

Introduction

1. Intention générale

L'année 2020 a marqué un tournant dans le rapport qu'entretiennent les entreprises, et plus largement nos sociétés contemporaines, avec les technologies digitales. Depuis la pandémie de la Covid-19, la digitalisation apparaît comme « la solution » pour faire face aux difficultés et relever les nombreux défis auxquels elles sont confrontées. La presse professionnelle et grand public, les sociétés de conseil, voire certains chercheurs, présentent la digitalisation comme un phénomène strictement contemporain. Les récentes crises (depuis celle de la Covid-19) semblent effectivement accélérer la transformation digitale de pans entiers d'activités en lien avec l'adoption massive de technologies digitales dites aussi 4.0 (dont l'IA (intelligence artificielle) fait partie). Néanmoins, la transformation digitale s'est amorcée depuis plusieurs décennies dans de nombreux secteurs d'activité, notamment dans les secteurs dits industriels.

1.1. Étudier le processus de digitalisation et les transformations associées

Historiquement, les preuves du développement de techniques pour traiter, mémoriser et/ou échanger des données, sont anciennes, et leur diffusion s'est toujours accompagnée d'importantes transformations tant à l'échelle individuelle, professionnelle que sociétale (c'est le cas

du boulier, de l'imprimerie, de la règle à calcul...). L'avènement dans les années 1940 puis la diffusion à grande échelle à partir des années 1980 de technologies permettant de numériser puis de digitaliser les informations ont néanmoins représenté d'importantes ruptures.

Mais la digitalisation ne se limite pas à l'adoption de TIC (technologies de l'information et de la communication). Elle comprend aussi l'adoption de systèmes qui intègrent de l'électronique ce qui permet de « communiquer » avec eux. Il est ainsi possible de capter des données au plus près du terrain des opérations, de les remonter vers des SI (systèmes d'information) qui pourront ensuite les mémoriser, les traiter et les communiquer si nécessaire. En retour, les SI peuvent piloter ces systèmes « opérants » en leur envoyant des instructions. La digitalisation comprend donc aussi l'utilisation de réseaux de communication (grâce à des câbles, des fibres optiques ou des satellites) pour établir des communications locales ou « à distance ».

Depuis les années 2000, l'ouverture d'Internet a constitué un nouveau tournant de la transformation digitale des organisations avec l'extension de la capacité de communication interne et externe des entreprises et le développement de nombreuses formes de e-commerce (B2B (*Business-to-Business*), B2C (*Business-to-Consumer*) et C2C (*Consumer-to-Consumer*). L'expression « transformation digitale » ne s'est cependant véritablement imposée dans les entreprises qu'au début des années 2010 (Dudézert, 2018) avec la diffusion massive des smartphones et autres tablettes conférant une mobilité et connectivité quasi permanentes aux individus (qu'ils soient salariés, clients, consommateurs ou citoyens), mais aussi avec la diffusion des technologies dites 4.0 dans les entreprises.

Dans cet ouvrage nous avons choisi d'adopter une approche relativement large de la digitalisation. Si nous souscrivons à l'intérêt de distinguer numérisation et digitalisation (Dudézert, 2018), il nous semble indispensable, dans le contexte des entreprises, d'adopter une perspective qui les articule et les appréhende selon un *continuum* (voir Encadré 1). Elle nous permettra de montrer à quel point la digitalisation est affaire de continuité (avec une persistance de technologies numériques « historiques »), de complémentarité (les technologies de toutes générations coexistent et interagissent les unes avec les autres), mais aussi une rupture (avec l'ajout des technologies les plus récentes porteuses de transformations d'une autre nature).

Encadré 1. Distinguer et articuler numérisation et digitalisation / technologies numériques et digitales

Il est d'usage de distinguer technologies numériques et technologies digitales. Plusieurs critères sont utilisés pour justifier cette distinction : historique, technologique et impact.

Les technologies « numériques » sont les premières à avoir été utilisées et ont permis de passer d'un monde analogique à un monde numérique. Le terme anglo-saxon *digitization*, qui vient de *digit*, correspond à la numérisation, qui s'accompagne d'une dématérialisation des informations, des documents, voire de certains produits (ex. : les livres, la musique, les films).

Les technologies « digitales » ont été nommées comme telles au tout début des années 2010. Elles regroupent deux types de technologies : celles qui s'utilisent avec les doigts (comme les smartphones, tablettes), d'où le terme anglo-saxon de *digitalization*, en lien avec *digital*, et les technologies de l'industrie 4.0 fondées sur la production, l'exploitation et la valorisation d'importants volumes de données hétérogènes.

La nature et l'ampleur des transformations liées à l'usage massif des technologies digitales justifieraient par ailleurs de les distinguer, même si les technologies numériques ont été, en leur temps, elles aussi sources de disruptions.

L'ouvrage montrera que la distinction numérisation/digitalisation n'est pas toujours facile à faire et n'est pas nécessairement pertinente, justifiant d'adopter une perspective intégrative.

Analyser la digitalisation demande par conséquent une prise de recul historique, une réflexion avec un prisme plus macroscopique que microscopique, et une vision prospective créative, ouverte mais aussi critique.

En cohérence avec cette perspective large et intégrative, nous considérons que la digitalisation est un processus complexe qui s'inscrit dans un temps long et qui est influencé par de nombreux facteurs. Elle repose bien sûr sur ceux qui imaginent et/ou créent les technologies et ceux qui les fabriquent et les mettent à disposition. Elle repose surtout sur les entreprises et les individus qui les adoptent et qui en font usage dans leur métier et leur vie quotidienne. Cette adoption est généralement motivée par la volonté d'explorer et d'exploiter des opportunités offertes par ces technologies. Cette adoption peut

néanmoins se traduire par des usages à petite échelle, dont la portée et l'impact sont limités. Elle peut parfois donner lieu à un abandon temporaire ou définitif de la technologie faute de réelle utilité ou de bénéfices avérés. Elle peut aussi conduire à une adoption généralisée et une diffusion massive pouvant conduire à des transformations de grande ampleur sur plusieurs échelles. Les usages eux-mêmes de ces technologies influencent, en retour, le processus de digitalisation et la transformation digitale associée.

L'objet du présent ouvrage est l'étude sur un temps long de ce processus complexe. Plus particulièrement, l'objectif est d'étudier la dynamique des transformations qui accompagnent l'adoption, l'usage et la diffusion de ces technologies numériques et digitales ainsi que les mécanismes sous-jacents. Pour mener ce type d'enquête, il était nécessaire de contextualiser l'étude. Notre choix s'est porté sur les entreprises industrielles.

1.2. Étudier la transformation digitale des entreprises industrielles

Rappelons qu'un secteur industriel regroupe un ensemble d'activités qui débouchent sur la fabrication en série de produits. Une entreprise industrielle est donc caractérisée par la production en masse ou en série d'une même catégorie de produits. On distingue plusieurs secteurs industriels qui ont fait l'objet de classifications dès les années 1940, tant à l'échelle nationale (en France dès 1947 par l'Insee (Institut national de la statistique et des études économiques)), qu'au niveau d'instances internationales (dès 1948 par les Nations unies). Ce délicat travail d'élaboration de nomenclatures industrielles (Guibert *et al.*, 1971) témoigne de l'importance économique de ces secteurs d'activité.

Depuis le début de l'industrialisation, les secteurs industriels (ex. : textile, automobile, agroalimentaire, aéronautique, électronique) ont connu une perpétuelle évolution. Celle-ci est liée non seulement à l'évolution sociale et économique des pays, aux besoins de la société, aux choix politiques (ex. : en matière de politique industrielle), mais aussi à l'évolution de réglementations propres à chaque pays ainsi qu'à diverses échelles internationales (par exemple en matière de fiscalité, de sécurité, de droit du travail, ou de normes environnementales).

L'évolution des secteurs industriels est aussi fortement liée à l'évolution des technologies, dont certaines ne sont pas toujours au cœur de leur métier.

L'industrialisation, qui a été considérée comme une « révolution », s'est accompagnée de l'adoption de nombreuses innovations technologiques dans de nombreux domaines (ex. : de nouvelles énergies, de nouveaux procédés de fabrication, de nouvelles matières) en lien avec le développement de connaissances scientifiques. Sans porter de jugement sur le phénomène spectaculaire des révolutions industrielles successives et de leurs impacts sur la société et la planète – conduisant à ce que certains appellent l'Anthropocène –, il nous semble intéressant d'étudier le processus de digitalisation des entreprises industrielles.

Ce choix nous semble d'autant plus justifié que c'est en 2011, à la Foire de Hanovre, plus grande foire industrielle allemande, qu'est présentée pour la première fois au grand public la « technologie 4.0 ». Stratégie de résistance à la désindustrialisation, utopie technologique, agenda industriel allemand au départ (Kahmann, 2021), l'industrie 4.0, qualifiée de quatrième révolution industrielle, propose une vision à laquelle adhère rapidement l'industrie manufacturière mondiale, avec un discours dominé par les sciences informatiques et d'ingénierie.

L'adoption de technologies numériques et digitales dans les entreprises industrielles s'est accompagnée d'un vaste registre de transformations. Ces technologies ont ainsi transformé les modes opératoires, les processus, les organisations, ainsi que les relations entre les organisations. La transformation *dans* les entreprises a conduit à transformer *les* entreprises ainsi que leur(s) chaîne(s) et système(s) de chaînes de valeur (Porter, 1986). Elles ont aussi facilité et accompagné leur développement international. Les technologies ont aussi conduit à repenser les objets fabriqués (les produits vendus), la manière de les fabriquer, de les distribuer et de gérer l'ensemble de leur cycle de vie, impactant parfois la manière de les utiliser ou de les consommer. Les technologies digitales ont conduit à repenser les systèmes d'offre des entreprises industrielles en associant de plus en plus de services aux produits, au point que les services – qui reposent de plus en plus sur le traitement de données – représentent une part majoritaire

dans le chiffre d'affaires de certaines entreprises dites industrielles. C'est finalement des écosystèmes complets qui ont été et continuent d'être transformés par les « nouvelles » technologies.

Ainsi, depuis l'adoption par les très grandes entreprises industrielles de l'informatique « gros système » après la Seconde Guerre mondiale, un ensemble d'innovations technologiques (comme les semi-conducteurs, les puces électroniques) a permis la création et la diffusion de technologies qui ont conduit à la digitalisation des entreprises industrielles, et plus largement de nombreux domaines d'activité privés comme publics.

Les investissements successifs dans des technologies souvent coûteuses au moment de leur émergence et, pour certaines, pas toujours maîtrisées car très innovantes et comportant une part non négligeable d'incertitude quant à leurs effets à moyen et long terme – et qui se traduisent par des bouleversements parfois surprenants en termes managériaux et organisationnels, voire aux niveaux inter-organisationnel, sectoriel et même sociétal – alimentent un processus complexe de transformation permanente (mais pas continu, ni monotone) depuis longtemps. C'est la dynamique de ce processus complexe, analysé sur un temps long, que nous souhaitons mettre en évidence et étudier, et les entreprises industrielles sont un terrain propice pour réaliser cette enquête.

2. Choix des entreprises de l'industrie automobile

Nous avons choisi l'industrie automobile pour étudier le processus de digitalisation des entreprises industrielles pour plusieurs raisons que nous exposons successivement ci-après.

2.1. Un secteur industriel très ancien et important d'un point de vue économique

L'industrie automobile est un très ancien secteur industriel qui s'est développé d'emblée à l'échelle mondiale. La diffusion massive de l'automobile comme produit de consommation a commencé dans

les années 1920. Elle a révolutionné le transport et a conduit à de nombreux et profonds changements sociétaux. Ce secteur industriel, devenu l'un des plus importants et des plus influents du XX^e siècle, est présent dans les premières nomenclatures industrielles nationales et internationales (Guibert *et al.*, 1971).

L'industrie automobile s'est développée très tôt en France. Dès les années 1890, les premiers constructeurs automobiles français proposent des voitures de série. Au début du XX^e siècle, la France est à la pointe de l'automobile. Fierté nationale, l'industrie automobile tient une place particulière dans l'économie mais aussi dans la culture française. L'encadré 2 atteste de l'importance de cette industrie en – et pour la – France.

Encadré 2. Importance de l'industrie automobile en France

La France a été une nation pionnière de l'industrie automobile et a, au début de l'ère industrielle, été le premier pays producteur d'automobiles. Même si la France a rapidement perdu cette première place, elle reste une grande nation de l'industrie automobile. Selon l'OICA (Organisation internationale des constructeurs automobiles) (2021), l'industrie automobile française occupe le 12^e rang de la production automobile mondiale avec 1 350 000 véhicules produits en 2021.

D'après France Industrie, les entreprises françaises spécialisées dans la construction de véhicules fournissent des emplois à plus de 440 000 personnes en France. En 2014, les sites de production et d'assemblage des groupes français ont produit plus de 1,8 million de véhicules légers tous constructeurs confondus, ce qui représentait 6,7 % de la production internationale de véhicules légers. En France, au moins 9 % de la population active a une carrière liée directement ou indirectement au secteur de l'industrie automobile, et le secteur automobile représente environ 16 % du chiffre d'affaires de l'industrie manufacturière française.

Selon l'Insee (Vacher, 2019), en 2016, la France était le cinquième pays fabricant automobile de l'UE (Union européenne), avec 6,7 % de la production européenne. Deuxième au niveau européen jusqu'en 2006, l'industrie automobile française a été durement impactée par la crise financière mondiale de 2007-2008. En 2016, la production automobile française était estimée à 55 milliards d'euros. 418 groupes (dont 56 groupes multinationaux français) relèvent

du secteur automobile et concentrent 92 % d'une production qui comprend : des véhicules, des composants et accessoires divers, des activités commerciales et des services.

Dès le début de l'industrie automobile, les constructeurs sont dans une logique de compétition. L'affrontement se porte d'abord sur les performances des véhicules. La vitesse est la première performance recherchée ainsi que l'endurance. Dès les années 1890, constructeurs et pilotes s'affrontent lors de courses automobiles. La compétition s'est ensuite portée sur le confort et le style (avec l'émergence du *design* automobile dès les années 1930). La sécurité est devenue dans les années 1960 un enjeu, suite à l'augmentation spectaculaire des accidents et des morts dans les années 1950 et la dénonciation de la négligence des constructeurs sur ce point (Nader, 1965). Dans les années 1980, la compétition se déplace sur le terrain de la variété (et donc de la flexibilité industrielle) pour se différencier d'une concurrence toujours plus forte conduisant, grâce à des innovations incrémentales, à une multiplication de modèles et d'options. La mondialisation des années 1990 conduit aussi à une guerre des prix qui renforce la nécessité de maîtriser et, si possible, de réduire les coûts.

La compétition n'est pas seulement entre constructeurs, elle est aussi entre nations qui défendent leur industrie et marques automobiles. Car, malgré les critiques sur les impacts de l'usage quasi exclusif de l'automobile pour les déplacements personnels sur l'urbanisme et l'aménagement du territoire, c'est une industrie qui a continué à se diffuser à l'échelle mondiale, en s'implantant dans des pays en développement, notamment les BRIC (Brésil, Russie, Inde, Chine), mais aussi en Asie et en Afrique.

Au début des années 1990, la prise de conscience des externalités négatives liées à la diffusion à grande échelle de la voiture dans le monde incite à adopter des réglementations environnementales successives (ex. : 1992 pour la première norme Euro sur les émissions des véhicules). Ces réglementations, qui se durcissent, conduisent désormais la compétition sur le terrain du moindre impact environnemental et sociétal (notons que dès 1965, Nader dénonçait la pollution induite par l'usage de l'automobile !).

Aujourd'hui, l'industrie automobile, malgré un ralentissement depuis la crise de la Covid-19, reste en croissance au niveau mondial (Statista, 2024). Elle représente une part significative (3,65 %) du PIB (produit

intérieur brut) mondial. Elle constitue une industrie stratégique pour de nombreuses régions du monde (comme l'Amérique, l'Europe, l'Asie) et de nombreux pays (comme les États-Unis, la Chine, le Japon, l'Allemagne, l'Inde, la Corée, la France et le Royaume-Uni). En 2019, l'industrie automobile représentait près de 10 % du commerce mondial (ACEA, 2019). En Europe, elle représentait en 2023 7 % du PIB total de l'UE, 6,7 % de tous les emplois de l'UE et 11,5 % de ses emplois manufacturiers (ACEA, 2023).

2.2. Une industrie pionnière de la numérisation et de la digitalisation

L'industrie automobile a toujours exploré le potentiel des nouvelles technologies, notamment celles de l'électronique et de l'informatique. La digitalisation, amorcée avec l'informatisation au début des années 1950, s'est poursuivie depuis, en s'accéléralant ces dernières années. Ce secteur industriel majeur aux plans français, européen et mondial a toujours investi dans les technologies numériques puis digitales (informatisation, automatisation, robotisation, usage de l'Internet, de puces RFID...). Sa digitalisation s'est accélérée à partir de 2011 suite à la promotion à la Foire de Hanovre des technologies 4.O, et au travail sur l'agenda de l'industrie 4.O (Kahmann, 2021) dans lequel l'industrie automobile était mobilisée. La crise de la Covid-19 en 2020 a contribué à une intégration plus massive des technologies de l'industrie 4.O dans l'industrie automobile. L'adoption des technologies numériques et digitales a donc accompagné son histoire et a soutenu les stratégies des constructeurs. L'industrie automobile est donc un domaine pertinent pour étudier sur le temps long le processus de digitalisation et la transformation digitale associée, tant au niveau des entreprises que du secteur tout entier.

L'adoption successive de technologies a en effet profondément transformé la fabrication et la conception des véhicules, ainsi que l'ensemble des opérations, tant au niveau industriel (au niveau des usines à tous les échelons de la construction automobile) que de la logistique aval et amont. Elle a aussi transformé les processus industriels et commerciaux, les organisations (leur structure, leurs pratiques) et leurs stratégies, mais aussi les SC (*supply chains*) automobiles et leur imbrication mondiale (réseau global), pour finalement transformer

le secteur tout entier (écosystème) mais aussi ses liens avec d'autres écosystèmes. L'étude de cette transformation sur un temps long est non seulement intéressante d'un point de vue culture technique et culture managériale, mais permet aussi d'en tirer des enseignements pour l'avenir qui pourraient intéresser d'autres secteurs industriels.

2.3. Un secteur « modèle » et riche d'enseignements pour les sciences de gestion

Le processus de digitalisation et de transformation digitale des entreprises de l'industrie automobile est d'autant plus intéressant à étudier que cette industrie a été un « modèle » à bien des égards pour les sciences de gestion. Elle l'est encore si l'on en juge par le nombre de cas « automobile » publiés par la Centrale de Cas et de Médias Pédagogiques (CCMP).

L'industrie automobile a été jusque dans les années 2000 un modèle pour ce qui est de la gestion de production. Dès le début, l'organisation de la production des voitures a fait l'objet de théorisation. Dans leur ouvrage qui analyse les modèles productifs, Boyer et Freyssenet (2000) décrivent six modèles apparus au cours du XX^e siècle dans le secteur automobile : les modèles « taylorien », « woollardien », « fordien », « sloanien », « toyotien » et « hondien ». Ils ont souvent été agrégés à tort (ex. : modèle taylorien-fordien pour la production de masse et modèles toyotien et hondien sous le label *lean management*). Il est à noter que les termes pour nommer les modèles traduisent l'importance des constructeurs automobiles et des marques qu'ils imposaient, sachant qu'ils véhiculaient aussi des philosophies différentes, sur fond de compétition entre blocs économiques (États-Unis vs Japon).

Les modèles productifs qui se sont développés dans l'industrie automobile ont été largement étudiés, enseignés, et ont profondément influencé la pensée en matière de gestion de production industrielle. Il suffit de consulter des manuels de management industriel pour le vérifier (ex. : Baglin *et al.*, 2005). L'influence de l'industrie automobile est donc considérable.

La digitalisation des entreprises de l'industrie automobile a indéniablement contribué à l'évolution de ces modèles productifs et à leur déploiement au niveau mondial comme nous le verrons par la suite. C'est particulièrement vrai pour le « *lean management* » et le JIT (*Just-In-Time*) dans les années 1990 (Womack *et al.*, 1990).

La digitalisation, combinée au développement du management logistique (Aurifeille *et al.*, 1997), qui a renouvelé la manière de gérer les flux dans l'industrie, a sans aucun doute permis et accéléré la mondialisation de l'industrie automobile dans les années 1990 et 2000, profitant de la libéralisation des échanges économiques et de la construction, dès le début des années 1990, de zones de libre-échange (Europe, ALENA (Accord de libre-échange nord-américain), ASEAN (Association of Southeast Asian Nations), Mercosur...).

La digitalisation des processus de production puis de logistique s'est accompagnée de profondes transformations en matière de conception de véhicules (Midler, 1994), jouant sur le couple standardisation-modularité pour améliorer la réactivité et la flexibilité au moindre coût global. L'ensemble du réseau industriel en a été transformé : nouvelles localisations des usines de construction automobile, nouveau pilotage des flux en amont et aval des usines, nouvelles localisations des usines des équipementiers et sous-traitants. Au-delà de la gestion de production, l'industrie automobile a été un formidable terrain pour l'étude de la gestion logistique et plus largement du SCM (*Supply Chain Management*), et elle a longtemps été considérée comme un modèle dans ce domaine. En particulier, l'étude des SC amont (*supply networks*) de l'automobile (ex. : Scannell *et al.*, 2000 ; Choi et Hong, 2002 ; Kim *et al.*, 2011), a enrichi la compréhension des SC mondialisées et de leur management.

Aujourd'hui, la digitalisation concerne l'ensemble du cycle de vie des automobiles (de leur conception à leur fin de vie). L'automobile est par ailleurs un produit-service de plus en plus digitalisé, complexe et autonome, qui interagit de plus en plus avec son territoire de circulation. Elle transforme l'idée même de voiture (produit modulaire assemblé centré autour d'un ordinateur), l'usage que l'on peut en faire (ex. : usage à l'heure et/ou au kilométrage de véhicule adapté au besoin et à la demande), et les services qu'elle rend (une mobilité flexible).

L'automobile est donc, depuis le début des années 2010, un terrain particulièrement intéressant pour étudier l'impact des technologies digitales sur les stratégies et/ou les BM (*business models*) des

entreprises de cette industrie (ex. : Acciarini *et al.*, 2022), ou pour étudier leur stratégie digitale (ex. : Markus et Loebbecke, 2013). L'industrie automobile est aussi un terrain de recherche riche d'enseignements pour le domaine du management des SI, pour étudier la relation homme-technologie (ex. : Leonardi, 2011), la manière de conduire la transformation digitale (ex. : Dremel *et al.*, 2017), ou la manière d'intégrer des technologies digitales pour innover (ex. : Svahn *et al.*, 2017).

2.4. Une industrie sous haute tension et haute surveillance

La dernière raison pour choisir l'industrie automobile, et non la moindre, est que ce secteur, extrêmement dynamique au plan mondial, qui, comme beaucoup, a subi de nombreuses crises et bouleversements, est actuellement sous haute tension et qu'il voit dans sa digitalisation « à marche forcée » une part de son salut et de son avenir.

Comme cela a été évoqué, l'industrie automobile a quasiment d'emblée été une industrie mondialisée très compétitive. La concurrence entre constructeurs a très tôt été vive, s'accompagnant de stratégies d'innovation fortes. Les technologies y ont toujours été vues comme des « armes stratégiques » pour gagner cette guerre industrielle qui se joue dans chaque pays, au niveau de régions du monde, mais aussi à l'échelle planétaire.

Les technologies digitales y jouent un rôle si important depuis la fin des années 1990 que dans les années 2000 certaines entreprises, que l'on pourrait qualifier de « *born digital* » comme Apple, ont envisagé d'entrer dans l'industrie automobile, voire se sont créées. C'est le cas de Tesla fondée en 2003 avec la volonté de créer « un constructeur automobile qui soit également une entreprise technologique », dont les technologies de base seraient « la batterie, le logiciel informatique et le moteur ».

Par ailleurs, plusieurs grandes crises ont sévèrement impacté l'industrie automobile : chocs pétroliers (années 1970), crise des *subprimes* (2007-2008), catastrophe de Fukushima (2011) et pandémie de Covid-19 (2019-2020) suivies de celles qui sont en cours. Chaque crise a incité les entreprises à se transformer en utilisant le potentiel des technologies numériques et digitales.

C'est aussi une industrie qui, après un âge d'or et une vénération de ses produits, se voit déconsidérée voire menacée de disparition si elle ne se réinvente pas. La voiture qui était le produit désirable par excellence de la modernité triomphante, synonyme de liberté et révélateur de statut social, est progressivement devenue, du fait de sa multiplication, un engin critiqué. Il a rapidement été considéré dangereux, causant de nombreux accidents corporels (avec une mortalité qui augmente significativement aux États-Unis dès les années 1930 et en France dans les années 1960). Il est ensuite considéré polluant (son usage est bruyant et dégrade la qualité de l'air, ce qui nuit à la santé), ce qui constitue un des motifs pour créer à Paris en 1979 Airparif pour surveiller la qualité de l'air. C'est enfin dans les années 1980, un engin qui consomme trop d'espace (circulation et parking), qui génère des congestions, que les villes tentent progressivement de bannir de leur centre et des usages de mobilité (en Norvège dès les années 1980) avec les premiers péages urbains (Ademe, 2014).

Un arsenal juridique s'est donc élaboré à partir des années 1960 contraignant l'industrie automobile à transformer ses produits et les usages qui en sont faits par les citoyens. Citons à titre d'exemple : l'obligation de tests pour homologation des véhicules vis-à-vis de la sécurité (fin des années 1960), la limitation de vitesse sur les routes (années 1970 en France), les normes à respecter en matière de pollution de l'air (ex. : première norme européenne sur les émissions des véhicules en 1992), les péages urbains pour accéder aux centres-villes, les zones à faibles émissions (dès les années 1990 en Suède).

Depuis les années 2000, les pressions liées au DD (développement durable) pèsent de plus en plus sur les entreprises industrielles de l'automobile. En France, cette pression s'est intensifiée depuis le Grenelle de l'environnement (2007) et la signature par la France (en 2015) de son engagement en faveur des 17 ODD (objectifs de développement durable) de l'ONU (Organisation des Nations unies). L'industrie automobile est régulièrement mise sous pression par les ONG (organisations non gouvernementales) (par exemple sur la question des approvisionnements en cobalt : accusation en 2017 puis 2023). Une succession de lois poussent les entreprises à adopter des comportements plus vertueux dans de nombreux domaines, à exercer un « devoir de vigilance » sur l'ensemble de leur SC et à s'engager dans des progrès en matière de RSE (responsabilité sociétale

des entreprises) et de DD à l'échelle de toute leur chaîne de valeur et d'en rendre compte (voir la récente directive européenne CSRD – *Corporate Sustainability Reporting Directive*).

À chaque crise, chaque contrainte ou scandale, les constructeurs ont vu dans les « nouvelles technologies » la possibilité de surmonter les problèmes, d'optimiser, de s'améliorer, voire de se réinventer. *Via* des systèmes de traçabilité, de *reporting*, elles tentent de répondre aux exigences de visibilité et de transparence sur l'ensemble de leurs activités (réalisées en propre ou sous-traitées). Les nouvelles technologies ont aussi été mobilisées pour optimiser les performances par rapport aux réglementations (en jouant avec les limites acceptables), voire tenter de se substituer à certaines obligations, parfois en trichant comme dans le cas du Dieseltgate de 2009 à 2015 avec l'usage d'un logiciel fraudeur. Au-delà de leur usage « positif », il convient de ne pas écarter le *darksides* de la digitalisation.

Depuis la crise de la Covid-19, les entreprises de l'industrie automobile expérimentent le potentiel des technologies digitales pour mieux appréhender leur environnement, qu'elles considèrent de plus en plus complexe, turbulent et incertain. Elles découvrent aussi leur apport en matière d'aide à la prévision, à la prédiction et à la décision, mais aussi en matière d'analyse des risques.

Un dernier point mérite d'être évoqué en lien avec l'ampleur de la transformation digitale de l'industrie automobile. La voiture, engin de mobilité personnelle par excellence, qui offre une accessibilité inégalée, transforme le territoire sur lequel elle circule et inversement. Les technologies digitales ouvrent des perspectives pour surveiller voire orienter la circulation des véhicules et leur stationnement, pour analyser en direct les impacts négatifs de leurs usages, ainsi que les interactions entre la mobilité et les territoires. La digitalisation du territoire qui amène à parler de « *smart territories/cities* » conduit à de profonds effets systémiques.

La capacité de l'industrie automobile à faire face à une succession de crises depuis le début des années 2000, à répondre sans cesse à des pressions multiples, et à se digitaliser à marche forcée depuis le début des années 2010 en fait bien toujours un terrain d'étude exemplaire. C'est donc un secteur particulièrement intéressant pour étudier la digitalisation et la transformation digitale des entreprises industrielles.

3. Objectif et structure de l'ouvrage

3.1. Objectif de l'ouvrage

L'objectif de cet ouvrage est de retracer l'histoire de la digitalisation de l'industrie automobile, et de la transformation digitale des entreprises industrielles de l'automobile, vue comme un processus évolutif, pour mieux en comprendre la complexité et en appréhender la dynamique. Nous verrons que le processus de digitalisation et de transformation digitale a été permanent et qu'il se joue à de multiples échelles et niveaux tant temporels que spatiaux. La digitalisation a en effet impacté tous les processus de gestion des entreprises industrielles, de la conception des voitures à leur fin de vie, en passant par leur vente, leur fabrication, leur distribution, leur utilisation et leur entretien. La transformation digitale se révèle un processus complexe, multifactoriel, multicouche et multiacteur, en constante évolution. Au-delà des entreprises industrielles, la digitalisation transforme aussi les entreprises de services en aval de la production des véhicules (distribution, service après-vente, entretien, fin de vie), mais aussi les organisations chargées de la gestion des territoires qui tentent de gérer/réguler la circulation des véhicules et, plus largement, leurs usages pour en maximiser les bénéfices et en minimiser les externalités négatives. L'industrie automobile est progressivement devenue un écosystème complexe avec de multiples parties prenantes.

Les technologies numériques et digitales sont un facteur de changement majeur de l'industrie automobile qui se combine à d'autres macro-tendances. C'est, de plus, une industrie qui a été, de tout temps, soumise à de fortes turbulences et crises. Les facteurs externes interagissent avec les stratégies des acteurs, ce qui donne lieu, dans les entreprises industrielles, à de multiples projets imbriqués impliquant des parties prenantes hétérogènes. Les changements affectent l'avenir des solutions de mobilité, qui à leur tour affecteront l'industrie.

Compte tenu de l'ampleur du secteur et de l'ambition du propos, nous avons choisi de mener l'enquête en nous intéressant prioritairement aux constructeurs automobiles, à l'origine de l'industrie et moteurs historiques de sa transformation digitale (même s'ils ne sont pas à l'origine des technologies digitales). L'objectif est cependant bien

de dépasser les frontières de ces entreprises pour étudier l'évolution d'ensemble de l'industrie automobile et de tout son écosystème en lien avec la digitalisation.

Nous montrerons comment la digitalisation a facilité puis accéléré la désintégration verticale des constructeurs, a facilité leur internationalisation, voire globalisation, et comment elle les a conduits à transformer leur offre de produits et de services, ainsi que le management de toutes les opérations associées. Nous montrerons comment les entreprises industrielles qui, avant, intégraient la fabrication des voitures sont progressivement devenues des concepteurs-assembleurs, voire des entreprises quasi virtuelles, devant piloter des SC extrêmement étendues et maillées sur lesquelles elles doivent exercer un devoir permanent de vigilance. Nous montrerons aussi que la voiture qui était un objet mécanique « compréhensible », au fonctionnement « accessible », et qui était « désirable » pour de multiples raisons (liberté de déplacement, signe de statut social, esthétique, plaisir de conduite...), est devenue un « ordinateur sur roues » dont le comportement, de plus en plus « autonome », est aussi de plus en plus « étranger », et dont l'utilité, et surtout la possession, est de plus en plus contestée. Nous verrons enfin que, dans les entreprises, cette transformation digitale n'a pas été sans conséquences au niveau des postes et rythmes de travail, et s'est accompagnée de changements organisationnels permanents avec de profondes mutations au niveau des métiers, demandant des nouvelles capacités et compétences.

À chaque fois que ce sera possible et pertinent, nous fournirons des explications pour comprendre les transformations à l'œuvre, donnerons des exemples concrets pour illustrer le propos, et apporterons des éclairages utiles pour réfléchir et agir.

3.2. Structure de l'ouvrage

L'ouvrage est structuré en trois chapitres.

Le premier chapitre pose les bases conceptuelles, méthodologiques et théoriques qui fondent le travail réalisé. Il définit les technologies digitales, la transformation digitale, les organisations dont il sera question, et les stratégies digitales des entreprises industrielles. Il indique la méthode qui nous a permis d'établir et d'analyser l'histoire de la

digitalisation de/dans l'industrie automobile. Il précise les grandes bases théoriques qui fondent notre approche de la transformation digitale, vue comme un processus complexe sans fin. L'ouvrage adopte un prisme délibérément multifacette qui combine plusieurs disciplines des sciences de gestion, notamment la stratégie, les SI, la gestion industrielle, la logistique et le SCM.

Le deuxième chapitre retrace l'histoire de la digitalisation dans l'industrie automobile qui se déroule sur plusieurs décennies et qui est toujours en cours. Dans ce chapitre, nous montrons que la digitalisation a accompagné l'évolution de cette industrie mondiale. Chaque période de digitalisation, caractérisée par des technologies que nous présenterons successivement, s'accompagne de transformations à de multiples niveaux. L'adoption et l'appropriation successives de l'électronique, de l'informatique, de TIC et de technologies digitales par les entreprises ont eu un impact sur la manière dont elles gèrent leurs activités, dont elles pilotent leurs processus et leurs flux, en lien avec l'évolution de leur système d'offre. Les technologies ont aussi affecté les relations des constructeurs avec les partenaires de leurs SC ainsi qu'avec les autres participants de leur écosystème. La digitalisation continue à transformer la nature de l'industrie automobile ainsi que les produits et services qu'elle vend à ses clients. Elle « complexifie » la gestion des entreprises de l'industrie automobile et pose de nouveaux problèmes et défis à la société tout entière.

Le troisième et dernier chapitre propose une lecture transversale de la frise historique établie au deuxième chapitre. Il met en évidence et discute les principaux mécanismes à l'œuvre tout au long du processus. Les grilles de lecture conceptuelles et théoriques présentées au chapitre 1 sont mobilisées pour comprendre, décoder, expliquer, le processus de transformation digitale dans les entreprises industrielles de l'industrie automobile, fournissant des clés pour accompagner la transformation digitale contemporaine, voire anticiper les transformations futures. Notre analyse de la digitalisation dans l'automobile suggère des défis futurs pour cette industrie dont l'exploration présente également un intérêt pour d'autres secteurs. Pour conclure ce chapitre, nous évoquerons des pistes pour prolonger ce travail en indiquant quelques thèmes qui méritent d'être approfondis ou développés tant pour les entreprises que pour la recherche.