

Technologie des Véhicules Terrestres

Partie I : Approche et découverte de l'automobile

Mr. ZENNADI Karim

École Nationale Polytechnique — ENP

2025–2026



Bref Historique de l'automobile

Bref Historique de l'automobile

1769 : L'ingénieur militaire français Cugnot construit le premier véhicule automobile « Le Fardier ». Véhicule à 3 roues utilisant la vapeur d'eau.

1820 : Apparition des premières diligences à vapeur en Angleterre.

1851 : Découverte de la bobine de Ruhmkorff pour produire une étincelle électrique.

1859 : Premier accumulateur construit par Planté.



Bref Historique de l'automobile

1860 : Premier moteur à explosion (deux temps), mis au point par le Belge Étienne Lenoir, utilisant le gaz de ville sans compression avant l'allumage.

1862 : Brevet du Français Alphonse Beau de Rochas sur le cycle théorique d'un moteur à explosion à quatre temps, fondement de tous les moteurs modernes.

1873 : Amédée et Léon Bollée construisent un véhicule à vapeur (trajet Le Mans-Paris). Ils inventent la direction par deux roues pivotantes et améliorent la transmission et le freinage.

Bref Historique de l'automobile

1876 : Fabrication du moteur à quatre temps (cycle Otto), avec soupapes commandées par came et leviers, mis au point par l'Allemand Nikolaus August Otto.

1883–1908 : Les premiers moteurs à essence sont créés par les Allemands Benz et Daimler. Les nouvelles automobiles sont des produits de luxe très chers. Seuls les gens les plus riches peuvent se les offrir. Le démarrage des moteurs est difficile.

Bref Historique de l'automobile

1889 : Invention du pneumatique par John Boyd Dunlop.

1891 : Forest construit un moteur à quatre cylindres, à soupapes commandées.

1892 : Diesel prend son premier brevet : moteur devant fonctionner au charbon pulvérisé.

1897 : Premières expositions d'automobiles.

1898 : Pellegrin équipe une voiture avec un moteur du type Diesel.

Bref Historique de l'automobile

1908–1945 : L'Américain Henry Ford lance la Ford T, première voiture économique construite à la chaîne. En France, la Traction avant de Citroën remporte un vif succès. Les villes commencent à s'adapter (routes goudronnées, feux tricolores...).

1922 : Première réglementation de la circulation routière, création du Code de la route.

1945–1973 : La voiture est reine. Les modèles très économiques (Citroën 2 CV, Renault 4 CV, Austin Mini. . .) permettent à tout le monde de se l'offrir. L'essence est peu chère, les autoroutes relient les grandes villes. Mais accidents et embouteillages augmentent.

1973–1985 : Une guerre au Moyen-Orient provoque la hausse brutale des prix du pétrole. Les gouvernements prennent des mesures de sécurité (ceinture, alcootests. . .) et anti-pollution. Les constructeurs réfléchissent à des modèles ne fonctionnant pas au pétrole.

Depuis 1985 : Les monospaces (Espace Renault, 806 Peugeot) sont de grosses voitures pour familles nombreuses. Leurs formes compactes ont influencé les voitures plus petites (Citroën Xsara Picasso, Renault Mégane Scénic. . .).

Et demain l'hydrogène ? Les ressources en pétrole ne sont pas éternelles. Les constructeurs réfléchissent aux moteurs fonctionnant avec un autre carburant. L'électricité n'étant pas très pratique, c'est l'hydrogène qui a leur faveur.

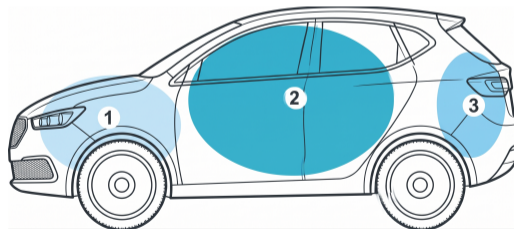
Chapitre I — Connaissance de l'automobile

Connaissance de l'automobile

Le terme « **automobile** » qualifie tout engin capable de se déplacer par ses propres moyens, et qui transporte l'énergie nécessaire à son fonctionnement.

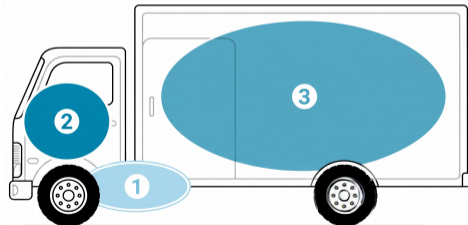
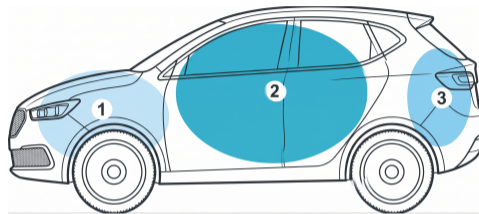
Dans un ensemble appelé « châssis-carrosserie », on trouve les **trois parties principales** d'une automobile :

- ✓ Un compartiment renfermant le **système de motorisation**, lié mécaniquement aux roues motrices ;
- ✓ Une cellule recevant le conducteur et les passagers : **l'habitacle** ;
- ✓ Un **compartiment à bagages**.



Il existe trois principaux types de véhicules routiers :

1. Les **véhicules de tourisme** (Fig. 1.2) : voitures destinées au transport des passagers, seules à avoir conservé le nom d'automobiles.
2. Les **véhicules utilitaires** :
 - ✓ transports en commun (autobus, autocars) ;
 - ✓ transports de marchandises (camionnettes, camions, tracteurs et semi-remorques) ;
 - ✓ véhicules spéciaux : engins de travaux, pompiers, etc.



Connaissance de l'automobile

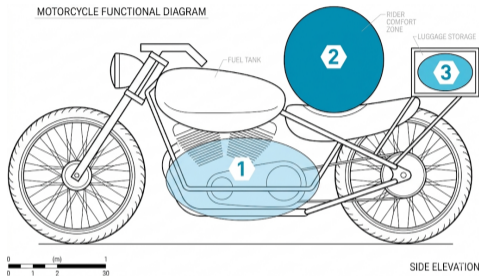
Les types de véhicules routiers (suite)

3. Les véhicules légers :

- ✓ deux-roues : cyclomoteurs, motocycles ;
- ✓ trois-roues : triporteurs, ATC ;
- ✓ quatre-roues : voiturettes, quads.

Observation

Ces trois catégories de véhicules sont constituées des **trois mêmes sous-ensembles**. Seule change leur disposition en fonction de l'usage auquel ils sont destinés.



Connaissance de l'automobile

Conditions à remplir par une automobile

- ① transporter les passagers et marchandises avec un confort suffisant pour limiter la fatigue ;
- ② protéger au mieux les occupants en cas de choc ;
- ③ atteindre des vitesses et accélérations suffisantes dans les limites du Code de la route ;
- ④ s'arrêter dans la distance la plus courte possible.

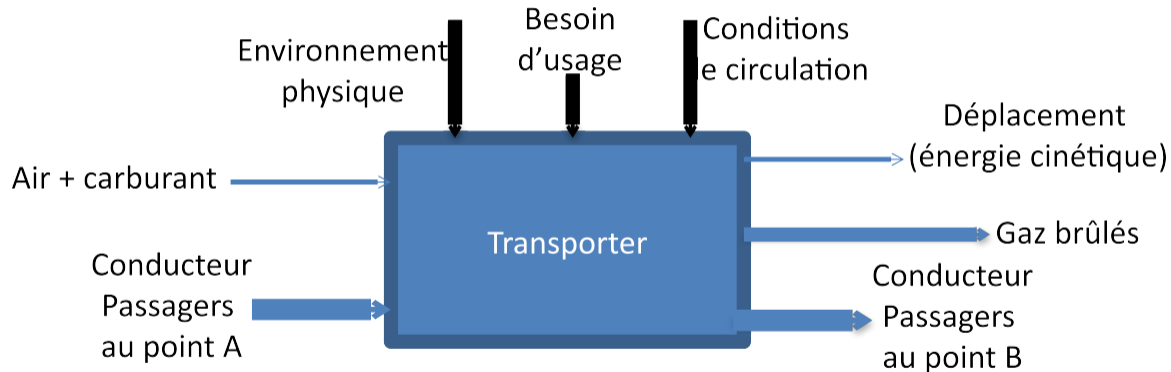


Connaissance de l'automobile

Conditions à remplir par une automobile (suite)

- ⑤ conserver la trajectoire quelles que soient les conditions atmosphériques (pluie, vent), de roulage et de circulation ;
- ⑥ rester fiable dans le temps ;
- ⑦ consommer peu d'énergie ;
- ⑧ polluer l'atmosphère le moins possible ;
- ⑨ posséder une ligne esthétique et un bon rapport masse/puissance.

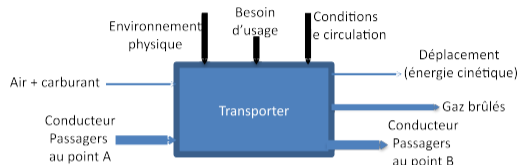




Connaissance de l'automobile

Fonction globale de l'automobile

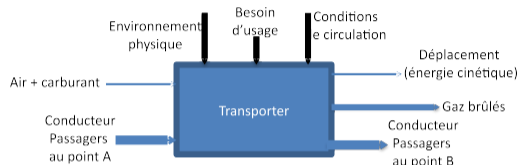
- ✓ Le véhicule est en appui sur le sol par ses quatre roues sous l'action de la pesanteur ; son poids exerce une force pressante au sol.
- ✓ Le poids réel ou apparent de chaque roue sur le sol, donc son adhérence, est fonction de nombreux paramètres.
- ✓ Les roues motrices transmettent leur énergie au sol grâce à leur adhérence avec celui-ci. Elles reçoivent leur énergie du moteur.



Connaissance de l'automobile

Fonction globale de l'automobile

- ✓ Le moteur a besoin pour fonctionner : d'une énergie potentielle (carburant) et de l'air disponible dans son environnement.
- ✓ S'il est équipé d'un moteur thermique, il rejette des gaz brûlés.
- ✓ Le conducteur communique ses intentions en agissant sur les commandes (volant, leviers, pédales, interrupteurs...).
- ✓ Dès que le véhicule se déplace, il acquiert une énergie cinétique.



Chapitre II — Les sous-ensembles de l'automobile

Les sous-ensembles d'une automobile (également appelés **systèmes**) sont :

① la **motorisation**, qui comprend :

- le moteur thermique ;
- l'injection (moteurs essence) ;
- l'allumage (moteurs essence) ;
- l'injection Diesel ;
- la charge (électrique) ;
- le démarrage (électrique).

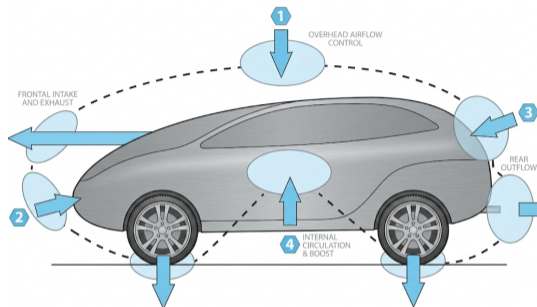
② la **transmission**.

③ le **freinage**.

④ la **suspension**.

⑤ la **direction**.

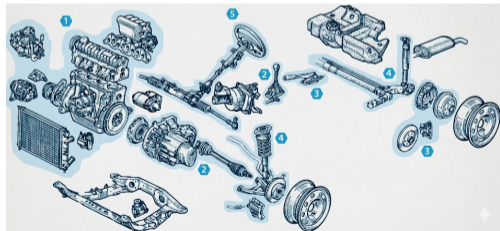
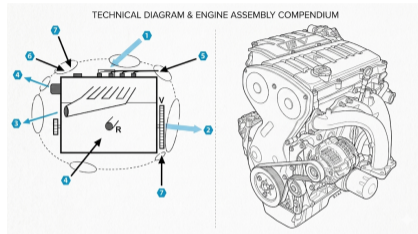
⑥ l'**équipement électrique**.



Les sous-ensembles de l'automobile

2.1. Le système de motorisation

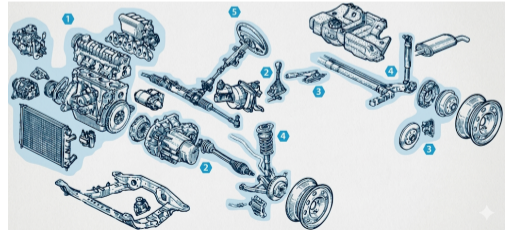
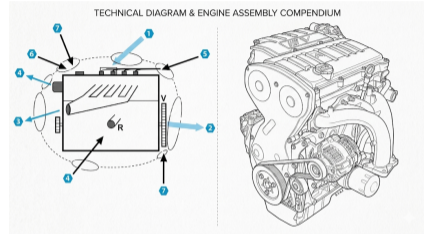
- 1 Le moteur thermique reçoit un mélange préparé, combustible du système d'alimentation. Il réalise une combustion par compression, déclenchée par le système d'allumage (moteur essence).
- 2 Il produit une énergie mécanique disponible au volant moteur.
- 3 Il rejette des gaz brûlés (perte d'énergie et pollution).
- 4 Il évacue les calories en excédent par son système de refroidissement.



Les sous-ensembles de l'automobile

2.1. Le système de motorisation (suite)

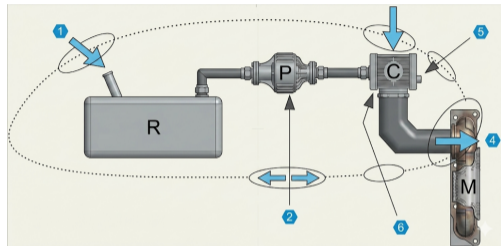
- ⑤ reçoit le courant électrique haute tension nécessaire à l'allumage ;
- ⑥ Le conducteur a une action sur l'accélérateur ;
- ⑦ Le moteur reçoit du démarreur l'énergie mécanique nécessaire à son lancement ;
- ⑧ Il reçoit aussi le lubrifiant nécessaire au fonctionnement de son système de graissage.



Les sous-ensembles de l'automobile

2.2. Le système d'alimentation en air et en carburant

- 1 Le carburant est stocké dans le réservoir (**R**), aspiré et mis sous pression par la pompe d'alimentation (**P**).
- 2 La pompe refoule le carburant sous pression vers le système d'injection.
- 3 L'air ambiant pénètre dans le système d'injection : un mélange précis air/essence est réalisé.
- 4 Le moteur (**M**) admet le mélange carburé.
- 5 Le conducteur agit sur l'accélérateur (volume de gaz admis).
- 6 Les données moteur (fréquence, charge...) agissent sur les dosages.



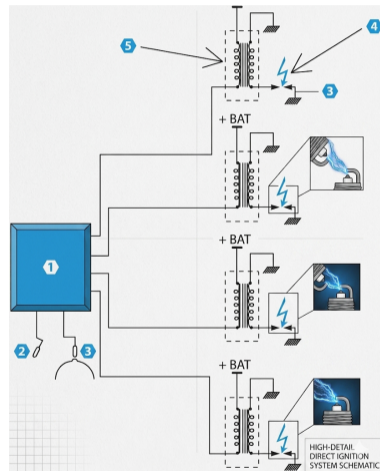
Les sous-ensembles de l'automobile

2.3. Le système d'allumage

Le système d'allumage reçoit un courant électrique basse tension (12 à 14 V) en **1**. Il produit des étincelles dont la chaleur déclenche la combustion.

Le système de commande de la bobine reçoit des informations :

- ① sur la position du piston (position du volant moteur) ;
- ② sur la fréquence de rotation du moteur ;
- ③ sur la pression dans la tubulure d'admission.

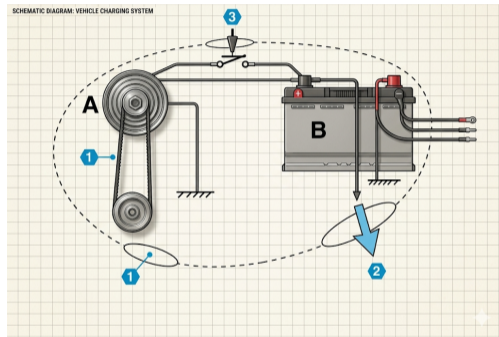


Les sous-ensembles de l'automobile

2.4. Le système de charge

L'alternateur (**A**) reçoit l'énergie mécanique d'une des poulies du moteur. Il restitue un courant continu de tension sensiblement constante permettant le fonctionnement :

- ① des circuits électriques moteur (allumage) ;
- ② de l'équipement électrique du moteur tournant ;
- ③ Contact (combiné de démarrage/allumage).



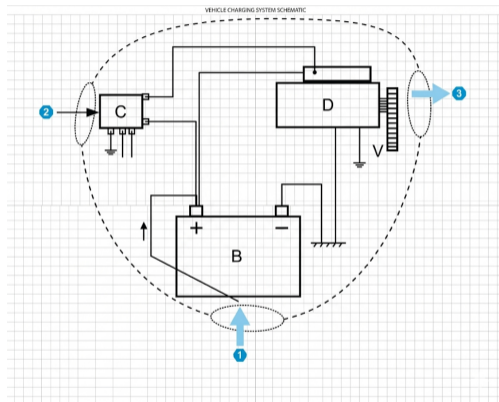
Les sous-ensembles de l'automobile

2.5. Le système de démarrage

L'énergie électrique du circuit de charge est stockée dans la batterie **(B)**. Au démarrage, le conducteur tourne la clé du combiné **(C)** et commande :

- ① les circuits électriques du moteur ;
- ② le démarreur **(D)**.

Le moteur électrique du démarreur entraîne en rotation la couronne du volant moteur **(M)**. Lorsque le conducteur relâche la clé, le pignon se désengrène et le moteur électrique s'arrête.



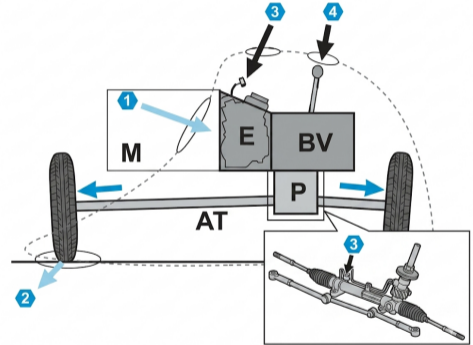
Les sous-ensembles de l'automobile

2.6. Le système de transmission

Le système de transmission reçoit l'énergie mécanique du moteur (**M**) par le volant moteur. Il la transmet aux roues motrices.

Le conducteur peut agir sur la pédale d'embrayage pour accoupler ou désaccoupler (**E**) la transmission.

Le conducteur agit également sur le levier de vitesses qui commande les changements de rapports de démultiplication (**BV**).



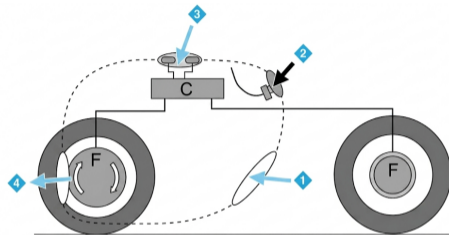
Les sous-ensembles de l'automobile

2.7. Le système de freinage

- 1 Le véhicule possède une énergie cinétique :

$$E_c = \frac{M \cdot v^2}{2}$$

- 2 Le conducteur agit sur la pédale de freins.
- 3 Le système de commande (**C**) reçoit de l'énergie sous diverses formes (mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques) afin d'amplifier l'effort du conducteur.
- 4 Chaque élément de frein (**F**) transforme cette énergie en chaleur (énergie thermique) par frottement.

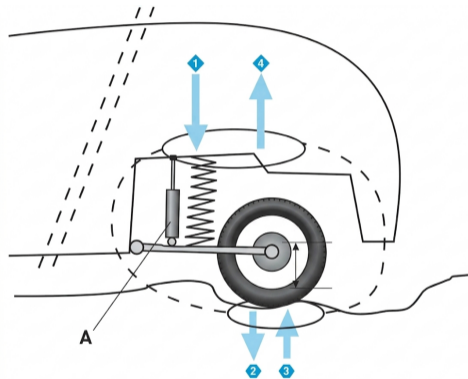


Les sous-ensembles de l'automobile

2.7. Le système de suspension

- ❶ Le poids du véhicule s'appuie sur la tête du ressort (**R**), interposé entre un point de la caisse et le bras de suspension lié à la roue.
- ❷ Le pneumatique réalise le contact au sol.
- ❸ Le profil irrégulier de la route communique à la roue un mouvement oscillatoire.
- ❹ L'énergie cinétique reçue par la caisse est transformée en chaleur par torsion du ressort et frottement de l'amortisseur (**A**).

L'adhérence des pneumatiques est assurée par l'action vers le bas des ressorts.



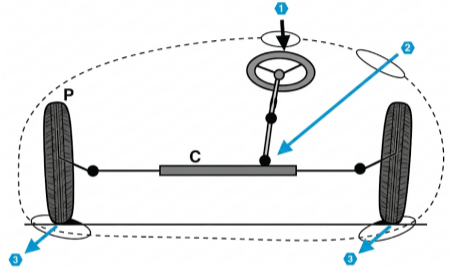
Les sous-ensembles de l'automobile

2.7. Le système de direction

- 1 Le conducteur agit sur le volant.
- 2 Les roues avant pivotent ensemble sur un axe fictif appelé « axe de pivot » (**P**), grâce à un mécanisme : la crémaillère (**C**).

Remarque

Les roues directrices peuvent être motrices et participer à la suspension. Cela nécessite une « géométrie du train avant » particulière.



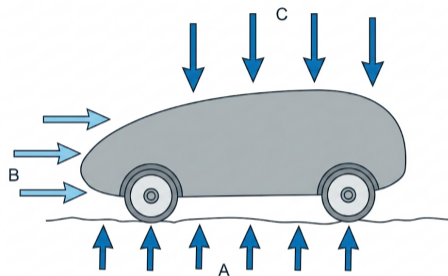
Chapitre III — Le châssis-carrosserie

Le châssis-carrosserie

Le châssis-carrosserie est l'**ossature du véhicule**, le bâti sur lequel sont fixés tous les éléments mécaniques.

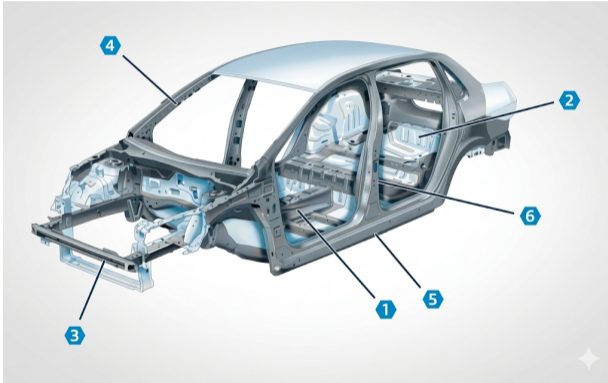
Cet ensemble doit :

- 1 supporter tous les éléments mécaniques ;
- 2 protéger des intempéries les éléments mécaniques et les passagers (étanchéité) ;
- 3 nécessiter le minimum d'énergie pour son déplacement ;
- 4 préserver les passagers en cas d'accident ;
- 5 conférer à l'ensemble un aspect esthétique agréable.



Le châssis-carrosserie

Éléments structurels de la caisse



- ① Longerons ;
- ② Traverses ;
- ③ Berceau moteur / support train roulant (voie avant) ;
- ④ Montants ;
- ⑤ Bas de caisse ;
- ⑥ Pied milieu.

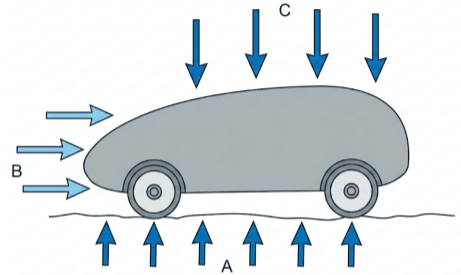
La coque auto-porteuse

Les longerons et traverses sont constitués de tôles embouties formant des corps creux. Mais ce châssis allégé ne peut assurer la rigidité désirée.

La carrosserie et le châssis font partie d'un ensemble **monobloc** dont chaque élément participe à la rigidité de l'ensemble. On lui donne le nom de :

Coque auto-porteuse

Ensemble monobloc châssis + carrosserie — chaque élément contribue à la rigidité globale.



Le châssis-carrosserie : La carrosserie

3.1. Forme et caractéristiques dimensionnelles

Forme d'un véhicule : La forme est conditionnée par plusieurs impératifs :

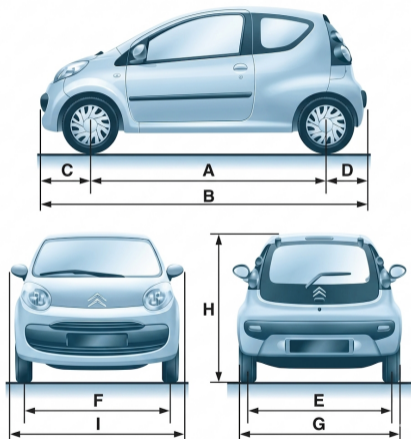
- ① ses volumes intérieurs utiles aux éléments mécaniques et aux occupants ;
- ② sa stabilité (tenue de route) améliorée par la position basse du centre de gravité ;
- ③ son aérodynamisme qui détermine l'énergie nécessaire à son déplacement.

Principales caractéristiques dimensionnelles :

- ① La longueur hors tout ou totale.
- ② La largeur et sa hauteur.
- ③ La **voie** : distance entre les plans moyens des roues d'un même essieu (pas obligatoirement identique avant/arrière).
- ④ L'**empattement** : distance entre l'axe de la roue avant et celui de la roue arrière d'un même côté.

Le châssis-carrosserie : La carrosserie

Cotes caractéristiques



- A** Empattement
- B** Longueur hors tout
- C** Porte-à-faux avant
- D** Porte-à-faux arrière
- E** Voie arrière
- F** Voie avant
- G** Largeur hors tout arrière
- H** Hauteur totale
- I** Largeur hors tout avant (mm)

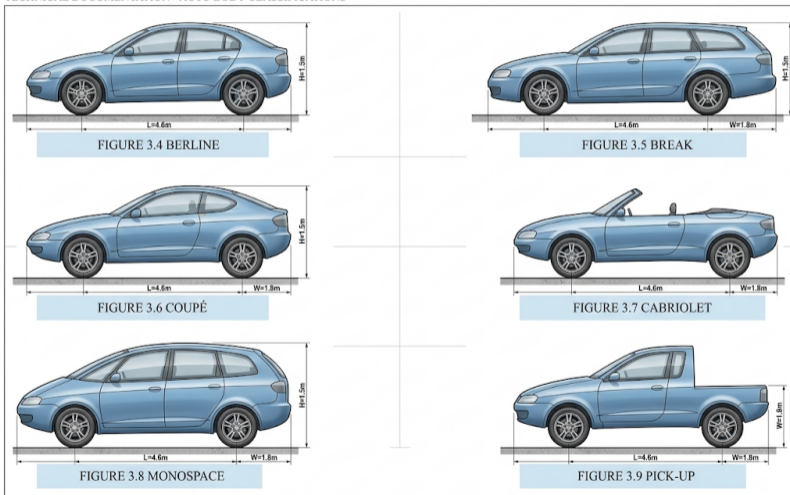
Il existe plusieurs versions de carrosseries automobiles. On peut distinguer, entre autres :

- ✓ la **berline** ;
- ✓ le **break** ;
- ✓ le **coupé** ;
- ✓ le **cabriolet** ;
- ✓ le **monospace** ;
- ✓ le **pick-up**.

Le châssis-carrosserie : La carrosserie

Illustrations des types de carrosseries

TECHNICAL DOCUMENTATION - AUTO BODY CLASSIFICATIONS



L'aérodynamique est une science expérimentale qui a pour objet l'étude des mouvements relatifs d'un solide avec l'air. Pour se déplacer, un véhicule doit vaincre deux forces :

1. Résistance au roulement

varie suivant :

- la masse du véhicule ;
- la nature du contact pneu-sol.

2. Résistance à l'avancement

varie suivant :

- la forme du véhicule (profil) ;
- sa surface frontale ;
- le carré de la vitesse.

Le châssis-carrosserie : La carrosserie

La carrosserie aérodynamique

Intérêt de l'aérodynamisme

Une carrosserie aérodynamique permet, soit, à consommation égale, d'**augmenter la vitesse**, soit, à vitesse égale, de **consommer moins**.



Le châssis-carrosserie : La carrosserie

Forces et moments aérodynamiques

La forme d'un véhicule est conçue à partir :

- ① des données des véhicules déjà conçus et commercialisés ;
- ② des mesures relevées en soufflerie lors des essais antérieurs ;
- ③ du style désiré pour le véhicule (design).

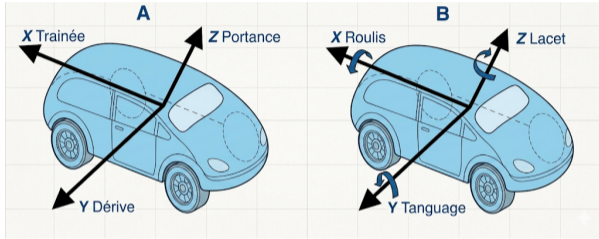
Un véhicule en déplacement est soumis à l'action de **trois forces** : la traînée (**F_x**), la dérive (**F_y**), la portance (**F_z**).

On en calcule les moments / axes X, Y, Z. Les moments produisent :

- ① pour la traînée : le **roulis** et la résistance à l'avancement ;
- ② pour la dérive : le **tangage** ;
- ③ pour la portance : le **lacet**.

Le châssis-carrosserie : La carrosserie

Axes aérodynamiques — schémas A et B



Pour la résistance à l'avancement, seule la **force de traînée** est prise en compte.

Pour la tenue de route, tous les paramètres interviennent.

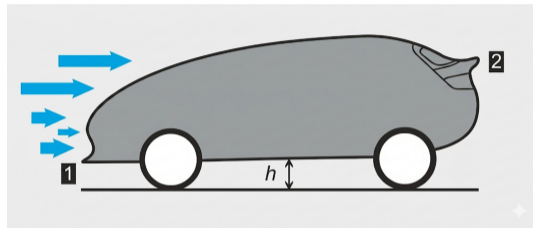
La **stabilité du véhicule** est inversement proportionnelle aux moments de forces.

Le châssis-carrosserie : La carrosserie

Amélioration du coefficient aérodynamique C_x

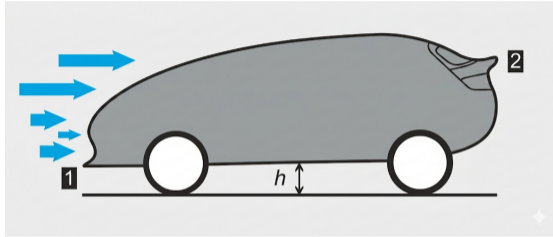
Au fil des années, le C_x des automobiles a été amélioré par :

- ① l'abaissement de la garde au sol ;
- ② la diminution de la surface frontale ;
- ③ la suppression des arêtes et angles vifs ;
- ④ l'adjonction d'éléments correctifs.



Le châssis-carrosserie : La carrosserie

Éléments correctifs aérodynamiques



- ❶ **Spoiler (1)** : déflecteur placé à l'avant du véhicule qui réduit le débit d'air passant sous la caisse (diminution de la portance).
- ❷ **Becquet (2)** : placé à l'arrière, ce déflecteur diminue la traînée.

Il faut distinguer :

- ✓ **La sécurité active** dont le but est de *limiter les risques d'accident* ;
- ✓ **La sécurité passive** dont le but est de *protéger les passagers en cas d'accident*.

La sécurité active — On peut intervenir auprès du conducteur :

- ✓ en lui conseillant de ne pas prendre la route fatigué ;
- ✓ en lui interdisant la conduite en état d'ivresse ;
- ✓ en limitant la vitesse.

Le châssis-carrosserie : La sécurité

Équipements de sécurité active

On réalise des équipements de sécurité :

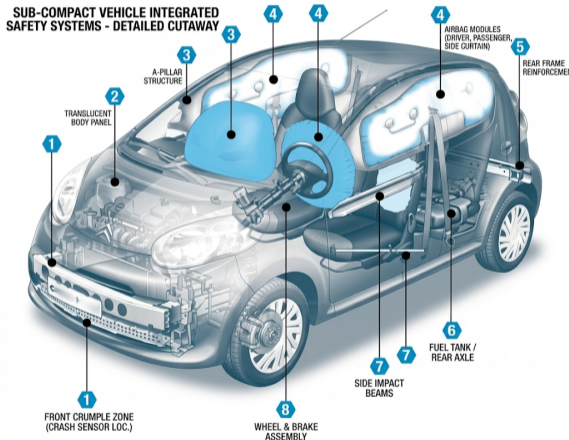
- ✓ L'ensemble du **système de freinage** est naturellement un système de sécurité active. Deux types de freins sont disponibles : disques ou tambours, complétés par de nombreux dispositifs électroniques.
- ✓ **L'antiblocage (ABS)** permet un freinage sur une distance plus courte et en ligne droite.
- ✓ On peut citer également : l'**ESP** (correcteur de trajectoire), l'aide au freinage d'urgence, l'éclairage xénon, les détecteurs de pluie, la suspension pilotée, la direction assistée, la climatisation, la détection de sous-gonflage, les sièges ergonomiques, etc.

La sécurité passive : Les dispositifs qui améliorent la sécurité passive sont de plus en plus nombreux :

- ✓ Carrosserie avec zone d'absorption des chocs ;
- ✓ Direction escamotable à colonne décalée ;
- ✓ Airbag ;
- ✓ Appui-tête ;
- ✓ Structure des vitres ;
- ✓ Renforts latéraux ;
- ✓ Ceinture de sécurité avec prétensionneurs, etc.

Le châssis-carrosserie : La sécurité

Figure 3.1 — Systèmes de sécurité intégrés



- 1 Poutre et absorbeur de choc piéton ;
- 2 Capot à absorption d'énergie ;
- 3 Arceau de toit ;
- 4 Airbag ;
- 5 Poutre arrière ;
- 6 Ceinture à allongement contrôlé ;
- 7 Renforts de porte ;
- 8 Colonne de direction rétractable.

Merci pour votre attention

Questions ?

Technologie des Véhicules Terrestres — Partie I

Mr. ZENNADI Karim — ENP — 2025/2026