

**Louvain School of Management**

# **Risques et Fragilités**

**Évoluer dans un monde incertain**

**Remiche Charles-Hubert**

Promoteur : Professeur Éric Cornuel

Année académique 2021-2022

Travail de fin d'études (TFE) en vue d'obtenir le titre de  
Master (60) en Sciences de Gestion

Horaire décalé

# Résumé

Ce travail traite de l'enjeu des risques et des fragilités auxquels nous sommes confrontés. Après avoir présenté le fil rouge de notre propos, la pénurie des semi-conducteurs, qui nous permet d'examiner la situation actuelle du marché ainsi que les politiques industrielles européenne et chinoise, nous entamons la présentation du cœur de notre ouvrage : les fragilités.

Tout d'abord en les définissant afin de discerner le cadre théorique de notre analyse et d'exposer deux failles majeures liées aux organisations, la première liée à la structure même de celle-ci et l'autre liée à la doctrine interventionniste. Nous élaborerons ensuite une critique de la prospective en présentant les raisons pour lesquelles nous jugeons l'exercice délicat dans le contexte actuel. Outre les failles liées aux organisations et à notre méthode d'anticipation des risques, nous clôturerons cette analyse en nous penchant sur les limites biologiques de notre propre cerveau.

Dans la troisième partie de cet ouvrage, nous proposons de dépasser ces fragilités et d'aborder une nouvelle approche de l'analyse de risques. Ce modèle repose sur la robustesse des organisations en limitant les fragilités identifiées plutôt qu'en nous focalisant uniquement sur les risques. Ce nouveau paradigme est applicable aux organisations, quelque soit leur nature ou leur taille, et permet de réduire les conséquences inhérentes à la volatilité, à l'incertitude et au hasard. Cette partie sera également l'occasion de proposer une méthode originale de la gestion des risques, fondée sur robustesse dès l'étape de la conception et durant le fonctionnement de l'organisation.

L'objectif de ce travail est principalement de rappeler aux lecteurs ô combien il peut sembler illusoire d'anticiper l'avenir et ce qu'il convient de mettre en place en vue de limiter les conséquences, parfois systémiques, des événements rares. Une démarche fondée sur l'analyse d'une situation industrielle couplée à une réflexion sur la manière de prendre des décisions dans un contexte incertain.

# Avant-propos

L'enjeu des risques est essentiel dans nos sociétés. Comme le lecteur le constatera dans les pages qui suivent, les incertitudes ne cessent de croître dans un environnement de plus en plus complexe. Face à ce constat, la tentation de rester en retrait est grande mais nous préférons au contraire proposer un moyen d'affronter ces conséquences du hasard et de la volatilité.

Dans le domaine juridique, la prise en considération des conséquences – et leur contractualisation – font parties intégrantes de la fonction. Cette discipline est stimulante dans la mesure où elle nous amène à anticiper ce qui va se produire et à quel niveau d'intensité. Néanmoins, si nous prenons la peine d'y réfléchir un instant, l'humilité nous commande de minimiser notre capacité à prévoir l'avenir et à admettre notre profonde incapacité à anticiper les événements rares aux conséquences significatives.

Sous l'effet de la mondialisation des échanges, de la faculté à nous mouvoir aisément autour du globe ou encore grâce aux technologies rendant les communications instantanées, notre monde devient de plus en plus complexe. Les interconnexions se multiplient et isoler des facteurs explicatifs des événements relève de l'approximation. Il convient par conséquent d'aborder les choses avec un regard neuf et critique.

Il existe probablement une infinité de manières d'aborder les enjeux liés aux risques. Nous avons choisi une approche davantage politique, fondée sur la prise de décisions. Celle-ci nous semble essentielle car les dangers auxquels notre monde est actuellement confronté impliquent la nécessité de réagir et de décider rapidement.

Avant d'entamer le travail à proprement parler, je tiens à remercier également chaleureusement ma famille, soutien indéfectible et fondamental dans ce que j'entreprends, notamment mon épouse, Gaëlle, qui par ses silences entrecoupés d'interventions opportunes inspirent la sagesse, mais également nos enfants, Edgard et Maxine, dont les rêves et aspirations futurs doivent nous pousser à continuer le combat et à nous remettre constamment en question. Je remercie également le lecteur pour l'attention qu'il portera aux lignes qui suivent, en espérant qu'il y puise des éléments susceptibles d'aiguiser sa propre réflexion en dépit des éventuelles désaccords.

# Table des matières

Introduction Générale .....	1
Première partie Les semi-conducteurs .....	4
Chapitre I <sup>er</sup> Que sont les semi-conducteurs ? .....	4
Section I <sup>ère</sup> Présentation des semi-conducteurs .....	4
Section II Enjeux économiques des semi-conducteurs .....	7
Chapitre II La pénurie de semi-conducteurs .....	8
Section I <sup>ère</sup> Disponibilité et utilisation du silicium .....	9
Section II Tensions sur le marché des semi-conducteurs – secteur de l’automobile .....	11
Section III La réponse de l’Union européenne .....	12
Section IV Enjeux industriels – Focus sur la Chine .....	13
Section V Réflexions sur la politique industrielle européenne .....	14
Deuxième partie Les Fragilités .....	15
Chapitre I <sup>er</sup> La notion de fragilité .....	15
Section I <sup>ère</sup> Définition traditionnelle de la fragilité .....	15
Section II Ce que nous entendons par fragilité .....	16
Chapitre II Fragilité des organisations .....	20
Section I <sup>ère</sup> Fragilités structurelles des organisations .....	20
Section II Conséquences négatives de l’interventionnisme .....	22
Chapitre III Prospective et anticipation .....	23
Section I <sup>ère</sup> Limites de la prospective .....	23
Section II La théorie du cygne noir .....	23
Section III Ce qu’on voit et ce qu’on ne voit pas .....	25
Chapitre IV Fragilité biologique .....	27
Section I <sup>ère</sup> Présentation du problème .....	27
Section II Répercussions .....	28
Section III Solutions .....	29
Troisième partie Dépasser la fragilité .....	30
Chapitre I <sup>er</sup> Devenir robuste et pourquoi pas antifrangible ? .....	30
Section I <sup>ère</sup> Distinguer robustesse et antifrabilité .....	30
Section II Ce qui ne nous tue pas nous rend plus fort .....	31
Chapitre II Changer de paradigme .....	32
Section I <sup>ère</sup> La <i>via negativa</i> .....	32
Section II Conserver des options .....	33
Section III Robustesse dans la conception et le fonctionnement .....	34
Conclusion .....	37
Bibliographie .....	39

# Introduction Générale

*“The problem with experts is that they do not know what they do not know.”*

**Nassim Nicholas Taleb**

*The Black Swan*

*“The nine most terrifying words in the English language are: I’m from the government and I’m here to help”*

**Ronald W. Reagan**

\*\*\*

Au commencement, l’homme s’efforçait de répondre à ses besoins les plus primaires et était encore loin de s’interroger quant à ses fragilités et aux moyens à mettre en œuvre en vue de les limiter. Pourtant celles-ci étaient nombreuses et nous pouvons sans peine imaginer l’extrême fragilité de ces premiers hommes face à un virus, un prédateur ou encore face à un événement climato-météorologique majeur. Au fur et à mesure des siècles, l’évolution a fait son œuvre et l’homme s’est perfectionné, il a développé des instruments lui permettant d’interagir avec son environnement, mis au point des procédés lui permettant d’accroître sa durée et sa qualité de vie, institué un ordonnancement des choses et des êtres grâce à des règles juridiques et a même trouvé le temps de développer une réflexion à part entière sur ses propres réalisations et sa place dans l’univers. Chaque décennie, chaque réalisation, chaque découverte est l’occasion de démontrer l’incroyable génie humain qui traverse les âges et les civilisations. Néanmoins, en dépit des progrès indéniables accomplis, l’homme est toujours confronté aux fragilités. Songeons aux dégâts colossaux engendrés par une pandémie sur l’économie et les soins de santé. Relevons également le stress sur l’approvisionnement céréalier ou énergétique occasionné par un conflit se déroulant à quelques centaines de kilomètres de nos frontières. Il y a pléthore de sujets lorsque nous traitons des fragilités : de la crise des dettes publiques<sup>1</sup> à l’enjeu du cycle de l’eau<sup>2</sup> en passant par les crises alimentaires futures. Face à ces constats, l’homme est plus que jamais fragile et dans un monde complexe, identifier les causes et les solutions relève au mieux de la chance et le plus souvent du charlatanisme.

Si nous pouvons dresser une liste aussi longue des fragilités auxquelles nous devons faire face, notre travail implique de faire un choix. Cela ne signifie pas que les sujets non retenus soient moins importants

---

<sup>1</sup> Bien que l’enjeu du poids de la dette actuelle soit en passe d’être – partiellement – réglé grâce (*sic*) à une inflation atteignant des taux records depuis l’introduction de la monnaie unique sur le vieux continent, nous n’échapperons pas à une remise en question future de notre choix, toujours poussé plus loin, de régler tout à coup d’argent public et de s’en référer toujours à l’Etat pour répondre aux crises. Cette politique qui s’apparente davantage à un réflexe pavlovien qu’à un calcul rationnel de la part des décideurs a d’ailleurs fait l’objet d’un propos opportun – comme souvent – de l’ancien premier ministre français Edouard Philippe : «La France est un pays qui est situation d’addiction à la dette (...). Si on pouvait s’endetter pour régler le problème de la dette, les français le feraient ». Cette réflexion humoristique applicable à de (trop) nombreux Etats européens est malheureusement pertinente dès lors qu’il ne s’agit simplement pas de réduire les dépenses mais bien de changer de paradigme et que pour certains, les lendemains auront surtout des allures de gueule de bois.

<sup>2</sup> Dans une étude publiée dans la revue *Nature Reviews Earth & Environment*, des chercheurs du Postdam Institute mettent en lumière l’importance du cycle de l’eau verte, essentielle à l’humidité des sols et à l’évaporation, qui aujourd’hui se trouve perturbée. Celle-ci représente la sixième limite planétaire dépassée sur les neuf identifiées en 2009 par une équipe de spécialistes en la matière. Le dépassement de ces limites n’implique pas la fin de l’humanité ou des répercussions environnementales majeures automatiques mais bien que nous entrons dans une situation inconnue et totalement imprévisible (Wang-Erlandsson, L., Tobian, A., van der Ent, R.J. *et al.* A planetary boundary for green water. *Nat Rev Earth Environ* (2022)).

mais l'enjeu illustré dans ce travail nous semble moins traité que d'autres et présente pourtant de grandes implications pour les entreprises et dans le cadre d'un master en sciences de gestion, ce sujet nous semble opportun. Cela ne nous empêchera pas, au demeurant, d'aborder d'autres sujets en guise d'illustration. Si les semi-conducteurs sont primordiaux dans l'économie actuelle et dans nos vies, nous sommes néanmoins souvent incapables de les définir et encore moins d'en comprendre le fonctionnement. Ce travail n'a pas vocation à être une présentation technique des semi-conducteurs ; de nombreuses personnes sont nettement plus qualifiées et nous sortirions assurément du cadre que nous sommes fixés. De la même manière, nous nous efforcerons de limiter au maximum les chiffres et les descriptions dignes d'une notice d'utilisation. Ce serait vraisemblablement un exercice facile et peu énergivore mais nous préférons faire le choix d'un travail de réflexion dont les conclusions peuvent être étendues à d'autres domaines. Nous pourrions dire que ce travail est avant tout une approche fondée sur la stratégie et moins sur la tactique. C'est pourquoi le lecteur en quête de technicités et d'ingénierie n'y trouvera certainement pas son bonheur – encore que. Notre démarche aura par conséquent une coloration politique ; non pas politique au sens idéologique du terme mais politique dans la mesure où il sera question du risque lié à la prise de décisions dans un environnement complexe et incertain.

Fruit de notre réflexion et de notre ouvrage, ce travail mobilise de nombreux concepts que nous avons découvert au fur et à mesure des années et des expériences. Les pages qui suivent seront l'occasion d'en présenter quelques-uns mais nous pensons qu'il est important de présenter dès l'introduction l'auteur qui nous inspire le plus et dont les concepts développés durant sa carrière soutiennent une partie de la présente analyse. Il s'agit de Nassim Nicholas Taleb, trader durant près de vingt ans, ce libano-américain est aujourd'hui considéré comme une référence en matière d'analyse du risque tant il s'est spécialisé sur la matière des événements rares et imprévus. Nassim N. Taleb a écrit cinq ouvrages, traduits de nombreuses langues, et vendus à des millions d'exemplaires. Parmi les concepts théorisés, on retrouve l'antifragilité sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir. S'il est vrai que nous faisons souvent des références à son travail, cela s'explique par le fait que celui-ci nous accompagne depuis plusieurs années et que sa façon d'appréhender les problèmes et d'y répondre nous a servi plus d'une fois dans des situations tant professionnelles que privées. Son immense culture littéraire et historique constitue également un attrait non négligeable, tout comme son goût pour la gastronomie méditerranéenne ou encore sa personnalité atypique surprenante au premier abord mais qui apporte une certaine fraîcheur dans un paysage intellectuel composé, le plus souvent, d'êtres interchangeables et sans consistance.

Ce travail a pour objectif final de proposer une nouvelle façon de concevoir le risque en ne se situant plus en amont de celui-ci, c'est-à-dire en essayant d'éradiquer les origines de tous les risques auxquels nous pourrions être confrontés. Nous verrons en effet qu'une telle démarche est difficilement réalisable dans un monde complexe. Notre démarche propose d'examiner le risque en aval, au niveau des conséquences de celui-ci ; en analysant les fragilités et en essayant de les limiter dans la mesure du possible. De cette manière, nous gagnons en robustesse et pouvons même envisager de tirer profit des chocs auxquels nous sommes confrontés. Cette approche permet de concevoir le hasard, la volatilité et l'incertitude comme des éléments potentiellement bénéfiques. Une telle démarche suppose toutefois de sortir de l'esprit de petite gestion qui gagne l'esprit des managers et des politiciens aujourd'hui.

Nous devons néanmoins nous montrer humble et modeste face à l'ouvrage. Trois limites s'imposent à nous dans le cadre d'un travail de ce type. Tout d'abord, nous devons rendre ce travail dans un certain délai. S'il est vrai que travailler dans le respect d'échéances permet de nous fixer un cap et de ne pas céder à la procrastination, cet impératif temporel nous impose de nous restreindre face à la littérature disponible et il est certain que les réflexions exigent du temps pour être affinées et précisées. Ensuite, peu importe le temps dont nous disposerions, nous sommes toujours limités par une échéance ultime.

Celle-ci, bien qu'essentielle pour limiter les tentations mégalomaniaques et les conséquences potentiellement catastrophiques qu'elles induisent, s'impose par la loi de la nature et nous empêche de nous renseigner sur l'intégralité des sujets et de parfaire nos compétences, si tant est que cela soit possible. Enfin, le dernier écueil d'un tel ouvrage réside dans l'espace disponible. En effet, dans le cadre d'un travail à destination universitaire, nous sommes limités à un certain nombre de pages. Si cette limitation peut paraître frustrante, elle s'explique aisément par la nécessité des lecteurs de veiller à leur propre usage du temps. Nous le voyons, tout est question de temps, seule valeur face à laquelle nous sommes tous égaux. Toutefois, comme il s'agit d'allouer son temps à des choses qui nous semblent importantes et qu'il est possible que nous restions sur notre faim à l'issue de ce travail, il n'est pas exclu de le reprendre dans un autre contexte et de le développer davantage.

Les semi-conducteurs constituent le fil rouge de notre travail. Ils serviront souvent d'illustrations à notre réflexion et nous ne manquerons pas d'en présenter les éléments essentiels afin que le lecteur comprenne le cadre dans lequel l'ouvrage se déploie. A la manière d'un triptyque, nous débuterons par une présentation technique et une analyse de l'importance des enjeux économiques des semi-conducteurs. Nous aurons l'occasion d'aborder un enjeu important de cette matière, à savoir la pénurie en revenant aux fondamentaux de nos cours de chimie. Dans la deuxième partie, nous traiterons du concept principal de ce travail, les fragilités. Nous les définirons avant de nous pencher sur des réflexions concrètes sur la fragilité des organisations, une critique de l'interventionnisme ou encore les limites de la prospective. Nous terminerons cette partie par la présentation d'une fragilité biologique de l'être humain, liée à notre cerveau. La troisième partie de l'ouvrage consiste en une réflexion sur le dépassement de nos fragilités afin d'atteindre un état de robustesse et même de tirer profit de ces fragilités dans certaines circonstances. Cette réflexion suppose une remise en cause de notre manière de fonctionner et propose un nouveau paradigme dans le cadre de notre approche des risques.

# Première partie

## Les semi-conducteurs

*“I want to live happily in a world I don't understand.”*

**Nassim Nicholas Taleb**

*“We go about our daily lives understanding almost nothing of the world. We give little thought to the machinery that generates the sun light that makes life possible, to the gravity that glues us to an Earth that would otherwise sent us spinning off into space, or to the atoms of which we are made and on whose stability we fundamentally depend. Few of us spend much time wondering why nature is the way it is, where the cosmos came from, or whether it was always there, if time will one day flow backwards or whether there are ultimate limits to what humans can know. What is the smallest piece of matter, why we remember the past and not the future, and why there is the universe?”*

**Carl Sagan**

\*\*\*

Nous entamons notre travail avec une présentation des semi-conducteurs tant sous l'angle technique qu'économique (Chapitre Ier) avant de nous pencher sur un enjeu important de ce secteur, à savoir la pénurie de matériaux semi-conducteurs (Chapitre II), en proposant aux lecteurs d'en examiner notamment les raisons ainsi que la stratégie européenne pour y répondre.

### Chapitre I<sup>er</sup>

#### Que sont les semi-conducteurs ?

Lorsque nous parlons de semi-conducteurs, on peut imaginer énormément de choses et le plus souvent ces représentations sont erronées. Fondamentalement, les semi-conducteurs sont des matériaux présentant les caractéristiques électriques d'un isolant. Ces éléments sont primordiaux tant nous sommes entourés d'appareils électroniques dont le fonctionnement dépend de ceux-ci. Nous entamons notre analyse par une description brève mais précise de ces semi-conducteurs et des circuits intégrés (Section I<sup>ère</sup>). Nous terminerons cette partie technique par l'analyse des enjeux économiques autour de ceux-ci (Section II).

#### Section I<sup>ère</sup>

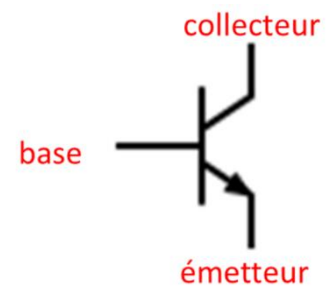
##### Présentation des semi-conducteurs

Avant toute chose, généralement l'on parle indifféremment de semi-conducteurs et de circuits intégrés. En réalité, nous pouvons schématiser en disant qu'un circuit intégré consiste en une puce électronique permettant la réalisation d'opérations de calcul. Celles-ci reposent sur des matériaux isolant, les semi-conducteurs. Il existe de très nombreux travaux scientifiques sur le

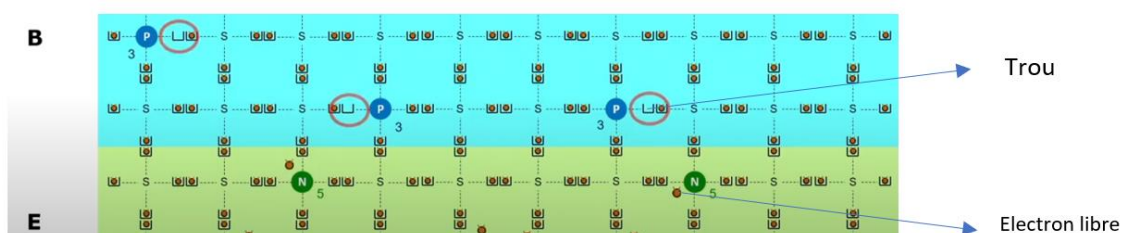
sujet<sup>3</sup> et nous ne prendrons pas le risque de noyer le lecteur sous une littérature pléthorique ; nous n'en n'avons d'ailleurs ni le sadisme ni les compétences.

Si de nombreuses expériences en matière de résistance électrique des matériaux ont eu lieu dès le 19<sup>ème</sup> siècle, nous pouvons marquer la naissance de la vision moderne des semi-conducteurs avec la découverte de l'effet transistor par trois chercheurs américains, J. Bardeen, W. Shockley et W. Brattain, en 1947. Cette découverte leur a par ailleurs valu le prix Nobel de physique en 1956<sup>4</sup>.

Un transistor est un composant à trois pattes, disponibles dans des boîtiers de différents types<sup>5</sup>. Ces pattes sont le plus souvent invisibles dès lors que ces transistors sont généralement intégrés dans des circuits par milliers. Schématiquement nous avons le collecteur en haut, la base à gauche et l'émetteur en bas. Sur le schéma ci-contre, on constate une flèche vers l'émetteur, c'est le sens du courant dans un schéma du type NPN (négatif, positif, négatif). Nous pouvons également trouver des schémas du type PNP ; dans ce cas-là, le sens du courant est inversé.



Pour faire simple – si tant est que cela soit possible – le silicium, substrat de base d'un transistor même s'il en existe d'autre, présente une structure ordonnée. Chaque atome de silicium possède quatre électrons de valence et en appliquant un dopage de type N<sup>6</sup>, on va ajouter un atome comportant cinq électrons ce qui va entraîner l'apparition d'un électron détachable. Ces électrons sont libres dans la zone de dopage N et vont être porteurs de charges majoritaires. Au niveau de la base, on va effectuer un dopage de type P qui aura pour effet de faire perdre un électron aux atomes de silicium et dégager ce qu'on va appeler un trou. Par le phénomène de la diffusion, les électrons libres vont se recombinier avec les trous voisins (jonction PN). Un équilibre s'installe on va constater des zones de charges d'espace au niveau de ces jonctions.

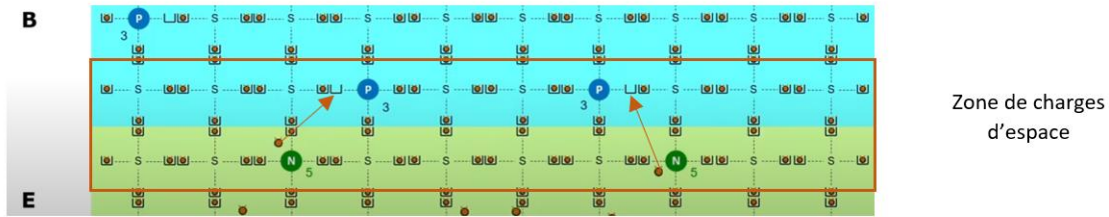


<sup>3</sup> Concernant l'aspect technique de ce travail, nous nous fondons sur l'ouvrage « Physique des semi-conducteurs » (Ngô, Christian et Hélène Ngô. *Physique Des Semi-Conducteurs* - 4e Édition. DUNOD, 2012).

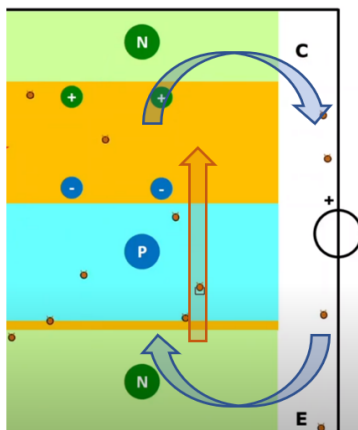
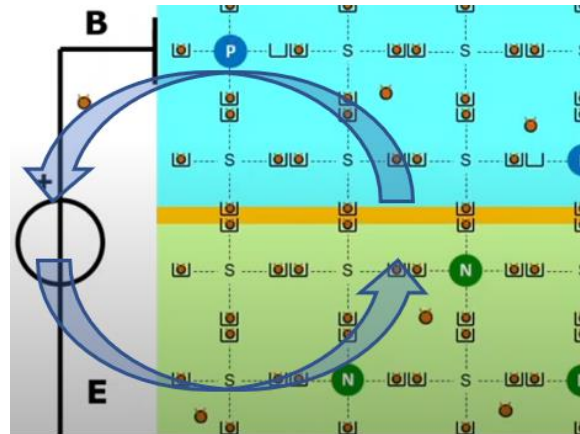
<sup>4</sup> The Nobel Prize in Physics 1956. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2022. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1956/summary>.

<sup>5</sup> Le développement qui suit reprend la présentation et les illustrations du professeur H. Discours de l'Institut universitaire de technologie de Cachan (Discours, H. (2021, 4 janvier). *L'effet Transistor. Principe de fonctionnement du transistor bipolaire NPN. Analogie Hydraulique*. [Vidéo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Zjw7Prg5244>).

<sup>6</sup> Le dopage consiste en l'ajout d'impuretés à une substance pure (en l'espèce le silicium) en vue de modifier sa conductivité.



Ce phénomène prend place également au niveau de la jonction entre le collecteur et la base. Ces deux zones constituent ainsi deux barrières de potentiel. Au bas de la partie “émetteur”, en dehors de cette zone, nous retrouvons des électrons libres qui n’ont pas trouvé place dans les trous de la partie “base”, la partie “émetteur” ayant été davantage dopée N que la partie “collecteur”. On va ensuite brancher ce transistor à un courant électrique. Il y a une polarisation entre la base et l’émetteur (VBE) et la jonction entre ces deux parties étant directe, cela va avoir pour effet d’annuler la barrière de potentiel.



On effectue ensuite une polarisation à droite entre l’émetteur et le collecteur (VCE). Il s’agit d’une jonction indirecte qui va fonctionner de manière inversée. On pourrait penser que cela va se bloquer mutuellement et que ça n’a aucun intérêt mais c’est là que va se produire l’effet transistor. En effet, cela va accentuer la charge d’espace et présenter des charges positives et négatives générant un champ électrique. Sous l’effet de ce champ électrique, les électrons libres présents dans l’émetteur vont traverser la partie “base”, assez fine, et la partie “collecteur” et revenir, par l’effet du courant, dans la partie “émetteur”. Il y a donc une circulation de ces électrons.

Nous pourrions dire beaucoup plus de choses sur cette matière passionnante mais comme nous l’avons mentionné dans l’introduction, nous nous bornons à fournir les informations essentielles à la bonne compréhension de la technicité de celle-ci. L’important est de comprendre l’enjeu de disposer des matières nécessaires à la conception de ces outils technologiques ; nous avons pris l’exemple du silicium qui est fort répandu dans l’industrie du fait de ses propriétés intéressantes et de sa disponibilité mais il en existe d’autres.

La suite des événements fait partie de l’histoire. D’abord vers la fin des années cinquante avec Texas Instruments qui développe le premier circuit intégré<sup>7</sup>. En 1971, Intel développe le premier microprocesseur, l’*Intel 4004 x86*, qui comporte 2.300 transistors. La puissance

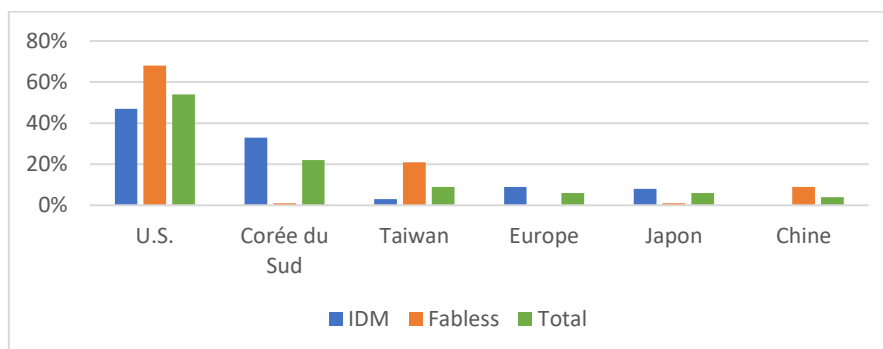
<sup>7</sup> Bus, F. F. (2020). *À l’époque où les puces font leurs lois : Histoire des semi-conducteurs vécue de chez Texas Instruments*. BoD.

développée par ce bijou technologique a rencontré un grand succès et a contribué à l'émergence de l'informatique moderne. Des capacités époustouflantes à l'époque qui deviendront rapidement obsolètes. En effet, dès 1965, Gordon E. Moore, cofondateur d'Intel, énonça une "loi" qui allait marquer pour longtemps l'univers de l'informatique : la "loi de Moore". Celle-ci dispose que le nombre de transistors présents dans les circuits intégrés doit doubler tous les dix-huit mois. Un paradigme qui s'est vérifié jusqu'à récemment puisqu'il n'est plus possible de réduire davantage la taille des composants sans entrer dans une nouvelle ère, celle des nanotechnologies. En mai 2021, IBM a d'ailleurs annoncé avoir développé la première puce de 2 nanomètres, une prouesse technologique dont les implications sont gigantesques pour des domaines de pointe où l'infiniment petit est nécessaire comme l'exploration spatiale<sup>8</sup>.

## Section II

### Enjeux économiques des semi-conducteurs

L'industrie des semi-conducteurs est un marché en constante croissance. Malgré le contexte de ralentissement économique à la suite de la pandémie de Covid-19, celle-ci affichait une croissance de 26,2% en 2021 atteignant 556 milliards de dollars et devrait présenter une croissance de 10,4% en 2022 et atteindre 613,5 milliards de dollars. Une demande alimentée principalement par la fabrication de capteurs<sup>9</sup>.



En terme territorial<sup>10</sup>, on constate que les entreprises américaines sont de loin les premières productrices de semi-conducteurs avec 54% des parts de marché. La Corée du sud arrive en deuxième position avec 22% des parts de marché devant Taïwan avec 9% et l'Europe avec 6%<sup>11</sup>, à égalité avec le Japon et devant la Chine et ses 4%. Ces chiffres ne comprennent pas les fonderies. En effet, dans l'industrie des semi-conducteurs, il convient de distinguer l'activité de développement de l'activité de production. C'est ainsi que Taïwan pointe à 9% malgré la présence de l'acteur majeur que représente TSMC. Cette entreprise focalise son activité sur la production et agit en qualité de sous-traitant pour le compte d'entreprises de développement parmi lesquelles nous retrouvons Nvidia, Qualcomm ou encore Apple. Dans ce cas, nous parlons de marché *fabless* par opposition à un marché *IDM* (*Integrated Device Manufacturer*)

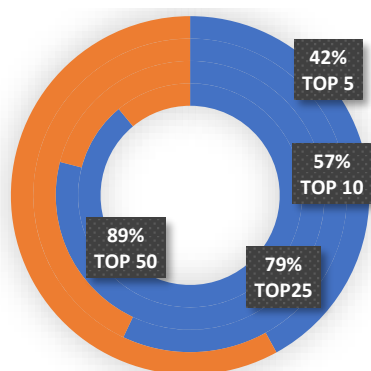
<sup>8</sup> IBM. (2021, 6 mai). *IBM Unveils World's First 2 Nanometer Chip Technology, Opening a New Frontier for Semiconductors*.

<sup>9</sup> World Semiconductor Trade Statistics (WSTS). (2022, 18 mars). *The Worldwide Semiconductor Market was up 26.2 percent in 2021 and is expected to show a further growth of 10.4 percent in 2022*.

<sup>10</sup> IC Insights. (2022, 5 avril). *Chinese Companies Hold Only 4% of Global IC Marketshare*.

<sup>11</sup> Sur le redéploiement européen en la matière, *cfr. infra* pp. 12-13.

dans lequel une entreprise développe et produit ses semi-conducteurs comme c'est le cas notamment d'Intel, Samsung ou encore Texas Instruments. A ce titre, nous pouvons constater l'équilibre entre *IDM* et *fabless* sur le marché américain (respectivement 47% et 68%), contre des positions beaucoup plus clivées sur les autres marchés. Une différence qui témoigne de la diversité du marché américain et donc de sa robustesse.



S'agissant des entreprises<sup>12</sup>, en 2021, cinq des dix plus grandes entreprises de semi-conducteurs étaient des entreprises *fabless* contre une seule en 2008 et aucune en 2000. Au sein de ce top 10, on retrouve sept américaines, deux sud-coréennes et une taiwanaise. Depuis 2017, Samsung a ravi la première place à Intel en termes de part de marché avec 82 milliards de chiffres d'affaires contre 76,7 milliards de dollars pour l'américaine qui a

occupé la première place durant vingt-quatre ans. Par ailleurs, toujours en 2021, les cinquante plus grandes entreprises du secteur représentaient 89% du marché total. Une situation interpellante en termes de concurrence<sup>13</sup> surtout quand on reprend les proportions intermédiaires comme en atteste le graphique ci-contre.

## Chapitre II

### La pénurie de semi-conducteurs

Matière première essentielle à la fabrication des semi-conducteurs, la nature et la disponibilité du silicium retiendra d'abord notre attention (Section Ière) avant d'analyser les conséquences concrètes de cette pénurie sur le secteur automobile (Section II). Face à cet enjeu, nous examinerons la réponse de l'Union européenne pour enrayer cette pénurie (Section III) ainsi que la stratégie industrielle de l'Empire du Milieu (Section IV). En guise de conclusion à ce chapitre, nous proposons une réflexion relative à la politique industrielle européenne (Section V).

<sup>12</sup> IC Insights. (2022, 26 avril). *Top 10 Companies Hold 57% of Global Semi Marketshare*.

<sup>13</sup> Notons à cet égard l'existence d'un contentieux au niveau européen ; en 2009, Intel se vit infliger une sanction d'un montant de 1,06 milliard d'euros par la Commission européenne pour abus de position dominante, sanction record à l'époque. En l'espèce, il s'agissait de ristournes offertes à certains fabricants de matériels informatiques afin de favoriser les processeurs Intel plutôt que ceux de son concurrent AMD. Une sanction annulée le 26 janvier 2022 par le Tribunal de l'Union européenne en raison d'une analyse incomplète opérée par la Commission européenne de l'effet anticoncurrentiel des rabais incriminés.

## Section I<sup>ère</sup>

### Disponibilité et utilisation du silicium

Nous avons vu que ces semi-conducteurs sont principalement composés de silicium. Le silicium (symbole chimique “Si”) est l’élément le plus abondant dans la croûte terrestre après l’oxygène. Selon le niveau de pureté du silicium, celui-ci est utilisé, sous sa forme métallique<sup>14</sup>, dans de nombreux matériaux à haute valeur ajoutée allant des alliages d’aluminium aux semi-conducteurs en passant par les silicones et les cellules photovoltaïques.

En dépit de cette apparente abondance, le silicium n’apparaît jamais à l’état de corps pur en raison de sa réactivité à l’oxygène<sup>15</sup>. De plus, le traitement du silicium implique différentes étapes, chacune complexe et consommatrice d’énergie et de produits chimiques, réalisées par un nombre réduits d’acteurs, principalement localisés sur le continent asiatique<sup>16</sup>. Dans le domaine des semi-conducteurs, le silicium est affiné afin d’atteindre un niveau de pureté extrême.

On estime à trois millions de tonnes la consommation mondiale de silicium métal en 2019. S’agissant de la production, celle-ci augmente de manière linéaire avec un taux de croissance annuel approximatif de 5%. La Chine occupe la première place des pays producteurs avec 71% de la production mondiale en 2019, contre 30% en 2000. L’Empire du Milieu a profité de la présence de toutes les matières premières nécessaires aux différentes opérations de traitement du silicium pour installer et développer d’importantes capacités de production. Le marché du silicium métal est un marché cyclique dans lequel les acteurs limitent leur production lorsque les prix baissent. Les perturbations récentes sur le marché de l’acier et de l’aluminium concomitantes aux tensions entre la Chine et les Etats-Unis ont engendrés une diminution des prix et malgré les mesures de rétorsion commerciale à l’encontre des producteurs chinois, les acteurs occidentaux ont souffert de cette contraction du marché<sup>17</sup>.

Il faut distinguer plusieurs niveaux de traitements et de pureté du silicium métal. Le moins pure, d’une pureté proche de 99%, est le silicium de qualité métallurgique qualifiée “MG”. Il est notamment utilisé dans l’automobile, le bâtiment, les câbles électriques et les emballages. Nous trouvons ensuite le silicium d’une pureté inférieure à 99,9%<sup>18</sup> ou “3N” qui sert à la fabrication de silicones aux textures variées. Vient ensuite le silicium cristallin avec une pureté de “6N” ou “9N”, d’une qualité dite solaire ou “SoG” pour “solar grade”, destiné aux cellules photovoltaïques, c’est à ce moment que l’on commence à parler de polysilicium. Au-delà, entre

---

<sup>14</sup> Le silicium n’est pas un métal mais par son aspect et son utilisation importante dans les alliages d’aluminium, on le nomme “silicium métal”.

<sup>15</sup> Bus, F. F. *op. cit.*

<sup>16</sup> Bureau de Recherches Géologiques et Minières. (2021, 16 octobre). *Le silicium : un élément chimique très abondant, un affinage stratégique*. <https://www.mineralinfo.fr/fr/ecomine/silicium-un-element-chimique-tres-abondant-un-affinage-strategique>.

<sup>17</sup> Bureau de Recherches Géologiques et Minières. (2019, 24 avril). *Retour à la normale du marché de l’alumine, après une année 2018 turbulente*. <https://www.mineralinfo.fr/fr/ecomine/retour-normale-du-marche-de-lalumine-apres-une-annee-2018-turbulente>.

<sup>18</sup> On a l’habitude de qualifier la pureté du silicium par la lettre N précédé d’un chiffre représentant le nombre total de 9.

“10N” et “13N”, on entre dans la qualité “EG” pour “*electronic grade*”, niveau de pureté permettant les applications microélectroniques.

Concrètement, les filières solaire et microélectronique, deux domaines particulièrement importants dans la transition de l'économie de nos sociétés occidentales, consomment la quasi-totalité des ressources en polysilicium. Ainsi, plus de 90% de la production est utilisée par l'industrie photovoltaïque, le reste par l'industrie microélectronique<sup>19</sup>. Celle-ci est capitale au fonctionnement de l'ensemble des outils électroniques auxquels nous avons recours quotidiennement. De l'ordinateur qui nous sert à écrire ce travail au véhicule qui nous emmène partout où nous le souhaitons, nos vies sont dépendantes de ces applications industrielles. Le polysilicium y fait l'objet d'intenses traitements et si nous n'utilisons qu'une portion réduite de matériaux dans ce secteur, c'est dû à la miniaturisation des composants. Les géants du secteur travaillent aujourd'hui avec des éléments dont la taille est inférieure à 10nm (soit 1<sup>e-8</sup> mètre).

Considérant l'importance de l'enjeu, nous devons également aborder l'impact environnemental du traitement industriel du silicium. L'empreinte carbone varie énormément selon le lieu de production en raison de l'origine de l'électricité consommée et de l'application industrielle envisagée<sup>20</sup>. Il faut également ajouter la consommation de matière en tant que telle, ainsi on estime qu'il faut 2,8 tonnes de quartz pour produire 1 tonne de silicium MG ; chaque étape d'affinage engendrant inévitablement des pertes de matières premières. Pour être complets, mentionnons également l'utilisation de substances chimiques de haute pureté pour permettre cet affinage. S'agissant de l'enjeu du recyclage, force est de constater qu'il demeure une option mineure dès lors que les alliages avec l'aluminium ainsi que le faible coût du silicium rendent l'opération complexe et onéreuse.

En conclusion, et comme le fait remarquer le Bureau de Recherches Géologiques et Minières, le silicium, malgré son abondance, est un élément stratégique dont le coût ne reflète pas l'impact environnemental et énergétique. Il s'agit d'un élément difficilement substituable et les tensions sur ce marché modifient rapidement les rapports de force. Par ailleurs, le BRGM fait remarquer que le contexte de prix bas, bien davantage que de suggérer une disponibilité étendue des ressources, cacherait plutôt un phénomène de concentration du marché vers ceux qui peuvent encore produire au coût le plus bas. Ces constats nous amènent à considérer le silicium comme un matériau stratégique, repris d'ailleurs dans la liste des éléments critiques de la Commission européenne<sup>21</sup>.

---

<sup>19</sup> Bureau de Recherches Géologiques et Minières. (2021, 16 octobre). *Le silicium : un élément chimique très abondant, un affinage stratégique*. *Op. cit.*

<sup>20</sup> Entre 4 t CO<sub>2,eq</sub>/t Si MG (Europe) et 15 t CO<sub>2,eq</sub>/t Si MG (Chine) ou encore entre 87 kg CO<sub>2,eq</sub>/kg Si SoG (Europe) et 141 kg CO<sub>2,eq</sub>/kg Si SoG (Chine). D. Nugent et B. K. Sovacool, *Assessing the lifecycle greenhouse gas emissions from solar PV and wind energy: A critical meta-survey*, Energy Policy, vol. 65, p. 229-244, févr. 2014.

<sup>21</sup> European Commission, Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020), Factsheets on Critical Raw Materials, pp 706-722.

## Section II

### Tensions sur le marché des semi-conducteurs – secteur de l'automobile

Nous avons vu que l'abondance du silicium n'empêchait pas de parler de pénurie à partir du moment où il s'agit d'un marché cyclique dans lequel nous avons un nombre réduit d'acteurs dont les marges peuvent s'avérer faibles dès lors qu'ils évoluent dans un secteur en mutation constante et dont les enjeux environnementaux sont énormes. Ces difficultés peuvent mettre à mal l'approvisionnement en semi-conducteurs pour les pays et les entreprises dépendant de ces importations.

Outre ces difficultés, la pandémie de Covid-19 a porté un nouveau coup à ce marché. Si les effets de celle-ci furent limités sur le fonctionnement des industries européennes et nord-américaines, la situation est différente dans les pays asiatiques. Fermeture à répétition, blocage des ports et restriction d'exportation sont autant d'éléments qui ont déstabilisé l'approvisionnement mondial en semi-conducteurs.

Afin d'illustrer les conséquences concrètes de cette pénurie, nous avons choisi le secteur automobile. Ce secteur industriel nous a particulièrement intéressé dans la mesure où il est un consommateur important, bien que souvent ignoré, de semi-conducteurs et qu'il soit davantage la victime des pénuries étant donné les revenus inférieurs qu'il génère pour les producteurs de matières premières par rapport aux secteurs de l'informatique. Ce secteur est d'autant plus intéressant que s'agissant d'un de ses fleurons industriels, il peut expliquer la position volontariste de l'Allemagne sur l'ambition européenne en la matière.

De nombreux sites doivent actuellement réduire leurs capacités de production quand ce n'est pas tout simplement cesser leurs activités momentanément. L'ensemble de l'industrie est touché, c'est ainsi qu'en septembre 2021, la directrice générale de DS, Béatrice Foucher, déclarait : « Nous sommes clairement en face d'une crise de l'offre ». Une crise de l'offre qui enrayer la reprise post-covid-19, fragilisant d'autant plus nos économies.

Ces difficultés dans le secteur automobile soulignent la fragilité inhérente à la logique du flux tendu qui repose sur le bon fonctionnement des chaînes de production. On assiste d'ailleurs actuellement à un revirement comme en atteste l'idée d'Elon Musk d'acquérir des microprocesseurs à l'avance pour les véhicules Tesla en vue de se prémunir des ruptures de stock<sup>22</sup>. Même son de cloche pour Volkswagen qui envisage de produire elle-même les composants destinés à ses véhicules autonomes<sup>23</sup>. On notera également la construction de la nouvelle usine de l'équipementier Bosch à Dresde en 2021<sup>24</sup>.

Le secteur automobile est d'autant plus sous pression qu'il doit affronter d'autres crises comme la guerre russo-ukrainienne ou la résurgence de la pandémie en Chine qui a eu pour

---

<sup>22</sup> *Tesla set to pay for chips in advance in bid to overcome shortage*, Financial Times, 27 mai 2021.

<sup>23</sup> *Volkswagen to design chips for autonomous vehicles, says CEO*, Reuters, 30 avril 2021.

<sup>24</sup> Dresde se positionne comme un acteur majeur de l'électronique et de l'automobile du futur sous le nom de "Silicon Saxony". Cette ambition est portée politiquement et financièrement par la République fédérale et entend faire venir d'autres investissements dans la région. La ville a longue de tradition en la matière puisque déjà sous la République démocratique allemande, elle disposait d'un centre de recherche sur la microélectronique qui produisait des microprocesseurs de qualité et avait dû développer l'ensemble de la chaîne de production en raison de l'impossibilité d'accéder aux marchés occidentaux.

conséquence la fermeture des ports entraînant un blocage massif des porte-containers, éléments essentiels au commerce mondial. Nous sortons évidemment du cadre strict des semi-conducteurs mais il nous semble important de signaler que les crises s'amoncellent et mettent en évidence notre immense fragilité.

### Section III

#### La réponse de l'Union européenne

Face à ces enjeux, la Commission européenne entend peser et changer de paradigme. Lors de son premier discours, le 8 novembre 2019, la présidente Ursula von der Leyen, déclarait que l'Union européenne devait être géopolitique. Derrière le discours, il convient d'analyser ce que l'Union européenne entend mettre en place pour replacer le vieux continent sur la carte des acteurs majeurs.

Dans le domaine qui retient notre attention, la Commission a présenté un plan en apparence ambitieux en vue de relancer le marché des semi-conducteurs. Ce plan, doté de 42 milliards d'euros et présenté par Thierry Breton, Commissaire européen chargé du marché intérieur, consiste à accompagner des investissements privés. La commission table sur un investissement privé à hauteur de 100 milliards d'euros d'ici à 2030 avec pour objectif de doubler la part de l'Union dans la production mondiale, à hauteur de 20%. La production reposerait sur des *megafab*, des usines de très grande taille, et on nous annonce que différents acteurs seraient déjà intéressés par l'initiative dont TSMC ou Intel. A côté de l'aspect productif, la commission entend également investir dans l'innovation en finançant la recherche sur des prototypes de microprocesseurs de dernière génération. A côté de cette logique d'investissement public, il convient également de faire évoluer les esprits en matière de droit de la concurrence ; c'est ainsi que l'Union va alléger le contrôle des aides publiques pour ces microprocesseurs innovants. Enfin, d'un point de vue juridique, la Commission a déposé le 8 février 2022, un paquet législatif permettant la traduction juridique de cette intention politique. Ce paquet prévoit notamment la sécurisation de l'approvisionnement, l'investissement public permettant le développement des industries nécessaires ainsi qu'un mécanisme de coordination entre les Etats membres. En dépit de l'apparente solidité européenne en la matière, les concurrences entre Etats membres se font d'ores-et-déjà ressentir, notamment quant à l'implantation des sites de production.

Du côté d'Intel, les décisions ont déjà été prises<sup>25</sup>. Le géant américain va investir 80 milliards d'euros sur dix ans. Cette opération s'inscrit dans le cadre d'un plan de croissance mondial du groupe et devrait voir s'ouvrir trois centres de recherches et de développement (situés en France, en Pologne et en Espagne) ainsi que trois unités de production (en Irlande, en Allemagne et en Italie). Le CEO d'Intel, Pat Gelsinger a par ailleurs affirmé que : “ Le monde s'est trop longtemps concentré sur le coût des chaînes d'approvisionnement. On se rend compte aujourd'hui combien il est important de les rendre plus résilientes ”. Le cœur de ces nouvelles infrastructures se situera en Allemagne, à Magdebourg, où deux usines de semi-conducteurs

---

<sup>25</sup> Intel Announces Initial Investment of Over €33 Billion for R&D and Manufacturing in EU. 15 mars 2022. <https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/news/eu-news-2022-release.html#gs.1lok64>.

seront installées. Une mutation profonde pour cette région qui exigera des investissements importants, notamment en matière d’approvisionnement énergétique dès lors qu’Intel vise le 100% renouvelable sur le site.

Concernant l’indépendance de l’Union européenne, s’agissant d’entreprises étrangères, la Commission souhaite encadrer leurs activités en évitant que les innovations quittent le sol européen sans supervision de l’Union. La présidence de Donald Trump a fait prendre conscience de la nécessité d’affirmer et d’assumer une indépendance du côté de l’Union européenne. L’arrivée de Joe Biden à la Maison blanche n’a pas changé la donne dans un premier temps mais le récent conflit russo-ukrainien a quelque peu réchauffé les relations entre les deux puissances occidentales.

Le Commissaire européen, Thierry Breton, demeure néanmoins réaliste et prudent dans un entretien accordé au journal *Le Monde* le 14 mai 2022<sup>26</sup>. Il prend pour exemple de cette autonomie, la rapidité de la prise de sanctions à l’égard de la Russie sans avoir attendu la réponse de Washington. Il rappelle également la nécessité de trouver des solutions entre européens plutôt que de compter sur les américains en matière militaro-industrielle. Il ajoute la nécessité de faire respecter nos règles, par exemple en matière de régulation numérique, on songe notamment au règlement général sur la protection des données. Enfin, il aborde la question énergétique en rappelant que si l’Union est en mesure de compter sur le gaz américain pour palier la fin des importations russes, cela ne serait que transitoire et que l’objectif demeure l’indépendance énergétique grâce à la transition.

## Section IV

### Enjeux industriels – Focus sur la Chine

Lorsqu’on aborde des questions industrielles, il convient de s’arrêter un instant sur la Chine. A tort ou à raison, nous avons conféré à ce géant asiatique, un pouvoir significatif sur le fonctionnement de nos économies. Si on exclut Taiwan, il est vrai que la production chinoise en tant que telle en matière de semi-conducteurs est limitée. Or l’Empire du milieu entend accroître ses capacités et développe une véritable politique de souveraineté en matière technologique. Cette tension technologique n’est d’ailleurs pas sans conséquences géopolitiques entre la Chine et l’île de Taïwan. De là à considérer que la Chine pourrait décider d’envahir l’île pour mettre la main sur ses capacités industrielles, c’est un pas que nous ne franchirons pas dès lors que, comme le rappelle *The Diplomat* en 2020<sup>27</sup>, une telle invasion couperait TSMC de ses clients occidentaux et qu’il semble, de surcroît, difficile d’imaginer quelles pourraient être les conséquences d’une telle invasion au-delà du simple aspect technologique.

Il est néanmoins certain que la Chine dépend énormément de microprocesseurs étrangers pour assurer le fonctionnement de ces fleurons technologiques. L’interdiction faite aux entreprises

---

<sup>26</sup> Malingre, V., & Stroobants, J. (2022, 14 mai). *Thierry Breton : « Ni dépendance ni soumission » vis-à-vis des Etats-Unis*. *Le Monde*. [https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/05/14/thierry-breton-ni-dependance-ni-soumission-vis-a-vis-des-etats-unis\\_6126056\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/05/14/thierry-breton-ni-dependance-ni-soumission-vis-a-vis-des-etats-unis_6126056_3234.html).

<sup>27</sup> Lee, J. (2020, 15 décembre). *Would China Invade Taiwan for TSMC ?* *The Diplomat*. <https://thediplomat.com/2020/12/would-china-invade-taiwan-for-tsmc>.

américaines de traiter avec le géant de l'époque Huawei a rappelé à la Chine combien elle était dépendante des innovations occidentales en la matière et a renforcé sa conviction de garantir son indépendance. Un retard que la Chine a décidé de combler en investissant massivement dans le développement de ses infrastructures industrielles notamment par la mise en place d'un fonds d'investissement dédié, *Wise Road Capital*. Créé en 2017, ce fonds se revendique comme privé et autonome mais plusieurs de ses actionnaires seraient étroitement liés au parti communiste chinois<sup>28</sup>. Les ressources financières ne font néanmoins pas tout dans un secteur aussi pointu, l'ambition chinoise en la matière n'est pas neuve et il faut également noter un déficit de talents de la part de l'Empire du milieu<sup>29</sup>.

## Section V

### Réflexions sur la politique industrielle européenne

En conclusion, on peut regretter que l'approche européenne se fonde principalement sur le soutien par l'appareil public. Néanmoins, force est de constater que, dans un marché cyclique, nous n'avons pas le choix que de soutenir le secteur si nous souhaitons un modèle durable et efficace. En outre, l'Union européenne a un retard important à rattraper et il convient de ne pas perdre de temps. Par ailleurs, la concentration du marché entre quelques acteurs dont aucun n'est européen, rend l'accès à celui-ci compliqué et implique de consentir à quelques sacrifices.

Il s'agit en effet d'un enjeu stratégique majeur. Les nouvelles technologies sur lesquelles se fonde de plus en plus notre économie ont un besoin vital de ces productions industrielles et si nous ne voulons pas affaiblir davantage notre compétitivité, nous nous devons de réagir. Il s'agit également d'une question d'indépendance et de souveraineté, à l'heure où les rapports se conflictualisent.

Il convient de nous assurer que l'investissement soit utilisé à bon escient. Que l'Union européenne profite bel et bien de ces technologies et que nous en profitions pour nous installer comme acteur d'importance dans cette course technologique. Disposer de ce marché doit également nous obliger à prendre conscience des fragilités du secteur et nous en prémunir. Nous devons imprimer une véritable marque européenne dans la fabrication de ce savoir-faire. Ces premiers succès en la matière ne doivent pas nous faire oublier que la route est longue et qu'il est nécessaire de conduire une réflexion sur le futur industriel du continent et de la meilleure manière de collaborer. Les retombées des projets industriels ne doivent pas toujours bénéficier aux mêmes et il convient d'assurer l'équilibre sur le continent en fonction des spécificités de chacun. Un esprit d'indépendance doit également souffler sur les puissances européennes, notamment dans le domaine de la défense, d'où émerge d'importantes nécessités industrielles, notamment liées aux semi-conducteurs, et dans lequel il convient de privilégier une approche continentale.

---

<sup>28</sup> Bouissou, J. (2021, 3 novembre). *La Chine tente de prendre le contrôle d'entreprises européennes de semi-conducteurs, y compris en France*. Le Monde. [https://www.lemonde.fr/economie/article/2021/11/02/comment-la-chine-tente-de-prendre-le-controle-d-entreprises-europeennes-de-semi-conducteurs\\_6100648\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2021/11/02/comment-la-chine-tente-de-prendre-le-controle-d-entreprises-europeennes-de-semi-conducteurs_6100648_3234.html).

<sup>29</sup> Leplâtre, S. (2021, 26 avril). *Semi-conducteurs : la faille chinoise*. Le Monde. [https://www.lemonde.fr/economie/article/2021/04/25/semi-conducteurs-la-faille-chinoise\\_6078012\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2021/04/25/semi-conducteurs-la-faille-chinoise_6078012_3234.html).

# Deuxième partie

## Les Fragilités

*“I never once failed at making a light bulb. I just found out 99 ways not to make one”*

**Thomas A. Edison**

*“There is no such thing as public money; there is only taxpayers’ money”*

**Margaret H. Thatcher, Baroness Thatcher**

\*\*\*

Nous débutons cette partie avec une présentation de ce que nous qualifions de fragilité (Chapitre Ier). Une fois le cadre défini, nous pourrions nous pencher sur ce qui fragilise structurellement les organisations aujourd’hui (Chapitre II). Ces constatations nous mèneront à une réflexion sur les limites de la prospective et les difficultés à anticiper les événements (Chapitre III). Enfin, nous présenterons une théorie scientifique sur la fragilité de notre propre cerveau (Chapitre IV).

### Chapitre I<sup>er</sup>

#### La notion de fragilité

Ce chapitre entend définir ce qui constitue une fragilité. Un exercice relativement simple en apparence. Toutefois nous souhaiterions ne pas nous arrêter à la surface des choses et, dans la mesure du possible, fournir une définition suffisamment large pour ne pas omettre certaines spécificités. C’est pourquoi nous allons d’abord examiner les faiblesses d’une définition traditionnelle du terme (Section I<sup>ère</sup>) avant d’en proposer une davantage adaptée aux circonstances qui nous intéressent (Section II).

#### Section I<sup>ère</sup>

##### Définition traditionnelle de la fragilité

Le plus simple pour définir un terme est encore de regarder ce que des spécialistes de la langue française en disent. A cet égard, le dictionnaire Larousse définit ce terme de la manière suivante : 1. Caractère de ce qui est fragile, de ce qui se brise facilement. 2. Caractère précaire, vulnérable, faible et instable. 3. Manque de robustesse de quelqu’un. 4. Caractère d’un matériau qui se rompt sans déformation permanente appréciable ou dont la rupture est atteinte sous une très faible déformation. Le dictionnaire Robert reprend aussi une définition en quatre éléments, bien que plus courts : 1. Caractère de ce qui peut se casser facilement. 2. Manque de solidité. 3. Faiblesse de constitution. 4. Caractère éphémère. Ces définitions correspondent à ce que nous pensons au premier abord lorsqu’on entend le mot fragilité.

Nous devons néanmoins relever le caractère incomplet de ces définitions. Une caractéristique qui, en soi, n’est pas grave dès lors que les personnes qui recourent encore aux services d’un

dictionnaire ne le font pas en quête d'une portée exhaustive d'un terme mais cet écueil devient rapidement gênant dans le cadre d'un travail portant précisément sur l'analyse des fragilités. Nous allons par conséquent formuler une définition, pouvant certes s'inspirer de ces dernières, mais qui devra également tenir compte des enjeux passés sous silence.

## **Section II**

### **Ce que nous entendons par fragilité**

#### *Sous-section 1<sup>ère</sup>*

##### *Les éléments manquants dans les définitions traditionnelles*

La première critique que nous pouvons adresser aux définitions présentées précédemment est qu'elles ne précisent pas à quoi les choses et les êtres peuvent être fragiles ? Ces définitions insistent sur les conséquences (ce qui se brise facilement, ce qui est vulnérable ou précaire, ...) mais elles omettent les causes. Nous devons donc les intégrer dans notre définition.

Ensuite, l'incertitude et le hasard sont rarement pris en considération lorsque le sujet de la fragilité est abordé et c'est d'autant plus évident dans les définitions présentées. Lorsqu'on réfléchit sur les causes d'une fragilité, on va généralement mettre en évidence les actes positifs. C'est ainsi que pour illustrer le caractère cassant d'un vase, on va utiliser un marteau, parfois un tremblement de terre ou encore la visite d'un neveu dont les parents estiment qu'il ne faut pas limiter son potentiel. En raisonnant ainsi, nous passons à côté des actes négatifs, le fait de ne pas agir pouvant également mettre en évidence la fragilité des choses et des êtres. Pourtant, de nombreuses structures, qu'elles soient organiques ou matérielles, peuvent nécessiter des interventions si nous voulons en assurer l'éternité.

Toujours dans cette logique d'incertitude et de hasard, il peut arriver que l'inverse se produise et qu'on assiste ou soutienne avec une trop grande insistance une structure qui, de la sorte, perd ses capacités régulatrices. Nassim Taleb utilise le concept d'antifragilité sur lequel nous reviendrons ultérieurement. Dans notre modèle ultra-interventionniste, nous avons ainsi augmenté la fragilité de nos institutions politiques, de notre système bancaire ou encore de notre modèle éducatif, ... par l'amoncellement inutile de normes, ce que Taleb nomme « des illusions Soviet-Harvard ». Nous nions aux choses et aux êtres la capacité à régler les difficultés par eux-mêmes. L'essayiste pousse le raisonnement plus loin<sup>30</sup> en affirmant que si tous les processus *top-down* fragilisent et bloquent cette capacité à l'antifragilité, les processus relevant de l'approche *bottom-up* prospèrent grâce à une dose opportune d'incertitude et de désordre. Il ajoute que la notion même de découverte repose sur cette approche antifragile (*antifragile tinkering*) fondée sur un modèle d'essais et d'erreurs, une vision empirique plutôt que théorique.

Nous terminerons cette critique adressée à l'omission de l'incertitude et du hasard dans les définitions traditionnelles de la fragilité en abordant un autre concept-clé développé par

---

<sup>30</sup> Taleb, N. N. (2014). *Antifragile : Things That Gain from Disorder (Incerto)*. Random House Publishing Group.

l'essayiste, à savoir l'absence de *Skin in the game*<sup>31</sup>. Il nous faut identifier un élément, à savoir les gains de robustesse, voire d'antifragilité, dont certains bénéficient au détriment de la fragilité d'autrui. Il est évident que cette lacune est rarement identifiée comme telle. Alors qu'auparavant, les héros ou les personnes mises en valeur étaient les personnes qui prenaient et assumaient des risques en en payant le prix le cas échéant; quand bien même d'autres en partageaient le bénéfice. Nous assistons aujourd'hui à une inversion des valeurs où des portions de la population peuvent bénéficier de larges retombées en cas de réussite sans en assumer, ou alors dans une proportion congrue, les conséquences en cas d'échec. Nous songeons par exemple à la crise financière de 2008 durant laquelle de nombreuses banques furent sauvées par la puissance publique – et donc grâce à l'argent du contribuable ; alors que leurs dirigeants s'enrichirent de nombreuses années en faisant prendre des risques inconsidérés à leur institution. Si certains purent définitivement “ sauter ”<sup>32</sup>, de nombreux dirigeants furent recasés, si ce n'est complètement pardonnés. S'il est vrai que la crise constituait un cygne noir et qu'elle était, par définition, imprévisible en tant que telle, il est certain que les prises de risques sur le marché obligataire américain étaient documentées et critiquées par certains. Ces institutions étaient donc en mesure non pas d'anticiper le déclenchement de cet effondrement mais de mettre en œuvre les mesures nécessaires afin de réduire leur exposition. Une situation sur laquelle les régulateurs ont par ailleurs fermé les yeux sans prêter la moindre attention aux signaux d'alerte. En fin de compte, ces pertes furent ou seront payées par le contribuable. Le pire dans cette histoire étant que nous n'en avons pas tiré de leçons et que le déversement d'argent public constitue toujours l'*alpha* et l'*omega* de l'action politique. Si d'aucuns affirment que nous vivons dans un système libéral, voire ultralibéral, nous pensons au contraire qu'un système comme le nôtre dans lequel les profits sont privatisés alors que les pertes sont mutualisées n'a rien de libéral dès lors qu'il ignore totalement le revers essentiel de la liberté que constitue la responsabilité.

## *Sous-section II*

### *Une nouvelle définition de la fragilité*

Nous avons donc relevé l'absence de prise en considération des causes des fragilités ainsi que la non-prise en compte de facteurs relevant de l'incertitude et du hasard. Nous sommes donc en mesure de donner une définition de la fragilité soutenant notre réflexion. Notre exercice ne prétend pas être exempt de critiques; nous sommes probablement passés à côté de certains détails et d'aucuns trouveront peut-être d'autres éléments.

Nous définissons la fragilité de la manière suivante : « Caractéristique d'un élément, organique ou matériel, susceptible de dysfonctionner, totalement ou partiellement, à la suite de la survenance d'un événement, fût-il non intentionnel, imprévisible ou inédit et quel qu'en soit la gravité et les conséquences».

---

<sup>31</sup> Taleb aborde cette absence dans son ouvrage *Antifragile : Things That Gain from Disorder* mais l'a développé *in extenso* dans son ouvrage du même nom (Taleb, N. N. (2018). *Skin in the Game*. Penguin Random House).

<sup>32</sup> Nous pouvons citer l'exemple de la banque d'investissement Lehman Brothers.

Si nous reprenons les différentes composantes de cette définition, nous constatons que nous parlons d'un **élément**, peu importe sa nature. Il peut donc s'agir d'un élément organique, peu importe sa complexité, comme un être humain, un animal, une bactérie ou encore tout un écosystème. Il peut également s'agir d'une chose matérielle, peu importe ici également sa complexité, à l'instar d'une entreprise, d'un service public ou d'un grille-pain. Nous écrivons ensuite que cet élément soit "**susceptible de dysfonctionner**". L'emploi du terme "susceptible" implique le caractère aléatoire du dysfonctionnement. Le dysfonctionnement implique que l'élément ne fonctionnera plus tel qu'on peut attendre de lui qu'il fonctionne dans des circonstances normales et habituelles. Ainsi, une voiture dysfonctionne lorsqu'elle ne démarre plus ou une entreprise dysfonctionne lorsqu'elle n'est plus en mesure de mener à bien sa production en raison notamment d'une pénurie de matières premières ou d'une grève.

Il se peut que l'élément dysfonctionne "**totalemment ou partiellement**" dès lors qu'on peut envisager que le dysfonctionnement ne concerne qu'une partie de celui-ci et non l'ensemble. Ainsi, l'entreprise peut voir une partie de sa production arrêtée sans voir altérée l'ensemble de sa chaîne ou encore poursuivre une partie de ses activités de service. Vient ensuite dans notre définition "**à la suite de la survenance d'un événement**" qui renvoie à l'idée qu'une nouvelle donnée, quelle qu'en soit la nature, engendre le dysfonctionnement. Un nouveau paradigme s'installe et vient perturber l'ordonnancement du système jusqu'alors en vigueur.

Cet événement peut être **non intentionnel**, il n'est pas nécessaire qu'il soit le résultat d'une action ou d'une omission. Cet événement peut être **imprévisible**, il le sera même le plus souvent puisque s'il avait été prévu, nous aurions anticipé les conséquences et les aurions fait disparaître aussitôt survenues. Ce qui constitue d'ailleurs probablement la plus grande frustration des lanceurs d'alerte et des personnes qui s'attèlent à une tâche de prévention et qui mènent leur tâche à un tel niveau de réussite que lorsque l'événement se déroule, rien de visible ne se produit ou pas grand-chose. Les observateurs se contentant alors de dire "tout ça pour ça" et de retourner à leurs activités habituelles sans se rendre compte de l'impact de ces héros invisibles. Un des exemples les plus récents est assurément le bug de l'an 2000 qui aurait pu engendrer des conséquences gravissimes dans des domaines aussi divers que l'aviation ou les systèmes de paiement<sup>33</sup>.

Il faut également mentionner l'événement **inédit** et ceci afin de tenir compte des cygnes noirs dont nous parlé ci-dessus. En effet, même s'il peut être tentant d'élaborer des *stress-test* permettant prétendument d'envisager l'émergence d'un risque futur en se fondant sur le passé, nous avons vu que cet exercice était par définition erroné étant donné le caractère inédit, à l'époque, de l'événement présenté comme le plus significatif aujourd'hui. Il est intéressant de noter, à ce titre, que durant l'Egypte ancienne, une véritable administration s'était constituée afin de suivre l'évolution du niveau du Nil et d'en prévenir les éventuelles crues<sup>34</sup>. Cet exercice

---

<sup>33</sup> Il y a probablement pléthore d'autres exemples dont nous ignorons, par définition, l'existence.

<sup>34</sup> Le phénomène administratif égyptien n'est d'ailleurs pas sans rappeler ce que nous pouvons connaître aujourd'hui dans la mesure où il existait différentes strates dans cette administration composées de personnes qui diluaient le pouvoir et les responsabilités. Ce phénomène ne s'arrêtait pas à la gestion du Nil et de nombreux autres domaines de la vie étaient ainsi régis par une caste, entraînant une centralisation à outrance au sein d'une capitale vue comme détachée des besoins provinciaux ainsi que de la lenteur dès lors qu'il était nécessaire de faire remonter les informations à travers la chaîne hiérarchique. Sans vouloir pratiquer d'analogie hasardeuse, on ne

était évidemment mis à mal par la survenance de crue plus importante que la plus forte précédemment observée ; les égyptiens de l'antiquité n'étant pas conscientisés au problème du cygne noir.

Terminons l'analyse de cette définition en nous arrêtant sur sa finale relative à la **gravité et aux conséquences** de l'événement. On peut en effet concevoir un événement grave, dans la mesure où celui-ci serait impressionnant et occasionnerait des conséquences qui pourraient malgré tout demeurer limitées, notamment car nous aurions anticipé celles-ci ou que la survenance d'un événement concomitant eut aussitôt rééquilibrer la situation. L'inverse est également concevable, un événement en apparence anodin pourrait engendrer des conséquences significatives. C'est notamment le cas lorsque nous sommes faces à des boucles de rétroaction. L'exemple récent le plus emblématique étant le séisme de la côte Pacifique du Tōhoku au Japon survenu le 11 mars 2011 ; ce tremblement de terre d'une magnitude 9,1 sur l'échelle de Richter constituant déjà un cygne noir au demeurant. Celui-ci engendra un tsunami qui a son tour causa l'accident nucléaire de Fukushima Daiichi. Ce qui est particulièrement intéressant de constater c'est que le séisme en lui-même ne causa pas énormément de victimes car le Japon était très bien préparé à ce genre d'événements dès lors que les infrastructures de l'île étaient construites selon des normes parasismiques de grande qualité. Le Japon est en effet un pays soumis aux aléas sismiques, les conséquences du tremblement de terre survenu seize années auparavant étaient encore dans les mémoires<sup>35</sup>. En revanche, le tsunami fut particulièrement meurtrier puisqu'on estime qu'il est à l'origine de près de 90% des décès survenus lors de cette catastrophe.

De son côté, pour faire comprendre ce qu'il entend par fragilité, Nassim Taleb utilise le mythe de l'épée de Damoclès. Dans lequel Denys l'Ancien, tyran de Syracuse, était constamment entouré de courtisans dont Damoclès qui répétait à l'envi que Denys l'Ancien avait de la chance d'occuper ce rôle. Celui-ci lui proposa alors de prendre sa place le temps d'une journée. Lors du repas, Damoclès aperçu une épée suspendue au-dessus de sa tête et retenue par un crin de cheval. Ce mythe illustre la fragilité d'une position en apparence enviable. Certains métiers ou activités sont particulièrement exposés aux risques et tout peut être perdu en un seul instant.

Grâce à cette nouvelle définition, nous sommes en mesure de faire comprendre au lecteur ce que nous entendons par fragilité. En conclusion, retenons que ce qui nous entoure, y compris ce que nous considérons comme particulièrement solide, présente des fragilités. Si nous souhaitons nous prémunir face à ces risques, il convient soit de trouver des moyens de réduire notre exposition à ceux-ci, soit d'accroître la robustesse de nos infrastructures. Dans la partie III, nous tenterons d'endiguer ces fragilités en proposant un nouveau paradigme fondé sur une double approche. Cet exercice sera également l'occasion d'aborder à nouveau, en le développant, le concept d'antifragilité.

---

peut que sourire au constat de cette critique de la bureaucratie qui n'a pas attendu la modernité pour provoquer ses ravages.

<sup>35</sup> Cygne noir qui avait également engendré des conséquences en cascade. C'est ainsi que la banque Barings, plus ancienne banque du Royaume-Uni, particulièrement exposée au marché nippon par l'action d'un de ses traders, Nick Leeson, fit faillite en février 1995. Pour une explication des mécanismes et des événements survenus à l'époque, nous renvoyons le lecteur vers l'autobiographie de Nick Leeson (Leeson, N. (1996). *Rogue Trader : How I Brought Down Barings Bank and Shook the Financial World*. Little, Brown & Company).

## **Chapitre II**

### **Fragilité des organisations**

Ce chapitre est l'occasion de traiter des sources des fragilités au sein des organisations. D'abord en examinant les fragilités qui affectent la structure même des organisations (Section Ière) puis en menant une réflexion sur les conséquences négatives des interventions (Section II).

#### **Section Ière**

##### **Fragilités structurelles des organisations**

Nos structures, privées comme publiques, sont aujourd'hui de plus en plus complexes. Que cela soit en vue de défendre des objectifs d'utilité publique ou par le besoin de démontrer l'utilité de la classe politique, nous assistons à une inflation normative. Pourtant, un système complexe n'implique pas des régulations massives et des systèmes de gestion compliqués. Comme le préconise l'adage : "Keep it Simple !", les complications entraînent un accroissement des imprévisibilités et un cercle vicieux de conséquences imprévues, à leur tour compensées par d'autres régulations occasionnant d'autres conséquences imprévues.

Un tel discours de simplicité n'est malheureusement guère facile à défendre auprès de l'opinion publique. Le citoyen attend de l'Etat et des entreprises qu'ils répondent immédiatement à chacun de ses besoins et pour bien faire, avant qu'il ne l'ait exprimé formellement. De la même façon, on imagine difficilement un homme politique qui viendrait annoncer avec panache lors de sa campagne électorale qu'il s'engage solennellement à ne rien faire et à ne toucher à rien durant son mandat. Une attitude qui serait néanmoins plus utile et assurément moins onéreuse que le festival récurrent qui consiste à promettre à tout le monde avec l'argent de personne. La simplicité, la sobriété et le fait de ne rien faire vont à l'encontre de notre pensée. A l'instar des entreprises où il n'est pas rare de rencontrer des fonctions abracadabrantesques comme des *Chief Happiness Officer* ou des *Managers New Way of Working* dont l'essentiel du travail consiste à devoir convaincre les autres de l'opportunité de son occupation.

Cette hypercomplexification entraîne une autre conséquence, celui de devoir constamment rechercher l'optimisation de notre fonctionnement. Il y a un besoin croissant de spécialisation et on nous présente aujourd'hui le fait de coller parfaitement à son environnement comme la panacée. Or en nous spécialisant toujours davantage, nous perdons la faculté de nous adapter à notre environnement, de changer pour répondre aux aléas et aux urgences. La sélection naturelle repose sur ce concept ; là où on pense, à tort, que les plus forts survivent et finissent par supplanter les plus faibles dans un environnement concurrentiel, ce sont en réalité les plus adaptables qui survivent aux chocs. Ainsi, si nous nous fions aux dernières recherches en la matière, les dinosaures qui s'étaient spécialisés dans ce rôle de puissant parmi le règne animal ont manqué d'adaptabilité lorsque la Terre est devenue un environnement hostile. De la même manière, une entreprise, leader incontestée dans son domaine, présente un risque élevé d'être balayée lorsque son produit phare est brutalement supplanté sur le marché. Kodak fut un exemple emblématique ; le géant de la photographie argentique n'a pas su innover et appréhender le marché de la photographie numérique. Il ne fait aucun doute que dans un monde

complexe dans lequel la fréquence des cygnes noirs augmente, la flexibilité et l'adaptabilité sont des atouts primordiaux.

Le troisième écueil que nous allons examiner est la centralisation. Si la centralisation permet d'assurer un leadership unique, ce qui peut constituer un atout en temps de crise<sup>36</sup>, celle-ci présente également des inconvénients majeurs. Tout d'abord, rassembler la prise de décision à un seul endroit crée inévitablement le sentiment, justifié ou non, d'une déconnexion entre la capitale et la province s'agissant d'un Etat ou entre le siège et les sites de production s'agissant d'une entreprise. Ce sentiment entraîne une frustration qui engendre à son tour une diminution de la crédibilité de la parole dirigeante et une perte de légitimité. Rapprocher la décision de son destinataire permet certainement d'en accroître l'acceptation et la clarté. Ensuite, la centralisation fragilise significativement l'organisation en cas de paralysie au niveau de la direction ; l'Etat ou l'entreprise se retrouvant dépourvu de personnes capables de l'engager dans une voie. Il convient par conséquent d'habiliter certaines personnes à représenter, tant juridiquement que symboliquement, l'organisation dans certaines circonstances. Enfin, le dernier reproche que l'on peut adresser à la centralisation réside, et cela rejoint notre critique de la complexification, dans la lenteur de la prise de décisions, celles-ci étant prises par une autorité restreinte qui doit tenir compte des tenants et aboutissants. Une structure distribuée permet de déléguer la prise de décisions de moindre importance et ainsi libérer des capacités.

Le dernier écueil identifié consiste en un autre phénomène théorisé par Michel Crozier et Erhard Friedberg, les zones d'incertitude<sup>37</sup>. Dans une organisation, il existe toujours des zones dans lesquels les processus ne sont pas clairement identifiés et où les rôles ne sont pas délimités avec précision. Cette conséquence est proportionnelle à la complexité et à la taille des organisations, là où il y a une multiplicité des acteurs impliqués et où il est donc difficile de savoir qui est responsable. Ceux qui maîtrisent ces zones d'incertitude, sont irremplaçables dès lors que leur départ entrainerait un dysfonctionnement de l'organisation. Ces zones d'incertitude sont notamment le fruit de pratiques jalousement conservées par des personnes qui sont conscientes de leur importance ainsi que par la possession d'informations officieuses. Illustrons ce cas avec un employé du service informatique qui au début de sa carrière au sein d'une entreprise est parfaitement remplaçable et où son absence n'occasionnerait qu'un souci de rotation des effectifs facile à résoudre. Au fur et à mesure des années, avec l'expérience accumulée et les routines qu'il met en œuvre petit à petit pour faciliter son travail, il devient rapidement la seule personne apte à gérer certaines questions. Il devient difficilement remplaçable et son absence occasionnerait de lourdes conséquences pour le service et le fonctionnement de l'entreprise. Cette fragilité consiste donc à octroyer, *de facto*, une importance supérieure au rôle initialement dévolu au collaborateur. Grâce à la maîtrise de sa zone d'incertitude, l'employé est en mesure de négocier, voire de refuser, certaines injonctions, réduisant ainsi l'emprise du management sur sa personne.

---

<sup>36</sup> Y compris dans un pays fondé sur un modèle fédéral comme la Belgique où nous avons vu l'échelon fédéral reprendre la main lors du début de l'épidémie de Covid-19. Cette approche qui s'explique également par l'inefficience du modèle fédéral belge et l'inaptitude de certains décideurs de notre Royaume a mis en évidence l'opportunité d'un débat portant sur la refédéralisation de certaines compétences attribuées aux entités fédérées.

<sup>37</sup> Crozier, M., Friedberg, E., *L'Acteur et le système*, Editions du Seuil, 1977.

## Section II

### Conséquences négatives de l'interventionnisme

L'interventionnisme est une doctrine consistant à accorder un rôle prépondérant à la puissance publique dans le domaine économique. Cette intervention peut notamment se produire par la présence d'entreprises publiques sur le marché ou encore via la distribution de subsides aux acteurs économiques.

Comme nous le verrons plus loin avec la théorie de Frédéric Bastiat<sup>38</sup>, il y a ce qu'on voit et ce qu'on ne voit pas. Ainsi en soutenant un secteur plutôt qu'un autre, on court le risque de passer à côté d'innovations cruciales pour les prochaines années. De la même façon, subsidier une activité plutôt qu'une autre peut engendrer des effets pervers. Par exemple, il y a quelques années, le gouvernement français entendait soutenir l'acquisition de véhicules roulant au diesel ; l'idée a donc été de créer d'importantes primes à la reprise d'un ancien véhicule et de diminuer la fiscalité sur ce carburant. Quelques années plus tard, il est apparu que le diesel émettait davantage de particules fines, nuisibles à la santé.

L'interventionnisme nuit également au processus de la destruction créatrice. Ce concept central du capitalisme, théorisé par l'économiste Joseph Schumpeter désigne un mécanisme dans lequel on assiste simultanément à la disparition d'acteurs économiques et à l'émergence de nouvelles activités. Ce phénomène permet le développement d'innovations. S'il est vrai que ce processus présente des effets négatifs dès lors qu'il est susceptible de conduire à la perte de certaines activités nécessaires à la société ou d'entraîner des répercussions sociales et qu'il soit par conséquent primordial d'en tempérer l'application, il est néanmoins certain que la destruction créatrice demeure un moyen de parvenir à des innovations et à des améliorations d'organisations existantes.

Un autre phénomène fragilisant, concernant ici les êtres vivants, consiste en la perte de l'hormèse. L'hormèse désigne la réponse d'un organisme biologique à une exposition de toxines ou de volatilité. C'est ainsi qu'au deuxième siècle avant Jésus Christ, le roi Mithridate VI, aurait voulu se prémunir des empoisonnements en ingérant chaque jour une petite quantité de poison. Sa robustesse se transforma en fragilité lorsqu'il voulut se donner la mort par empoisonnement et qu'il n'y parvint pas. On peut rapprocher ce mécanisme d'une antifrabilité dans la mesure où cela consiste à soumettre l'organisme à un choc en vue de l'améliorer. Si cela s'avère exact concernant la mithridatisation, il convient d'être davantage réservé à l'égard de l'immunité par exemple, dans la mesure où celle-ci serait naturellement présente dans notre organisme et que c'est précisément notre tendance actuelle à nous prémunir des risques et à vivre dans le confort qui nous aurait rendu plus fragile et que par conséquent, vouloir recouvrer notre immunité ne serait au fond que récupérer notre robustesse initiale. On retrouve un exemple similaire dans la viticulture où on constate que l'irrigation intensive des vignes entraîne leur fragilité dès lors que leurs racines ne vont plus aussi profondément dans le sol.

En conclusion, il importe de retenir que les interventions, bien que justifiées par de nobles intentions, peuvent se retourner contre le système qu'elles étaient censées soutenir. Ainsi, en matière économique, il revient à l'Etat de veiller au respect d'un équilibre entre la volonté de

---

<sup>38</sup> Cfr. *infra*. pp. 25-26.

préservé certaines activités et la nécessité d'en développer de nouvelles. La puissance publique doit garder à l'esprit les potentielles répercussions de son action et ne pas se focaliser uniquement sur le bénéfice immédiat de son intervention. Cette intelligence est nécessaire en politique ; il est trop facile, en période de crise, de distribuer l'argent public les yeux fermés en attendant la reprise.

## **Chapitre III**

### **Prospective et anticipation**

Ce chapitre est l'occasion d'émettre une réflexion critique vis-à-vis de la prospective en mettant en évidence les limites de celle-ci (Section I<sup>ère</sup>), notamment en raison de la présence de cygnes noirs (Section II) et de la non-anticipation de certaines conséquences de nos actes (Section III).

#### **Section I<sup>ère</sup>**

##### **Limites de la prospective**

Mener une réflexion sur l'avenir d'un domaine et en anticiper les évolutions n'est jamais évident dès lors que la prospective peut rapidement s'avérer hasardeuse et relever de la futurologie la plus approximative à l'instar d'un astrologue peu scrupuleux. Pourtant, traiter des fragilités implique également de savoir gérer les risques.

Une approche fondée sur l'histoire passe nécessairement à côté de certains types d'événements. En effet, si ces éléments historiques furent significatifs à l'époque, c'est précisément car ils étaient inédits comme nous l'avons vu précédemment avec l'exemple du Nil durant l'Égypte ancienne. Par ailleurs, les prospectives peuvent s'avérer dangereuses dès lors qu'elles sont susceptibles d'engendrer des prophéties auto-réalisatrices. Enfin en se persuadant de la véracité de certaines prévisions sur le futur, nous pouvons être amenés à prendre des mesures qui nous engagent durablement et nous empêchent de réagir face aux cygnes noirs.

#### **Section II**

##### **La théorie du cygne noir**

La théorie du cygne noir a été consacrée en 2007 par Nassim Nicholas Taleb<sup>39</sup>. Selon cette théorie, un cygne noir constitue un événement imprévisible présentant une faible probabilité de se dérouler et qui, le cas échéant, engendre des conséquences dont la portée est considérable. Taleb ajoute un élément d'identification supplémentaire, néanmoins facultatif, selon lequel les gens tenteront toujours de trouver des explications *a posteriori* et affirmeront que les éléments permettant d'identifier cet événement étaient visibles. Cette attitude est d'ailleurs typique des historiens qui tentent constamment d'expliquer les raisons des événements passés en listant une série de causes et de facteurs, égratignant au passage les prétendus experts de l'époque qui n'avaient rien vu venir de l'événement qui était sur le point de se dérouler. Une erreur similaire

---

<sup>39</sup> Taleb, N. N. (2007). *The Black Swan : The Impact of the Highly Improbable (Incerto)*. Random House.

est le biais de confirmation par lequel nous cherchons généralement des faits qui viennent donner du crédit à la thèse que nous soutenons, écartant par la même occasion les faits venant fragiliser notre croyance.

Par ailleurs, les cygnes noirs peuvent être asymétriques. Ils peuvent constituer un événement imprévisible et présenter des conséquences significatives pour une partie seulement. Pour illustrer ce caractère asymétrique, Nassim Taleb prend l'exemple de la dinde. Cette dinde est nourrie quotidiennement et chaque jour qui passe la dinde a un peu plus confiance en la personne qui la nourrit. Ce rituel se déroule pendant mille jours et par définition, la confiance de la dinde est au paroxysme le millième jour. Le millième-et-unième jour, nous sommes l'avant-veille de *Thanksgiving* et un événement majeur s'abat sur la dinde. Il est évident que cette fin brutale n'est un cygne noir que pour la dinde, son éleveur était parfaitement au courant de la tournure des événements dès les premiers jours de celle-ci. Du côté de la dinde, on constate que la perte efface en un seul instant l'ensemble des acquis.

Afin d'illustrer les différences entre l'impact des événements, Taleb a identifié deux endroits imaginaires : le Mediocristan et l'Extremistan. Dans le premier monde, les événements pris isolément ne présentent pas d'importance significative alors que dans le second, c'est l'inverse, un seul événement peut engendrer un effet disproportionné. Le Mediocristan est régi par les moyennes, il en est ainsi du poids dès lors qu'une personne peut consommer tous les aliments qu'elle veut durant vingt-quatre heures, elle ne verra jamais celui-ci varier significativement. De la même manière, si nous sélectionnons un panel de cent personnes afin d'en évaluer la taille moyenne, la présence de l'homme le plus grand du monde n'aurait pas de conséquence significative sur la moyenne obtenue. Il en est de même en matière de rémunération d'un salarié ou de sa production. Les personnes issues de ce monde sont peu sensibles au cygne noir. En revanche, au sein de l'Extremistan, les éléments sont régis par les extrêmes. Si nous reprenons notre panel de cent personnes mais que nous évaluons désormais leur patrimoine et qu'Elon Musk est présent dans la pièce, cette fois-ci la présence de ce seul homme « hors-norme » suffit à faire exploser la moyenne. Les personnes évoluant dans cet environnement peuvent doubler leur fortune ou tout perdre en une seule journée. Il en va de même d'un artiste ou d'un sportif. Dans le cadre de leurs activités, ces personnes disposent d'effets de levier et peuvent également consacrer une quantité énorme d'énergie pour un résultat minime et inversement. Les habitants de l'Extremistan sont particulièrement exposés aux cygnes noirs.

S'agissant de l'industrie des semi-conducteurs, compte tenu de l'innovation permanente du secteur, du nombre réduit d'acteurs présents et de la concurrence entre eux ainsi que les bénéfices qui peuvent être tirés d'une seule opération ou à l'inverse, des pertes colossales qui peuvent survenir à la suite d'une mauvaise affaire, on peut considérer que ce marché évolue en Extremistan. Cette industrie est donc sujette aux cygnes noirs et compte tenu de sa grande complexité, anticiper les risques relève de l'impossible. Au mieux, nous pouvons relever les événements passés pour nous préparer à une nouvelle occurrence de ceux-ci mais la probabilité de rencontrer un événement identique est mince et comme nous l'avons vu précédemment, nous passerions à côté des cygnes noirs. Paradoxalement, la complexité de notre monde renforce notre impression de maîtriser la tournure des choses par l'accroissement des données que nous emmagasinons, nous rendant ainsi davantage vulnérables aux cygnes noirs.

Le rôle de ces cygnes noirs est disproportionné et chamboulent totalement le domaine dans lequel ils prennent place. A titre d'exemple, le 11 septembre constitue un cygne noir. Il en va de même pour la première guerre mondiale, la chute de l'U.R.S.S. ou encore l'éruption du volcan Eyjafjallajökull en 2010. A titre individuel, retenons également que nous sommes tous des cygnes noirs, dès lors que notre propre naissance est un événement improbable et imprévisible dont l'effet est particulièrement significatif pour nous. En revanche, l'épidémie de Covid-19 ne semble pas constituer un cygne noir. S'il est vrai que le déclenchement de l'épidémie en tant que tel nous a surpris et qu'anticiper la date à laquelle un tel événement allait se produire est impossible ; il est en revanche certain que l'émergence d'épidémies dans nos sociétés est un phénomène anticipable et que nous savons qu'il va se reproduire. L'histoire regorge d'événements de ce genre<sup>40</sup> et l'augmentation des déplacements ainsi que les changements de notre écosystème résultant des bouleversements climatiques ou encore de la perturbation du cycle de l'eau vont en accroître la fréquence et l'intensité<sup>41</sup>.

### Section III

#### Ce qu'on voit et ce qu'on ne voit pas

En matière de prospective, il convient d'être au moins autant attentif à ce qu'on voit qu'à ce qu'on ne voit pas. En effet s'il peut sembler aisé de prendre des décisions lorsque nous avons à notre disposition les informations nécessaires et opportunes quant aux conséquences de nos actions, il ne faut pas perdre de vue le fait que nous ne disposerions peut-être pas de toutes les informations. En d'autres termes, si nous sommes amenés à trancher entre deux positions et qu'on nous annonce disposer d'éléments permettant de peser le pour et le contre, il se pourrait que subsistent des informations qui n'aient pas été portées à notre connaissance. Que cela soit par malhonnêteté, via la dissimulation ou l'altération d'éléments probants, ou par ignorance, via l'incomplétude des informations recueillies ou le mauvais traitement de l'information brute, nous pouvons passer à côté d'informations cruciales. Ces conséquences imprévues peuvent également survenir par la réalisation des aléas postérieurs à la prise de décision. L'équilibre de la décision, au moment où elle a été prise, peut être modifié drastiquement et il convient d'envisager une réduction de notre exposition à ces aléas.

En outre, il convient de garder à l'esprit qu'une décision, une voie empruntée plutôt qu'une autre, peut nous faire passer à côté d'autres opportunités. En 1850, l'économiste français Frédéric Bastiat<sup>42</sup> écrit *Ce qu'on voit et ce qu'on ne voit pas* sur base de l'idée simple que lorsqu'une action est entreprise, on ne voit pas ou on ne se rend pas compte de ce que cette action va engendrer ou ce qu'elle empêche de faire. Il prend l'exemple de la vitre brisée et de la réaction des gens de dire que cela profitera à l'industrie et que cela donnera du travail au vitrier (ce qui se voit). Ce que Bastiat dénonce ici, c'est qu'en réparant sa vitre, il est certain

---

<sup>40</sup> De très nombreux épisodes de peste sont relatés durant l'antiquité et le moyen-âge dont la terrible peste noire au XIV<sup>ème</sup> siècle qui a décimé notre continent en provoquant la mort de plus d'un tiers de la population.

<sup>41</sup> Dans son ouvrage cygne noir paru en 2007, Taleb écrivait ceci : "As we travel more on this planet, epidemics will be more acute. We will have a germ population dominated by a few numbers, and the successful killer will spread vastly more effectively. I see risks of a very strange acute virus spreading throughout the planet".

<sup>42</sup> Dont nous recommandons vivement la lecture tant les propos ont conservé toute leur pertinence dans le contexte actuel et continuent de surprendre dans le paysage intellectuel français.

que le propriétaire mobilisera une partie de son patrimoine au bénéfice du vitrier mais c'est une somme qui ne bénéficiera pas à l'accomplissement d'un autre besoin (ce qui ne se voit pas). Bastiat arrive à la conclusion que la destruction n'est pas un profit. Ce sophisme correspond à ce que nous appelons le coût d'opportunité, le renoncement auquel nous devons consentir. Une telle réflexion nous invite d'ailleurs à relativiser les bienfaits de la destruction créatrice abordée précédemment.

Avec près d'un siècle d'avance, Bastiat porte une critique forte du keynésianisme d'après-guerre qui pouvait trouver un réconfort dans la reconstruction des pays sinistrés par le conflit. Cette critique conserve sa pertinence quand on constate l'argent public dilapidé en faveur de programmes gouvernementaux dont on peut s'interroger sur l'utilité, si ce n'est électoral pour ceux qui les mettent en œuvre. La poursuite effrénée de la croissance du produit intérieur brut nous conduit également à entreprendre des actions rentables aujourd'hui (ce qui se voit) mais qui engendreront des conséquences sur notre environnement à long-terme et dont les coûts en résultant seront disproportionnés par rapport à ce bénéfice à court-terme (ce qui ne se voit pas). Les deux dernières illustrations que nous prenons concernent l'eau tant nous considérons qu'il s'agit d'un enjeu trop souvent mis de côté et pourtant crucial pour notre avenir. Ainsi en matière énergétique, nos centrales nucléaires utilisent l'eau des fleuves pour assurer leur refroidissement en vue de produire l'électricité nécessaire au fonctionnement de nos infrastructures (ce qui se voit)<sup>43</sup>. Mais cela contribue à l'élévation des températures de l'eau ainsi rejetée occasionnant des effets néfastes sur la faune présente dans le fleuve et aux alentours de celui-ci (ce qui ne se voit pas). Ce qui rejoint une autre problématique à savoir la prise de la pilule contraceptive qui libère assurément les femmes d'une charge mentale (ce qui se voit) mais dont les propriétés se retrouvent dans nos fleuves, occasionnant une féminisation de la faune fluviale (ce qui ne se voit pas)<sup>44</sup>.

On remarque donc que les exemples sont légions et que nous n'aurions pas assez de pages pour illustrer tous les cas d'externalités négatives ignorées par nos actions. André Gide disait : « Choisir, c'est renoncer ». Cet adage nous semble tout à fait approprié. Il peut toujours sembler plus confortable et séduisant de choisir la voie de la facilité mais des décisions, onéreuses et même douloureuses sur le court-terme, peuvent s'avérer gagnantes et profitables sur le long-terme. Nous terminerons sur cette anecdote savoureuse relatée par un autre économiste français, Alfred Sauvy<sup>45</sup>. Alors qu'il n'était qu'un jeune conseiller, Sauvy visitait un chantier en compagnie du ministre des travaux publics de l'époque. Le ministre lui dit alors qu'il trouvait l'ouvrage magnifique mais se désolait de la présence de pelleteuses en affirmant qu'il pourrait y avoir davantage d'emplois créés si l'on donnait des pelles aux ouvriers. Sauvy

---

<sup>43</sup> L'inverse constitue un enjeu d'approvisionnement énergétique. Dès lors que la température des fleuves augmente à la suite du réchauffement climatique, utiliser l'eau pour refroidir les réacteurs s'avère plus complexe.

<sup>44</sup> Sur ce sujet, voy. not. Ahn, B-Y., Kang, S-W., Yoo, J., Kim, W-K., Bae, P-H. & Jung, J. (2012). *Identification of estrogenic activity change in sewage, industrial and livestock effluents by gammairradiation*. Radiation Physics and Chemistry, 81, 1757-1762 ; Jobling, S., Burn, R.W., Thorpe, K., Williams, R. & Tyler, C. (2009). *Statistical modeling suggests that antiandrogens in effluents from wastewater treatment works contribute to widespread sexual disruption in fish living in english rivers*. Environmental Health Perspectives, 117(5), 797-802.

<sup>45</sup> Sauvy, A. (1982). *La Machine et le chômage*. Dunod.

répondit alors au ministre qu'il avait raison et qu'il eut été dans ce cas bien plus indiqué de leur donner des cuillères.

Il convient donc de rester prudent quant à sa prise de décision, de rester humble en admettant ne pas tout savoir et par conséquent, agir avec précaution, en restreignant notre action à ce qui est nécessaire et proportionné. Conserver une porte ouverte vers la modification de la décision prise, voire de revenir sur ses pas purement et simplement. Cette faculté de se ménager une solution de repli est primordiale si nous ne voulons pas nous retrouver pris au piège de nos propres choix.

## **Chapitre IV**

### **Fragilité biologique**

L'objectif de ce chapitre est de mettre en évidence une découverte scientifique impliquant notre cerveau (Section I<sup>ère</sup>) potentiellement dérangeante dès lors qu'elle remet en cause un axiome essentiel de notre modèle politique occidental (Section II). Malgré ce tableau peu encourageant, nous terminerons ce chapitre en nuancant cette faiblesse (Section III).

#### **Section I<sup>ère</sup>**

##### **Présentation du problème**

Lorsque nous écoutons les journalistes, les politiciens ou encore quelques auteurs en mal de lecteurs sur les ondes d'une radio subventionnée, nous sommes frappés par l'incrimination constante des sentiments de l'homme. L'avidité, l'égoïsme ou la méchanceté pure et simple, constitueraient, selon eux, les principaux coupables de tout ce qui ne fonctionne pas dans ce monde.

Au fond, ces prétendus sentiments coupables sont pratiques car l'on se dit qu'il y a moyen de les changer. Dès lors qu'il existe une solution, nous sommes enclins à être rassurés et nous continuons donc notre vie sans nous soucier du reste. Le problème que nous mettons en lumière ici repose sur le constat réalisé par le docteur Sébastien Bohler dans son livre, *le bug humain*<sup>46</sup>. Ce neuroscientifique nous explique qu'au sein de notre cerveau, un organe appelé le striatum, essentiel à notre fonctionnement dès lors qu'il permet la motricité automatique, la motivation ou encore la gestion de la douleur, a habitué l'être humain à poursuivre cinq objectifs permettant la survie de notre espèce. On retrouve parmi ces objectifs, celui de manger, celui de se reproduire, celui d'acquérir du pouvoir, celui d'étendre son territoire et enfin celui de s'imposer dans les compétitions contre d'autres êtres humains. Pour y parvenir, il induit une récompense à notre corps en libérant de la dopamine, une molécule essentielle à la motivation et la poursuite de nos objectifs. A la recherche de cette récompense, notre corps vise à en obtenir toujours davantage, multipliant les expériences propices à sa production, une addiction dont il n'est pas évident de sortir.

---

<sup>46</sup> Bohler, S. (2020). *Le bug humain*. Robert Laffont.

Ainsi, devant faire face à une nourriture aléatoire, les premiers hommes avaient pour habitude de manger au-delà de la satiété, ne sachant pas quand aurait lieu le prochain repas. Or aujourd'hui, bien que certain de l'arrivée du prochain repas, notre for intérieur n'a pas fondamentalement évolué et il nous arrive de manger plus que nécessaire quand bien même nous serions conscients des effets négatifs que cette attitude engendre. Ces comportements, utiles et nécessaires à l'aube de l'humanité dès lors qu'en leur absence nous aurions disparu dès nos premiers instants sur Terre, sont aujourd'hui potentiellement destructeurs dans la mesure où il n'existe pas d'interrupteur du striatum, un élément qui l'enclencherait dans certaines situations et le maintiendrait en veille dans d'autres.

Un facteur aggravant consiste en la sélection naturelle liée à ce processus. En effet, nous avons vu que ces comportements permettant à l'homme de croître dans son environnement. Par conséquent, au fur et à mesure des générations, les hommes présentant ce trait génétique plus développé auront tendance à supplanter les autres. L'homme mangeant davantage ayant plus de chances de survivre aux famines. Le phénomène gagne donc en intensité avec le temps.

Cette théorie scientifique n'est, à l'instar de toute théorie, certainement pas exempte de critiques. Elle nous éclaire néanmoins assurément sur une tendance de notre organisme à engendrer des comportements potentiellement destructeurs et permet d'expliquer pourquoi, en dépit des éléments et des preuves dont nous disposons quant à la dangerosité de certaines attitudes, l'homme poursuit dans cette voie.

## **Section II**

### **Répercussions**

Sébastien Bohler tente d'expliquer, avec cette observation, pourquoi l'homme agit en destructeur de son environnement malgré les signaux d'alerte et les illustrations des bouleversements de notre maison commune auxquels nous sommes chaque année confrontés.

Une répercussion dérangeante selon nous consiste en ce qu'un tel organe revient quasiment à nier l'existence du libre arbitre. Or nos sociétés occidentales modernes reposent sur ce principe. La liberté, ainsi que son corollaire essentiel, la responsabilité, sont les valeurs cardinales de notre vie en société. En termes d'engagements juridiques, de choix économiques ou encore de convictions philosophiques et religieuses, nous sommes persuadés d'agir en conscience.

Même si cette influence du striatum n'est pas absolue, il est certain que cela nous amène à nuancer notre affirmation de la toute-puissance de l'esprit et que nous sommes résolument libres. Cette observation constitue une fragilité importante dès lors qu'elle s'applique à tous, dans des proportions différentes certes, et qu'elle n'est pas évidente à admettre.

### **Section III**

#### **Solutions**

Heureusement, notre cerveau malgré les bugs qu'il est amené à rencontrer, dispose également des moyens permettant de les corriger ou en tout cas de les atténuer. Un autre organe, beaucoup plus connu, le cortex préfrontal, assure quant à lui les fonctions cognitives de l'être humain. Parmi ses nombreuses missions, le cortex préfrontal assure le raisonnement et nous permet de planifier, d'anticiper les événements et de développer des solutions. Nous disposons donc des armes nous permettant de réagir face aux crises.

Pour développer ces armes, il importe de pouvoir compter sur des institutions capables de nous entraîner, de nous former, de nous rendre robustes. De cette manière, il est certain que nous ne sommes pas capables d'éteindre notre striatum mais nous avons l'opportunité de le mettre en balance avec une chose de force équivalente dans notre cerveau en nous posant les bonnes questions et en prônant les solutions qui s'imposent même si elles vont à l'encontre d'un processus reposant sur des milliers d'années d'évolution.

# Troisième partie

## Dépasser la fragilité

*“I have nothing to offer but blood, toil, tears and sweat.”*

**Sir Winston L. S. Churchill**<sup>47</sup>

*“The time to repair the roof is when the sun is shining.”*

**John F. Kennedy**

\*\*\*

Dans cette dernière partie, nous allons d’abord examiner l’enjeu de la robustesse, voire aller au-delà en atteignant l’antifragilité (Chapitre Ier). Dans un second temps, nous proposerons une nouvelle manière de concevoir le risque, une nouvelle approche vis-à-vis ce celui-ci tout en veillant à conserver des options dans les situations complexes (Chapitre II).

## Chapitre I<sup>er</sup>

### Devenir robuste et pourquoi pas antifragile ?

Nous entamons notre troisième partie avec l’analyse du concept de robustesse en le distinguant de l’antifragilité (Section I<sup>ère</sup>) dont nous présenterons les idées et le contenu (Section II).

#### Section I<sup>ère</sup>

##### Distinguer robustesse et antifragilité

Nous avons déjà eu l’occasion d’aborder le concept d’antifragilité développé par Nassim Nicholas Taleb<sup>48</sup>. Nous allons résumer la pensée de l’essayiste en reprenant les idées principales du concept. Taleb a conçu le terme antifragile car il était arrivé à la conclusion qu’il n’existait pas de mot pour décrire l’inverse de la fragilité. Il existe certes des mots tels que robuste, résistant, solide ou encore résilient mais aucun de ces mots n’est en mesure d’exprimer l’inverse de la fragilité. En mathématique, obtenir l’inverse de la fragilité n’est guère compliqué, il suffirait de faire précéder la valeur “fragilité” du signe négatif “-”. C’est précisément ce que Taleb va faire en utilisant le préfixe “anti” et ainsi obtenir “antifragilité”.

---

<sup>47</sup> Ce discours est probablement l’un des plus célèbres de l’homme d’Etat extraordinaire qu’était Winston Churchill. Son talent oratoire n’avait rien à envier à son génie littéraire qui lui valut d’ailleurs le prix Nobel de littérature en 1953 pour son œuvre prolifique, portant notamment sur les peuples de langue anglaise. Pour la beauté de la langue et de l’histoire, nous ne pouvons résister à l’envie de citer l’extrait dans sa version complète : “ I would say to the House... that I have nothing to offer but blood, toil, tears and sweat. We have before us an ordeal of the most grievous kind. You ask, what is our policy? I will say: it is to wage war, by sea, land and air, with all our might and with all the strength that God can give us; to wage war against a monstrous tyranny, never surpassed in the dark, lamentable catalogue of human crime. That is our policy. You ask, what is our aim? I can answer in one word: it is victory, victory at all costs, victory in spite of all terror, victory, however long and hard the road may be; for without victory, there is no survival. ”.

<sup>48</sup> Taleb, N. N. (2014). *Antifragile : Things That Gain from Disorder (Incerto)*. Random House Publishing Group.

Le terme créé, encore faut-il savoir ce qu'il recouvre. Selon Taleb, là où un élément fragile est sujet à l'altération par l'effet du hasard, de l'incertitude ou de la volatilité à l'instar d'un carton de vaisselles sur lequel on aurait écrit "fragile" en caractère rouge pour inviter à la plus grande prudence lors de la manipulation de celui-ci ; il faudrait concevoir un élément qui ne demeurerait pas seulement intact par l'effet du hasard, de l'incertitude ou de la volatilité mais qui verrait ses propriétés améliorées par cet effet. En guise d'illustration, l'ancien trader nous invite à considérer un feu de forêt qui sous l'effet du vent va gagner en intensité, il peut exister des produits financiers antifrags dans la mesure où certains investissements bénéficient des instabilités sur les marchés ou encore l'Hydre de Lerne, cette créature mythologique dont deux têtes poussent lorsqu'une est coupée. On peut encore songer aux religions et aux idéaux politiques dont la ferveur des croyants et l'adhésion des militants sont raffermies dans l'adversité et la persécution.

Nous sommes donc bien au-delà de l'idée de robustesse, celle-ci reste insensible au hasard, à l'incertitude et à la volatilité. Il y a une invariabilité du robuste, l'événement ne l'altère pas mais ne l'améliore pas non plus. Ainsi, le phénix est un être robuste, il renaît de ses cendres, sans être amélioré par cette épreuve.

## **Section II**

### **Ce qui ne nous tue pas nous rend plus fort**

L'antifragilité permet d'accroître les qualités de l'être ou des choses semblables. Par exemple, en matière d'aviation, on peut considérer que chaque accident accroît la sûreté de l'industrie aéronautique dans son ensemble ; on tient comptes des erreurs et on améliore les avions. Taleb fait remarquer à cet égard que le Titanic, bien qu'il constitue une tragédie pour les personnes concernées, a permis de sauver des dizaines de milliers de vie en un siècle en apprenant des erreurs commises.

Tous ces exemples ont une chose en commun, ils sont antifrags jusqu'à un certain point. En effet, il arrive un moment où l'événement va annihiler les effets bénéfiques. C'est ainsi qu'un vent trop fort finira par éteindre la flamme ou que Hercule parvient à vaincre l'Hydre en cautérisant les chairs à l'aide de braises, empêchant les têtes de repousser et l'achèvera en enterrant la tête immortelle sous un rocher.

## **Chapitre II**

### **Changer de paradigme**

Nous entamons notre réflexion avec une méthode empruntée à Nassim Taleb reprenant lui-même une doctrine de l'antiquité (Section Ière). Dans un deuxième temps, nous traiterons de la question des options qui s'offrent à nous et nous permettent de nous adapter aux circonstances de notre environnement (Section II). Enfin, nous proposerons une méthode originale pour garantir la robustesse des organisations tant dans leur conception que dans leur fonctionnement (Section III).

#### **Section Ière**

##### **La *via negativa***

Nassim Taleb part du principe que, dans un monde complexe, nous ignorons beaucoup de choses. Afin d'apporter une réponse à une question, il convient donc de raisonner par soustraction plutôt que par addition. Dès lors que nous ne savons toujours pas ce que nous pouvons ajouter, et dans quelles proportions, pour régler une difficulté, il est préférable de retirer ce qui nuit. Ce raisonnement reprend d'ailleurs la méthode épistémologique développée par le philosophe Karl Popper, la réfutabilité. Selon cette méthode, une hypothèse, quelle qu'elle soit, constitue une théorie scientifique à partir du moment où elle est réfutable. C'est-à-dire qu'elle peut être contredite empiriquement.

Taleb ajoute qu'un surcroît de données peut nous faire passer à côté de l'essentiel. Ainsi, l'auteur prend les cygnes noirs (l'animal pas l'événement) comme exemple. Si je vois un cygne blanc pour la première fois, je ne peux pas affirmer pour autant que tous les cygnes de la Terre soient blancs. Néanmoins, si j'observe des centaines de cygnes blancs sans jamais rencontrer de cygnes noirs, j'aurai tendance à affirmer que tous les cygnes sont blancs. Or, il suffit d'un seul cygne noir pour réfuter l'affirmation selon laquelle tous les cygnes sont blancs (principe de réfutabilité).

Cette logique consistant à agir négativement plutôt que positivement trouve de nombreuses applications pratiques dans notre vie quotidienne. C'est ainsi qu'en médecine, l'adage *primum non nocere* que l'on doit à Hippocrate relève de cette idée dès lors qu'il est préférable de ne pas agir à outrance. Taleb avance l'hypothèse que les vertus médicales prêtées aux religions relèveraient probablement davantage de l'éloignement du patient des thérapies médicales.

Nous avons déjà relevé les bienfaits du non-interventionnisme<sup>49</sup>. Cette théorie ne s'arrête pas à la politique ou à la médecine. Plutôt que de chercher à briller par des prouesses automobiles, il vaut mieux éviter les accidents ; en droit, la sécurité juridique des commandements prescrivant des interdits est plus grande que celle des commandements prescrivant des obligations de faire. En affaires, il convient de chercher avant tout à ne pas faire faillite. Nous pourrions poursuivre sur cette voie très longtemps mais nous pensons que le lecteur a compris la logique qui sous-tend la *via negativa*. L'auteur nous confie une heuristique simple à comprendre : "les charlatans se reconnaissent au fait qu'ils vous donnent des conseils positifs, et uniquement positifs".

---

<sup>49</sup> Cfr. *supra*. pp. 22-23.

## Section II

### Conserver des options

Nous avons vu précédemment que l'anticipation peut s'avérer être un exercice délicat et souvent défaillant<sup>50</sup>. Néanmoins, bien que nous ne soyons pas en mesure de prévoir ce qui va se produire dans le futur et encore moins si futur il y aura, il convient toujours de se ménager quelques options, des alternatives si le plan A venait à échouer. Plus vous disposez d'issues de secours, plus vous êtes robustes. Si ces issues de secours vont font emprunter une voie plus profitable encore alors vous devenez antifrangible.

Prenons l'exemple d'un chauffeur de taxi, ses revenus sont évidemment aléatoires, certains jours sont rentables, d'autres non, mais lorsqu'il fait la moyenne annuelle, son revenu est similaire est à celui d'un employé dont le revenu ne varie jamais. Toutefois, ce chauffeur est robuste grâce aux options dont il dispose, en effet si ses affaires se portent moins, il lui suffit d'envisager un autre quartier, un autre créneau horaire ou encore cibler une clientèle différente. L'employé, en revanche, est dans une position beaucoup plus fragile, il peut perdre subitement son emploi et en retrouver un nouveau n'est pas nécessairement aisé, surtout s'il a atteint un certain âge. On peut ajouter un aspect antifrangible à l'activité du chauffeur de taxi ; Taleb prend l'exemple d'une dame fortunée qui lui demande de l'emmener à plusieurs centaines de kilomètres car les avions n'étaient plus en mesure de voler à la suite de l'éruption de l'Eyjafjallajökull ; une telle opération lui apportant, en une seule fois et sans difficulté, un revenu exceptionnel. Cet exemple est intéressant car il n'est pas évident en apparence. Instinctivement, nous serions tentés de croire que la position de chauffeur de taxi n'est pas enviable. Si cela est probablement vrai compte tenu de certains aspects, il n'en demeure pas moins qu'il s'agit d'une position robuste et même antifrangible. On voit ici que le chauffeur de taxi dispose d'options, il peut changer de plan si l'initial ne répond plus à ses attentes.

Ces options sont essentielles sur le plan stratégique. Être face au mur, outre le stress que cela induit, vous empêche de prendre de bonnes décisions dès lors que vous n'avez bien souvent ni le temps ni les alternatives pour le faire. Vous vous retrouvez à la merci des événements, espérant que tout se passe normalement et pouvant tout perdre en cas de difficultés. Dans l'industrie des semi-conducteurs, les entreprises reviennent sur la logique du flux tendu, elles ont constaté les limites de ce modèle présentant certes des intérêts sur le plan économique mais dont les avantages sont extrêmement réduits face aux inconvénients. En effet, s'il est certain qu'en ne constituant pas de stock, l'entreprise peut espérer une réduction de ses coûts, un cygne noir suffit à stopper complètement l'activité, lui faisant ainsi perdre l'équivalent de plusieurs années d'économies sur sa gestion des stocks, voire tout bonnement faire faillite. Dans un monde de plus en plus complexe dans lequel les cygnes noirs se multiplient, ces économies ne justifient plus – si tant est que ce fut un jour le cas – une telle prise de risques. En disposant des moyens de produire localement, en constituant des stocks de réserve ou encore en payant d'avance vos matières premières, vous vous ménagez des options et gagnez en robustesse. Le cas échéant, une situation d'antifragilité pourrait se profiler si vous parvenez à vendre un

---

<sup>50</sup> Cfr. *supra*. pp. 23-27.

surplus de stock en période de crise à des entreprises bien moins prévoyantes que vous et prêtes à payer un prix beaucoup plus élevé.

Pour devenir antifrangible, répartissez votre mode de vie. Conservez, pour une part relativement importante, une activité fiable et prudente qui vous permet de dégager un revenu régulier avec un risque minimum et de l'autre côté, pour une part réduite, privilégiez l'incertitude, le hasard et la volatilité. Investissez votre épargne, en majeure partie, dans des instruments financiers offrant une large diversification et en obligations helvètes et, avec une portion plus réduite de celle-ci, prenez des risques plus soutenus grâce à des actions sur des secteurs d'avenir (le traitement de l'eau, les nouvelles technologies, ...) ou encore des cryptomonnaies. De cette façon, quand vous perdez, vous perdez peu mais lorsque vous gagnez, vous gagnez gros. Par exemple, Albert Einstein entra, en 1902, au Bureau fédéral de la propriété intellectuelle à Berne. Une activité prévisible et stable qui lui laissait suffisamment de temps et d'énergie pour se consacrer à ses travaux.

### **Section III**

#### **Robustesse dans la conception et le fonctionnement**

Après avoir exposé la nécessité de se ménager des options et de préférer la non-intervention ou l'intervention négative, il convient de présenter une théorie relative à la robustesse dans les différentes étapes d'un processus. Cette méthodologie s'applique tant aux organisations, qu'aux individus ou encore au monde des idées.

##### *Sous-section I<sup>ère</sup>*

##### *Robustesse by design*

La robustesse *by design*, ou dès la conception, consiste à prendre en compte, dès les premières étapes de réalisation d'un ouvrage, quel qu'en soit la nature, les éventuelles fragilités dont il pourrait souffrir et y apporter des remèdes. Cela revient à constamment s'interroger sur ces fragilités et essayer, dans la mesure du possible, de les supprimer ou d'en atténuer les conséquences en cas de survenance de l'événement engendrant le dysfonctionnement.

Par exemple si nous concevons une chaîne de production nécessitant des matières premières, nous allons nous en garantir l'apport par des fournisseurs différents répartis dans le monde ou encore prévoir une autoproduction si cela s'avère réalisable. De la même façon, nous veillerons à ne pas rassembler les compétences critiques pour l'organisation au sein d'une personne ou d'un nombre très restreint de personnes. Nous serons également attentifs à ne pas trop dépendre exclusivement de la dette pour assurer notre financement mais bien de veiller à un équilibre opportun en fonction de nos objectifs entre capital et dettes.

En politique, le gouvernement ne doit pas tenter d'anticiper les événements comme nous l'avons vu mais bien d'examiner quelles sont les fragilités auxquelles l'Etat est confronté. Ainsi nous sommes d'accord pour considérer que notre dépendance aux énergies fossiles en provenance de l'étranger est un enjeu majeur auquel nous devons répondre urgemment tant pour des motifs liés à l'environnement qu'à la sécurité de notre approvisionnement. Par

conséquent, nous devons développer une nouvelle stratégie énergétique qui vise à accroître nos capacités de production d'énergies décarbonées. Concomitamment, nous devons envisager une réduction de nos consommations d'énergie, cela passe notamment par une utilisation plus rationnelle de l'énergie.

Néanmoins, il ne faudrait pas recréer d'autres fragilités en voulant se débarrasser des fragilités initiales ou alors dans une moindre mesure. Si nous reprenons notre exemple de l'énergie, en nous focalisant uniquement sur l'électricité produite à l'aide de centrales nucléaires, nous courrons le risque d'augmenter la température des fleuves nécessaires au refroidissement des réacteurs ou de créer une dépendance trop importante à l'uranium. Retenons toujours qu'il y a ce qu'on voit (indépendance, décarbonisation, ...) mais il y a également ce qu'on ne voit pas (température des fleuves, dépendance en uranium, coût de l'entretien des centrales, ...) et qu'aucune solution ne peut être présentée comme parfaite. Comme le dit l'adage populaire, il ne faut pas mettre tous ces œufs dans le même panier et c'est valable également dans notre cas ; il convient d'entretenir un mix énergétique.

### *Sous-section II*

#### *Robustesse by default*

La robustesse *by default* est le corollaire de la précédente et consiste à conserver, durant tout le fonctionnement de l'ouvrage, un haut niveau de robustesse. Il peut arriver en effet que nous soyons animés des meilleures intentions au début mais que par l'effet du temps, notre ouvrage se laisse aller et que nous ne soyons plus aussi exigeants à l'égard des critères de robustesse initiaux. Pour pallier cette conséquence, il convient de prévoir que le système puisse s'autoréguler d'une certaine façon en n'étant pas significativement exposé aux actions des personnes le manipulant. Il importe également de garantir à notre ouvrage suffisamment de flexibilité afin de répondre aux modifications brusques des circonstances et d'en garantir la simplicité.

C'est pourquoi il faut impérativement empêcher les phénomènes de type bureaucratique ou les situations de *too big to fail* de prévaloir. Un des moyens les plus efficaces de se prémunir de ces situations est de limiter la taille des organisations tout en conservant de garde-fous permettant de tenir compte de la situation concurrentielle sur le marché ou de l'absolue nécessité de rassembler différents services amenés à collaborer. Par exemple, nous pourrions envisager un système dans lequel une entreprise, si elle venait à prendre une place trop importante, soit démantelée en différentes entités. Les mécanismes de droit de la concurrence prévoient ce type de réorganisation<sup>51</sup>. On pourrait également prévoir un système où à partir d'une certaine taille, l'entreprise entre dans une catégorie systémique dans laquelle elle perdrait certaines prérogatives comme la politique de rémunération de son management ; les dirigeants étant alors encouragés à conserver leur entreprise sous les seuils en question en recourant, par eux-mêmes, à des réorganisation.

---

<sup>51</sup> L'exemple le plus connu est probablement le démantèlement de la *Standard Oil Company* en 1911 en 34 entités suite à un arrêt rendu par la Cour suprême des Etats-Unis (*Standard Oil Co. of New Jersey v. United States*).

Un raisonnement analogue peut être tenu à l'égard des organisations publiques<sup>52</sup> en prévoyant que l'Etat réduise l'importance de son intervention<sup>53</sup>. Cette réduction pouvant être atteinte par une intervention limitée dans le fonctionnement du pays en se concentrant sur certains domaines seulement ; comme la sphère régaliennne, l'assurance d'une protection sociale minimale ainsi que la prévention des risques systémiques. Cette réduction de l'intervention peut également être obtenue en distribuant le pouvoir au travers de différentes entités autonomes du pays ; il s'agit alors d'un modèle fédéral dont les formes peuvent varier d'un Etat à l'autre. A cet égard, la Suisse repose sur un modèle dans lequel l'échelon fédéral n'intervient que dans un nombre restreint de situations ; ce sont les cantons qui ont la main dans la majorité des cas. Couplé à une solide tradition de démocratie directe mis en œuvre par la pratique récurrente du referendum, la Suisse est souvent présentée, à raison selon nous, comme un modèle de durabilité et d'équilibre politique. Le modèle helvète est de surcroît antifragile dans la mesure où il constitue une solution de repli en cas de crise pour des personnes en quête d'un havre de paix.

---

<sup>52</sup> On pourrait croire que les règles d'organisation d'un Etat ressortent de la robustesse *by design*. Ce n'est pas entièrement faux mais nous avons préféré la seconde catégorie car même si les règles relèvent en effet d'une approche liée à la conception de l'organisation, leur interprétation et la volonté politique qui les met en œuvre relève du fonctionnement. Les normes ont un effet sur le fonctionnement des organisations mais il ne faut jamais omettre l'effet significativement plus important de l'usage qui en est fait.

<sup>53</sup> Nous avons abordé précédemment les effets négatifs d'une intervention importante de la puissance publique, *cfr. supra*. pp. 22-23.

# Conclusion

*“L’imagination gouverne le monde.”*

**Napoléon I<sup>er</sup>**

*“Innovation distinguishes between a leader and a follower.”*

**Steve Jobs**

\*\*\*

Ce travail aura constitué un beau voyage au travers de domaines que nous avons voulu variés. Des composants électroniques produits tout autour du globe au striatum logé au cœur de notre cerveau, nous avons constaté que les fragilités étaient partout, y compris là où on les ignore – surtout là où on les ignore. En effet, à partir du moment où vous êtes conscient d’une fragilité, même si vous n’êtes pas en mesure de la corriger immédiatement, vous êtes capables d’en tenir compte et de réduire votre exposition au risque par précaution.

Face à ces fragilités, nous avons vu qu’il convenait de rester humbles. Nous ne comprenons pas tous les contextes et nos biais mentaux, sociologiques, culturels ou idéologiques sont susceptibles de nous empêcher de poser des diagnostics opportuns. Il ne faut néanmoins pas rester sur le côté les bras croisés et attendre que cela passe. Car s’il est vrai que toute chose retrouve toujours un équilibre, y compris la Terre, celui-ci peut être atteint au détriment de l’humanité.

Nous devons donc proposer un modèle politique fondé sur la prise en compte des fragilités au-delà des clivages habituels en la matière. Nous devons privilégier les pistes et les réflexions qui nous permettent d’être moins fragiles, d’être robustes et même d’être antifrágiles le cas échéant. Le risque sous l’angle des fragilités comme théorie politique. Il peut s’agir d’un modèle idéologique fondé sur la liberté individuelle mais qui doit alors en accepter toutes les conséquences, y compris le sens des responsabilités, notamment notre responsabilité à l’égard de notre maison commune. Un modèle que l’on peut qualifier de libéral certes mais qui, face à des enjeux systémiques, peut et doit accepter des mesures coercitives. En effet nous avons vu que même si nos sociétés étaient convaincues du primat du libre arbitre, celui-ci devait être nuancé dans certaines situations dès lors que notre propre cerveau, machine pourtant magnifique, capable des plus grandes prouesses, pouvait être la victime de ses biais et de sa biologie. Par ailleurs, même si nous croyons en la pertinence d’une autorégulation dans une série de contextes et que par conséquent il importe de laisser la main aux individus de prime abord, des erreurs demeurent possibles et face à l’urgence de certaines situations, il n’est probablement plus possible de raisonner par essais et erreurs et que des mesures drastiques, peut-être disproportionnées, vont devoir être prises. Plus nous attendons pour réagir face aux fragilités, plus nos marges de manœuvre sont réduites et moins nous pouvons malheureusement laisser de place à la nuance et à la proportionnalité, quand bien même cela demeure des notions très importantes lorsqu’il s’agit de prendre des décisions.

Ce travail fut l'occasion de présenter des idées et des concepts dont nous espérons qu'ils inspireront le lecteur dans la conduite de ses activités quotidiennes. Notamment l'idée que nos actes engendrent toujours des conséquences et que nous pouvons en ignorer certaines par aveuglement. Nous devons constamment être prudent et ne pas se précipiter dans une voie séduisante en apparence mais dont les externalités pourraient empirer la situation.

Notre fil conducteur a permis de mettre en évidence des écueils majeurs de notre modèle industriel. Ainsi la logique du flux tendu est susceptible d'occasionner des dégâts colossaux dans certaines circonstances. Ces circonstances d'incertitude et de hasard sont inhérentes au monde complexe dans lequel nous vivons ; celui-ci engendrant des cygnes noirs toujours plus nombreux dont nous devons réduire les conséquences sur nos activités. Il convient donc de revoir l'efficacité de notre modèle industriel. Nous ne croyons pas, comme certains, à la fin du modèle économique fondé sur la mondialisation. Nous pensons qu'il y aura toujours des échanges et que cela n'est pas dénué de fondements dès lors que nous ne pouvons pas être spécialisés dans tous les domaines. Néanmoins il est certain que nous allons assister, pour des raisons logistiques et environnementales, à une remise en cause partielle de la mondialisation et qu'il ne fait aucun doute que certaines productions, identifiées à tort ou à raison, comme stratégiques vont retrouver une dynamique locale et continentale.

Nous sommes évidemment conscients de la difficulté inhérente à la conduite de telles réformes et qu'en la matière, les recommandations peuvent rapidement devenir des incantations. C'est toutefois la raison pour laquelle nos dirigeants sont supposés être performants. S'agissant de nos représentants politiques, la lourdeur de la tâche est précisément la raison pour laquelle ils sont investis de tels pouvoirs. Car même s'ils ont tendance à l'oublier à force d'entendre que la classe politique est impuissante et que son action doit se cantonner à tracer des plans de zonings commerciaux et lancer la construction de ronds-points, les représentants politiques disposent de pouvoirs exorbitants. Le pouvoir politique, celui de prendre des lois, peut définitivement peser sur l'avenir de nos sociétés, il faut juste en avoir l'envie et disposer du courage nécessaire à la prise de telles mesures. Cela ne viendra pas uniquement de nos élus, c'est également à nous, électeurs, de leur donner les moyens de gouverner et de les laisser agir. Nous devons accepter que des mesures doivent être prises et nous devons garder à l'esprit que plus nous tardons à agir, plus les conséquences de ces rattrapages perdront en efficacité<sup>54</sup> et seront difficiles à assumer dans nos vies quotidiennes.

Notre cerveau dispose de capacités extraordinaires à produire et à innover. Certes nous pouvons compter sur le progrès technologique pour trouver des solutions face à certaines facettes du problème mais nous n'échapperons pas à une remise en cause de certains dogmes auxquels nous sommes fermement attachés. Même si nous sommes personnellement émerveillés par le progrès technologique, par les avancées que des génies accomplissent chaque jour et par les frontières de notre monde humain qui ne cessent d'être repoussées, l'innovation ne pourra pas nous sauver de tout, et notamment de nous-mêmes.

---

<sup>54</sup> Les effets des changements climatiques sont irréversibles à l'échelle humaine. Comme le rappelle le spécialiste du climat et de l'énergie, Jean-Marc Jancovici, la dérive climatique est aujourd'hui inscrite dans les lois de la physique. Ainsi, il faut attendre approximativement 10.000 ans pour épurer un surplus de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, la cryosphère, quant à elle, met plusieurs milliers d'années à se réguler suite à un surplus de CO<sub>2</sub>.

# Bibliographie

## Livres

- Ngô, Christian et Hélène Ngô. *Physique Des Semi-Conducteurs* - 4e Édition. DUNOD, 2012.
- Bus, F. F. (2020). *À l'époque où les puces font leurs lois : Histoire des semiconducteurs vécue de chez Texas Instruments*. BoD.
- Taleb, N. N. (2014). *Antifragile : Things That Gain from Disorder (Incerto)*. Random House Publishing
- Taleb, N. N. (2018). *Skin in the Game*. Penguin Random House.
- Leeson, N. (1996). *Rogue Trader : How I Brought Down Barings Bank and Shook the Financial World*. Little, Brown & Company.
- Crozier, M., Friedberg, E., *L'Acteur et le système*, Editions du Seuil, 1977.
- Taleb, N. N. (2007). *The Black Swan : The Impact of the Highly Improbable (Incerto)*. Random House.
- Sauvy, A. (1982). *La Machine et le chômage*. Dunod.
- Bohler, S. (2020). *Le bug humain*. Robert Laffont.

## Articles de presse

- *Tesla set to pay for chips in advance in bid to overcome shortage*, Financial Times, 27 mai 2021
- *Volkswagen to design chips for autonomous vehicles, says CEO*, Reuters, 30 avril 2021
- Malingre, V., & Stroobants, J. (2022, 14 mai). *Thierry Breton : « Ni dépendance ni soumission » vis-à-vis des Etats-Unis*. Le Monde.
- Lee, J. (2020, 15 décembre). *Would China Invade Taiwan for TSMC ?* The Diplomat.
- Bouissou, J. (2021, 3 novembre). *La Chine tente de prendre le contrôle d'entreprises européennes de semi-conducteurs, y compris en France*. Le Monde.
- Leplâtre, S. (2021, 26 avril). *Semi-conducteurs : la faille chinoise*. Le Monde.

## Articles scientifiques

- Wang-Erlandsson, L., Tobian, A., van der Ent, R.J. *et al.* A planetary boundary for green water. *Nat Rev Earth Environ* (2022)
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières. (2021, 16 octobre). *Le silicium : un élément chimique très abondant, un affinage stratégique*.
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières. (2019, 24 avril). *Retour à la normale du marché de l'alumine, après une année 2018 turbulente*.
- D. Nugent et B. K. Sovacool, *Assessing the lifecycle greenhouse gas emissions from solar PV and wind energy: A critical meta-survey*, Energy Policy, vol. 65, p. 229-244, février 2014.
- Ahn, B-Y., Kang, S-W., Yoo, J., Kim, W-K., Bae, P-H. & Jung, J. (2012). *Identification of estrogenic activity change in sewage, industrial and livestock effluents by gammairradiation*. Radiation Physics and Chemistry, 81, 1757-1762
- Jobling, S., Burn, R.W., Thorpe, K., Williams, R. & Tyler, C. (2009). *Statistical modeling suggests that antiandrogens in effluents from wastewater treatment works contribute to widespread sexual disruption in fish living in english rivers*. Environmental Health Perspectives, 117(5), 797-802

## Vidéos

- Discours, H. (2021, 4 janvier). *L'effet Transistor. Principe de fonctionnement du transistor bipolaire NPN. Analogie Hydraulique*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Zjw7Prg5244>

## Communiqués de presse

- World Semiconductor Trade Statistics (WSTS). (2022, 18 mars). *The Worldwide Semiconductor Market was up 26.2 percent in 2021, and is expected to show a further growth of 10.4 percent in 2022*
- IBM. (2021, 6 mai). *IBM Unveils World's First 2 Nanometer Chip Technology, Opening a New Frontier for Semiconductors*.
- IC Insights. (2022, 5 avril). *Chinese Companies Hold Only 4% of Global IC*.
- IC Insights. (2022, 26 avril). *Top 10 Companies Hold 57% of Global Semi Marketshare*.

Prendre des décisions dans un contexte incertain est assurément une tâche difficile auxquelles les dirigeants et les équipes opérationnelles sont quotidiennement confrontés. Tenir compte de l'ensemble des événements susceptibles d'occasionner des dégâts aux organisations relève quasiment de l'impossible, surtout au sein d'un monde complexe dans lequel les cygnes

**UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN**  
Louvain School of Management

Place des Doyens, 1 bte L2.01.01, 1348 Louvain-la-Neuve  
Boulevard Emile Devreux 6, 6000 Charleroi, Belgique  
Chaussée de Binche 151, 7000 Mons, Belgique

[www.uclouvain.be/lsm](http://www.uclouvain.be/lsm)