

Michel Crochet

# L'AUTOMOBILE

des origines à nos jours

Un parcours dans les technologies

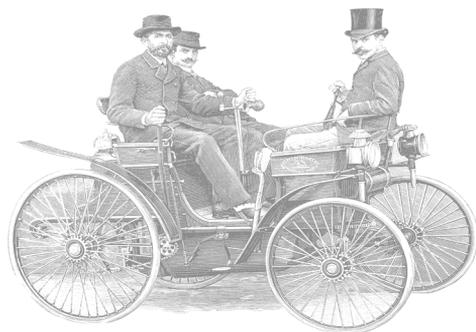


ellipses



# Chapitre 1

## L'AUTOMOBILE ET LE MONDE DES TRANSPORTS



*L'automobile dans sa fonction de base s'inscrit dans le monde plus général des transports. Elle s'est imposée rapidement comme mode privilégié pour les déplacements individuels. C'est pour cela que nous allons commencer en la situant dans le contexte plus large qui concerne les transports terrestres.*

### 1. Le monde des transports

Le monde des transports s'intéresse à la façon d'aller d'un point à un autre selon un chemin déterminé et pendant un temps donné. Il recouvre à la fois :

- ce qui est transporté : les hommes (de façon individuelle ou en commun), les marchandises ou de l'information
- les voies utilisées : terrestre, maritime, aérienne
- les moyens utilisés : l'automobile, le chemin de fer, le bateau, l'avion ...
- le type de liaison effectuée : urbaine, interurbaine, nationale, internationale...

On notera que jusqu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, les transports se limitent aux voies terrestres et maritimes avec comme force motrice l'animal et le vent. Le XIX<sup>e</sup> siècle introduit des machines essentiellement à vapeur. De nouvelles perspectives se font jour. La miniaturisation de la machine à vapeur conduit à son adaptation dans les automobiles. Puis les moteurs à combustion interne vont donner un élan spécifique aux véhicules des particuliers.

Nous reviendrons plus en détail sur cette charnière technologique.

À la fin du XX<sup>e</sup> siècle apparaît le transport d'informations sous forme numérique. Ce sujet sort naturellement du cadre de cet ouvrage.

### 2. Les attentes

Si les points de départ et d'arrivées sont en général des données d'un déplacement envisagé, différents critères interviennent pour le choix d'un transport. On citera les principaux :

- la durée : le déplacement doit être effectué dans un délai jugé compatible avec l'objectif recherché
- la conservation de l'intégrité : cela concerne la sécurité et le confort des personnes ou des marchandises transportées parvenant à destination sans subir d'atteintes
- l'économie : le coût doit être en rapport avec le service rendu et la concurrence
- les contraintes de l'environnement : un minimum de perturbation des milieux traversés est souhaitable : c'est la question de la pollution
- la fiabilité : quelle est la chance d'arriver à destination en ayant satisfait les points précédents ?

Ils deviennent rapidement des aiguillons pour améliorer le service rendu aux usagers. Nous examinerons comment ces attentes ont orienté les solutions technologiques retenues dans le monde de l'automobile.

Cette approche est cependant partielle car elle ne s'appuie que sur l'aspect fonctionnel des transports. Pour affiner la démarche, il convient de tenir compte d'autres dimensions d'ordre sociétal. En effet, après la seconde guerre mondiale, les populations d'Europe occidentale aspirent à des libertés ne se rapportant pas seulement aux aspects politiques. Se déplacer librement devient pour un plus grand nombre de personnes une exigence à laquelle les civilisations doivent répondre. Les premiers congés payés de 1936 déclenchent des aspirations à des déplacements en masse, sur des distances plus grandes. De façon plus récente, l'après 1968 va faire émerger des attentes en matière d'individualisme. Les transports en commun en trains ou en cars sont alors moins prisés par les usagers. Les questions d'approvisionnement en carburants et celles de l'environnement sont encore peu perçues pendant les « trente glorieuses ».

Dès 1973, les chocs pétroliers vont redistribuer les données économiques dans un contexte de demande de mobilité toujours plus forte.

Tous ces aspects vont donner au monde de l'automobile, à la fois un essor de grande envergure et des défis à relever.

Fin du XX<sup>e</sup> et début du XXI<sup>e</sup> siècle, les technologies de communication comme les réseaux sociaux facilitent les partages des moyens de déplacement comme le co-voiturage. L'apparition du GPS modifie la relation conducteur-véhicule par rapport au trajet à effectuer.

### **3. La roue une première révolution pour les transports**

On peut sans trop se tromper dire que l'invention de la roue est une étape fondamentale dans nos civilisations. Sans elle, le déplacement de lourdes charges s'opère par trainage, ce qui nécessite des efforts importants.

On trouve une première trace de roues sur des bas-reliefs mésopotamiens un peu avant 3000 av. J.-C.



**Bas-relief roue - Bas-relief du char aux félins Our IV<sup>e</sup> av. J.-C.**

Il n'est pas possible de démonter un quelconque mécanisme sans y voir une ou plusieurs roues. Transmettre ou modifier un mouvement peut difficilement se passer d'une telle invention. La roue ne peut être utile que si elle est utilisée sur une surface dure et lisse. Des infrastructures spécifiques comme le chemin stabilisé ou la route devront être développées en parallèle. Nous verrons plus loin (au chapitre sur les suspensions) comment la roue et le véhicule ont dû se perfectionner pour s'adapter au besoin des transports.

#### **4. Le moteur une autre révolution**

En ce qui concerne les transports, avant l'apparition des moteurs, les véhicules sont mus par des animaux.

La motorisation a donc permis aux humains d'aller aussi vite (ou presque) puis plus vite que l'animal de traction.

Pour qu'un véhicule semble autonome, il faut (du moins) que de l'extérieur, on ne voie pas ce qui le fait avancer. L'arrivée de motorisations va permettre, dès le XVIII<sup>e</sup> siècle, la mobilité d'un chariot de façon indépendante. Nous détaillerons au chapitre concernant les moteurs, comment ils sont apparus au cours des siècles.

#### **5. Les routes**

Du temps des calèches, les voies empruntées sont de simples chemins souvent de terre non pierrés. Leur ennemi c'est l'eau, et la forme bombée des chaussées permet d'évacuer le ruissellement et favorise le drainage dans les fossés latéraux. Encore au XVIII<sup>e</sup> siècle, peu de voies sont pavées.

En France, la première école d'ingénieurs officiellement créée est celle des « Ponts et Chaussées » en 1747. Le personnel formé s'attache à développer des techniques de pierrage assurant à la fois la résistance, la stabilité et le drainage des routes.

Des personnes comme Trésaguet (Ingénieur Ponts et Chaussées : 1717-1796) ou Telford (Ingénieur britannique : 1757-1834) ont beaucoup travaillé la question. Mac Adam propose une application pratique qui diminue la profondeur des fondations par

utilisation de sable et d'eau comme liant entre les couches de cailloux concassés de dimension appropriée. Le passage des véhicules en assure le tassement de la chaussée, lui conférant sa tenue. En France, il y a tout de même 34 500 km de route en 1837.

L'évolution majeure est l'utilisation de bitumes, et d'asphaltes qui procurent une bien meilleure étanchéité et tenue de la chaussée. La production et les méthodes utilisées viendront parfaire la mise en œuvre des voies routières : routes et autoroutes. Ces dernières auront connu momentanément un développement avec des matériaux comme le béton.

Lorsque l'on parle de confort des véhicules, on a tendance à mettre en évidence le rôle des suspensions, n'oublions pas que les évolutions de la route ont contribué à son amélioration. De la même façon, lorsque l'on parle de sécurité, l'état du réseau routier revêt une importance fondamentale.

La venue des autoroutes, avec une infrastructure « dédiée » a modifié la donnée de certains critères cités au début de ce chapitre :

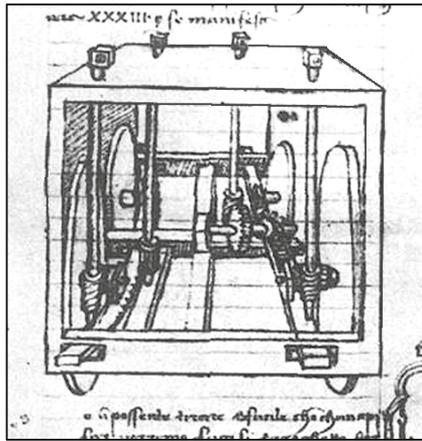
- la durée des trajets
- le risque d'accidents par collision entre véhicules venant en sens inverse.

Pour que les usagers puissent pleinement bénéficier de ces avantages, les constructeurs automobiles ont été amenés à proposer dans leurs gammes de puissants véhicules à vitesse de pointe élevée. Les systèmes de sécurité ont dû être adaptés à ces nouvelles conditions de circulation.

Sur la question des infrastructures, il faut garder à l'esprit que l'automobile est une grosse consommatrice d'espace. Cela n'est pas sans poser des problèmes en zone urbaine notamment pour le stationnement ou sur les voies de circulation. En effet le rapport entre la longueur d'un véhicule et le nombre de passagers transportés est relativement faible comparativement aux transports en commun d'où un trafic routier fréquemment encombré. On touche là un problème que les responsables citadins ont à gérer par des réglementations qui peuvent parfois paraître comme autophobes.

## **6. Quelles premières « automobiles » ?**

L'idée de disposer d'un véhicule à grande mobilité voire autonome a depuis très longtemps fait rêver les hommes. Nous avons peu de témoignages graphiques de tels véhicules avant la Renaissance. Ainsi Francesco di Giorgio au XV<sup>e</sup> siècle laisse dans ses cahiers un schéma qui fait penser à un tel concept. Si avec le recul, une certaine naïveté émerge, on peut y voir les quatre roues motrices...à énergie humaine vraisemblablement !



**Illustrations du Traité d'Architecture de Francesco di Giorgio Martini**  
(Bibliothèque royale de Turin, 2<sup>e</sup> moitié du XV<sup>e</sup> siècle).

Les carnets de Léonard de Vinci présentent des schémas de machines autotractées. Le moteur est un ressort qui ne possède pas beaucoup d'autonomie. On pense que ce ne sont que des animations de scènes théâtrales. Quelques maquettes ont été réalisées d'après les plans qu'il a laissés dans le Codex Atlanticus Folio 812r daté de 1478.



**Maquette de machine autotractée (Léonard de Vinci)**

Bien plus tard le fardier de Cugnot (voir plus loin dans le chapitre concernant les moteurs) sera bien auto-mobile dans le sens où il possède son propre moyen de propulsion. Il reste encore du chemin à parcourir dans la mesure où le moteur

disponible à cette époque est beaucoup trop lourd et volumineux pour l'énergie qu'il délivre.

Néanmoins ces quelques exemples montrent comment l'esprit humain a nourri son ambition de se déplacer sans force animale.

## **7. Les matériaux**

Les premiers engins décrits dans le précédent paragraphe sont essentiellement constitués de bois avec quelques pièces en fer. L'utilisation de la vapeur avec le fardier de Cugnot entraîne des sollicitations tant mécaniques que thermiques importantes. Il s'ensuit que le métal devient de plus en plus le matériau principal constitutif des véhicules qui vont suivre.

Plus récemment les polymères ont pris une part de plus en plus importante dans les automobiles : un atout essentiel réside dans leur rapport poids/ résistance mécanique élevé. Ce facteur est devenu prépondérant à l'heure des économies d'énergie. Il nécessite toutefois de mettre des inserts afin de renforcer certaines zones.

Un autre point important est la capacité de recyclage des matériaux. Bien que cette dimension soit présente dès la conception du véhicule, cela se traduit aussi sur la façon dont, en fin de vie, les sous-ensembles peuvent être traités au niveau du démontage et valorisés par intégration dans la fabrication de nouveaux produits.

Bien que la présentation de ce dernier point dépasse le cadre de cet ouvrage, j'ai souhaité l'évoquer car il intervient de plus en plus dans les choix effectués par les constructeurs. Le bilan carbone d'un produit devant inclure cette dimension.

## **8. Quels carburants**

### **8.1. La domination des hydrocarbures**

L'automobile n'aurait pu se développer comme elle l'a fait sans un carburant facilement stockable et destockable avec un pouvoir calorifique élevé (énergie/kg). Les produits liquides obtenus à partir du pétrole se sont imposés très rapidement : on peut les transférer d'un récipient à un autre sans difficulté et on a environ 44 000 kJ/kg potentiellement disponibles pour l'essence ou le gazole. Cela laisse loin derrière les combustibles comme le bois ou le charbon plus difficilement transférables : ceux-ci sont préférés pour les installations fixes ou semi fixes comme le chemin de fer.

La présence de quantité importante de carbone dans leur composition en fait des producteurs de dioxyde de carbone, facteur important du réchauffement climatique. On a donc cherché à utiliser des produits plus faiblement dotés en carbone comme le propane, le butane ou le méthane que l'on trouve sous forme gazeuse à température ambiante et pression atmosphérique. Le stockage se fait dans des réservoirs sous pression ce qui nécessite des précautions pour assurer une sécurité suffisante. L'autre alternative consiste à utiliser des alcools comme l'éthanol issu de jus de fruits ou le méthanol produit à partir de fibres comme le bois ou la canne à sucre. Etant plus

corrosifs et hydrophiles, ils demandent une adaptation spécifique des matériaux constituant les systèmes de carburation.

	Composition type	% moyen de carbone	Pouvoir calorifique (kJ/kg) <sup>1*</sup>	Masse de CO <sub>2</sub> produite pour 1 kJ fourni
<b>Bois</b>	Carbone + divers composants	Sec 42 %	14 500 à 18000 selon l'humidité	Env. 99.6 g/kJ selon essence
<b>Charbon</b>	Carbone dominant + divers composants	Charbon gras 78% Anthracite 85%	33 300	93,1 g/kJ
<b>Monoxyde de carbone</b>	CO	96%	11 330	155 g/kJ
<b>Hydrocarbures</b>	Octane C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> Hexadécane C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	Essence : 85% Gazole : 86%	44 430 44	69 g/kJ 70 g/kJ
<b>Alcools</b>	Éthanol Méthanol	52% 37,5%	27 000 20 120	71 g/kJ 68 g/kJ
<b>GPL</b>	Butane C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> Propane C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	82% 81,8%	45 700 46 300	66 g/kJ 64 g/kJ
<b>GNV</b>	Méthane CH <sub>4</sub>	75%	50 000	54 g/kJ
<b>Hydrogène</b>	H <sub>2</sub>	0%	120 000	0

On voit bien qu'un pourcentage de carbone peu élevé dans la formulation du carburant ne garantit pas de faibles rejets de CO<sub>2</sub> pour une énergie donnée. Par ailleurs, il faut tenir compte de l'évaluation globale des produits de combustion utilisés dans les transports : du puits (depuis leur extraction) à la roue du véhicule. Les chiffres présentés dans les publications étant souvent contradictoires, je resterai prudent en n'en donnant pas.

Toutefois, on constate que sur le plan énergétique, les hydrocarbures restent bien placés.

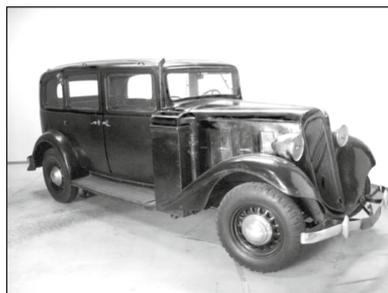
<sup>1</sup> Pour mémoire une calorie qui est l'énergie nécessaire pour augmenter 1 gramme d'eau de 1°C vaut 4,18 joules. Un kilojoule vaut 27778 kWh, une TEP (tonne équivalent pétrole) 41800 kJ.

## 8.2. Les gazogènes

Pendant la seconde guerre mondiale, la pénurie d'hydrocarbures a favorisé l'émergence des gazogènes à partir de la combustion incomplète du bois. Un dispositif spécifique (voir schéma dans le glossaire) produit ainsi du mono oxyde de carbone (CO) que l'on envoie dans le moteur afin d'y être brûlé et donner du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).



**Opel Olympia (1936)**



**Citroën type 11 UB (1936)**

Naturellement, les performances du véhicule sont fortement diminuées. Ainsi l'Opel Olympia de 1936 voyait sa vitesse maxi passer de 100 km/h à 60 km/h. On imagine facilement le niveau de pollution que pouvait donner de tels dispositifs !

## 9. Les réglementations

Il y a peu de nouvelles technologies qui n'aient pas déclenché des craintes et débouché sur des réglementations appropriées. On citerait en exemple la position de Berthelot (membre de l'Académie des Sciences) abordant, dans un courrier, les risques du chemin de fer. Il y évoquait la mort qui pouvait être occasionnée par une vitesse supérieure à 27 km/h et les risques de surdité par le passage à l'intérieur des tunnels. Naturellement cela a eu peu de conséquences sur le développement de ce mode de transport.

Parallèlement, l'Angleterre édicte dès 1864 des lois : les Locomotive Acts (ou Red Flag Acts) qui visent à réglementer la circulation des locomobiles (locomotives circulant sur route). Outre des limitations en poids et vitesse de tels véhicules, il leur est interdit de circuler sans être précédé d'un homme à pied agitant devant eux un drapeau !

Les automobiles qui apparaissent plus tard seront soumises à une règle analogue qui ne sera seulement annulée qu'en 1891 sous la pulsion de sir David Salomon (industriel sportif).

Si déjà sous les Romains, un sens de circulation était imposé, à gauche, il faut attendre le XIX<sup>e</sup> siècle pour voir écrites de façon formelle une réglementation concernant les véhicules à traction animale.

# L'AUTOMOBILE

## des origines à nos jours

### Un parcours dans les technologies

Cet ouvrage retrace les évolutions technologiques des différents sous-ensembles constitutifs des automobiles, comme les moteurs, les transmissions, les freins, les suspensions ou les directions pendant plus d'un siècle sans oublier les carrosseries. D'abondantes illustrations (plus de 400), photos (dont certaines en couleurs), schémas explicatifs présentent les solutions adoptées en cohérence avec les besoins et les problèmes qui se sont succédé pendant plus de 120 ans.

À la veille des mutations qui guettent l'automobile, on découvre comment elle a su s'adapter pour répondre aux nombreuses contraintes qui sont apparues au cours de son histoire.

Ce livre s'adresse aux passionnés d'automobile mais aussi à ceux qui s'interrogent sur son histoire et son devenir. Pour en savoir plus, des annexes abordent les éléments théoriques qui permettent d'approfondir certains domaines abordés.

*Michel Crochet, ingénieur de formation, débute sa carrière dans un service de R&D d'un grand constructeur automobile avant d'assurer, à l'Insa de Strasbourg (école d'ingénieurs), des formations en tant que professeur de mécanique, d'énergétique ainsi que d'histoire des sciences et des techniques. Il collabore à de nombreuses études avec le Musée automobile de Mulhouse-Collection Schlumpf, se passionne d'histoire des transports et des techniques associées.*



[www.editions-ellipses.fr](http://www.editions-ellipses.fr)

