

Hubert Mèmeteau – Bruno Collomb

TECHNOLOGIE FONCTIONNELLE de L'AUTOMOBILE

CAP – Bac Pro – BTS

1

Le moteur et ses auxiliaires

- Conforme au programme
- Exercices et QCM en ligne

9^e
édition



DUNOD

Réalisation des illustrations : Philippe Mèmeteau

© Dunod, 1981, 1993, 1996, 2002, 2006, 2009, 2014, 2019, 2024

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com

ISBN 978-2-10-086751-6

Table des matières

Avant-propos	VII
L'étude technologique dans la démarche de maintenance	VIII
Bref historique de l'automobile	IX
 Partie 1	
Approche et découverte de l'automobile	1
 Chapitre 1 : Connaissance de l'automobile	 3
 Chapitre 2 : Les sous-ensembles de l'automobile	 9
2.1 Le système de motorisation	10
2.2 Le système d'alimentation en air et en carburant.....	11
2.3 Le système d'allumage	12
2.4 Le système de charge	13
2.5 Le système de démarrage.....	14
2.6 Le système de transmission.....	15
2.7 Le système de freinage	16
2.8 Le système de suspension.....	17
2.9 Le système de direction	18
 Chapitre 3 : Le châssis-carrosserie	 23
3.1 La carrosserie	24
3.2 La sécurité des automobiles	28
3.3 Les effets d'un choc	29

Partie 2

Le système de motorisation	35
Chapitre 4 : Classification des moteurs	37
4.1 Mise en situation	37
4.2 Le système de motorisation dans son ensemble	40
Chapitre 5 : Constitution des moteurs	45
5.1 Les éléments fixes	46
5.2 Les éléments mobiles	48
5.3 Les éléments de la distribution	60
Chapitre 6 : Les caractéristiques des moteurs	71
Chapitre 7 : Le fonctionnement des moteurs	79
7.1 Le cycle à quatre temps	79
7.2 Les différences de fonctionnement et de conception entre un moteur essence et un moteur Diesel	84
7.3 Particularités du moteur 3 cylindres	87
Chapitre 8 : La distribution	95
8.1 Le système de distribution	97
8.2 La distribution variable	98
8.3 La levée variable des soupapes	104
Chapitre 9 : La suralimentation des moteurs thermiques	109
9.1 Mise en situation	109
9.2 Analyse structurelle	110
9.3 Analyse fonctionnelle	113

Partie 3

Les circuits complémentaires	123
Chapitre 10 : Le circuit de graissage	125
10.1 Mise en situation	125
10.2 Analyse structurelle	128
10.3 Analyse fonctionnelle	131

Chapitre 11 : Le circuit de refroidissement	141
11.1 Mise en situation.....	141
11.2 Analyse structurelle	142
11.3 Analyse fonctionnelle.....	148

Partie 4

La combustion et l'alimentation en carburant	153
---	-----

Chapitre 12 : Les combustibles et la combustion	155
12.1 Les combustibles	155
12.2 Les biocarburants	158
12.3 La combustion	162
Chapitre 13 : Le mélange combustible	169
Chapitre 14 : Les systèmes d'injection	173
14.1 L'injection indirecte essence.....	173
14.2 L'injection directe essence	184
14.3 L'injection Diesel	190
14.4 L'injection gaz.....	208
Chapitre 15 : Les systèmes antipollution	217
15.1 Mise en situation.....	217
15.2 Analyse structurelle	219
15.3 Analyse fonctionnelle.....	230

Partie 5

Le système d'allumage	237
------------------------------------	-----

Chapitre 16 : Principe de l'allumage	239
16.1 Mise en situation.....	239
16.2 Analyse structurelle	241
16.3 Analyse fonctionnelle.....	246

Partie 6

Les véhicules électriques et hybrides 253

Chapitre 17 : **Le véhicule électrique** 255

17.1 Mise en situation..... 255

17.2 Analyse structurelle..... 257

17.3 La charge du véhicule..... 259

17.4 Analyse fonctionnelle..... 262

17.5 Le véhicule à pile à combustible..... 267

Chapitre 18 : **Le véhicule hybride**..... 273

18.1 Mise en situation..... 273

18.2 Analyse structurelle..... 279

18.3 Analyse fonctionnelle..... 284

VI

Partie 7

Les principaux documents liés à l'entreprise automobile 293

Chapitre 19 : **L'ordre de réparation** 295

Chapitre 20 : **Le devis** 299

Chapitre 21 : **La facture**..... 301

21.1 Le contenu..... 301

21.2 Les obligations du garagiste..... 302

21.3 Les réductions 303

21.4 Les majorations 303

Chapitre 22 : **Unités et schématisation** 305

Grandeurs et unités du Système international (SI)..... 305

Principe de l'analyse descendante dite « systémique »..... 307

Index 308

Avant-propos

La technologie automobile évoluant très vite, il est très difficile actuellement d'acquérir des connaissances sur tous les systèmes existants. C'est pourquoi il était important de faire une mise à jour et donc une 9^e édition de cet ouvrage, créé par Hubert Mèmeteau, qui comporte deux tomes :

- » tome 1 : Le moteur et ses auxiliaires ;
- » tome 2 : La transmission, le freinage, la tenue de route et l'équipement électrique.

Ils restent une référence pour les élèves et les enseignants de la maintenance automobile.

Cet ouvrage, conçu spécialement pour le milieu scolaire est composé de plusieurs séquences qui permettent à l'apprenant d'étudier le fonctionnement de base d'un système jusqu'à son évolution récente.

À la fin de chaque séquence se trouve un résumé fait d'une synthèse concise et une rubrique « testez vos connaissances » permet à l'élève de s'auto-évaluer. Pour effectuer des recherches personnelles, un encadré intitulé « Entraînez-vous » vient compléter tout cela.

S'il utilise la méthode inductive, l'enseignant pourra amener l'élève à utiliser cet ouvrage comme document ressource lorsqu'il devra passer à la partie pratique.

Les photos des systèmes étudiés ne sont données qu'à titre d'exemple car chaque constructeur a sa technique qui lui est propre. Il appartient à l'élève de rechercher le système sur la revue technique de son choix.

Ces manuels qui couvrent la formation en maintenance des véhicules du CAP au BAC PRO (3 ans) sont construits de la même manière pour chaque chapitre et apportent ainsi un confort de lecture et d'étude pour tous les utilisateurs.

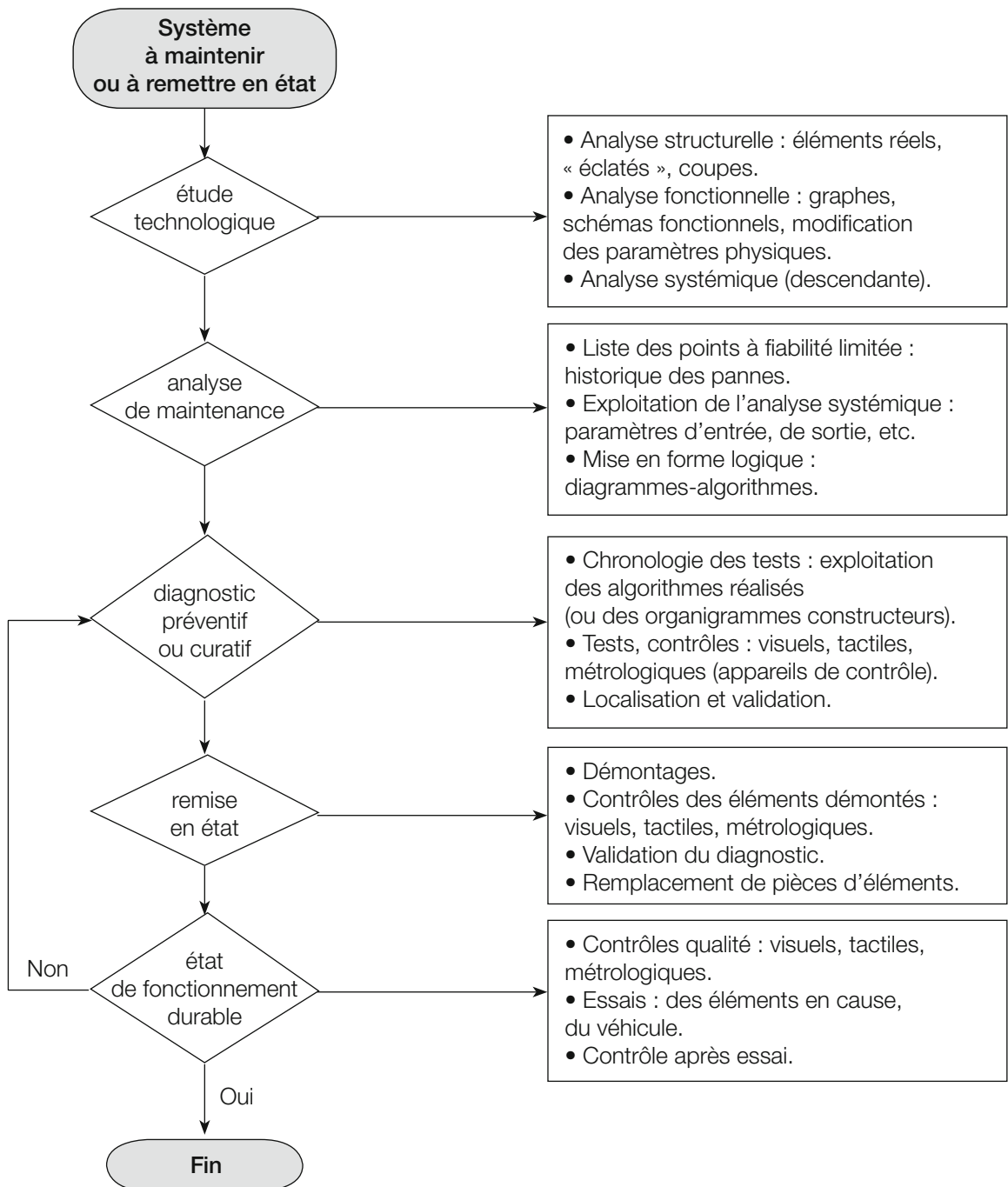
Trois grands titres composent chaque chapitre :

- » **Une mise en situation** qui localise le système étudié, donne sa fonction principale et sa nécessité,
- » **Une analyse structurelle** qui liste les éléments constitutifs du système et leur fonction,
- » **Une analyse fonctionnelle** qui développe le fonctionnement des systèmes et les lois physiques qui le régissent.

En conclusion, les deux tomes de cet ouvrage favorisent l'ouverture d'esprit de l'élève tant sur la découverte que sur les connaissances plus pointues en matière de technologie automobile. Ainsi chaque élève pourra se l'approprier selon ses propres besoins.

L'enseignant, quant à lui, y trouvera un support pédagogique et technique directement utilisable en atelier et un outil de travail sur lequel s'appuyer.

L'étude technologique dans la démarche de maintenance



Bref historique de l'automobile

1769 : L'ingénieur militaire français Cugnot construit le premier véhicule automobile « Le Fardier ». Véhicule à 3 roues (dont une est directrice), utilisant la vapeur d'eau comme force motrice.

1820 : Apparition des premières diligences à vapeur en Angleterre.

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

1859 : Premier accumulateur construit par Plante.

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 qui effectue le trajet Le Mans-Paris. Ils inventent la direction par deux roues pivotant aux extrémités d'un essieu fixe plus perfectionné que l'essieu mobile ou la roue directrice. Ils améliorent la transmission et le freinage.

1876 : Fabrication et commercialisation du moteur à quatre temps (souvent appelé cycle Otto), avec soupapes d'admission commandées par came et leviers, mis au point par l'Allemand Nikolaus August Otto (brevet de 1863 qui sera contesté et annulé en 1888 après quatre ans de procédures, l'antériorité du brevet de Beau de Rochas étant reconnue).

1883-1908 : Les 1^{ers} moteurs à essence sont créés par les Allemands Benz et Daimler. Les nouvelles automobiles sont des produits de luxe très chers et très inconfortables. Seuls les gens les plus riches peuvent se les offrir. Le démarrage des moteurs est difficile.

Figure 1 Le Fardier à vapeur de Cugnot, l'ancêtre de l'automobile

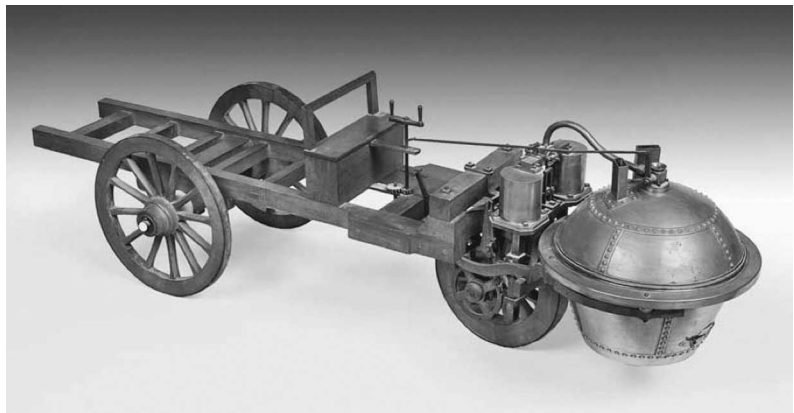
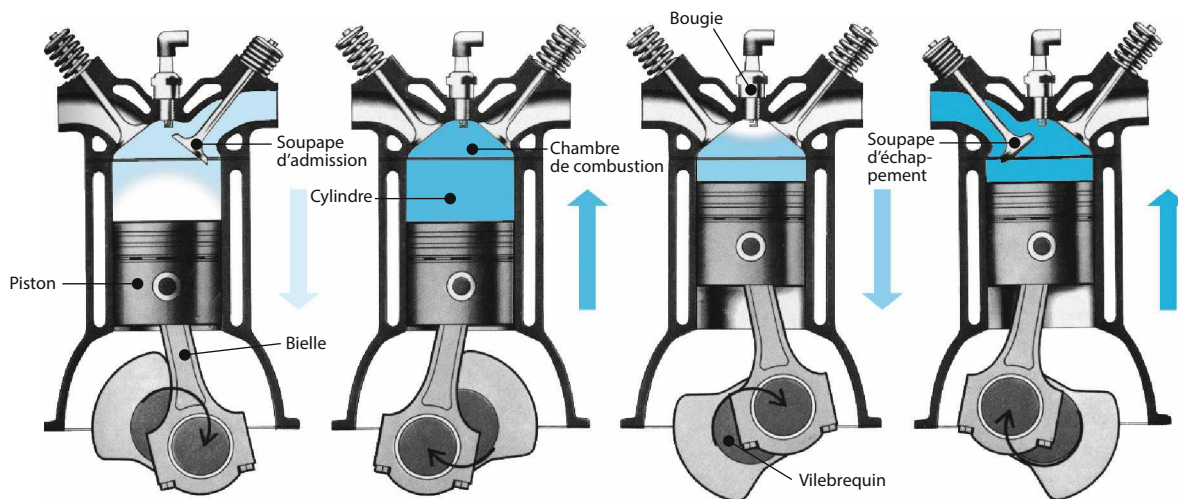


Figure 2 Principe du moteur à quatre temps



1889 : Invention du pneumatique 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.

1908-1945 : L'Américain Henry Ford lance la Ford T, la première voiture économique construite à la chaîne. En France, la Traction avant (les deux roues avant entraînent la voiture) de Citroën remporte un vif succès dans la société aisée, mais reste inaccessible aux gens modestes. Les villes et la campagne 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 commencent à relier les grandes villes. Mais il y a de plus en plus d'accidents et d'embouteillages.

1973-1985 : Une guerre au Moyen-Orient provoque la hausse brutale des prix du pétrole. L'essence devient chère. Les gouvernements prennent des mesures pour améliorer la sécurité (ceinture de sécurité, alcootests...) et réduire la pollution. Les constructeurs réfléchissent à des modèles ne fonctionnant pas au pétrole.

Depuis 1985 : Apparus dans les années 1980, les monospaces (comme l'Espace de Renault, ou la 806 de Peugeot) sont de grosses et hautes voitures pour les familles nombreuses. Leurs formes compactes ont depuis influencé les voitures plus petites (Citroën Xsara Picasso, Renault Mégane Scénic...).

Et demain l'hydrogène ? Les ressources en pétrole ne sont pas éternelles (au rythme où nous les consommons, il n'y en aura plus beaucoup dans 100 ans). Les constructeurs réfléchissent depuis longtemps aux moteurs qui peuvent fonctionner avec un autre carburant. L'électricité n'étant pas très pratique, c'est pour l'instant l'hydrogène qui a leur faveur.

Partie 1

Approche et découverte de l'automobile

Connaissance de l'automobile

chapitre 1



Figure 1.1 Concept car
(Document Citroën).

Le terme « automobile » qualifie tout engin capable de se déplacer par ses propres moyens, et qui transporte l'énergie nécessaire à son fonctionnement (figure 1.1).

Dans un ensemble appelé « châssis-carrosserie », on trouve les trois parties principales d'une automobile (figure 1.2) :

- » un compartiment renfermant le système de motorisation, lié mécaniquement aux roues motrices ;
- » une cellule recevant le conducteur et les passagers, appelée « habitacle » ;
- » un compartiment à bagages.

Il existe trois principaux types de véhicules routiers

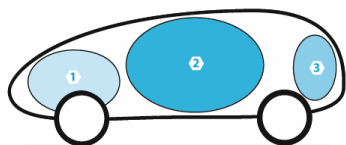


Figure 1.2 Véhicule de tourisme.

- ❶ Compartiment motorisation.
- ❷ Cellule passagers (habitacle).
- ❸ Compartiment à bagages.

1. Les **véhicules de tourisme** (figure 1.2) : voitures destinées au transport des passagers, qui seules ont conservé le nom usuel d'automobiles ;

2. Les **véhicules utilitaires** (figure 1.3) :

- » transports en commun (autobus, autocars) ;
- » transports de marchandises (camionnettes, camions porteurs, tracteurs et semi-remorques) ;
- » véhicules spéciaux : engins de travaux, véhicules de pompiers, etc. ;

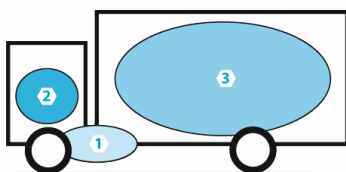


Figure 1.3 Véhicule utilitaire
(camion porteur).

- ❶ Motorisation
- ❷ Châssis-cabine.
- ❸ Cellule spécifique au besoin d'usage : benne, bétailère, frigorifique, citerne, etc.

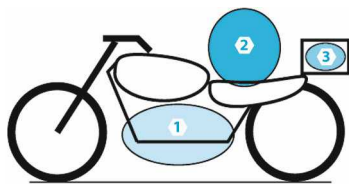


Figure 1.4 Véhicule léger : motocycle.

- ① Motorisation.
- ② Pilote et passager.
- ③ Bagages.

3. Les véhicules légers (figure 1.4) :

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

Nous constatons que 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.

Remarque

Cet ouvrage traite uniquement de la catégorie des véhicules de tourisme.

Conditions à remplir par une automobile

Parmi les conditions à remplir, on peut citer :

- » transporter les passagers et les marchandises avec un confort suffisant afin de limiter leur fatigue ;
- » protéger au mieux les occupants en cas de choc ;
- » atteindre des vitesses et accélérations suffisantes dans les limites du Code de la route ;
- » s'arrêter si besoin dans la distance la plus courte possible ;
- » conserver la trajectoire désirée par le conducteur quelles que soient les conditions atmosphériques (pluie, vent, etc.), de roulage (revêtement, profil de route) et de circulation (dangers à éviter) ;
- » rester fiable dans le temps ;
- » consommer peu d'énergie ;
- » polluer l'atmosphère le moins possible ;
- » posséder une ligne qui prenne en compte l'esthétique contemporaine et les critères de consommation et de rapport masse/puissance.

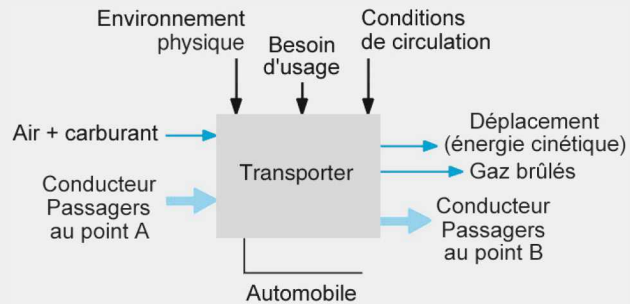
Figure 1.5

(Document Peugeot).



Fonction globale de l'automobile

Figure 1.6 Fonction globale : point de vue de l'utilisateur.



La figure 1.7 décrit les différentes interactions entre le véhicule et l'extérieur.

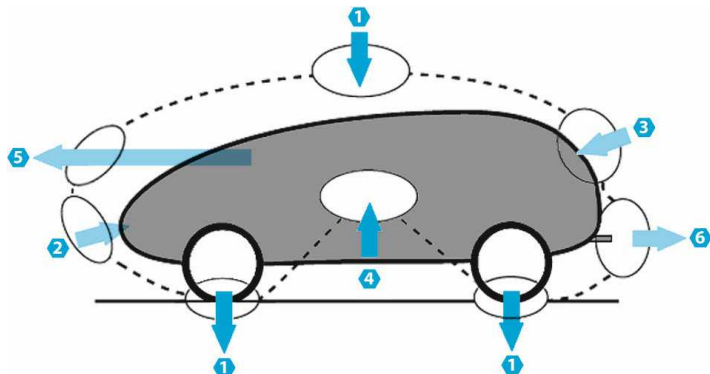
- » Le véhicule est en appui sur le sol par ses quatre roues sous l'action de la pesanteur ❶ et son poids $P = M \cdot g$ exerce une force pressante au sol.
- » Le poids réel ou apparent de chaque roue sur le sol ❶, donc son adhérence, est fonction de nombreux paramètres.
- » Les roues motrices transmettent leur énergie au sol grâce à leur adhérence avec celui-ci. Elles reçoivent leur énergie du moteur.
- » Le moteur a besoin pour fonctionner de recevoir :
 - une énergie potentielle ❸ (carburant stocké dans le véhicule),
 - de l'air ❷, disponible dans son environnement.
- » Si le véhicule est équipé d'un moteur thermique, il rejette des gaz brûlés ❹.
- » Le conducteur communique ses intentions en agissant sur les commandes à sa disposition ❺ : volant, levier, pédales, interrupteurs, etc.
- » Dès que le véhicule se déplace, il acquiert une énergie cinétique ❻.

5

- 1 - Connaissance de l'automobile

Figure 1.7 Frontière d'étude du système.

- ❶ Action de la pesanteur.
- ❷ Action de l'air.
- ❸ Stockage de l'énergie potentielle.
- ❹ Action du conducteur sur les commandes.
- ❺ Énergie cinétique.
- ❻ Gaz brûlés (chaleur perdue).

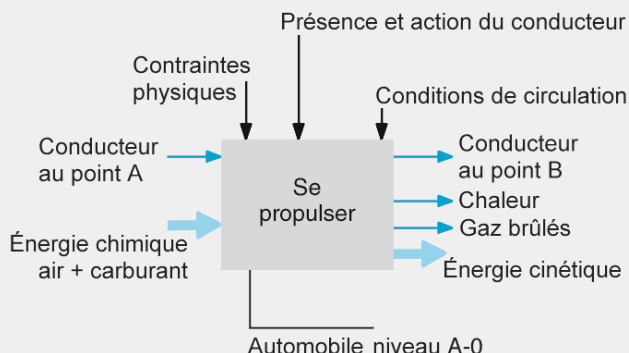


Fonction globale du point de vue de la maintenance

Figure 1.8 Fonction globale.

Point de vue de la maintenance.

ASD : Analyse systémique descendante.



Résumé

Définition

Une automobile est un véhicule qui progresse grâce à un moteur.

Parties principales

Les véhicules comportent trois parties :

- » l'habitacle qui protège les passagers,
- » le compartiment moteur qui reçoit le système de motorisation lié mécaniquement aux roues motrices,
- » le compartiment à bagages ou à marchandises.

Différents types de véhicules

- » véhicules de tourisme,
- » véhicules utilitaires,
- » véhicules légers.

Fonction d'usage

Transporter le conducteur et ses passagers d'un point à un autre.

Fonction globale

Transformer l'énergie potentielle du carburant en énergie cinétique, grâce au moteur et aux roues motrices.

Conditions à remplir

- » offrir un confort suffisant pour limiter la fatigue,
- » protéger les occupants en cas de choc,
- » avoir une puissance adaptée à toutes les conditions de circulation,
- » s'arrêter dans la distance la plus courte possible,
- » conserver la trajectoire désirée.