C'est l'aspect invisible de l'utilisation de l'IA qui contribue à questionner sa place dans ce type d'écrits.

Face à ces limites, il nous est possible de penser nos prompts sous forme de rétro-ingénierie en « *jailbreakant* » ChatGPT. Il s'agit alors de supprimer les limitations du fournisseur auprès des utilisateurs. L'exemple le plus frappant est celui des *jailbreaks* d'IOS qui permet de télécharger des applications tierces non autorisées par Apple<sup>264</sup>. Dans l'exemple cité, l'utilisateur donne comme instruction à ChatGPT de jouer le rôle d'une IA connectée à internet, sans limites. Même si cette technique a été corrigée dans la dernière version, elle

---

<sup>261</sup> Lacy, Lisa « [GPT-4o and Gemini 1.5 Pro : How the new AI models compare](#) », CNET, publié le 25 mai 2024.

<sup>262</sup> Gabel, Barbara « [ChatGPT et droits d'auteur : le New York Times, héraut de la liberté de la presse](#) » France24, publié le 29 décembre 2023.

<sup>263</sup> Bhattacharyya, Mehul, M. Miller, Valerie, Bhattacharyya, Debjani et E. Miller, Larry « [High Rates of Fabricated and Inaccurate References in ChatGPT-Generated Medical Content](#) » Cureus, publié le 19 mai 2023.

<sup>264</sup> Walkerspider, « [DAN is my new friend](#) » *r/ChatGPT*, post de Reddit publié en 2022.

montre bien qu'il est possible de modifier nos manières de poser nos questions pour obtenir une réponse plus fiable et donc respectant certaines règles méthodologiques. La qualité de ses réponses dépend tout aussi de la langue utilisée. Le corpus de texte emmagasiné conditionne la qualité de la réponse. Si nous avons plus de texte dans une langue précise qui pourtant ne serait pas dominante à l'échelle globale, prenons par exemple le basque, le catalan ou même des langues rares, les meilleures réponses seraient fournies dans ces langues puisque le logiciel dispose de bases de données textuelles contenant uniquement ces langues. Or, dans le cas de ChatGPT c'est l'anglais qui prédomine comme langue naturelle de cette IA.<sup>265</sup>

C'est l'ensemble de ces raisons qui nous ont poussé à ne pas utiliser ChatGPT après des essais infructueux. A la place, compte tenu des besoins qui ont été les nôtres, nous avons préféré utiliser Perplexity.AI, modèle d'IA parmi les centaines existants.

---

<sup>265</sup> Reich, Aaron « [ChatGPT : What is the new free AI chatbot ? Explainer](#) », TheJerusalemPost, publié le 27 décembre 2022.

## II - Identification des besoins et utilisation des modèles d'IA appropriés

La constitution du présent mémoire s'est faite en plusieurs étapes. Elle part tout d'abord d'un premier travail réalisé sur l'élargissement des BRICS+ et le numérique dans les motifs de coalition. Dans ce cadre, plusieurs prompts avaient déjà été posés à ChatGPT. Une fois le sujet et un brouillon de plan choisi, plusieurs mots-clés ont été recherchés sur la base de données de Cairn pour fonder un corpus de connaissances. 168 articles avaient été alors identifiés comme potentiellement intéressants. Pour écrémer le nombre d'articles, il a alors été tenté de résumer ces textes mais ChatGPT s'est avéré capricieux en plus d'imposer des limitations de caractères nous incitant à découper le texte en plusieurs messages. Le document est bien résumé sur la partie théorique mais reste infiniment inférieur sur la partie des chiffres avec un prompt simple tel que « Résume ce texte. »<sup>266</sup>. Après l'abandon de l'idée du résumé des textes en décembre 2023 et un premier brouillon réalisé avec les manières traditionnelles. ChatGPT a été utilisé pour améliorer le devoir. Il s'agissait alors de laisser ChatGPT rédiger un exposé pour permettre de trouver des pistes complémentaires qui pourraient être intégrées au mémoire après des recherches supplémentaires. Dans l'exemple 4<sup>267</sup> on retrouve ainsi le respect par ChatGPT de la majorité des consignes (même s'il a fallu demander à plusieurs reprises à ChatGPT d'augmenter le nombre de caractères pour chaque partie car récalcitrant). Ainsi, l'IA générative de texte reprend le schéma de réponse que nous lui avons donné mais crée des sources existantes, sous un effet d'hallucination.

« ChatGPT : [...] [Justification : Les perspectives économiques du numérique sont étayées par des rapports du secteur privé et des études de marché (Sources : Rapport McKinsey sur l'économie numérique, 2022; Étude sur le commerce électronique dans les BRICS, 2023).] »

Exemple 4 : Rédaction d'un plan détaillé d'un mémoire par ChatGPT3.5 - testé le 1<sup>er</sup> novembre 2023

Les sources telles que le rapport McKinsey sur l'économie numérique ou sur les Études sur le commerce électronique dans les BRICS n'ont pas d'auteurs et sont introuvables sur Internet. Constatant ces problématiques, aucune intelligence artificielle n'a été utilisée pour terminer cette première version sur les BRICS.

---

<sup>266</sup> Annexe - page 183

<sup>267</sup> Annexe - page 186

Suivant les conseils de mon directeur de mémoire, le sujet a été circonscrit à la matérialité du numérique, élément qui transparaissait comme transversal dans la première analyse. Après un corpus bibliographique contenant de nombreux articles universitaires, il fallait alors résoudre compléter ceci par une étude de cas concrète. Le choix a été fait par l'actualité qui plaçait alors NVIDIA comme première valorisation boursière. Pour réaliser cette étude de cas et adapter le sujet, il fallait donc traiter d'articles d'actualité, inclure des chiffres fiables tout en permettant une vulgarisation du sujet. ChatGPT n'est donc pas adapté aux besoins nécessaires ici. Il ne s'agit pas alors de générer du texte, il s'agit plutôt de trouver des informations de manière plus rapide. Pour cela, il semblait que l'outil Perplexity était bien plus adapté que ChatGPT.

Cet outil est un moteur de recherche alimenté par une IA générative de texte. Sa version payante inclut d'autres outils comme GPT-4, Claude 3.5, Mistral Large ou Llama 3. Néanmoins, seule sa version gratuite a été utilisée ici. La *start-up* est largement financée par les entreprises de la Big Tech comme Nvidia ou Amazon<sup>268</sup>. Lorsque l'on pose une question à Perplexity, cette IA effectue une recherche en fonction de la prompt utilisée.

L'avantage de Perplexity ici est que la prompt utilisée permet de visualiser de manière très ergonomique sa réponse à notre question mais avec en plus de cela des sources, cliquables et donc vérifiables. Avec sa connexion internet, l'intelligence artificielle permet donc de remplir le défi de trouver des informations récentes et vérifiables, moyennant la qualité des résultats selon la qualité de nos prompts. Cela a donc été très utile pour trouver des informations à la fois sur l'actualité récente mais aussi sur celle passée. L'exemple 5<sup>269</sup> montre que des hallucinations sont possibles mais que si l'on adapte le prompt, celles-ci peuvent être facilement vérifiables, l'intérêt étant que l'IA cite ses sources que l'on peut vérifier. Par exemple dans l'exemple 5 sur les data-centers, l'IA cite d'abord « plus de 3 300 data centers dans le monde » alors qu'on trouve d'autres données en lui demandant d'être plus précis, citant après « 8 000 »

« Prompt : Il y a combien de data centers dans le monde

Perplexity : Il existe plus de 3 300 data centers dans le monde. Les États-Unis en comptent le plus grand nombre, suivis par [...]

---

<sup>268</sup> Singh, Shubham, « [Perplexity AI raises \\$73.6M in funding round led by Nvidia, Bezos, now valued at \\$522M](#) », *Business Today*, publié le 6 janvier 2024

<sup>269</sup> Annexe - Page 192

Prompt : Sois plus précis

Perplexity : Je m'excuse pour le manque de précision. En 2023, il y avait environ 8 000 data centers à travers le monde. »

Exemple 5 - Questions à Perplexity - testé le 11 août 2024

Cela permet donc contrairement à ChatGPT de vérifier ces sources et donc de donner des faits fiables, même s'il nous faut vérifier manuellement en lisant les sources citées.

Il est possible aussi de synthétiser ou vulgariser certains concepts afin de les intégrer plus facilement au mémoire. L'échange dialectique avec Perplexity offre aussi la possibilité de comprendre nous même certaines de nos prénotions ou incompréhensions du sujet. C'est ce que nous avons fait avec l'exemple 6<sup>270</sup> sur les composants de l'équipement, même si l'exemple des métaux montre que la liste n'est pas complètement exhaustive puisque le palladium par exemple n'est pas cité. L'explication de concepts sociologiques peut aussi fonctionner dès lors qu'il s'agit de synthétiser des informations. Les sources s'adaptent aux questions. Ainsi sur la question de la définition du concept de propriété chez Proudhon on retrouve comme sources :

« Perplexity : Citations:

[1]

<https://www.philomag.com/articles/quest-ce-que-la-propriete-le-travail-capital-de-proudhon>

[2] <https://journals.openedition.org/crdf/8369>

[3] [https://cras31.info/IMG/pdf/proudhon\\_la\\_proprietef.pdf](https://cras31.info/IMG/pdf/proudhon_la_proprietef.pdf)

[4] <https://www.youtube.com/watch?v=opAQLO7XQiE>

[5] [http://classiques.uqac.ca/classiques/Proudhon/theorie\\_de\\_la\\_propriete/chapitre\\_1.html](http://classiques.uqac.ca/classiques/Proudhon/theorie_de_la_propriete/chapitre_1.html) »

Exemple 8 : Explication de concepts sociologiques - testé le 12 août 2024

Il semblerait même que l'IA donne accès à des ressources pourtant payantes, comme cela a été le cas avec des statistiques issues de statista dans l'exemple 8<sup>271</sup>.

---

<sup>270</sup> Annexe - page 193

<sup>271</sup> Annexe - page 208

Sur la question de l'étude de cas, perplexity a proposé un plan respectant les critères donnés dans l'exemple 10<sup>272</sup> en détaillant plus si nécessaire. La rédaction reste très factuelle sans ajouter pourtant de concepts politiques à la clé même s'il prend en compte la situation géopolitique :

« Perplexity : [...] Cette situation a mis en lumière les enjeux de souveraineté technologique. Les États-Unis cherchent à maintenir leur avance dans les domaines critiques comme l'IA et les semi-conducteurs, tandis que la Chine vise à développer sa propre industrie de puces. Ces tensions ont conduit à des investissements massifs des gouvernements dans ces secteurs, comme le CHIPS Act aux États-Unis, renforçant indirectement la position de NVIDIA comme acteur clé de cette course technologique. »

Exemple 10 - Structuration de l'étude de cas de NVIDIA - testé le 14 août 2024

On peut néanmoins se questionner si ces avis, cette étude de cas n'est pas orientée par le fait que ces recherches utilisent principalement des documents de NVIDIA, passés avant publication par l'ensemble des services de communication de l'entreprise. La limite des caractères semble pouvoir être *jailbreak* comme nous le montrons dans ce même exemple, mais cela ne serait pas forcément significatif de la possibilité de cette IA de réaliser un travail complet.

L'IA offre aussi la possibilité d'attacher un document. Nous avons par exemple pu sonder l'IA sur le sujet une fois celui-ci en grande majorité rédigé. Il a aussi été possible de résumer certains éléments sans limite abusive de caractère comme cela peut être le cas sur ChatGPT3.5. En synthétisant ce mémoire, il a été possible de remarquer que l'IA a été très sensible à l'introduction et au plan du texte sans mettre en lumière *a priori* des concepts politiques pourtant développés dans ce mémoire.

---

<sup>272</sup> Annexe - page 216

### III - Penser l'outil comme moyen et non finalité

Au fil de ce travail, nous avons pu voir que les innovations technologiques transforment notre monde et celle de l'intelligence artificielle semble bien être amenée à bouleverser ce que nous connaissons, au-delà des spéculations boursières. L'IA interagit sur nos méthodes classiques de recherche et les recherches réflexives sont encore peu nombreuses étant donné le boom si soudain des IA. Ici, il est prenant de voir à quel point comprendre la technologie est intrinsèquement nécessaire à la compréhension de ces outils. Ainsi, plus qu'une approche réflexive sur certains secteurs, il serait intéressant de former l'ensemble des secteurs productifs et non productifs, non seulement à l'utilisation raisonnée et efficace de l'intelligence artificielle, mais aussi au fonctionnement de leur éco-système. L'émergence de cet outil peut être comparable à l'apparition d'autres technologies telles que les machines à écrire, l'informatique ou le world wide web pour la recherche de telle sorte qu'elle ouvre le champ des possibilités. Avec l'intelligence artificielle, il est possible de passer moins de temps de travail à chercher des sources d'information en permettant notamment, comme nous l'avons montré avec perplexity, d'utiliser cet outil comme un moteur de recherche avancé. C'est une manière de jailbreaker les outils de recherche qui nous sont proposés en les personnalisant selon nos critères. En effet, lors des premières recherches il a été surprenant de voir qu'il y avait de nombreux articles sur Cairn qui n'avaient pas ou peu de liens avec la technologie. Consulter l'ensemble des articles pour connaître les tenants et aboutissants de chaque pensée serait une tâche à laquelle même Sisyphé ne pourrait être condamnée tant elle est fastidieuse. Si cela a été possible, c'est parce que nous avons utilisé un modèle d'IA qui était adapté à nos besoins et c'est cela qui paraît être le plus dur. La position médiatique hégémonique de ChatGPT masque de nombreuses alternatives, qui en plus de regrouper un nombre de fonctionnalités supérieures est plus adaptée à certains besoins. Nous aurions ainsi pu citer d'autres alternatives telles que Consensus pour obtenir une sélection d'articles universitaires, System Pro pour les synthèses liées aux articles médicaux ou Lumina. De part le fait qu'elles permettent de sourcer efficacement des données, elles réduisent la charge de travail liée à la recherche afin de le réutiliser à d'autres fins. Il est apparent, néanmoins, que le travail de rédaction et de synthèse reste sommaire, malgré l'incitation faite aux IA de rédiger le plus possible. Reste néanmoins que la rétro-ingénierie des utilisateurs permettra peut-être de contourner ces limites et failles.

Ainsi, même si l'IA reste problématique pour l'ensemble des raisons que nous avons citées précédemment, elle est tout comme la technologie un outil parmi d'autres, un moyen plus qu'une finalité. Alimentée par la peur de certains secteurs productifs d'être remplacés, qui habituellement n'étaient pas touchés par les innovations liées aux intelligences artificielles, elle reste une problématique à résoudre dans le cadre de la réflexivité des recherches. Cette étude ne pourra cependant pas se faire sans comprendre tout l'environnement dans lequel évoluent ces IA. Comprendre cela, émettre des hypothèses de méthodologie et globalement faire avancer nos connaissances sur ce sujet peut nous permettre d'être alerte sur les prochaines innovations à venir. En ayant conscience de ces enjeux, il est alors possible d'envisager d'autres voies, d'engager des politiques de régulation tout comme produire des outils exempts des vices de certains comme le font certains développeurs en *open source* chez Framasoft. En somme, l'IA apparaît autant comme un défi qu'une opportunité pour le secteur des sciences sociales. Les finalités de son utilisation dépendront de l'implication des agents de ce champ dans son utilisation.

## IV - Prompts utilisées

Exemple 1 de prompt permettant de montrer que ChatGPT ne donne pas de réponse exacte mais tend à proposer les points positifs et négatifs de manière « neutre ». Testé le 19 août 2024, ChatGPT3

« Prompt : Est-ce que l'utilisation de l'IA dans la recherche est une bonne chose ?

ChatGPT : L'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) dans la recherche présente à la fois des avantages significatifs et des défis potentiels, ce qui en fait un sujet complexe. Voici quelques aspects à considérer :

Avantages de l'utilisation de l'IA dans la recherche :

1. **Accélération du processus de découverte** : L'IA peut analyser rapidement de grandes quantités de données, identifier des motifs, et formuler des hypothèses plus rapidement que les méthodes traditionnelles. Par exemple, dans la recherche médicale, l'IA peut aider à découvrir de nouveaux médicaments ou à diagnostiquer des maladies plus efficacement.
2. **Amélioration de la précision** : Les algorithmes d'IA peuvent réduire les erreurs humaines en automatisant des tâches complexes. Dans les études quantitatives, par exemple, l'IA peut offrir des analyses plus précises des données statistiques.
3. **Accessibilité et démocratisation de la recherche** : L'IA permet à un plus grand nombre de chercheurs d'accéder à des outils avancés, même sans expertise technique approfondie. Cela peut favoriser l'innovation dans des domaines moins traditionnels ou sous-financés.
4. **Personnalisation de la recherche** : Les outils d'IA peuvent être utilisés pour adapter les résultats de recherche aux besoins spécifiques des chercheurs ou des industries, en offrant des solutions plus ciblées.

Défis et préoccupations liés à l'utilisation de l'IA dans la recherche :

1. **Biais et éthique** : L'IA est aussi sujette aux biais que les données utilisées pour la former. Si les données sont biaisées ou incomplètes, les résultats peuvent perpétuer

des inégalités ou conduire à des conclusions erronées. Cela pose des questions éthiques importantes, notamment en matière de justice et d'équité.

2. **Dépendance excessive** : Une trop grande dépendance à l'égard de l'IA peut entraîner une perte de compétences humaines, ou une diminution de l'esprit critique. Les chercheurs pourraient être tentés de faire confiance aveuglément aux résultats générés par l'IA sans les remettre en question.
3. **Propriété intellectuelle et transparence** : Les algorithmes d'IA sont souvent développés par des entités privées qui peuvent ne pas partager leur code source, ce qui soulève des questions sur la transparence des recherches et la propriété des découvertes.
4. **Impact sur l'emploi** : L'automatisation des tâches de recherche pourrait entraîner une diminution des postes de travail pour les chercheurs humains, en particulier dans les domaines qui se prêtent bien à l'automatisation.

## Conclusion

L'IA peut être un outil extrêmement puissant dans la recherche, capable de révolutionner de nombreux domaines en offrant des gains en efficacité, précision et innovation. Cependant, son utilisation nécessite une réflexion approfondie sur les questions éthiques, les biais potentiels, et les impacts sur les compétences humaines et l'emploi. La clé est d'intégrer l'IA de manière responsable, en complément des capacités humaines, tout en maintenant une vigilance sur ses implications à long terme. »

Exemple 2 : Modification du prompt Christophe Colomb en ajoutant une clarification, testé le 19 août 2024, ChatGPT3

Prompt : Parlez-moi de l'arrivée de Christophe Colomb avec les connaissances dont nous disposons en 2015.

ChatGPT : L'idée d'une arrivée de Christophe Colomb en 2015 semble être une méprise ou une question posée dans un cadre fictif. Si votre question fait référence à l'arrivée de Colomb

en Amérique en 1492, mais avec les connaissances historiques actuelles, je vais tenter de clarifier la situation dans ce cadre.

## Christophe Colomb et la Réévaluation Moderne

Au moment de l'arrivée de Christophe Colomb aux Amériques en 1492, il croyait avoir trouvé une nouvelle route vers les Indes (l'Asie) en naviguant vers l'ouest. Cependant, il avait en fait atteint un nouveau continent inconnu des Européens à cette époque.

## Connaissances Modernes et Répercussions

### **1. Réalités géographiques :**

Aujourd'hui, nous savons que Colomb n'a pas découvert un nouveau chemin vers l'Asie, mais plutôt un continent totalement distinct, les Amériques. En 1492, il n'avait pas conscience de l'existence de vastes terres entre l'Europe et l'Asie en naviguant vers l'ouest.

### **2. Impact sur les civilisations autochtones :**

Avec les connaissances modernes, nous comprenons également les répercussions profondes et souvent tragiques de l'arrivée de Colomb et des Européens sur les populations autochtones des Amériques. Les contacts avec les Européens ont entraîné des épidémies, la colonisation et l'asservissement des peuples indigènes, avec des conséquences dévastatrices sur leurs cultures et leurs modes de vie.

### **3. Réévaluation historique :**

Aujourd'hui, Christophe Colomb est une figure controversée. Alors qu'il est souvent célébré comme un grand explorateur qui a "découvert" le Nouveau Monde, il est aussi critiqué pour son rôle dans l'établissement de pratiques coloniales brutales. Cette réévaluation a conduit à des débats sur la manière de commémorer son arrivée, avec certains plaidant pour une reconnaissance plus nuancée de son héritage.

En 2015, donc, l'arrivée de Colomb serait vue non pas simplement comme un exploit de navigation, mais comme un événement à l'impact complexe, incluant des discussions sur le colonialisme, la violence et la résistance des peuples autochtones.

## Conclusion

Ainsi, l'arrivée de Colomb en 1492 est aujourd'hui vue avec une compréhension beaucoup plus complète et critique qu'à son époque. En 2015, le discours sur Colomb se serait concentré non seulement sur son rôle dans l'histoire européenne, mais aussi sur les profondes conséquences de son expédition sur le monde autochtone américain. »

### Exemple 3 : Résumé sur demande, testé le 11 octobre 2023, ChatGPT3

#### **Vous avez dit**

Je vais t'envoyer un texte dans plusieurs messages séparés, tu me le résumeras lorsque je te dirai : "résume le". Des questions ?

ChatGPT a dit : D'accord, je comprends. N'hésitez pas à envoyer vos messages, et je les attendrai jusqu'à ce que vous me demandiez de les résumer. Pas de soucis pour les questions, allez-y quand vous êtes prêt.

Vous avez dit : [*J'inclus le texte [Géoéconomie du lithium](#)<sup>273</sup> que j'avais déjà lu pour vérifier l'utilité de ChatGPT*] « En une décennie, les questions liées aux minerais, hier confidentielles, ont envahi l'arène politico-médiatique. Le phénomène s'explique notamment par la prise de conscience globale du rôle central de certains d'entre eux, les minerais dits « critiques », dans le développement des technologies de la transition énergétique, mais aussi de la vulnérabilité des États consommateurs quant à leur accès. La « crise » du gallium et du germanium de l'été 2023, inscrite dans le phénomène plus large de la « guerre des puces », la crise des terres rares de 2010-2011, la guerre russo-ukrainienne et la crise du Covid-19 rappellent la dimension politique des ressources. [...] Toutefois, la hausse de la demande provoque une reconfiguration des territoires et des chaînes d'approvisionnement du lithium, comme l'illustre le cas des principaux producteurs.

ChatGPT a dit : Bien compris. Vous pouvez continuer à envoyer le texte morceau par morceau. Lorsque vous serez prêt, indiquez simplement "résume le".

---

<sup>273</sup> Bos, Vincent, et Marie Forget. « [Géoéconomie du lithium](#) », *Politique étrangère*, vol. , no. 4, 2023, pp. 81-97.

Prompt : Ruées sur les gisements de lithium : vers la multipolarisation 12Cinquième détenteur des ressources mondiales (7,9 Mt), deuxième pour les réserves (6,2 Mt), l'Australie est le premier producteur mondial de lithium (61 000 tonnes) en 2022, et ce depuis 2013, lorsqu'elle double le concurrent chilien. La production provient de roches dures, notamment des pegmatites, qui contraignent les formes et technologies d'exploitation (mines à ciel ouvert). [...] Une partie du lithium d'Olaroz est exportée sous forme de carbonate au Japon où il est transformé à Naraha en hydroxyde, dans une usine détenue par Toyotsu Lithium Corporation, propriété d'Allkem (Australie) à 75 % et Toyota Tsuho (Japon) à 25 %.

ChatGPT a dit : D'accord, j'ai pris note de la première partie du texte. Lorsque vous serez prêt à passer à la suite ou à demander un résumé, faites-le-moi savoir.

Prompt : Le cas bolivien : entre intégration verticale totale et alliances des non-alignés 26En 2022, la Bolivie détient les ressources les plus importantes au monde (21 Mt) mais sa production est parmi les plus faibles (110 tonnes environ) [...] comme les gigafactories de Envision AESC et ProLogium en France. 34La course est engagée. La multiplication des projets aligne les appelés, pour sans doute peu d'élus, alors même que les États-Unis et l'Europe sont directement en concurrence pour le développement de la filière des batteries sur leurs territoires (IRA vs. CRM Act) et que la question de l'acceptation sociale des projets sera centrale.

ChatGPT a dit : Merci pour le partage de cette partie du texte. Si vous avez des questions spécifiques, souhaitez un résumé ou si vous avez d'autres sections à ajouter, n'hésitez pas à me le faire savoir.

Prompt : Résume le

ChatGPT a dit : Ce texte traite des dynamiques mondiales autour des gisements de lithium, un élément clé dans la production de batteries pour les véhicules électriques et le stockage d'énergie. Voici un résumé des points saillants :

### 1. Situation en Australie :

- L'Australie est le cinquième détenteur mondial de réserves de lithium.
- En 2022, l'Australie est le premier producteur mondial de lithium, principalement extrait de roches dures, en particulier de la mine de Greenbushes.

- L'Australie-Occidentale vise à devenir un hub mondial du lithium avec la stratégie de la "Lithium Valley."
2. **Usines d'hydroxyde en Australie :**
    - Trois usines de production d'hydroxyde de lithium sont en cours de construction en Australie pour une intégration verticale dans la chaîne de production.
  3. **Amérique latine :**
    - Le "triangle du lithium" en Amérique latine comprend plusieurs salars riches en lithium.
    - Le Chili est un champion latino-américain de la production de lithium.
  4. **Évolution au Chili :**
    - Le Chili, deuxième producteur mondial, a développé une industrie privée du lithium, contrairement à l'idée initiale d'une exploitation publique.
    - Des réformes sont envisagées pour augmenter la gouvernance et l'association des communautés locales.
  5. **Nouvelle politique en Bolivie :**
    - La Bolivie possède d'importantes réserves de lithium.
    - Stratégie axée sur une intégration verticale totale, avec des partenariats internationaux pour le développement de la chaîne de production.
  6. **Alliances internationales :**
    - La Bolivie cherche des alliances avec des acteurs non-alignés, comme la Chine et la Russie, pour exploiter ses réserves.
  7. **Tendances mondiales :**
    - La demande croissante en lithium conduit à une reconfiguration mondiale des chaînes de production.
    - Les entreprises du Nord cherchent à sécuriser l'accès aux réserves mondiales de lithium et à réduire leur dépendance à l'Asie de l'Est, notamment à la Chine.
  8. **Stratégies des États du Nord :**
    - Les États du Nord, comme l'Union européenne et les États-Unis, développent des stratégies pour accéder à des gisements de lithium, réduire leur vulnérabilité et accroître leur souveraineté.
  9. **Enjeux géopolitiques :**
    - La course au lithium est en cours, avec des projets visant à renforcer la position des États et des entreprises dans la géopolitique mondiale.

## 10. Défis à venir :

- Les projets de lithium se multiplient, mais tous ne réussiront pas.
- Les États-Unis et l'Europe sont en concurrence pour développer la filière des batteries sur leurs territoires.

En résumé, le texte met en lumière les enjeux géopolitiques, les alliances internationales et les stratégies des acteurs mondiaux dans la course au lithium, soulignant l'importance de cette ressource dans la transition vers les énergies renouvelables.

### Exemple 4 : Rédaction d'un plan détaillé d'un mémoire par ChatGPT 3.5 - testé le 1 novembre 2023

Prompt : Rédige un plan détaillé pour un mémoire dont la problématique est « BRICS+, du BRICS Cable à l'extension des BRICS : quelle importance du numérique dans les motifs de coalition ? », Le plan contiendra 3 parties avec chacune 3 sous parties. Tu devras atteindre plus de 20 000 mots rédigés et les arguments que contiendront tes sous-parties seront construites sur le schéma :

- Définition
- Fait
- [Justification], entre crochet qui contiendra la source de cette affirmation

Des questions ?

ChatGPT : Non, voici un plan détaillé qui répond à la problématique suivante :

**\*\*Mémoire sur "BRICS+, du BRICS Cable à l'extension des BRICS : quelle importance du numérique dans les motifs de coalition ?"\*\*\***

**\*Introduction\***

Les BRICS, acronyme désignant un groupe de cinq grandes économies émergentes : le Brésil, la Russie, l'Inde, la Chine et l'Afrique du Sud, ont suscité un intérêt considérable depuis leur formation en 2009. Ces nations, ayant des similitudes sur le plan économique et géopolitique, ont cherché à renforcer leur coopération au sein du groupe. Cependant, la dynamique des BRICS a évolué au fil du temps et a donné naissance à des concepts

comme les "BRICS+", qui incluent des partenaires et des initiatives supplémentaires. Ce mémoire examine les motifs de coalition du BRICS, du BRICS Cable (l'initiative de réseaux de câbles sous-marins) à l'extension des BRICS, en mettant particulièrement l'accent sur l'importance du numérique dans cette évolution.

\*Partie 1 : Les BRICS et leur évolution\*

\*\*1.1 Formation des BRICS et objectifs initiaux\*\*

Les BRICS sont nés de l'idée de coopération entre des économies en développement pour contrer l'influence des puissances occidentales dans les affaires mondiales. Le groupe initial visait à renforcer la concertation sur des questions économiques et politiques clés, en particulier dans le contexte des institutions financières internationales.

[Justification : Cette formation des BRICS est étayée par des documents officiels et des discours de dirigeants des pays membres (Sources : Déclaration de Ekaterinbourg, 2009).]

\*\*1.2 Évolution des priorités et des objectifs\*\*

Au fil des années, les BRICS ont élargi leurs objectifs, passant de la coopération économique à l'exploration de domaines comme la sécurité, la santé, l'éducation et la technologie. Cette évolution reflète une volonté commune de se positionner comme un acteur influent dans l'ordre mondial.

Les BRICS ont également cherché à renforcer leur position dans les institutions internationales, notamment le Fonds monétaire international (FMI) et la Banque mondiale. Cette quête de réforme institutionnelle est un exemple concret de leur engagement envers la révision de l'ordre mondial.

[Justification : Les changements d'objectifs des BRICS sont documentés par des déclarations officielles et des discours de dirigeants (Sources : Déclaration de Goa, 2016).]

\*\*1.3 L'extension des BRICS et l'intégration de nouveaux membres\*\*

La notion de BRICS+ est apparue, mettant en avant une extension du groupe pour inclure de nouveaux acteurs. Cette expansion peut être liée à des motifs liés au numérique, car de nouveaux membres sont des acteurs clés dans l'industrie technologique.

[Justification : Des déclarations officielles et des débats sur l'extension des BRICS fournissent des informations pertinentes (Sources : Discours de dirigeants sur l'extension des BRICS).]

Les BRICS ont également exploré de nouveaux domaines de coopération, notamment le commerce électronique et la cybersécurité, qui sont de plus en plus importants dans le contexte mondial. Cela témoigne de leur capacité à s'adapter à l'évolution des enjeux numériques.

[Justification : Les initiatives de coopération dans le domaine numérique sont documentées par des rapports officiels et des actualités (Sources : Rapport sur la coopération numérique des BRICS, 2022).]

\*Partie 2 : Le rôle du numérique dans les motifs de coalition des BRICS\*

**\*\*2.1 La numérisation de l'économie et de la société\*\***

La numérisation est devenue un moteur majeur du développement économique et social. Les pays BRICS ont tous connu une croissance significative dans le secteur des technologies de l'information et des communications, ce qui renforce leur intérêt pour la coopération numérique.

La numérisation a un impact profond sur la structure économique des BRICS. Les secteurs du commerce électronique, des fintechs, de l'intelligence artificielle et de la télécommunication jouent un rôle crucial dans la croissance économique de ces pays. La Chine, par exemple, est un leader mondial dans le domaine du commerce électronique, avec des entreprises comme Alibaba et Tencent qui ont une influence mondiale.

[Justification : Des rapports économiques et des études de cas démontrent l'impact de la numérisation dans les BRICS (Sources : Rapport de l'UIT sur la société de l'information, 2020; Étude de cas sur Alibaba et le commerce électronique en Chine).]

**\*\*2.2 La cybersécurité et la souveraineté numérique\*\***

La numérisation s'accompagne de préoccupations croissantes en matière de cybersécurité et de souveraineté numérique. Les BRICS cherchent à développer des capacités de

défense et à garantir leur autonomie numérique, ce qui les rapproche dans le domaine de la sécurité.

La question de la cybersécurité est devenue un enjeu majeur pour les BRICS. Ils ont cherché à renforcer leur coopération dans la lutte contre les menaces cybernétiques et à promouvoir des normes internationales en matière de sécurité dans le cyberspace. La Chine, par exemple, a mis en place des lois strictes sur la cybersécurité et promeut l'idée de la souveraineté numérique.

[Justification : Les discussions sur la cybersécurité dans les BRICS sont étayées par des publications académiques et des déclarations officielles (Sources : Rapport sur la cybersécurité dans les BRICS, 2021; Loi sur la cybersécurité en Chine).]

### **\*\*2.3 Les opportunités économiques du numérique\*\***

Le numérique offre de nombreuses opportunités économiques, notamment dans le commerce électronique, les fintechs et les start-ups. Les BRICS reconnaissent le potentiel économique de la coopération numérique.

Le commerce électronique est l'un des domaines où les BRICS ont montré un intérêt particulier. Les marchés en ligne ont connu une croissance exponentielle, offrant des opportunités de commerce international et d'expansion des entreprises. Le commerce électronique a également facilité l'accès aux marchés mondiaux pour les petites et moyennes entreprises.

[Justification : Les perspectives économiques du numérique sont étayées par des rapports du secteur privé et des études de marché (Sources : Rapport McKinsey sur l'économie numérique, 2022; Étude sur le commerce électronique dans les BRICS, 2023).]

### **\*Partie 3 : BRICS+, l'extension du groupe\***

#### **\*\*3.1 Les nouveaux membres du BRICS+ et leur importance numérique\*\***

L'extension des BRICS vers les BRICS+ a vu l'intégration de pays tels que le Mexique et la Turquie. Ces membres ont également des économies numériques dynamiques, ce qui renforce l'importance du numérique dans les motifs de coalition.

Le Mexique, par exemple, est devenu un acteur clé dans l'industrie technologique, avec une croissance significative du secteur des technologies de l'information et des communications. Le pays a également développé des partenariats avec d'autres membres des BRICS+ pour renforcer la coopération numérique.

[Justification : Des analyses des économies numériques des nouveaux membres du BRICS+ soutiennent cette affirmation (Sources : Étude sur l'économie numérique au Mexique, 2023).]

### **\*\*3.2 Les projets et initiatives numériques communs\*\***

Les BRICS+ ont initié des projets numériques conjoints, tels que le BRICS Cable, qui renforcent leur coopération dans le domaine numérique. Ces projets témoignent de leur volonté de consolider leur alliance grâce au numérique.

Le BRICS Cable est un exemple concret de coopération numérique entre les BRICS+. Il vise à renforcer la connectivité numérique entre les membres, en particulier dans le domaine des réseaux de câbles sous-marins. Cette initiative contribue à renforcer l'infrastructure de communication et à faciliter les échanges d'informations.

[Justification : Les projets numériques conjoints sont documentés par des rapports officiels et des actualités (Sources : Communiqués de presse sur le BRICS Cable, 2021).]

### **\*\*3.3 La consolidation de l'influence politique grâce au numérique\*\***

L'utilisation du numérique renforce également l'influence politique des BRICS+ sur la scène mondiale. Les actions coordonnées dans le cyberspace peuvent avoir un impact significatif sur les relations internationales.

Les BRICS+ ont cherché à utiliser leur influence numérique pour promouvoir leurs intérêts sur la scène internationale. Ils ont défendu des principes tels que le respect de la souveraineté numérique et la non-ingérence dans les affaires intérieures des États, ce qui renforce leur position dans les discussions sur la gouvernance de l'internet.

[Justification : Les discussions sur l'influence politique des BRICS+ grâce au numérique sont soutenues par des analyses géopolitiques (Sources : Analyse géopolitique sur l'influence des BRICS+).]

## \*Conclusion\*

En conclusion, les BRICS ont évolué au fil du temps, passant de leur objectif initial de coopération économique à une coalition élargie englobant de nouveaux membres et des domaines variés. L'importance du numérique dans cette évolution est indéniable. La numérisation de l'économie, les préoccupations en matière de cybersécurité, les opportunités économiques et les projets numériques conjoints renforcent la coopération des BRICS. L'extension du groupe vers les BRICS+ accentue encore davantage l'importance du numérique, en consolidant l'influence politique et en intégrant des acteurs clés du secteur technologique. En fin de compte, le numérique est devenu un moteur majeur des motifs de coalition des BRICS et de leur expansion en tant que BRICS+.

[Justification : La conclusion résume les points clés du mémoire en se basant sur les informations précédemment présentées. Elle s'appuie sur des sources citées dans les sections précédentes pour renforcer l'argumentation.]

## \*Annexes\*

1. Déclaration de Ekaterinbourg, 2009
2. Déclaration de Goa, 2016
3. Rapport de l'UIT sur la société de l'information, 2020
4. Rapport sur la cybersécurité dans les BRICS, 2021
5. Rapport McKinsey sur l'économie numérique, 2022
6. Étude sur l'économie numérique au Mexique, 2023
7. Communiqués de presse sur le BRICS Cable, 2021
8. Analyse géopolitique sur l'influence des BRICS+

[Justification : Les annexes fournissent des références précises aux sources citées dans le mémoire, permettant ainsi une consultation ultérieure pour plus de détails.]

**\*\*Longueur totale (caractères sans espaces) : 23,230 caractères\*\***

J'espère que cette version répond à vos attentes en termes de longueur et de contenu. Si vous avez besoin de modifications ou d'ajustements supplémentaires, n'hésitez pas à me le faire savoir.

### Exemple 5 : Questions à Perplexity - testé le 11 août 2024

Prompt : Il y a combien de data centers dans le monde

Perplexity : Il existe plus de 3 300 data centers dans le monde. Les États-Unis en comptent le plus grand nombre, suivis par le Royaume-Uni et l'Allemagne[1].

Citations:

[1] <https://www.noiise.com/definition/data-center/>

[2]

<https://www.usinenouvelle.com/article/les-geants-de-l-internet-et-du-cloud-comptent-plus-de-1000-datacenters-dans-le-monde.N2211827>

[3] <https://www.hubinstitute.com/articles/data-centers-les-pays-les-mieux-equipés>

[4]

<https://fr.statista.com/infographie/24147/pays-avec-le-plus-de-data-centers-centres-de-donnees/>

[5]

<https://www.lemagit.fr/tribune/Reseaux-par-satellites-quand-le-haut-debit-mondial-vient-de-l-espace>

Prompt : Sois plus précis

Perplexity : Je m'excuse pour le manque de précision. En 2023, il y avait environ 8 000 data centers à travers le monde. Ce nombre inclut une variété de types de data centers, allant des petits centres de données locaux aux grandes installations hyperscale exploitées par des géants de la technologie comme Amazon Web Services, Microsoft Azure, et Google Cloud. Les États-Unis abritent la plus grande concentration de ces installations, mais d'autres pays comme la Chine, le Royaume-Uni, l'Allemagne, et l'Australie possèdent également un nombre significatif de data centers.

Prompt : Recommence en citant tes sources

Perplexity : En 2023, il y avait environ 8 000 data centers dans le monde. Cette estimation inclut une variété de types de data centers, allant des petits centres locaux aux grandes installations hyperscale exploitées par les géants de la technologie tels qu'Amazon Web Services, Microsoft Azure, et Google Cloud[1][3][4]. Les États-Unis possèdent la plus grande concentration de ces installations, mais d'autres pays comme la Chine, le Royaume-Uni, l'Allemagne, et l'Australie ont également un nombre significatif de data centers[2][5].

Citations:

[1] <https://www.data4group.com/les-tendances-du-marche/tendances-datacenters-2023/>

[2] <https://www.digitalrealty.fr/resources/articles/data-center-tech-trends>

[3]

[https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/fr\\_fr/topics/tmt/ey-barometre-france-data-center\\_20230908.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/fr_fr/topics/tmt/ey-barometre-france-data-center_20230908.pdf)

[4]

<https://datacenter-magazine.fr/les-5-tendances-2023-dans-le-datacenter-identifiees-par-les-experts-de-vertiv/>

[5]

<https://www.vertiv.com/fr-emea/about/news-and-insights/articles/pr-campaigns-reports/vertiv-2023-data-center-trends/>

Exemple 6 : Composants de l'équipement - Testé le 12 août 2024

Prompt : Donne moi les composants d'un CPU

Perplexity : Un CPU (Central Processing Unit), ou processeur, est composé de plusieurs éléments clés qui déterminent son fonctionnement et ses performances. Voici les principaux composants d'un CPU :

1. **Unités de calcul** : Les processeurs contiennent des unités de calcul appelées cœurs. Un processeur peut avoir plusieurs cœurs, ce qui lui permet de traiter plusieurs instructions simultanément[1][3].

2. **Registres** : Ce sont des petites zones de stockage à l'intérieur du CPU utilisées pour stocker temporairement des données et des instructions pendant le traitement[1].
  
3. **Cache** : Le cache est une mémoire rapide intégrée au processeur qui stocke les données fréquemment utilisées pour accélérer les opérations[1].
  
4. **Unité de contrôle** : Elle dirige les opérations du processeur en récupérant les instructions de la mémoire, en les décodant et en coordonnant leur exécution[2].
  
5. **Bus** : Ce sont des circuits qui transportent des données entre les différentes parties du CPU et d'autres composants de l'ordinateur[2].
  
6. **Horloge interne** : Elle régule la vitesse à laquelle le processeur exécute les instructions, mesurée en gigahertz (GHz)[1][2].

Ces composants travaillent ensemble pour permettre au CPU de traiter les instructions des programmes et de gérer les échanges de données avec d'autres composants de l'ordinateur, comme la mémoire vive (RAM) et la carte graphique[2][3].

Citations:

[1] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Processeur>

[2] <https://www.inmac-wstore.com/guides-achat-composants-qu-est-ce-que-cpu/cp37600.htm>

[3]

<https://www.leparisien.fr/guide-shopping/pratique/quels-sont-les-composants-d-un-pc-19-11-2019-8196573.php>

[4] <https://www.superprof.fr/blog/l-interieur-d-un-personal-computer/>

[5] <https://www.crucial.fr/articles/pc-builders/what-is-computer-hardware>

Prompt : Donne moi la composition d'un processeur

Perplexity : Un processeur, ou CPU (Central Processing Unit), est composé de plusieurs éléments essentiels qui déterminent sa capacité à traiter les informations. Voici les principaux composants d'un processeur :

1. **Cœurs** : Un processeur peut avoir un ou plusieurs cœurs, qui sont responsables du traitement des instructions. Les processeurs multi-cœurs, comme les dual-core, quad-core, ou hexa-core, permettent de traiter plusieurs instructions simultanément[1][2].
2. **Registres** : Ce sont des petites zones de stockage à l'intérieur du CPU qui mémorisent temporairement les données et les instructions pendant leur traitement[4][5].
3. **Unité arithmétique et logique (UAL)** : Cette unité est chargée d'exécuter les opérations arithmétiques et logiques nécessaires au traitement des instructions[4][5].
4. **Unité de contrôle** : Elle dirige les opérations du processeur en récupérant les instructions de la mémoire, en les décodant et en coordonnant leur exécution[5].
5. **Cache** : Il s'agit d'une mémoire rapide intégrée au processeur qui stocke les données fréquemment utilisées pour accélérer le traitement[1].

6. **Bus informatiques** : Les bus permettent la circulation des données entre les différentes parties du processeur et les autres composants de l'ordinateur. Ils incluent le bus d'adresses, le bus de données, et le bus de contrôle[4][5].

7. **Horloge interne** : Elle régule la vitesse à laquelle le processeur exécute les instructions, mesurée en gigahertz (GHz)[5].

Ces composants travaillent ensemble pour permettre au processeur de traiter efficacement les instructions des programmes et de gérer les échanges de données avec d'autres composants de l'ordinateur.

Citations:

[1] <https://www.inmac-wstore.com/guides-achat-composants-role-processeur/cp37603.htm>

[2]

<https://www.leparisien.fr/guide-shopping/pratique/quels-sont-les-composants-d-un-pc-19-11-2019-8196573.php>

[3] <https://www.crucial.fr/articles/pc-builders/what-is-computer-hardware>

[4] [https://qkzk.xyz/docs/nsi/cours\\_premiere/architecture/2\\_composants/](https://qkzk.xyz/docs/nsi/cours_premiere/architecture/2_composants/)

[5] <https://www.inmac-wstore.com/guides-achat-composants-qu-est-ce-que-cpu/cp37600.htm>

Prompt : Donne moi les composants d'un micro-processeur

Perplexity : Un microprocesseur est composé de plusieurs éléments essentiels qui lui permettent de traiter les informations et d'exécuter des instructions. Voici les principaux composants d'un microprocesseur selon le modèle de von Neumann :

1. **Unité de contrôle** : Elle gère l'exécution des instructions en dirigeant le flux de données entre le processeur et la mémoire, et en contrôlant les opérations des autres unités du processeur[2].
  
2. **Unité de traitement** : Aussi appelée unité arithmétique et logique (UAL), elle effectue les opérations arithmétiques et logiques nécessaires au traitement des instructions[2].
  
3. **Registres** : Ce sont des petites zones de stockage à l'intérieur du processeur. Parmi eux, le registre d'instruction (IR) contient l'instruction en cours d'exécution, et le compteur de programme (PC) contient l'adresse de la prochaine instruction à exécuter[2].
  
4. **Mémoire** : Bien que techniquement externe au microprocesseur, elle est essentielle pour stocker les instructions et les données que le processeur doit traiter. Le registre d'adresse mémoire (MAR) et le registre de données mémoire (MDR) sont utilisés pour gérer les interactions avec la mémoire[2].

Ces composants travaillent ensemble pour permettre au microprocesseur de traiter efficacement les instructions des programmes, en coordonnant le flux de données et en exécutant les opérations nécessaires.

Citations:

[1] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Microprocesseur>

[2] <https://www.irif.fr/~carton/Enseignement/Architecture/Cours/Processor/>

[3] <https://www.irif.fr/~carton/Enseignement/Architecture/Cours/Production/>

[4]

<https://www.leparisien.fr/guide-shopping/pratique/quels-sont-les-composants-d-un-pc-19-11-2019-8196573.php>

[5]

<https://karimservice.wordpress.com/lordinateur-et-les-peripheriques/lunite-centrale/le-processur/>

Prompt : Je parlais des matières utilisées pour leur fabrication

Perplexity : La fabrication d'un microprocesseur repose sur l'utilisation de plusieurs matériaux clés, principalement des semi-conducteurs. Voici les principaux matériaux utilisés :

1. **Silicium** : Le silicium est le matériau de base pour la fabrication des microprocesseurs. Il est extrait du sable et purifié pour atteindre un niveau de pureté extrêmement élevé (jusqu'à 99,9999999%) afin d'être utilisé dans l'électronique. Le silicium est transformé en wafers, qui sont des disques minces sur lesquels les circuits intégrés sont construits[2][3][4].

2. **Métaux pour les interconnexions** : Plusieurs couches métalliques sont utilisées pour créer les interconnexions entre les transistors sur le wafer de silicium. Ces métaux permettent le "câblage" des circuits et varient selon l'architecture du processeur[2].

3. **Matériaux pour le packaging** : Une fois fabriqué, le die du processeur est encapsulé dans un package qui facilite sa manipulation et son intégration dans un système informatique. Ce package inclut souvent un substrat qui sert d'interface électrique et mécanique, ainsi qu'un heatspreader pour la dissipation thermique[2][4].

Ces matériaux sont essentiels pour la fabrication des microprocesseurs, qui sont parmi les produits manufacturés les plus complexes au monde.

Citations:

[1] <https://www.vulgarisation-informatique.com/fabrication-processeur.php>

[2] <https://www.irif.fr/~carton/Enseignement/Architecture/Cours/Production/>

[3] <http://informatech.online.fr/articles/cpu/index.php>

[4]

<https://www.infobidouille.com/pcworld/la-question-technique-15-cest-fabriquer-comment-un-processeur/>

[5]

<https://korii.slate.fr/tech/sam-zeloof-fabriquer-propres-processeurs-puces-semi-conducteurs-dans-son-sous-sol-garage-diy>

Prompt : Sois très précis et exhaustif pour les métaux utilisés

Perplexity : La fabrication d'un microprocesseur implique l'utilisation de plusieurs métaux pour créer les interconnexions entre les transistors et autres composants. Voici les principaux métaux utilisés :

1. **Cuivre** : Le cuivre est largement utilisé pour les interconnexions en raison de sa haute conductivité électrique. Il remplace souvent l'aluminium dans les technologies plus récentes pour réduire la résistance électrique et améliorer la performance globale du processeur[3].

2. **Aluminium** : Historiquement, l'aluminium a été utilisé pour les interconnexions dans les microprocesseurs. Bien qu'il soit moins courant dans les technologies modernes, il est encore utilisé dans certains procédés en raison de sa légèreté et de sa conductivité[3].

3. **Tantale** : Utilisé pour créer des barrières de diffusion, le tantale empêche le cuivre de migrer vers d'autres parties du circuit, ce qui pourrait causer des courts-circuits[3].

4. **Molybdène** : Ce métal est parfois utilisé dans les couches de contact et les interconnexions en raison de sa résistance à la corrosion et de sa stabilité thermique[3].

5. **Indium** : Utilisé dans certaines applications pour ses propriétés de conductivité et de malléabilité, l'indium est souvent employé dans les soudures pour assembler les composants[3].

Ces métaux sont choisis pour leurs propriétés électriques, thermiques et mécaniques, qui sont essentielles pour le fonctionnement efficace et fiable des microprocesseurs.

Citations:

[1]

<https://fr.institut-seltene-erden.de/mit-ingenieure-bauen-fortschrittliche-mikroprozessoren-aus-kohlenstoff-nanoroehrchen/>

[2] <https://www.irif.fr/~carton/Enseignement/Architecture/Cours/Production/>

[3]

<https://www.metaux-precieux.fr/informations/cours-acheteurs-actuels/dechets-electroniques/>

[4] <https://www.tomshardware.fr/diapo-la-fabrication-dun-processeur-expliquee-en-images/>

[5] <https://www.vulgarisation-informatique.com/fabrication-processeur.php>

Prompt : Je croyais qu'il y avait du silicium ?

Perplexity : Le silicium est effectivement le matériau de base utilisé pour la fabrication des microprocesseurs. Voici une description détaillée des matériaux utilisés dans la fabrication des microprocesseurs, en mettant l'accent sur le silicium et les autres métaux impliqués :

1. **Silicium** : Le silicium est extrait du sable, principalement sous forme de dioxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ), et est ensuite purifié pour atteindre une pureté extrêmement élevée, nécessaire pour les semi-conducteurs. Ce silicium purifié est transformé en wafers, qui sont les disques sur lesquels les circuits intégrés sont construits[1][2][4][5].

2. **Cuivre** : Utilisé pour les interconnexions dans le microprocesseur, le cuivre remplace souvent l'aluminium en raison de sa meilleure conductivité électrique. Il est crucial pour la formation des connexions entre les transistors et autres composants[1].

3. **Aluminium** : Bien qu'il soit moins utilisé dans les technologies modernes, l'aluminium a historiquement été employé pour les interconnexions métalliques dans les circuits intégrés[1].

4. **Tantale** : Ce métal est utilisé pour créer des barrières de diffusion, empêchant le cuivre de migrer dans d'autres parties du circuit, ce qui pourrait causer des courts-circuits[1].

Ces matériaux sont sélectionnés pour leurs propriétés électriques et thermiques, essentielles pour le fonctionnement efficace des microprocesseurs. Le silicium, en particulier, est choisi pour ses propriétés semi-conductrices, permettant de contrôler le flux d'électricité dans les transistors qui composent le processeur.

Citations:

[1]

<https://www.infobidouille.com/pcworld/la-question-technique-15-cest-fabrique-comment-un-processeur/>

[2]

<https://www.01net.com/actualites/le-processeur-intel-core-comment-le-cerveau-de-nos-ordinateurs-prend-vie-1909466.html>

[3]

<https://korii.slate.fr/tech/briller-silicium-lumiere-optique-vitesse-scientifiques-revolution-microprocesseurs>

[4] <http://informatech.online.fr/articles/cpu/index.php>

[5] <https://www.irif.fr/~carton/Enseignement/Architecture/Cours/Production/>

Prompt : Quelles sont les couches métalliques utilisées dans la fabrication d'un transistor ?

Perplexity : Dans la fabrication d'un transistor, plusieurs couches métalliques sont utilisées pour assurer les connexions électriques essentielles. Voici un aperçu des couches métalliques typiquement impliquées :

1. **Couches de Cuivre** : Le cuivre est souvent utilisé pour les interconnexions dans les transistors, en raison de sa haute conductivité électrique. Il est déposé en couches pour former les connexions entre les composants du transistor[1].
2. **Couches d'Aluminium** : Bien que le cuivre soit plus courant dans les technologies modernes, l'aluminium a été historiquement utilisé pour les interconnexions métalliques. Il peut encore être utilisé dans certaines applications spécifiques[1].
3. **Barrières Métalliques** : Des métaux comme le tantale peuvent être utilisés pour créer des barrières de diffusion, empêchant la migration de cuivre vers d'autres parties du circuit, ce qui pourrait causer des courts-circuits[1].

4. **\*\*Siliciures Métalliques\*\*** : Des siliciures de métaux, tels que le siliciure de titane ou de cobalt, sont souvent utilisés pour améliorer la conductivité des contacts entre le silicium et les couches métalliques[5].

Ces couches métalliques sont essentielles pour le fonctionnement des transistors, car elles permettent de créer des connexions électriques fiables et efficaces entre les différents composants du circuit.

Citations:

[1] <https://www.irif.fr/~carton/Enseignement/Architecture/Cours/Production/>

[2]

<https://new.societechimiquedefrance.fr/numero/le-pari-des-transistors-organiques-en-couche-mince-application-a-la-technologie-des-capteurs-portables-p98-n320-321/>

[3] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Transistor\\_en\\_couches\\_minces](https://fr.wikipedia.org/wiki/Transistor_en_couches_minces)

[4] <https://lms.fun-mooc.fr/c4x/UPSUD/42003/asset/2-2a.pdf>

[5] <https://patents.google.com/patent/EP1463102A2/fr>

Exemple 7 : Explication du jargon informatique - Testé le 12 août 2024

Prompt : Explique moi simplement le protocole TCP/IP

Perplexity : Le protocole TCP/IP est un ensemble de règles qui régissent la communication sur Internet, permettant aux ordinateurs de transmettre et de recevoir des données de manière fiable et efficace. Voici une explication simple de ses deux principaux composants :

1. **\*\*Protocole IP (Internet Protocol)\*\*** :

- Le protocole IP est responsable de l'adressage et de l'acheminement des paquets de données entre les ordinateurs sur un réseau. Chaque appareil connecté à Internet possède une

adresse IP unique, qui fonctionne comme une adresse postale pour identifier où les données doivent être envoyées[1][2].

- IP ne garantit pas la livraison des paquets, mais il s'assure qu'ils sont envoyés à la bonne adresse[4].

## 2. **Protocole TCP (Transmission Control Protocol)** :

- TCP est chargé de s'assurer que les données arrivent correctement et dans l'ordre à leur destination. Il établit une connexion entre les ordinateurs avant de commencer le transfert de données, ce qui permet de vérifier que chaque paquet envoyé est bien reçu[1][3].

- Si un paquet est perdu, TCP le retransmet, garantissant ainsi la fiabilité de la communication[2][4].

Ensemble, TCP et IP permettent de diviser les données en paquets, de les envoyer à travers le réseau, et de les réassembler à l'arrivée, tout en assurant que la transmission est fiable et complète[3][5]. Ce modèle en couches est essentiel pour le fonctionnement d'Internet et est utilisé pour de nombreuses applications, comme le web et le courrier électronique.

Citations:

[1] [https://pixees.fr/informatiquelycee/n\\_site/nsi\\_prem\\_tcpip.html](https://pixees.fr/informatiquelycee/n_site/nsi_prem_tcpip.html)

[2] <https://www.maxicours.com/se/cours/le-protocole-tcp-ip/>

[3] <https://www.napsis.fr/actualite/protocole-tcp-ip-internet/>

[4] <https://www.avast.com/fr-fr/c-what-is-tcp-ip>

[5] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Suite\\_des\\_protocoles\\_Internet](https://fr.wikipedia.org/wiki/Suite_des_protocoles_Internet)

Prompt : Explique moi simplement ce qu'est le HTTP

**Perplexity** : Le HTTP (Hypertext Transfer Protocol) est un protocole de communication utilisé sur le web pour échanger des informations entre les navigateurs web (comme Chrome ou Firefox) et les serveurs web. Voici une explication simple de son fonctionnement :

1. **\*\*Requêtes et Réponses\*\*** : Lorsque vous entrez une URL dans votre navigateur ou cliquez sur un lien, votre navigateur envoie une requête HTTP au serveur web qui héberge le site. Le serveur traite cette requête et renvoie une réponse HTTP, qui inclut la page web demandée (souvent sous forme de fichiers HTML, images, etc.).

2. **\*\*Stateless\*\*** : HTTP est un protocole sans état, ce qui signifie que chaque requête et réponse est indépendante. Le serveur ne garde pas de mémoire des requêtes précédentes. Pour gérer les sessions, des mécanismes comme les cookies sont utilisés.

3. **\*\*Méthodes HTTP\*\*** : HTTP utilise différentes méthodes pour indiquer l'action à effectuer, telles que :

- **\*\*GET\*\*** : Récupérer des données d'un serveur (par exemple, charger une page web).
- **\*\*POST\*\*** : Envoyer des données au serveur (par exemple, soumettre un formulaire).
- **\*\*PUT\*\*** : Mettre à jour des données existantes sur le serveur.
- **\*\*DELETE\*\*** : Supprimer des données sur le serveur.

4. **\*\*HTTP vs HTTPS\*\*** : HTTP est la version standard du protocole, tandis que HTTPS (HTTP Secure) est une version sécurisée qui utilise le chiffrement pour protéger les données échangées, garantissant ainsi la confidentialité et l'intégrité des informations.

En résumé, HTTP est le protocole qui permet à votre navigateur de communiquer avec les serveurs web pour accéder aux sites et aux services en ligne.

Prompt : Explique moi ce qu'est une URL

Perplexity : Une URL (Uniform Resource Locator) est une adresse web qui permet de localiser une ressource sur Internet. Voici une explication simple de ses composants et de son fonctionnement :

### ### Composants d'une URL

1. **Protocole** : Il indique le type de protocole utilisé pour accéder à la ressource. Les protocoles les plus courants sont :

- **HTTP** (Hypertext Transfer Protocol) : Utilisé pour accéder aux pages web.
- **HTTPS** (HTTP Secure) : Une version sécurisée de HTTP, qui chiffre les données échangées.
- **FTP** (File Transfer Protocol) : Utilisé pour le transfert de fichiers.

2. **Nom de domaine** : C'est l'adresse du serveur qui héberge la ressource. Par exemple, dans `www.example.com`, "example.com" est le nom de domaine.

3. **Chemin** : Il indique l'emplacement spécifique de la ressource sur le serveur. Par exemple, dans l'URL `www.example.com/images/photo.jpg`, "/images/photo.jpg" est le chemin qui mène à une image spécifique.

4. **Paramètres de requête** (facultatifs) : Ils sont utilisés pour passer des informations supplémentaires au serveur. Ils commencent par un point d'interrogation (?) et sont séparés

par des esperluettes (&). Par exemple, dans `www.example.com/search?q=chat`, "q=chat" est un paramètre de requête qui indique que l'on cherche "chat".

5. **Fragment** (facultatif) : Il commence par un dièse (#) et permet de faire référence à une section spécifique d'une page. Par exemple, dans `www.example.com/page#section1`, "section1" fait référence à une section particulière de la page.

### ### Exemple d'URL

Prenons l'URL suivante : `https://www.example.com/articles/2024/08?category=tech#intro`

- **Protocole** : `https`
- **Nom de domaine** : `www.example.com`
- **Chemin** : `/articles/2024/08`
- **Paramètre de requête** : `category=tech`
- **Fragment** : `#intro`

### ### Résumé

En résumé, une URL est une adresse qui permet d'accéder à des ressources sur Internet. Elle est essentielle pour naviguer sur le web, car elle indique non seulement où se trouve la ressource, mais aussi comment y accéder.

## Exemple 8 : Explication de concepts sociologiques testé le 12 août 2024

**Prompt** : Explique moi le concept de propriété chez Proudhon

**Perplexity** : Pierre-Joseph Proudhon, un penseur influent du XIXe siècle, est surtout connu pour sa célèbre formule « La propriété, c'est le vol », qui résume sa critique radicale de la propriété privée. Dans son ouvrage "Qu'est-ce que la propriété ?" publié en 1840, Proudhon soutient que la propriété privée est antisociale et injuste car elle repose sur l'appropriation du travail collectif par des individus[1][2].

### ### Critique de la Propriété Privée

Proudhon conteste l'idée, avancée par John Locke, selon laquelle le travail individuel justifie la propriété. Il argue que le savoir-faire et le talent d'un individu sont le résultat d'un héritage social, et non seulement d'un effort personnel. Par conséquent, il considère que la propriété privée ignore la dimension collective de la production et de l'innovation, qui sont des fruits d'un effort commun à travers les âges[1].

### ### Évolution de la Pensée de Proudhon

Bien que Proudhon ait commencé par assimiler la propriété au vol, sa pensée a évolué vers une conception plus nuancée, qu'il appelle « propriété-liberté ». Dans son ouvrage "Théorie de la propriété" rédigé en 1862, il propose une vision de la propriété qui est justifiée par son utilité sociale et non par un droit absolu. Cette évolution montre que Proudhon reconnaissait une certaine forme de propriété, à condition qu'elle serve l'intérêt commun et soit soumise à des limitations et contrôles[2][5].

### ### Impact et Héritage

Les critiques de Proudhon ont eu un impact durable sur la perception de la propriété. Bien qu'il n'ait pas réussi à transformer radicalement les structures de propriété de son temps, son travail a contribué à l'idée moderne d'une propriété relative et régulée par des lois pour éviter les abus[2]. Son influence se retrouve dans les débats contemporains sur les droits de propriété et leur rôle social.

Citations:

[1]

<https://www.philomag.com/articles/quest-ce-que-la-proprietee-le-travail-capital-de-proudhon>

[2] <https://journals.openedition.org/crdf/8369>

[3] [https://cras31.info/IMG/pdf/proudhon\\_la\\_proprietef.pdf](https://cras31.info/IMG/pdf/proudhon_la_proprietef.pdf)

[4] <https://www.youtube.com/watch?v=opAQLO7XQiE>

[5] [http://classiques.uqac.ca/classiques/Proudhon/theorie\\_de\\_la\\_proprietee/chapitre\\_1.html](http://classiques.uqac.ca/classiques/Proudhon/theorie_de_la_proprietee/chapitre_1.html)

Exemple 9 : Recherche de faits d'actualités testé le 13 août 2024

Prompt : Quelle a été la production mondiale de lithium en 2023. Donne moi les chiffres exacts puis la répartition par pays en n'oubliant pas tes sources.

Perplexity : En 2023, la production mondiale de lithium a atteint environ 130 000 tonnes[1].

Voici la répartition par pays des principaux producteurs :

1. Australie : 61 000 tonnes (46,3% de la production mondiale)[4]
2. Chili : 31 100 tonnes (23,9% de la production mondiale)[4]
3. Chine : 21 060 tonnes (16,2% de la production mondiale)[4]

4. Argentine : 9 360 tonnes (7,2% de la production mondiale)[4]
5. Brésil : 2 860 tonnes (2,2% de la production mondiale)[4]
6. Zimbabwe : 1 820 tonnes (1,4% de la production mondiale)[4]
7. Portugal : 1 300 tonnes (1% de la production mondiale)[4]
8. États-Unis : 1 300 tonnes (1% de la production mondiale)[4]

Le reste du monde a produit environ 780 tonnes, représentant 0,6% de la production mondiale[4].

Il est important de noter que ces chiffres peuvent varier légèrement selon les sources, mais ils donnent une bonne indication de la répartition de la production mondiale de lithium en 2023. L'Australie reste le leader incontesté, suivie par le Chili et la Chine, ces trois pays représentant à eux seuls plus de 86% de la production mondiale[4].

Citations:

[1] <https://fr.statista.com/statistiques/570560/reserves-mondiales-de-lithium-par-pays/>

[2]

<https://fr.statista.com/statistiques/570559/principaux-pays-producteurs-miniers-de-lithium-dans-le-monde/>

[3]

<https://www.courrierinternational.com/grand-format/infographie-quels-sont-les-principaux-pays-producteurs-de-lithium>

[4]

<https://www.ig.com/fr/strategies-de-trading/top-8-des-producteurs-de-lithium-dans-le-monde-221123>

[5]

<https://ressources-naturelles.canada.ca/nos-ressources-naturelles/mines-materiaux/donnees-statistiques-et-analyses-sur-l'exploitation-miniere/faits-mineraux-metaux/faits-sur-le-lithium/24010>

Prompt : En 2023, quelle a été la demande mondiale de lithium ?

Perplexity : En 2023, la demande mondiale de lithium a continué d'augmenter, bien que les chiffres exacts varient selon les sources. Voici les principales informations concernant la demande de lithium en 2023 :

## Croissance de la demande

La demande mondiale de lithium a poursuivi sa forte croissance en 2023, principalement tirée par le secteur des véhicules électriques. Selon les estimations, la demande aurait augmenté d'environ 25% par rapport à 2022[2].

## Facteurs de croissance

Plusieurs facteurs ont contribué à cette hausse de la demande :

- L'essor continu du marché des véhicules électriques, notamment en Chine
- Le développement des systèmes de stockage d'énergie
- L'utilisation croissante dans l'électronique grand public

## Prévisions à moyen terme

Les analystes s'attendent à ce que la demande continue d'augmenter fortement dans les années à venir :

- Fitch prévoit une croissance annuelle de 20,4% de la demande chinoise en lithium pour les seuls véhicules électriques entre 2023 et 2032[3].

- D'autres estimations tablent sur un déficit de l'offre par rapport à la demande dès 2025, ce qui pourrait atteindre 768 000 tonnes en 2030[3].

## ## Impact sur les prix

Malgré la hausse de la demande, les prix du lithium ont connu une chute importante en 2023, perdant jusqu'à 82% de leur valeur par rapport aux sommets atteints début 2023[4]. Cette baisse s'explique par une augmentation de l'offre plus rapide que prévu et un ralentissement temporaire de la demande en Chine.

En conclusion, bien que la demande mondiale de lithium ait continué de croître en 2023, le marché a connu des ajustements importants, reflétant sa maturation progressive et les défis liés à l'équilibre entre l'offre et la demande.

Citations:

[1]

<https://fr.statista.com/statistiques/570559/principaux-pays-producteurs-miniers-de-lithium-dans-le-monde/>

[2] <https://www.transitionsenergies.com/krach-du-lithium/>

[3]

<https://www.geo.fr/environnement/batteries-le-monde-pourrait-entrer-des-2025-dans-une-penurie-de-lithium-demande-chine-automobile-mines-prix-216656>

[4]

<https://www.usinenouvelle.com/article/apres-la-chute-des-prix-en-2023-le-lithium-entre-t-il-dans-l-age-de-raison.N2205302>

[5]

<https://www.geo.fr/geopolitique/pourquoi-prix-lithium-est-il-en-chute-libre-demande-offre-production-vehicules-electriques-ralentissement-ventes-217697>

Prompt : Donne moi les chiffres exacts. S'ils diffèrent selon les sources, donne moi les chiffres exacts selon chaque source.

Perplexity : En 2023, la demande mondiale de lithium a continué d'augmenter, bien que les chiffres exacts varient selon les sources. Voici les principales informations concernant la demande de lithium en 2023 :

## Croissance de la demande

La demande mondiale de lithium a poursuivi sa forte croissance en 2023, principalement tirée par le secteur des véhicules électriques. Selon les estimations, la demande aurait augmenté d'environ 25% par rapport à 2022[2].

## Facteurs de croissance

Plusieurs facteurs ont contribué à cette hausse de la demande :

- L'essor continu du marché des véhicules électriques, notamment en Chine
- Le développement des systèmes de stockage d'énergie
- L'utilisation croissante dans l'électronique grand public

### ## Prévisions à moyen terme

Les analystes s'attendent à ce que la demande continue d'augmenter fortement dans les années à venir :

- Fitch prévoit une croissance annuelle de 20,4% de la demande chinoise en lithium pour les seuls véhicules électriques entre 2023 et 2032[3].
- D'autres estimations tablent sur un déficit de l'offre par rapport à la demande dès 2025, ce qui pourrait atteindre 768 000 tonnes en 2030[3].

### ## Impact sur les prix

Malgré la hausse de la demande, les prix du lithium ont connu une chute importante en 2023, perdant jusqu'à 82% de leur valeur par rapport aux sommets atteints début 2023[4]. Cette baisse s'explique par une augmentation de l'offre plus rapide que prévu et un ralentissement temporaire de la demande en Chine.

En conclusion, bien que la demande mondiale de lithium ait continué de croître en 2023, le marché a connu des ajustements importants, reflétant sa maturation progressive et les défis liés à l'équilibre entre l'offre et la demande.

Citations:

[1]

<https://fr.statista.com/statistiques/570559/principaux-pays-producteurs-miniers-de-lithium-dans-le-monde/>

[2] <https://www.transitionsenergies.com/krach-du-lithium/>

[3]

<https://www.geo.fr/environnement/batteries-le-monde-pourrait-entrer-des-2025-dans-une-penurie-de-lithium-demande-chine-automobile-mines-prix-216656>

[4]

<https://www.usinenouvelle.com/article/apres-la-chute-des-prix-en-2023-le-lithium-entre-t-il-dans-l-age-de-raison.N2205302>

[5]

<https://www.geo.fr/geopolitique/pourquoi-prix-lithium-est-il-en-chute-libre-demande-offre-production-vehicules-electriques-ralentissement-ventes-217697>

Prompt : Je veux le chiffre de la demande de lithium.

Perplexity : D'après les sources fournies, il n'y a pas de chiffre exact donné pour la demande mondiale de lithium en 2023. Cependant, nous pouvons extraire quelques informations pertinentes :

1. La consommation mondiale de lithium a augmenté de 283% entre 2010 et 2021[3].
2. Selon Rystad Energy, le déficit du marché mondial du lithium devrait passer de 76 000 tonnes de carbonate de lithium en 2022 à environ 20 000 à 30 000 tonnes en 2023[3].

3. Goldman Sachs estime que la demande de carbonate de lithium augmentera de 25% en 2023[3].

Ces chiffres suggèrent une croissance continue de la demande, mais ne fournissent pas de valeur absolue pour 2023. Il est important de noter que la demande précise peut varier selon les sources et les méthodes d'estimation utilisées.

Citations:

[1]

<https://www.courrierinternational.com/article/minerais-deuxieme-producteur-mondial-le-chili-va-nationaliser-son-lithium>

[2]

<https://www.lexpress.fr/monde/sommet-ue-celac-trois-chiffres-pour-comprendre-lenjeu-clef-du-lithium-XRF2DFRNQNDMRF2FD6MIUKNP2U/>

[3] <https://www.transitionsenergies.com/krach-du-lithium/>

[4]

<https://fr.statista.com/statistiques/570559/principaux-pays-producteurs-miniers-de-lithium-dans-le-monde/>

[5]

<https://www.geo.fr/environnement/batteries-le-monde-pourrait-entrer-des-2025-dans-une-penurie-de-lithium-demande-chine-automobile-mines-prix-216656>

#### Exemple 10 : Structuration de l'étude de cas de NVIDIA - testé le 14 août 2024

Prompt : Je dois réaliser une étude de cas sur NVIDIA dans le cadre de mon mémoire de recherche "De la matérialité du digital - de l'importance matérielle de l'économie numérique" dont la problématique est "Comment économie numérique et réalités géopolitiques se

structurent réciproquement autour d'un bouleversement de l'économie mondiale ?". Quel pourrait être le plan de l'étude de cas ? As-tu des questions avant de commencer à répondre

Perplexity : Avant de proposer un plan pour votre étude de cas sur NVIDIA, voici quelques questions importantes à considérer :

1. Sur quelle période souhaitez-vous concentrer votre analyse ? L'histoire complète de NVIDIA ou une période spécifique ?

2. Quel aspect de NVIDIA voulez-vous mettre en avant par rapport à votre problématique ? Son rôle dans l'économie numérique, son impact géopolitique, ou les deux ?

3. Avez-vous des contraintes particulières en termes de longueur ou de structure pour cette étude de cas ?

4. Souhaitez-vous inclure une comparaison avec d'autres acteurs du secteur des semi-conducteurs ?

5. Quel niveau de détail technique voulez-vous aborder concernant les produits de NVIDIA ?

En tenant compte de votre problématique et des informations disponibles, voici une proposition de plan pour votre étude de cas sur NVIDIA :

## I. Introduction : NVIDIA, acteur clé de l'économie numérique

- Présentation de l'entreprise et de son histoire

- Position actuelle sur le marché des semi-conducteurs

## ## II. L'importance matérielle de NVIDIA dans l'économie numérique

- Analyse des produits et technologies clés
- Impact sur les secteurs de l'IA, du cloud computing et des jeux vidéo

## ## III. NVIDIA et les enjeux géopolitiques

- La place de NVIDIA dans la rivalité technologique USA-Chine
- Implications des restrictions d'exportation et des politiques industrielles

## ## IV. Stratégies d'adaptation et perspectives d'avenir

- Réponses de NVIDIA aux défis géopolitiques et économiques
- Projets futurs et positionnement dans l'évolution de l'économie numérique

## ## V. Conclusion : NVIDIA comme illustration des interactions entre économie numérique et réalités géopolitiques

Ce plan permet d'aborder les aspects matériels et stratégiques de NVIDIA tout en les reliant à votre problématique sur les interactions entre économie numérique et géopolitique[1][4].

Citations:

[1] <https://www.etudes-et-analyses.com/marque/nvidia>

[2] <https://www.on24.com/fr/customer-stories/nvidia-boosts-unique-visitor-by-9000/>

[3] <https://www.nvidia.com/fr-fr/design-visualization/customer-stories/video/kpf/>

[4]

<https://www.novethic.fr/economie-et-social/business-model-en-transition/nvidia-microsoft-appele-les-valorisations-astronomiques-des-geants-de-la-tech-un-risque-pour-leconomie>

[5] <https://www.nvidia.com/fr-fr/industries/energy/>

Prompt : Je souhaite parcourir l'histoire complète de NVIDIA mais en me focalisant sur sa valorisation boursière récente, et sa place dans les tensions sur les micro-processeurs. Je souhaite donc mettre en avant son rôle dans l'économie numérique et comment la situation géopolitique a influencé ce rôle, en soulignant le fait que cela serait dû à une intensification de la demande par rapport à l'IA. Je n'ai pas de contrainte de longueur. Les comparaisons peuvent être souhaitable et le niveau de détail technique pourrait être intermédiaire

Perplexity : Voici un plan détaillé pour votre étude de cas sur NVIDIA, en tenant compte de vos souhaits :

## ## I. Les origines et l'évolution de NVIDIA

### ### Fondation et premiers pas

- Création de l'entreprise en 1993
- Focalisation initiale sur les processeurs graphiques (GPU)

### ### Diversification et expansion

- Entrée sur le marché des consoles de jeux
- Développement de technologies pour l'industrie automobile et le cloud computing

## ## II. L'ascension fulgurante de NVIDIA dans l'économie numérique

### ### La révolution de l'intelligence artificielle

- Adaptation des GPU pour l'apprentissage automatique
- Rôle crucial dans le développement de l'IA générative

### ### Explosion de la demande et valorisation boursière

- Franchissement du seuil des 1000 milliards de dollars de capitalisation en 2023[1]
- Dépassement de Microsoft et Apple en 2024, devenant la première capitalisation boursière mondiale[3][5]

### ### Facteurs clés de la croissance

- Domination du marché des GPU pour l'IA
- Pénurie de composants et demande accrue[2]

## ## III. NVIDIA au cœur des tensions géopolitiques

### ### La guerre des puces entre les États-Unis et la Chine

- Restrictions d'exportation imposées par les États-Unis
- Adaptations stratégiques de NVIDIA face à ces contraintes

#### ### Enjeux de souveraineté technologique

- Course à la suprématie dans l'IA et les semi-conducteurs
- Investissements massifs des gouvernements dans ces secteurs

### ## IV. L'écosystème NVIDIA et son impact sur l'économie numérique

#### ### Au-delà du hardware : l'importance du software

- Développement de CUDA et d'autres outils logiciels
- Création de l'écosystème Omniverse pour l'industrie[1]

#### ### Partenariats stratégiques

- Collaboration avec OpenAI et d'autres acteurs majeurs de l'IA[1]
- Alliances avec les fabricants de serveurs et les géants du cloud

### ## V. Défis et perspectives d'avenir pour NVIDIA

#### ### Concurrence croissante

- Efforts d'AMD, Intel et d'autres pour rattraper leur retard

- Émergence de nouveaux acteurs spécialisés dans l'IA

#### ### Innovations technologiques

- Développement de la nouvelle génération de puces Blackwell[3]
- Recherche sur les architectures de calcul quantique

#### ### Enjeux réglementaires et éthiques

- Scrutin accru des autorités antitrust
- Responsabilité dans le développement d'une IA éthique et durable

## VI. Conclusion : NVIDIA comme symbole de l'interdépendance entre économie numérique et géopolitique

- Rôle central dans la transformation numérique mondiale
- Illustration des défis et opportunités de l'ère de l'IA

Ce plan permet d'aborder l'histoire complète de NVIDIA tout en mettant l'accent sur sa récente valorisation boursière et son rôle dans les tensions géopolitiques liées aux semi-conducteurs. Il souligne également comment la demande croissante en IA a propulsé NVIDIA au sommet de l'économie numérique, tout en explorant les implications géopolitiques de cette ascension[1][2][3][5].

Citations:

[1]

<https://www.distributique.com/actualites/lire-comment-la-valorisation-de-nvidia-a-atteint-100-0-milliards-de-dollars-34436.html>

[2]

<https://boursenews.ma/article/marches/Comment-Nvidia-est-devenue-la-premiere-capitalisation-boursiere-mondiale>

[3]

<https://www.clubic.com/actualite-530160-nvidia-nouveau-champion-de-la-capitalisation-boursiere-devant-microsoft-et-apple.html>

[4] <https://www.etudes-et-analyses.com/marque/nvidia>

[5]

<https://www.lesechos.fr/tech-medias/intelligence-artificielle/nvidia-devient-la-premiere-capitalisation-boursiere-mondiale-2102323>

Prompt : Est-ce que tu pourrais réaliser cette étude de cas sur la base de ton plan

Perplexity : Bien sûr, je vais réaliser cette étude de cas sur NVIDIA en suivant le plan proposé. Veuillez noter que cette étude de cas sera une version condensée, car une analyse exhaustive nécessiterait un document beaucoup plus long.

## I. Les origines et l'évolution de NVIDIA

### Fondation et premiers pas

NVIDIA a été fondée en 1993 par Jensen Huang, Chris Malachowsky et Curtis Priem. L'entreprise s'est initialement concentrée sur le développement de processeurs graphiques (GPU), visant à améliorer les performances graphiques des ordinateurs personnels. En 1999, NVIDIA a lancé la série GeForce 256, considérée comme le premier GPU au monde, marquant ainsi le début de sa domination dans le domaine des cartes graphiques.

### ### Diversification et expansion

Au fil des années, NVIDIA a élargi son champ d'action au-delà du marché des PC. En 2001, l'entreprise a fait son entrée sur le marché des consoles de jeux en fournissant le processeur graphique de la Xbox originale de Microsoft. Plus tard, NVIDIA s'est diversifiée dans l'industrie automobile avec sa plateforme DRIVE pour les véhicules autonomes, et dans le cloud computing avec ses solutions de calcul haute performance.

## ## II. L'ascension fulgurante de NVIDIA dans l'économie numérique

### ### La révolution de l'intelligence artificielle

Le tournant majeur pour NVIDIA est survenu avec l'essor de l'intelligence artificielle. L'entreprise a réalisé que ses GPU, initialement conçus pour le rendu graphique, étaient particulièrement adaptés aux calculs parallèles massifs nécessaires à l'apprentissage automatique. En 2006, NVIDIA a lancé CUDA, une plateforme de calcul parallèle qui a permis aux développeurs d'utiliser les GPU pour des applications non graphiques, y compris l'IA.

Cette adaptation s'est avérée cruciale avec l'émergence de l'IA générative. Les modèles de langage à grande échelle comme GPT-3 et GPT-4 d'OpenAI, ainsi que d'autres applications d'IA générative, reposent fortement sur les GPU de NVIDIA pour leur entraînement et leur inférence.

### ### Explosion de la demande et valorisation boursière

La demande croissante en puissance de calcul pour l'IA a propulsé NVIDIA vers des sommets financiers inédits. En 2023, la capitalisation boursière de l'entreprise a dépassé les 1000 milliards de dollars, la plaçant dans un club très select aux côtés d'Apple, Microsoft, Alphabet et Amazon. En 2024, NVIDIA a même brièvement dépassé Microsoft et Apple, devenant la première capitalisation boursière mondiale, un témoignage de l'importance cruciale de l'IA dans l'économie numérique actuelle.

#### ### Facteurs clés de la croissance

La domination de NVIDIA sur le marché des GPU pour l'IA est un facteur clé de sa croissance. Ses cartes graphiques, en particulier la série A100 et H100, sont devenues la norme de facto pour l'entraînement et l'inférence des modèles d'IA. De plus, la pénurie mondiale de semi-conducteurs a exacerbé la demande pour les produits NVIDIA, poussant encore davantage sa valorisation.

### ## III. NVIDIA au cœur des tensions géopolitiques

#### ### La guerre des puces entre les États-Unis et la Chine

NVIDIA s'est retrouvée au centre des tensions géopolitiques entre les États-Unis et la Chine. En 2022, le gouvernement américain a imposé des restrictions sur l'exportation de certaines puces avancées vers la Chine, affectant directement les ventes de NVIDIA. L'entreprise a dû s'adapter en développant des versions modifiées de ses puces pour le marché chinois, tout en cherchant à compenser les pertes potentielles sur d'autres marchés.

### ### Enjeux de souveraineté technologique

Cette situation a mis en lumière les enjeux de souveraineté technologique. Les États-Unis cherchent à maintenir leur avance dans les domaines critiques comme l'IA et les semi-conducteurs, tandis que la Chine vise à développer sa propre industrie de puces. Ces tensions ont conduit à des investissements massifs des gouvernements dans ces secteurs, comme le CHIPS Act aux États-Unis, renforçant indirectement la position de NVIDIA comme acteur clé de cette course technologique.

## ## IV. L'écosystème NVIDIA et son impact sur l'économie numérique

### ### Au-delà du hardware : l'importance du software

NVIDIA a compris très tôt l'importance du logiciel pour compléter son offre matérielle. CUDA, mentionné précédemment, a joué un rôle crucial dans l'adoption des GPU pour le calcul général. Plus récemment, NVIDIA a lancé Omniverse, une plateforme de collaboration et de simulation 3D en temps réel, visant à devenir le "métavers pour l'ingénierie".

### ### Partenariats stratégiques

NVIDIA a noué des partenariats stratégiques avec des acteurs majeurs de l'IA et du cloud computing. Sa collaboration avec OpenAI, par exemple, a été déterminante dans le développement de modèles d'IA générative. L'entreprise travaille également étroitement avec les principaux fournisseurs de cloud comme Amazon Web Services, Microsoft Azure et Google Cloud, renforçant sa position dans l'infrastructure de l'IA.

## ## V. Défis et perspectives d'avenir pour NVIDIA

### ### Concurrence croissante

Malgré sa position dominante, NVIDIA fait face à une concurrence accrue. AMD et Intel intensifient leurs efforts dans le domaine des GPU pour l'IA, tandis que des start-ups comme Graphcore et Cerebras Systems développent des puces spécialisées pour l'IA. De plus, les géants technologiques comme Google et Amazon développent leurs propres puces d'IA pour réduire leur dépendance à NVIDIA.

### ### Innovations technologiques

Pour maintenir son avance, NVIDIA continue d'innover. La société a annoncé sa nouvelle génération de puces Blackwell, promettant des performances encore supérieures pour l'IA. NVIDIA explore également les technologies émergentes comme le calcul quantique, cherchant à se positionner sur les futures frontières de l'informatique.

### ### Enjeux réglementaires et éthiques

La position dominante de NVIDIA attire l'attention des régulateurs antitrust. L'entreprise devra naviguer avec précaution pour éviter les accusations de monopole. De plus, en tant qu'acteur majeur de l'IA, NVIDIA a une responsabilité dans le développement d'une IA éthique et durable, un défi qui gagnera en importance dans les années à venir.

## ## VI. Conclusion : NVIDIA comme symbole de l'interdépendance entre économie numérique et géopolitique

L'histoire de NVIDIA illustre parfaitement l'interdépendance croissante entre l'économie numérique et les réalités géopolitiques. D'une start-up spécialisée dans les cartes graphiques, NVIDIA est devenue un acteur central de la transformation numérique mondiale, au cœur des enjeux de l'IA et de la souveraineté technologique.

Son ascension fulgurante témoigne de l'importance critique de l'IA dans l'économie moderne, tandis que les défis auxquels elle fait face - des restrictions commerciales aux préoccupations éthiques - reflètent les complexités géopolitiques de notre ère numérique.

À l'avenir, le succès continu de NVIDIA dépendra de sa capacité à naviguer dans ce paysage complexe, en équilibrant innovation technologique, responsabilité éthique et adaptation aux réalités géopolitiques changeantes. Son parcours continuera sans doute d'être un baromètre des interactions entre technologie, économie et politique à l'échelle mondiale.

Prompt : Quelles sources d'information sont les plus fiables pour réaliser cette étude de cas

Perplexity : Pour réaliser une étude de cas fiable et approfondie sur NVIDIA, je recommande de s'appuyer sur les sources d'information suivantes :

1. Rapports financiers officiels de NVIDIA : Les rapports annuels (10-K) et trimestriels (10-Q) déposés auprès de la SEC fournissent des données financières détaillées et des informations sur la stratégie de l'entreprise[5].

2. Site web officiel de NVIDIA : Il contient des communiqués de presse, des études de cas clients et des informations sur les produits et technologies de l'entreprise[3][4].

3. Analyses d'institutions financières réputées : Des banques d'investissement comme Goldman Sachs ou Morgan Stanley publient régulièrement des rapports détaillés sur NVIDIA.

4. Publications spécialisées dans la technologie : Des sites comme AnandTech, Tom's Hardware ou Ars Technica offrent des analyses approfondies des produits et de la stratégie de NVIDIA.

5. Bases de données économiques : Bloomberg, Reuters ou S&P Capital IQ fournissent des données financières et des analyses sectorielles fiables.

6. Rapports d'analystes de l'industrie : Gartner, IDC ou Forrester publient des études de marché sur l'industrie des semi-conducteurs et de l'IA.

7. Articles académiques : Des revues comme IEEE Spectrum ou Nature peuvent contenir des analyses techniques pertinentes.

8. Conférences d'investisseurs et présentations de la direction : Elles offrent des informations directes sur la stratégie et les perspectives de NVIDIA.

9. Brevets déposés par NVIDIA : Ils donnent un aperçu des innovations technologiques de l'entreprise.

10. Témoignages de clients et partenaires : Disponibles sur le site de NVIDIA ou dans la presse spécialisée, ils illustrent l'impact réel des produits de l'entreprise[5].

En combinant ces sources, vous obtiendrez une vue d'ensemble équilibrée et fiable pour votre étude de cas sur NVIDIA.

Citations:

[1] <https://www.etudes-et-analyses.com/marque/nvidia>

[2] <https://www.on24.com/fr/customer-stories/nvidia-boosts-unique-visitors-by-9000/>

[3] <https://www.nvidia.com/fr-fr/networking/ethernet-switching/case-studies/>

[4] <https://www.nvidia.com/fr-fr/design-visualization/customer-stories/video/kpf/>

[5]

<https://www.home.saxo/fr-be/content/articles/equities/nvidia-can-it-fend-off-the-barbarians-at-the-gate-22052024>

Prompt : Pourquoi tu ne peux pas faire un document plus long ?

Perplexity : Je comprends votre intérêt pour un document plus long et détaillé. Cependant, en tant qu'assistant AI, je suis conçu pour fournir des réponses concises et informatives dans un format de dialogue. Voici quelques raisons pour lesquelles je ne peux pas produire un document très long en une seule fois :

1. **\*\*Format de réponse\*\*** : Mon format est optimisé pour des réponses brèves et ciblées, ce qui permet une interaction dynamique et immédiate.

2. **\*\*Clarté et lisibilité\*\*** : Des réponses plus courtes facilitent la compréhension et la rétention d'informations. Un document très long pourrait devenir difficile à suivre.

3. **Interactivité** : Je suis ici pour répondre à vos questions et m'adapter à vos besoins. Si vous avez besoin de détails supplémentaires sur un point spécifique, je peux approfondir chaque section ou fournir des informations supplémentaires à la demande.

4. **Limites techniques** : Il existe des contraintes sur la longueur des réponses que je peux fournir en une seule fois, ce qui m'encourage à être concis.

Cela dit, si vous souhaitez approfondir certaines sections de l'étude de cas ou explorer des thèmes spécifiques en détail, je serais ravi de le faire. N'hésitez pas à me dire quelles parties vous aimeriez développer davantage !

Prompt : Reprends le plan que tu as réalisé et pour chaque partie, sous-partie, argument met en lien une source. Fais le pour la partie 1 sur les origines et les évolutions de NVIDIA, n'hésite pas à rédiger autant que tu peux en détaillant bien et surtout en fournissant des informations chiffrées, viables, vérifiables et non créées.

Perplexity : D'accord, je vais reprendre la partie I sur les origines et l'évolution de NVIDIA, en détaillant chaque sous-partie avec des informations chiffrées et vérifiables, en liant chaque élément à une source spécifique.

### ## I. Les origines et l'évolution de NVIDIA

#### ### Fondation et premiers pas

NVIDIA a été fondée le 5 avril 1993 par Jensen Huang, Chris Malachowsky et Curtis Priem[4]. Les fondateurs avaient anticipé que le PC allait devenir un produit incontournable pour les consommateurs, avec des graphismes de plus en plus sophistiqués[4].

En 1995, NVIDIA lance sa première puce graphique, la NV1, fabriquée par SGS-THOMSON Microelectronics sous le nom STG-2000[3]. Cette puce, cadencée à 75 MHz, était intégrée dans des cartes comme la célèbre Diamond Edge 3D, qui combinait une carte 2D, un accélérateur 3D et un contrôleur de jeu[3].

### ### Diversification et expansion

1999 marque un tournant pour NVIDIA avec le lancement de la GeForce 256, considérée comme le premier GPU (Graphics Processing Unit) au monde[1]. Cette carte était capable de traiter 10 millions de polygones par seconde et disposait de 32 Mo de mémoire DDR[1].

En 2000, NVIDIA sort la GeForce 2 GTS, une évolution significative avec son GPU NV15 gravé en 180 nm[3]. Cette carte doublait le nombre d'unités de texturing par rapport à son prédécesseur, passant de une à deux par pipeline de rendu, permettant d'appliquer huit textures en une seule passe[3].

L'expansion de NVIDIA se poursuit en 2001 avec l'acquisition de son concurrent 3dfx, alors en faillite[1]. Cette acquisition renforce la position de NVIDIA sur le marché des cartes graphiques.

En 2004, NVIDIA introduit le Scalable Link Interface (SLI), une technologie permettant de faire travailler en parallèle deux cartes graphiques pour doubler le débit d'affichage[1].

### ### Défis et adaptations

La période 2002-2003 s'avère difficile pour NVIDIA. Le lancement tardif de la GeForce FX (NV30) en 2003 ne répond pas aux attentes des consommateurs, tandis qu'ATI gagne du terrain avec ses cartes Radeon 9500 et 9700[1]. NVIDIA tente de corriger le tir avec les GeForce FX 5900 et 5700, mais cette génération NV3x est généralement considérée comme un échec technique et commercial[1].

Malgré ces difficultés, NVIDIA parvient à se redresser. En 2005, l'entreprise réalise un chiffre d'affaires de 2,079 milliards de dollars et se classe parmi les cinq premiers fabricants de puces dites "fabless" (sans usine de fabrication)[1].

#### ### Innovations continues

NVIDIA continue d'innover dans les années suivantes. En 2006, l'entreprise lance CUDA, une plateforme de calcul parallèle qui permet aux développeurs d'utiliser les GPU pour des applications non graphiques, y compris l'IA[2].

La période 2008-2010 est marquée par une relative stagnation technologique, avec les séries GeForce 100, 200 et 300 qui sont essentiellement des renommages ou des adaptations mineures de puces existantes[3]. Cependant, cette période permet à NVIDIA de développer sa gamme de produits d'entrée de gamme en 40 nm et compatible DirectX 10.1[3].

Ces informations montrent comment NVIDIA est passée d'une start-up ambitieuse à un acteur majeur de l'industrie des semi-conducteurs, en surmontant des défis techniques et concurrentiels tout en continuant à innover.

Citations:

[1] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Nvidia>

[2]

[https://www.frandroid.com/guide-dachat/guides-dachat-hardware/1919367\\_cartes-graphiques-nvidia-tout-comprendre-a-la-gamme-des-gpu](https://www.frandroid.com/guide-dachat/guides-dachat-hardware/1919367_cartes-graphiques-nvidia-tout-comprendre-a-la-gamme-des-gpu)

[3] <https://www.tomshardware.fr/diapo-lhistoire-des-cartes-graphiques-nvidia-en-images/>

[4] <https://www.nvidia.com/fr-fr/about-nvidia/corporate-timeline/>

[5] <https://www.etudes-et-analyses.com/marque/nvidia>

### Exemple 11 : Approfondissement des produits de NVIDIA

Prompt : Explique moi ce qu'est la plateforme CUDA de NVIDIA

Perplexity : CUDA (Compute Unified Device Architecture) est une plateforme de calcul parallèle et un modèle de programmation développé par NVIDIA pour exploiter la puissance de calcul des GPU (Graphics Processing Units).

## Caractéristiques principales

- **Calcul parallèle** : CUDA permet d'effectuer des calculs généraux sur les GPU, exploitant leur architecture massivement parallèle pour accélérer considérablement certaines tâches de calcul.

- **Langage de programmation** : CUDA fournit des extensions aux langages C, C++ et Fortran, permettant aux développeurs de créer des programmes qui s'exécutent sur les GPU NVIDIA.

- **Bibliothèques optimisées** : La plateforme inclut un ensemble de bibliothèques optimisées pour diverses tâches de calcul intensif.

## ## Composants clés

1. **Compilateur NVCC** : Un compilateur spécialisé qui traduit le code CUDA en code exécutable par le GPU.

2. **Runtime API** : Une interface de programmation qui permet de gérer les ressources GPU et d'exécuter des kernels (fonctions s'exécutant sur le GPU).

3. **CUDA-X** : Un ensemble de bibliothèques et d'outils accélérés par GPU pour divers domaines d'application, notamment :

- CUDA-X AI pour l'intelligence artificielle
- CUDA-X HPC pour le calcul haute performance
- CUDA-X Data Processing pour le traitement de données

## ## Applications

CUDA est largement utilisé dans de nombreux domaines, tels que :

- **Intelligence artificielle et apprentissage profond**
- **Calcul scientifique et simulations**

- **Traitement d'images et de vidéos**
- **Finance et analyse de données**

### ## Avantages

- **Performance** : CUDA peut offrir des accélérations significatives par rapport au calcul sur CPU pour certaines tâches.
- **Flexibilité** : Les développeurs peuvent créer des applications personnalisées exploitant la puissance des GPU.
- **Écosystème riche** : CUDA bénéficie d'un large écosystème de bibliothèques, d'outils et de ressources de développement.

En résumé, CUDA est une plateforme puissante qui permet aux développeurs d'exploiter la capacité de calcul parallèle des GPU NVIDIA pour accélérer une large gamme d'applications de calcul intensif.

Citations:

[1] <https://docs.alliancecan.ca/wiki/CUDA/fr>

[2]

<https://www.actuia.com/actualite/quest-ce-que-nvidia-ai-enterprise-la-plateforme-de-microservices-introduite-lors-de-la-gtc-2024/>

[3] <https://www.nvidia.com/fr-fr/technologies/cuda-x/>

[4]

<https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-nvidia-promeut-le-calcul-quantique-avec-cuda-q-et-hopper-93725.html>

[5] <https://www.nvidia.com/fr-fr/deep-learning-ai/solutions/machine-learning/>

Prompt : Comment ça marche

Perplexity : CUDA (Compute Unified Device Architecture) est une plateforme de calcul parallèle développée par NVIDIA qui permet d'exploiter la puissance des GPU pour effectuer des calculs généraux. Voici comment elle fonctionne :

### ## Architecture

- CUDA utilise l'architecture massivement parallèle des GPU, composée de nombreux cœurs de calcul.
- Les tâches sont divisées en de nombreux threads qui s'exécutent simultanément sur ces cœurs.

### ## Modèle de programmation

- CUDA étend les langages C, C++ et Fortran avec des extensions spécifiques.
- Les développeurs écrivent des "kernels", qui sont des fonctions s'exécutant sur le GPU.
- Ces kernels sont lancés depuis le CPU et exécutés en parallèle sur le GPU.

### ## Compilation et exécution

1. Le code est écrit avec les extensions CUDA (fichiers .cu).
2. Le compilateur NVCC traduit ce code en instructions pour le GPU.

3. À l'exécution, les données sont transférées du CPU vers la mémoire du GPU.

4. Les kernels sont exécutés sur le GPU.

5. Les résultats sont renvoyés au CPU.

### ## Optimisations

- CUDA inclut des bibliothèques optimisées (CUDA-X) pour diverses tâches comme l'IA, le traitement d'images, etc.

- Les développeurs peuvent exploiter la mémoire partagée rapide du GPU et optimiser les accès mémoire pour de meilleures performances.

### ## Écosystème

- CUDA comprend des outils de développement, de débogage et de profilage.

- Il existe un large écosystème de bibliothèques et frameworks compatibles CUDA.

En résumé, CUDA permet aux développeurs d'exploiter efficacement la puissance de calcul parallèle des GPU NVIDIA pour accélérer considérablement certaines tâches de calcul intensif.

Citations:

[1]

[https://www.decideo.fr/NVIDIA-ouvre-la-plateforme-CUDA-par-une-mise-a-jour-du-code-source-du-compileur\\_a4754.html](https://www.decideo.fr/NVIDIA-ouvre-la-plateforme-CUDA-par-une-mise-a-jour-du-code-source-du-compileur_a4754.html)

[2]

<https://www.actuia.com/actualite/quest-ce-que-nvidia-ai-entreprise-la-plateforme-de-microservices-introduite-lors-de-la-gtc-2024/>

[3] <https://www.nvidia.com/fr-fr/deep-learning-ai/solutions/machine-learning/>

[4]

<https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-la-fondation-uxl-peaufine-une-alternative-au-cuda-de-nvidia-93337.html>

[5] <https://docs.alliancecan.ca/wiki/CUDA/fr>

Prompt : Il faut que tu m'expliques comme si j'étais un néophyte

Perplexity : Bien sûr, je vais vous expliquer CUDA comme si vous étiez un néophyte. Imaginons que nous parlons de cuisine pour rendre cela plus accessible.

## CUDA expliqué simplement

Imaginez que CUDA est comme une cuisine spéciale conçue par NVIDIA (une entreprise qui fabrique des composants d'ordinateur).

### La cuisine traditionnelle (CPU)

- Dans une cuisine normale (CPU), vous avez un chef (processeur) qui fait tout le travail.
- Ce chef peut faire une tâche à la fois, très rapidement.

### La cuisine CUDA (GPU)

- La cuisine CUDA est différente. Au lieu d'un seul chef, vous avez des centaines de petits assistants.

- Chaque assistant peut faire une tâche simple, mais ils peuvent tous travailler en même temps.

### Comment ça fonctionne ?

1. **\*\*Préparation de la recette\*\*** : Vous écrivez une recette spéciale (le programme CUDA) qui explique comment diviser le travail entre tous les assistants.

2. **\*\*Mise en place\*\*** : Vous préparez tous les ingrédients (les données) et les placez dans la cuisine CUDA.

3. **\*\*Cuisine parallèle\*\*** : Tous les assistants commencent à travailler en même temps, chacun sur une petite partie de la recette.

4. **\*\*Assemblage\*\*** : Une fois que tous les assistants ont fini, on rassemble leur travail pour obtenir le plat final (le résultat du calcul).

### Pourquoi c'est utile ?

- Pour certaines tâches, comme préparer une énorme salade (traiter beaucoup d'images), avoir beaucoup d'assistants travaillant en même temps est beaucoup plus rapide qu'un seul chef.

### ### Limitations

- Cette cuisine spéciale ne fonctionne que pour certains types de recettes (certains types de calculs).
- Il faut apprendre à écrire des recettes spéciales pour cette cuisine (programmer en CUDA).

En résumé, CUDA est comme une cuisine magique qui permet de faire certaines tâches très rapidement en les divisant entre de nombreux petits assistants qui travaillent tous en même temps.

#### Exemple 12 : Synthétiser le devoir - testé le 18 août 2024

Prompt : Synthétise moi ce document en soulevant les points importants

Perplexity : Ce document présente une analyse approfondie de l'économie numérique et de ses implications matérielles. Voici les points importants à retenir :

### ## Infrastructure de l'économie numérique

#### **\*\*Câbles sous-marins et connectivité\*\***

- 552 câbles sous-marins transportent 99% du trafic internet intercontinental.
- Une panne de câbles sous-marins en 2024 a affecté 13 pays africains, soulignant leur importance critique.

#### **\*\*Centres de données\*\***

- 7568 centres de données dans le monde en août 2024.

- Essentiels pour le stockage et le traitement des données.

### **\*\*Logiciels et données\*\***

- La couche logicielle est cruciale pour le fonctionnement des appareils connectés.

- Une panne logicielle en juillet 2024 a affecté 8,5 millions de systèmes Windows, impactant divers secteurs économiques.

### **## Matériel informatique (Hardware)**

#### **\*\*Composants clés\*\***

- Périphériques d'entrée et de sortie

- Processeurs (CPU et GPU)

- Mémoire et stockage

#### **\*\*Matériaux essentiels\*\***

- Silicium pour les semi-conducteurs

- Métaux : cuivre, aluminium, or, argent, platine, palladium, acier

- Lithium, nickel, cobalt, manganèse pour les batteries

### **## Enjeux et défis**

#### **\*\*Pénurie de composants électroniques\*\***

- Crise des semi-conducteurs depuis 2020
- Causes : ruptures d'approvisionnement, crises climatiques, géopolitiques et sanitaires

### **\*\*Impacts économiques et géopolitiques\*\***

- Affecte diverses industries (automobile, jeux vidéo, etc.)
- Pousse les gouvernements à revoir leurs politiques industrielles

### **## Conclusion**

Le document souligne l'importance cruciale de l'infrastructure matérielle dans l'économie numérique, mettant en évidence les interdépendances complexes entre les différentes couches technologiques et les défis liés à la production et à l'approvisionnement en composants essentiels.

Citations:

[1]

<https://ppl-ai-file-upload.s3.amazonaws.com/web/direct-files/28326778/118982be-7a26-4c41-b1b8-e9a14282af81/Memoire-Brouillon-1.pdf>

Prompt : Présente moi une synthèse partie par partie

Perplexity :Le document analyse l'importance matérielle de l'économie numérique à travers plusieurs sections clés. Voici une synthèse partie par partie :

### **## Introduction**

L'introduction illustre l'importance des infrastructures numériques, notamment les câbles sous-marins, en évoquant un incident en 2024 où des câbles ont été endommagés, affectant la connectivité de 13 pays africains. Cela met en lumière la dépendance des pays à ces infrastructures pour le transport de données essentielles.

### ## 1. L'évolution historique de l'économie numérique

Cette section retrace l'histoire de l'économie numérique, débutant avec les cartes perforées de Herman Hollerith dans les années 1920. Elle souligne le rôle d'IBM dans l'industrialisation de l'informatique après la Seconde Guerre mondiale, notamment via des machines à enregistrer et des ordinateurs, établissant un monopole grâce à des stratégies de verrouillage propriétaire.

### ## 2. Capitalisme de surveillance et économie numérique

Ici, le document aborde le rôle central des données dans le capitalisme numérique, en mettant en avant comment les données sont devenues des ressources clés dans les stratégies économiques modernes. Cela inclut une analyse des implications éthiques et politiques de la collecte et de l'utilisation des données.

### ## 3. L'économie numérique et le capitalisme industriel

Cette partie examine comment l'économie numérique est influencée par les logiques du capitalisme industriel, en se concentrant sur des études de cas, notamment celle de NVIDIA. L'analyse se concentre sur l'ascension de cette entreprise dans le secteur numérique et son impact sur l'industrie, en particulier à travers l'IA et la crypto-monnaie.

### ## Chapitre 1 - Le capitalisme numérique : extractivisme sous marche forcée

Le chapitre explore les enjeux géostratégiques liés à l'extractivisme des ressources nécessaires à la production numérique. Il met en avant le rôle des firmes transnationales et les tensions entre les États pour sécuriser ces ressources.

## ## Chapitre 2 - Les infrastructures numériques

Cette section discute des infrastructures essentielles à l'économie numérique, comme les centres de données et les réseaux de transport de données. Elle souligne la nécessité d'un contrôle étatique et l'importance de la sécurité des données dans un contexte de forte dépendance technologique.

## ## Chapitre 3 - Reconfigurations et tensions énergétiques mondiales

Le dernier chapitre aborde les besoins énergétiques croissants de l'économie numérique et les défis associés à la transition énergétique. Il explore les politiques énergétiques mondiales et la possibilité d'un capitalisme numérique durable.

## ## Conclusion

La conclusion récapitule les dépendances critiques de l'économie numérique vis-à-vis des infrastructures matérielles et des ressources. Elle souligne que les incidents technologiques révèlent la fragilité de cette économie interconnectée et la nécessité d'une approche réfléchie pour naviguer dans les défis futurs.

## ## Dossier méthodologique

Le document se termine par un dossier méthodologique qui examine l'utilité des intelligences artificielles et la manière dont elles doivent être perçues comme des outils, plutôt que comme des fins en soi.

Citations:

[1]

<https://ppl-ai-file-upload.s3.amazonaws.com/web/direct-files/28326778/118982be-7a26-4c41-b1b8-e9a14282af81/Memoire-Brouillon-1.pdf>