

Technologie fonctionnelle de l'automobile

TOME **2**

Technologie fonctionnelle de l'automobile

7^e édition



TOME
1

Le moteur et ses auxiliaires

HUBERT MÈMETEAU
BRUNO COLLOMB

Avec des tests
d'auto-évaluation
corrigés

DUNOD

Hubert MÈMETEAU Bruno COLLOMB

LA MAINTENANCE AUTOMOBILE

2^e édition

EN **60** FICHES
PRATIQUES



BAC Pro
3 ans

DUNOD

Technologie fonctionnelle de l'automobile

7^e édition

TOME
2

**La transmission, le freinage,
la tenue de route et l'équipement électrique**

HUBERT MÈMETEAU
BRUNO COLLOMB

DUNOD

Tout le catalogue sur
www.dunod.com



Couverture : Pierre-André Gualino, graphiste

Photos de couverture (de gauche à droite) :

© Karin & Uwe Annas – fotolia.com, © Ioraks – fotolia.com,
© Cla78 – fotolia.com, © Successo images – fotolia.com

Réalisation des illustrations : Philippe Mèmeteau

Ce pictogramme mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du **photocopillage**.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les

établissements d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la

possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (**CFC**, 20 rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



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

5 rue Laromiguière, 75005 Paris
www.dunod.com

ISBN 978-2-10-070825-3

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

Avant-propos	IX
Avant-propos de l'inspecteur	XI
Partie 1	
La transmission	1
Chapitre 1 : Le système de transmission	3
1.1 Mise en situation.....	3
1.2 Analyse structurelle.....	6
1.3 Analyse fonctionnelle.....	7
Chapitre 2 : L'embrayage	11
2.1 Mise en situation.....	11
2.2 Analyse structurelle.....	12
2.3 Analyse fonctionnelle.....	17
Chapitre 3 : La boîte de vitesses mécanique	24
3.1 Mise en situation.....	24
3.2 Analyse structurelle.....	27
3.3 Analyse fonctionnelle.....	30
Chapitre 4 : Caractéristiques principales des engrenages	38
Chapitre 5 : La boîte de vitesses automatique	46
5.1 Mise en situation.....	46
5.2 Analyse structurelle.....	49
5.3 Analyse fonctionnelle.....	52
Chapitre 6 : La motricité en virage et en tout terrain	65
6.1 Mise en situation.....	65
6.2 Analyse structurelle.....	67
6.3 Analyse fonctionnelle.....	68

Chapitre 7 : Les arbres de transmission	76
7.1 Mise en situation.....	76
7.2 Analyse structurelle.....	77
7.3 Analyse fonctionnelle.....	77

Partie 2

Le freinage	79
--------------------------	----

Chapitre 8 : Le freinage : généralités	81
8.1 Force motrice et énergie cinétique.....	81
8.2 Frottements et freinage.....	83
8.3 Décélération et distance parcourue.....	84

Chapitre 9 : Le frein à tambour	89
9.1 Mise en situation.....	89
9.2 Analyse structurelle.....	89
9.3 Analyse fonctionnelle.....	91

Chapitre 10 : Le frein à disques	94
10.1 Mise en situation.....	94
10.2 Analyse structurelle.....	94
10.3 Analyse fonctionnelle.....	95

Chapitre 11 : Les systèmes de commande de freinage	99
11.1 Mise en situation.....	99
11.2 Analyse structurelle.....	100
11.3 Analyse fonctionnelle.....	106

Chapitre 12 : L'assistance de freinage	114
12.1 Mise en situation.....	114
12.2 Analyse structurelle.....	115
12.3 Analyse fonctionnelle.....	116

Chapitre 13 : Les correcteurs de freinage	122
13.1 Mise en situation.....	122
13.2 Analyse structurelle.....	124
13.3 Analyse fonctionnelle.....	124

Chapitre 14 : Le système antiblocage de roue	129
14.1 Mise en situation.....	129
14.2 Analyse structurelle.....	130
14.3 Analyse fonctionnelle.....	131

Partie 3

La sécurité passive	145
Chapitre 15 : La sécurité passive	147
15.1 Mise en situation.....	147
15.2 Analyse structurelle.....	148
15.3 Analyse fonctionnelle.....	151

Partie 4

La tenue de route	157
Chapitre 16 : La suspension	159
16.1 Mise en situation.....	159
16.2 Analyse structurelle.....	160
16.3 Analyse fonctionnelle.....	163
Chapitre 17 : L'amortissement de la suspension	168
17.1 Mise en situation.....	168
17.2 Analyse structurelle.....	170
17.3 Analyse fonctionnelle.....	171
Chapitre 18 : La suspension pilotée	177
18.1 Mise en situation.....	177
18.2 Analyse structurelle.....	178
18.3 Analyse fonctionnelle.....	179
Chapitre 19 : La direction	187
19.1 Mise en situation.....	187
19.2 Analyse structurelle.....	188
19.3 Analyse fonctionnelle.....	189
Chapitre 20 : La géométrie du train avant	199
20.1 Mise en situation.....	199
20.2 Analyse structurelle.....	200
20.3 Analyse fonctionnelle.....	201
Chapitre 21 : Le pneumatique et la roue	211
21.1 Mise en situation.....	211
21.2 Analyse structurelle.....	211
21.3 Analyse fonctionnelle.....	212

Partie 5

L'équipement électrique et de confort	223
Chapitre 22 : Les bases de l'électricité automobile	225
22.1 Le courant électrique.....	225
22.2 Les grandeurs électriques usuelles.....	226
22.3 La loi d'Ohm.....	227
22.4 Les montages électriques.....	227
Chapitre 23 : Le multiplexage	232
23.1 Mise en situation.....	232
23.2 Analyse structurelle.....	233
23.3 Analyse fonctionnelle.....	235
Chapitre 24 : L'éclairage et la signalisation	242
24.1 Mise en situation.....	242
24.2 Analyse structurelle.....	244
24.3 Analyse fonctionnelle.....	247
Chapitre 25 : Les batteries d'accumulateurs	257
25.1 Mise en situation.....	257
25.2 Analyse structurelle.....	258
25.3 Analyse fonctionnelle.....	259
Chapitre 26 : Le système de charge	266
26.1 Mise en situation.....	266
26.2 Analyse structurelle.....	267
26.3 Analyse fonctionnelle.....	269
Chapitre 27 : Le système de démarrage	278
27.1 Mise en situation.....	278
27.2 Analyse structurelle.....	279
27.3 Analyse fonctionnelle.....	281
Chapitre 28 : La climatisation	288
28.1 Mise en situation.....	288
28.2 Analyse structurelle.....	289
28.3 Analyse fonctionnelle.....	291
Corrigés des tests d'auto-évaluation	295
Unités, symboles et schématisation	297
1. Grandeurs et unités du Système international (SI).....	297
2. Sélection de symboles électriques.....	299
3. Sélection de symboles hydrauliques.....	301
Index	303

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 7^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.

Bruno Collomb
Enseignant

Avant-propos de l'inspecteur

L'évolution galopante des techniques et des technologies appliquées à l'automobile rend indispensable la mise à jour permanente des ouvrages à l'usage des élèves et des professeurs.

Cet ouvrage intègre les systèmes de haute technicité, mis au point en compétition et appliqués à la grande série.

Il couvre néanmoins toutes les compétences à développer et tous les savoirs à acquérir par un élève destiné à devenir un technicien de la maintenance automobile.

Basé sur une approche concrète de métier, il permet à l'enseignant de mettre en œuvre la démarche pédagogique la mieux adaptée aux apprenants, tout en prenant compte les impératifs du développement durable.

Je remercie tout particulièrement Monsieur Collomb pour son investissement personnel et le cœur qu'il a mis à réaliser la mise à jour du présent ouvrage.

Serge Bechart

Inspecteur de l'Éducation nationale
sciences et techniques industrielles



Partie 1

La transmission

Le système de transmission

chapitre 1

1.1 Mise en situation

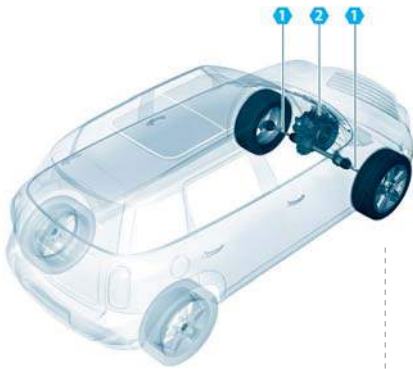


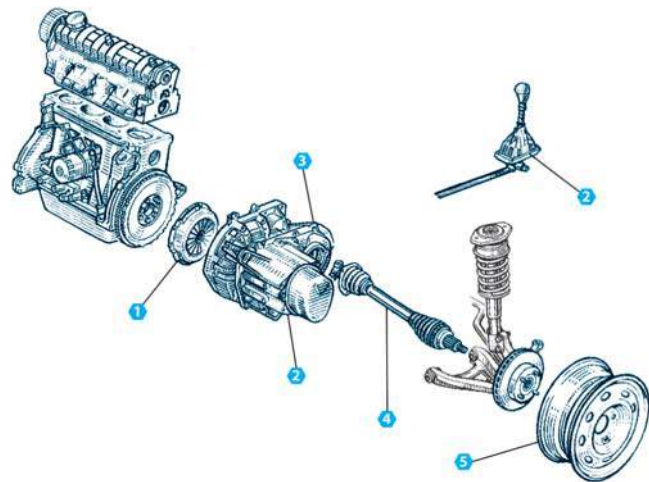
Figure 1.1 Le système de transmission.

- 1 Arbres de sortie avant.
- 2 Boîte de vitesses manuelle ou automatique.

Figure 1.2 Les éléments de la transmission.

- 1 Embrayage.
- 2 Boîte de vitesses et sélecteur.
- 3 Pont différentiel.
- 4 Arbre de transmission.
- 5 Roue motrice.

Le système de transmission comprend l'ensemble des mécanismes situés entre le moteur et les roues motrices. Observons le système de transmission (figures 1.2 et 1.3).



Rappel : Le couple moteur est le produit de la force à la bielle par la longueur du bras de maneton de vilebrequin (figure 1.4) :

$$\mathcal{C}_m = \mathcal{M}_O(\vec{F}_1) = F_1 r$$

La puissance est le produit du couple moteur (en N.m) par la vitesse angulaire du vilebrequin (en rad/s) :

$$P = \mathcal{C}_m \omega$$

Figure 1.3 Boîte/pont pour moteur transversal (documents Peugeot et Citroën).

- 1 Emplacement de l'embrayage.
- 2 Partie boîte de vitesses.
- 3 Partie pont et différentiel.

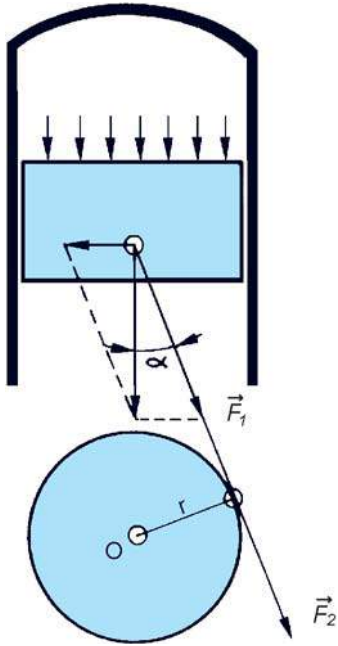
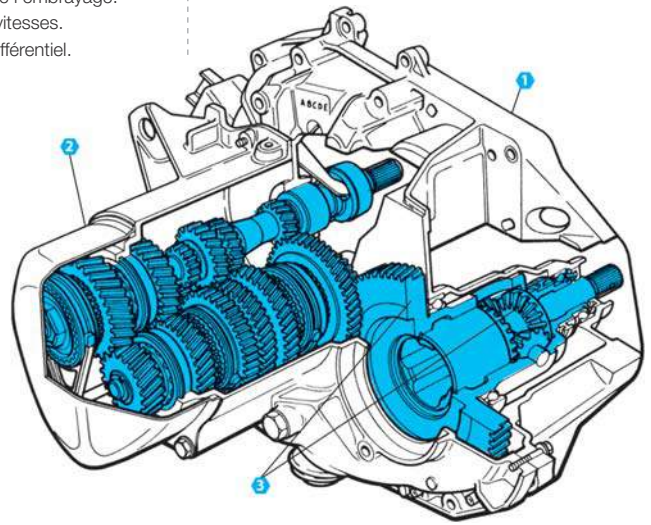


Figure 1.4 Le couple moteur est égal à : $M_o(\vec{F}_1) = F_1 r$.

L'utilisateur a le choix entre deux allures de conduite (figure 1.5) :

- » recherche du meilleur rendement en maintenant le moteur à son régime de couple maximal ;
- » recherche de puissance (conduite sportive) en maintenant le moteur à son régime de puissance maximale.

À l'arrêt, la mise en mouvement d'un véhicule arrêté nécessite une force plus importante que celle nécessaire pour entretenir son mouvement.

En vitesse uniforme sur sol plat, nous constatons (figure 1.6) :

- » une résistance au frottement (f) provenant des engrenages et roulements de la transmission ;
- » une résistance au roulement (d) des roues provenant de la nature des pneus et de celle du sol, accentuée par la charge supportée par ces roues ;
- » une résistance de l'air, dont la pression (p), exercée sur les surfaces plus ou moins verticales de l'avant du véhicule, crée une force antagoniste.

Cette force dépend de la vitesse et de la forme du véhicule (C_x)* et croît avec le carré de la vitesse.

En montée, l'action de la pesanteur crée une force opposée à la force motrice (figure 1.7). Elle est proportionnelle à l'angle de la pente et à la masse du véhicule.

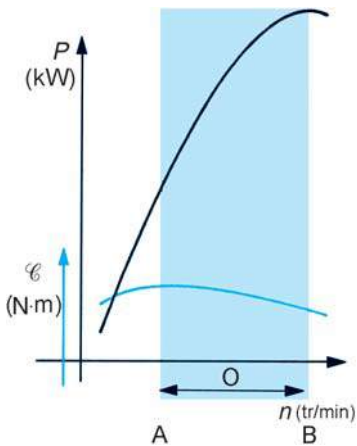


Figure 1.5 Utilisation optimale du couple et de la puissance du moteur.

- P : puissance.
- C : couple.
- A : régime de couple maximal.
- B : régime de puissance maximale.
- O : plage d'utilisation du moteur.

Remarque

* C_x : coefficient de pénétration dans l'air.

En descente, la pesanteur s'ajoute à la force motrice.

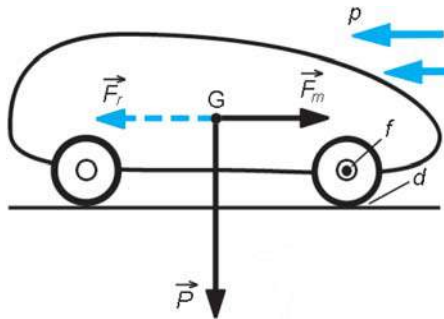


Figure 1.6 Résistance à l'avancement.

- p : résistance de l'air.
- f : résistance au frottement.
- d : résistance au roulement.
- \vec{F}_m : force motrice.
- \vec{F}_r : force résistante.
- \vec{P} : poids du véhicule.

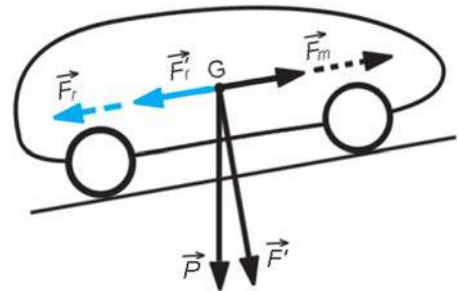


Figure 1.7 En côte, la force résistante augmente.

- \vec{P} : poids du véhicule ($m\vec{g}$).
- \vec{F}' : force résistante provenant de la pente.

Ces divers phénomènes opposent aux roues motrices un couple résistant dont le moment peut être défini par (figure 1.8) :

$$M_o(\vec{F}_r) = F_r R$$

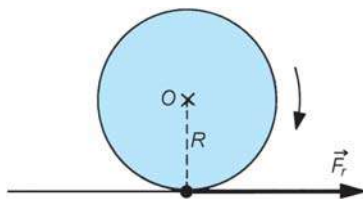


Figure 1.8 Couple résistant : $M_o(\vec{F}_r) = F_r R$.

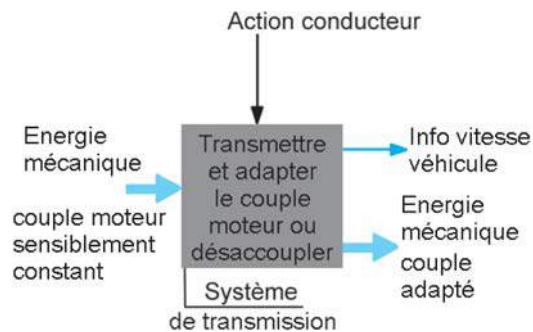


Figure 1.9 Fonction globale (rappel), analyse systémique niveau AO.

1.2 Analyse structurelle

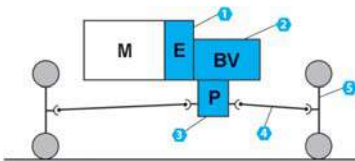


Figure 1.10 Transmission pour moteur transversal (véhicule vu de face).

Exemple de disposition des éléments :

- 1 Embrayage.
- 2 Boîte de vitesses.
- 3 Pont différentiel.
- 4 Arbres de transmission articulés (par cardans).
- 5 Roues motrices (traction avant).

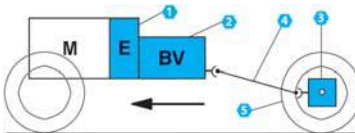


Figure 1.11 Transmission pour moteur disposé longitudinalement (véhicule vu de profil).

Exemple de disposition des éléments :

- 1 Embrayage.
- 2 Boîte de vitesses.
- 3 Pont différentiel arrière.
- 4 Arbre de transmission articulé.
Dans le plan transversal, ce véhicule comporte deux arbres de roues rigides.
- 5 Roues motrices (propulsion arrière).

1. L'énergie mécanique en rotation – couple et puissance – est transmise à l'embrayage dont le rôle est d'accoupler progressivement la transmission ou de la désaccoupler, suivant les besoins.

2. L'embrayage transmet cette énergie à la boîte de vitesses dont le rôle est de démultiplier la vitesse lorsque les efforts résistants reçus par les roues sont importants (démarrage, côtes). La boîte de vitesses dispose donc de plusieurs rapports de démultiplication.

3. La boîte de vitesses transmet cette énergie au pont qui comporte un engrenage dont le rôle est de démultiplier la vitesse de rotation du moteur de façon permanente.

Le pont comporte en outre un mécanisme appelé « différentiel » qui permet à chaque roue motrice de tourner à des vitesses différentes, notamment dans les virages.

4. Le pont transmet le mouvement aux arbres de transmission et/ou aux arbres de roues selon le montage du véhicule.

5. Ces derniers entraînent les roues motrices. Celles-ci transforment le couple transmis en force tangentielle au sol, donnant ainsi le mouvement de translation au véhicule.

Remarques

L'embrayage peut être actionné par le conducteur ou automatisé. Il en est de même de la boîte de vitesses.

Les ponts peuvent comporter un blocage de différentiel à commande manuelle ou automatique.

Les dispositions de la transmission sont multiples selon que le moteur est :

- » avant, arrière ou central,
- » longitudinal ou transversal,

et que la boîte de vitesses se trouve placée à côté, dessous ou éloignée du moteur.

1.3 Analyse fonctionnelle

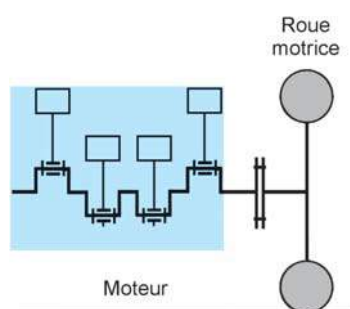


Figure 1.12 Transmission directe (hypothèse).

Soit un moteur à transmission directe (figure 1.12) dont le couple maximal se situe à 3 000 tr/min (50 tr/s). Sachant qu'une roue de diamètre moyen possède un développement d'environ 2 m, nous obtenons :

$$\frac{50 \times 2 \times 3\,600}{1\,000} = 360 \text{ km/h}$$

Les forces résistantes à cette vitesse appliquent à la transmission des couples résistants extrêmement élevés.

Pour conserver cette transmission directe et vaincre ces forces, il serait nécessaire d'augmenter le couple et la puissance du moteur dans des proportions considérables (véhicules pour records du monde).

Remarque

À vitesse de croisière courante (90 km/h par exemple) le couple résistant reste encore supérieur au couple moteur.

En conclusion, nous constatons qu'en vitesse de croisière sur sol plat :

- » le couple du moteur est inférieur au couple résistant,
- » la vitesse de rotation souhaitée pour les roues ne permet pas au moteur de tourner à un régime suffisant.

Il est nécessaire d'interposer entre le moteur et les roues motrices un mécanisme démultiplicateur dont le rapport se situe entre 1/3 et 1/7, ce qui a pour effet :

- » de diviser par 3 à 7 la vitesse de rotation des roues motrices par rapport à celle du moteur ;
- » de multiplier le couple moteur transmis aux roues motrices dans les mêmes proportions.

L'organe qui réalise cette réduction permanente se présente sous la forme de deux pignons de diamètre différent et se situe dans le pont avant ou arrière du véhicule. C'est le couple démultiplicateur (figure 1.13).

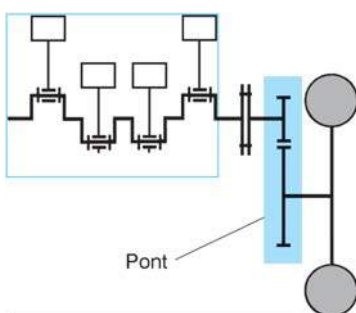


Figure 1.13 Réducteur permanent appelé « pont ».

À l'arrêt : le moteur doit pouvoir tourner au ralenti afin d'éviter son redémarrage après chaque arrêt. Ce désaccouplement est réalisé soit par :

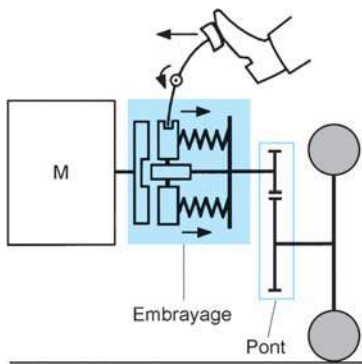


Figure 1.14 Principe de l'embrayage (en position « débrayée »).

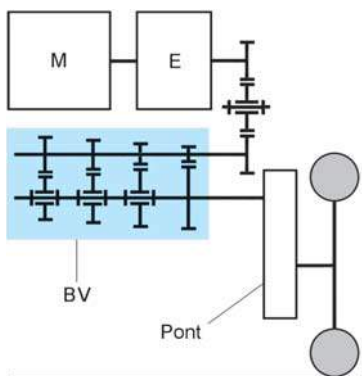


Figure 1.15 Principe de la boîte de vitesses (en position de première vitesse).

Figure 1.16 Principe de la transmission, analyse descendante niveau AO.

- » l'embrayage dans sa phase « débrayée » (figure 1.14) ;
- » la boîte de vitesses dans sa position « point mort ».

Au démarrage : le moteur tourne à son régime de meilleur couple, les roues sont arrêtées. Un accouplement progressif par glissement est nécessaire. Cette fonction est réalisée par l'embrayage dans sa position « embrayée ».

En accélération ou en côte : la vitesse aux roues est faible et le couple résistant élevé. Le moteur tourne toujours à son régime de meilleur couple.

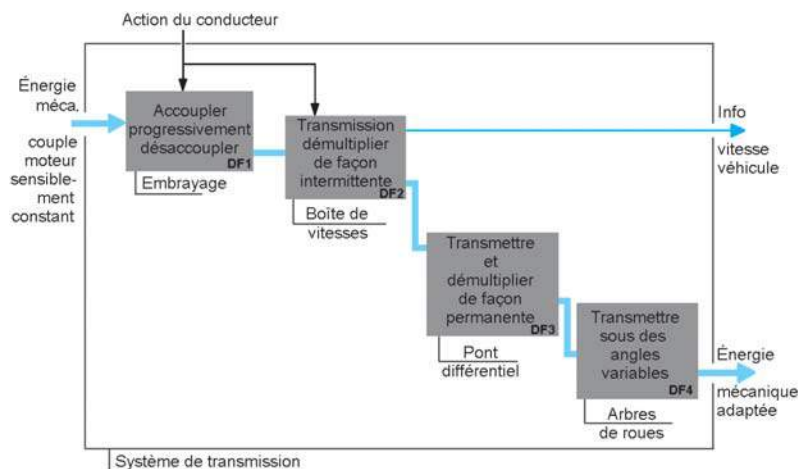
Les grandes plages de vitesse et de couple résistant aux roues en phase d'accélération et en côte nécessitent l'utilisation de plusieurs possibilités de démultiplication. Ces possibilités sont offertes par les boîtes de vitesses à commande manuelle ou automatique à trois, quatre, cinq ou six rapports dans le cas des véhicules de tourisme courants (figure 1.15).

Remarque

La boîte de vitesses permet également de réaliser la marche arrière.

∞

- 1 - Le système de transmission



Résumé

Fonction du système de transmission

Transmettre l'énergie motrice aux roues.

Conditions à remplir

- » Permettre un démarrage progressif.
- » Permettre de désaccoupler la transmission.
- » Adapter la puissance et le couple du moteur aux variations des efforts résistants (couple résistant).

Éléments constitutifs d'une transmission

L'embrayage réalise un accouplement progressif et permet le désaccouplement.

La boîte de vitesses assure, par des démultiplications étagées, l'adaptation du couple moteur au couple résistant.

Par le point mort, elle permet de désaccoupler la transmission. Elle réalise la marche arrière.

Le couple démultiplicateur du pont assure une réduction permanente permettant une utilisation rationnelle de la puissance et du couple moteur ; son différentiel permet aux roues motrices de tourner à des vitesses différentes.

Les arbres de transmission terminent la liaison avec les roues motrices.

Variation du couple résistant

Le couple résistant varie suivant l'importance de :

- » la charge (masse du véhicule) ;
- » l'accélération au démarrage et en mouvement (inertie) ;
- » la pente de la route (pesanteur) ;
- » la résistance de l'air (C_x et vitesse) ;
- » la résistance au frottement des organes de transmission ;
- » la résistance au roulement des roues sur le sol.



Testez vos connaissances



1. L'embrayage est situé entre :

- a le moteur et la boîte de vitesses
- b la boîte de vitesses et le pont
- c le pont et les roues

2. Le levier de vitesses agit sur :

- a l'embrayage
- b la boîte de vitesses
- c le pont

3. Dans la transmission, quel est l'élément qui réalise une démultiplication permanente ?

- a l'embrayage
- b la boîte de vitesses
- c le pont

4. Pour obtenir une vitesse du véhicule optimale (entre 0 et 150 km/h, par exemple), la vitesse de rotation du moteur dans sa plage de couple et de puissance maxi doit être :

- a démultipliée
- b multipliée
- c surmultipliée

Entraînez-vous

1. Recherchez les éléments qui composent la transmission sur un véhicule de votre choix. Donnez les caractéristiques de chacun d'eux.
2. Quelles différences y a-t-il entre le type d'engrenage d'un pont pour moteur transversal et celui d'un pont pour moteur longitudinal ?
3. Qu'entend-on par démultiplication courte et démultiplication longue ? Expliquez les avantages et les inconvénients des deux systèmes.

L'embrayage

chapitre 2

2.1 Mise en situation

Figure 2.1 Éléments d'un système d'embrayage (document Renault).

- 1 Butée d'embrayage.
- 2 Diaphragme.
- 3 Boîtier du mécanisme.
- 4 Garniture du disque.
- 5 Voile du disque.
- 6 Ressort d'amortissement.
- 7 Liaison glissière avec l'arbre primaire de boîte de vitesses.
- 8 Volant moteur.
- 9 Fourchette d'embrayage.
- 10 Commande mécanique.

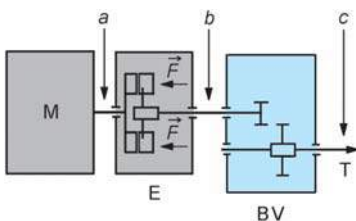
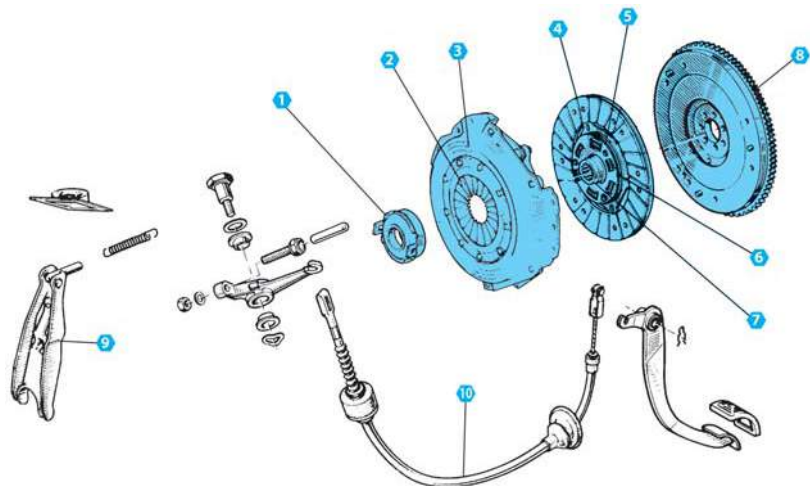


Figure 2.2 Arrêt du véhicule.

- **a** tourne au ralenti.
 - **b** tourne au ralenti.
 - **c** ne tourne pas.
- M.** Moteur.
E. Embrayage.
BV. Boîte de vitesses.
T. Transmission.
 \vec{F} : force motrice.

Les manœuvres à effectuer lors du démarrage d'un véhicule sont les suivantes :

Arrêt du véhicule (figure 2.2) :

- » le moteur tourne au ralenti (arbres a et b) ;
- » la transmission ne tourne pas (arbre c).

Préparation au démarrage (figure 2.3). Le premier rapport de démultiplication doit être engagé. Cette manœuvre ne peut être réalisée sans désaccoupler temporairement le moteur de la boîte de vitesses car :

- » les vitesses de rotation des pignons à engrener sont différentes (vitesse transmission nulle) ;
- » le couple résistant est supérieur au couple moteur.

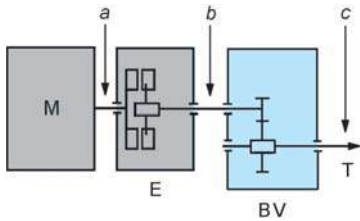


Figure 2.3 Préparation au démarrage :

- **a** tourne au ralenti.
- **b** ne tourne pas.
- **c** ne tourne pas.

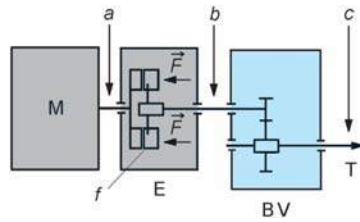


Figure 2.4 Démarrage :

- **a** tourne à vitesse élevée (meilleur couple).
- **b** augmente progressivement de régime.
- **c** idem.
- f** : frottement.
- \vec{F} augmente progressivement.

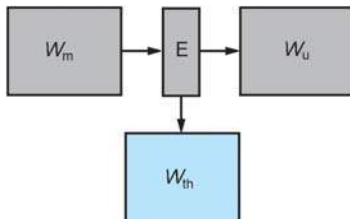


Figure 2.5 Transmission de l'énergie.

- W_m : énergie motrice.
- W_{th} : énergie thermique.
- W_u : énergie utile à la transmission.

Le conducteur engage une vitesse.

Démarrage du véhicule (figure 2.4). Le conducteur accélère, le couple moteur augmente ; un accouplement instantané est impossible sans choc car :

- » le couple moteur devient supérieur au couple résistant ;
- » la vitesse de rotation du moteur est élevée, celle des éléments de la transmission est nulle.

Nous comprenons la nécessité d'adopter un type d'accouplement progressif à frottement variable. Cette disposition permet d'obtenir :

- » pour un régime constant du moteur, l'entraînement progressif de la transmission jusqu'à l'égalité des vitesses ;
- » un équilibre progressif du couple moteur et du couple résistant.

Remarque

Dans ce type de transmission, l'évolution des couples n'est pas inversement proportionnelle aux vitesses de rotation, comme dans les transmissions par engrenages.

La part d'énergie qui n'est pas transmise est transformée, par frottement, en énergie calorifique ou thermique (figure 2.5).

Le rendement de cet organe est donc proportionnel à la progressivité de l'accouplement (augmentation de \vec{F}).

2.2 Analyse structurelle

Il existe deux systèmes d'embrayage :

- » L'embrayage commandé : dans ce cas, c'est un accouplement mécanique par embrayage à disques.
- » L'embrayage automatique :
 - par accouplement mécanique : embrayage centrifuge, embrayage électromagnétique, embrayage piloté ;
 - par accouplement hydrocinétique : convertisseur de couple.

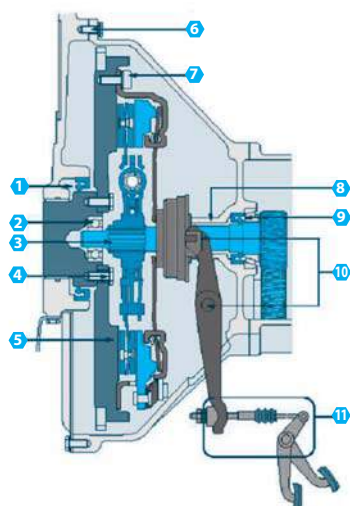


Figure 2.6 Embrayage à disque.

- 1 Joint annulaire d'étanchéité retenant l'huile moteur.
- 2 Roulement pilote.
- 3 Arbre primaire de boîte à vitesses.
- 4 Vis de fixation du volant sur le vilebrequin.
- 5 Volant moteur.
- 6 Vis de fixation du carter d'embrayage (ou cloche) sur le bloc-moteur.
- 7 Vis de fixation du mécanisme d'embrayage sur le volant.
- 8 Nez de boîte / guide de butée.
- 9 Joint annulaire d'étanchéité retenant l'huile de boîte à vitesses.
- 10 Articulations de la fourchette de commande.
- 11 Commande (tringlerie, câble ou système hydraulique).

L'embrayage commandé à diaphragme et disques

L'embrayage à disques doit permettre :

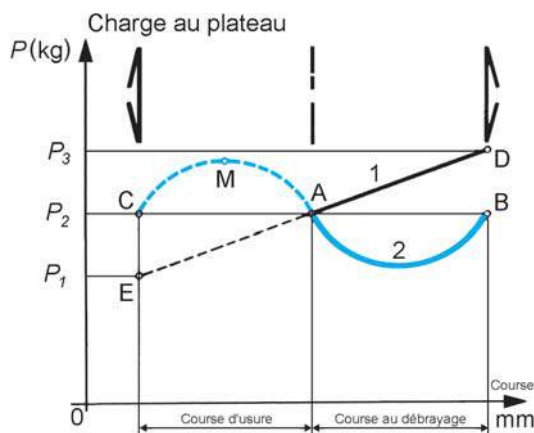
- » un accouplement progressif par friction sans usure rapide des surfaces ;
- » une progressivité de l'accouplement sans à-coups dans la transmission ;
- » une évacuation rapide de l'énergie calorifique dégagée pendant l'accouplement ;
- » une transmission intégrale (sans glissement), dans sa phase « embrayée », quels que soient les couples à transmettre ;
- » une manœuvre facile et un effort réduit de la part du conducteur.

Un disque d'embrayage est garni, sur ses deux faces, d'une matière dont le coefficient de frottement est élevé et qui résiste bien à la chaleur. Il est lié en rotation avec l'arbre primaire (arbre d'entrée) de la boîte de vitesses et libre en translation sur celui-ci. Serré entre le volant et le plateau presseur par des ressorts de pression, il est entraîné par adhérence.

Les avantages de l'embrayage à diaphragme sont les suivants :

- » grande progressivité au démarrage,
- » faible effort à exercer sur la pédale,
- » force pressante sur le disque peu variable, malgré l'usure des garnitures (figure 2.7),
- » meilleure ventilation et bon équilibrage dynamique de l'ensemble.

Figure 2.7 Comparaison de la force pressante exercée sur le disque dans un embrayage à diaphragme (document Renault).



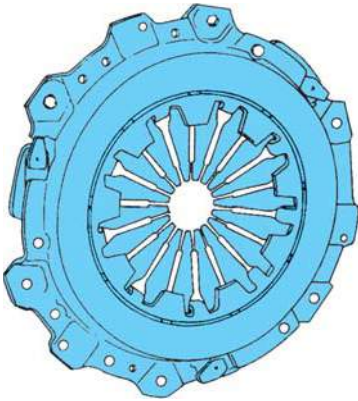


Figure 2.8 Mécanisme d'embrayage à diaphragme.



Figure 2.9 Un disque d'embrayage.



Figure 2.10 La butée.

Les principaux éléments

Le diaphragme

Le diaphragme est une sorte de rondelle Belleville, qui se comporte comme un ressort unique.

La partie active du diaphragme est comprimée entre le plateau mobile et la cloche. Des joncs servent d'appui et d'articulation.

Pour débrayer, la butée agit au centre du diaphragme.

Le disque d'embrayage

Les garnitures sont en matériaux composite et procurent un haut coefficient de frottement et une bonne résistance aux températures élevées.

Les ressorts amortissent les à-coups lors des manœuvres d'embrayage et les variations de couple du moteur.

Le moyeu cannelé coulisse sur les cannelures de l'arbre d'embrayage.

La butée

La butée, disposée autour de l'arbre d'entrée de boîte, reçoit la poussée de la pédale lors d'un débrayage pour la transmettre aux leviers ou au centre du diaphragme. Elle se compose d'une bague tournant avec le mécanisme et d'une autre bague coaxiale non rotative reliée à la pédale par l'intermédiaire de la fourchette et du système de commande.

Remarque

La plupart des butées sont en contact permanent avec le diaphragme.

La commande de l'embrayage

La commande reliant la pédale à la fourchette était autrefois mécanique par tringlerie. De nos jours, le lien entre la pédale et l'embrayage dans des voitures de tourisme et de petits véhicules utilitaires à transmission manuelle est presque exclusivement hydraulique.

Les commandes par câble ont, elles aussi, presque totalement disparu. La commande hydraulique s'est largement répandue parce