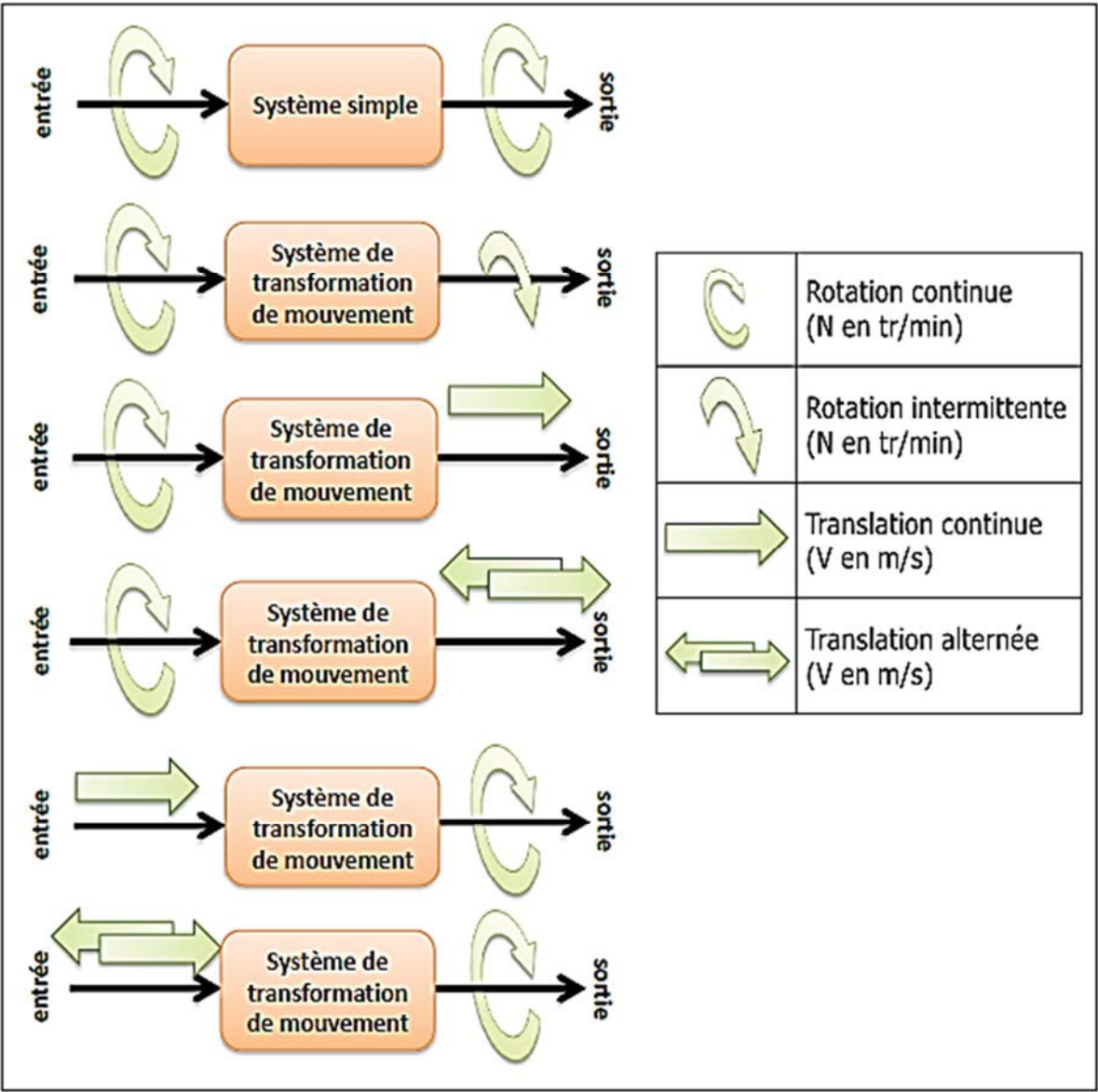


Chapitre 5 : Réducteurs et Boîtes à Vitesses (2 semaines)

- ❖ Etude cinématique d'un réducteur de vitesse
- ❖ Etude cinématique d'une boîte de vitesses
- ❖ Notions sur les trains épicycloïdaux

1.5 Les différentes solutions pour réducteurs:

Nous verrons des solutions conservant la nature du mouvement entre l'entrée et la sortie ainsi que quelques solutions modifiant ce mouvement.



5.2. Etude cinématique d'un réducteur de vitesse

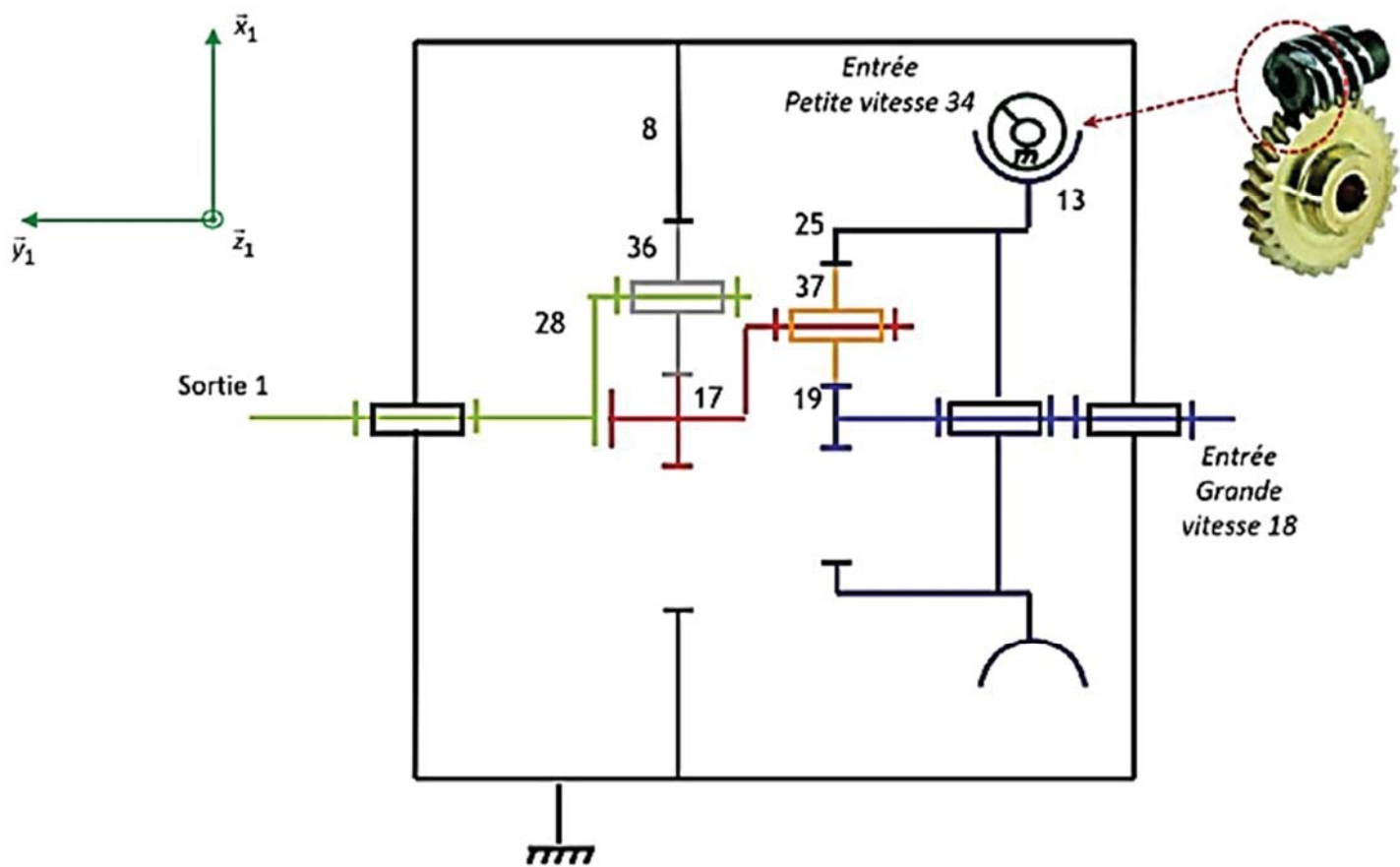
Les appareils de manutention et de levage nécessitent souvent une grande vitesse lors d'une phase d'approche ou de dégagement, et d'une petite vitesse lors d'une phase de travail. Le modèle du réducteur d'un de ces systèmes est donné ci-dessous. Figure. 5.1.

Fonctionnement « Petite vitesse » (PV) : Seul le moteur PV tourne à 1500 tr/min. La couronne 25 est entraînée en rotation par l'intermédiaire de la roue 13 et de la vis sans fin 34 liée à l'arbre moteur PV. Le pignon 19 est maintenu fixe par le frein du moteur GV (Grande Vitesse).

Fonctionnement « Grande vitesse » (GV) : Les deux moteurs GV et PV tournent en même temps à 1500 tr/min.



Figure. 5.1. Système manutention à réducteur de vitesse



Rep	Nb	Désignation	Caractéristiques
8	1	Couronne fixe	$Z_8 = 79$ dents ; $m_8 = 1,8$ mm
13	1	Roue	$Z_{13} = 41$ dents
17	1	Pignon	$Z_{17} = 17$ dents
19	1	Pignon d'entrée GV	$Z_{19} = 19$ dents ; $m_{19} = 1,25$ mm
25	1	Couronne	$Z_{25} = 83$ dents
34	1	Vis sans fin (entrée PV)	$Z_{34} = 1$ filet ; pas à droite
36	3	Pignon	$Z_{36} = 31$ dents
37	3	Pignon	$Z_{37} = 32$ dents

- Question 1**
Sur le schéma cinématique, repasser chaque solide d'une couleur différente.
- Question 2**
Donner le signe de $\omega_{13/0}$ (suivant $\vec{y}_1$) lorsque $\omega_{34/0} \neq 0$ (suivant z_1)

Question 3
Déterminer l'expression de la vitesse de rotation $\omega_{1/0}$ de l'arbre de sortie 1 en fonction de $\omega_{18/0}$, $\omega_{34/0}$ et des nombres de dents Z_i .
Faire l'application numérique en fonctionnement « Petite Vitesse », puis en fonctionnement « Grande Vitesse ».

5.3. La boîte de vitesse

5.3.1. Définition :

Une boîte de vitesse est un élément est élément mécanique proposant plusieurs rapports de transmission entre un arbre moteur et arbre de sortie.

Son cas d'utilisation le plus fréquent est la transmission du couple d'un moteur thermique aux roues motrices d'un véhicule.

Elle est aussi utilisée dans de multiples autres contextes tels que les machines-outils, machines agricoles...

La boîte de vitesse est l'élément qui adapte le couple moteur disponible, souvent constant ou peu négociable, au couple souvent très variable et nécessaire au fonctionnement d'un dispositif mécanique : mise en mouvement, entretien du mouvement, transformation de puissance. Pour un véhicule, il s'agit de la résistance inertielle au démarrage ou celle à l'avancement varient suivant les conditions de roulage (plat, montées, descente, virages..).

5.3.2. Fonction d'une boîte de vitesse :

La fonction d'une boîte de vitesses est de réduire (démultiplier) et de multiplier les efforts du moteur avant leur transmission aux roues via un certain nombre de rapports avant et une marche arrière. Ainsi le rapport de démultiplication correspond-il à la différence de vitesse de rotation à l'entrée de la boîte (coté moteur) et la sortie (coté roues). Ces rapports sont engendrés par des engrenages.

5.3.3. Nécessité d'une boîte de vitesse :

Pour adapter la vitesse de rotation et le couple (effort tournant) d'un moteur à un récepteur, on interpose un réducteur ou un multiplicateur à un seul rapport.

Or, un rapport ne suffit pas lorsque l'on doit faire face à des conditions de travail variées. Exemple, pour une voiture, à l'arrêt ou en côte, nous avons besoins d'un couple important et d'une vitesse plus faible au niveau des roues.

En revanche sur le plat lorsque la voiture est élancée, nous avons besoin de plus de vitesse et d'un couple plus faible (puisque'il y a moins de résistance) au niveau des roues.

Ainsi, on voit bien que le véhicule n'a pas toujours la même demande alors que le régime de rotation de son moteur doit rester le plus près possible de son point de rendement le plus favorable (entre 2000 et 6000 tr/min) point qui se déplace en fonction de la puissance requis. En pratique, on se contente de compromis car on peut multiplier à l'infini le nombre de rapport d'une transmission à engrenages. Une boîte de vitesse moderne d'automobile aura donc 5 ou 6 rapports.

5.3.4. Description d'une boîte de vitesse :

a. Principe :

Les différents engrenages (pignons $\otimes$ arbre) des différents rapports de vitesses sont toujours en prise.

Les pignons et roues situées sur l'arbre primaire (arbre qui sera lié à l'arbre moteur) sont solidaires de ce dernier donc ils tournent tous à la même vitesse.

Les pignons et roues situées sur l'arbre récepteur sont en liaison pivot sur ce dernier donc ils tournent tous à des vitesses différent autour de cet arbre, cette liaison pivot est réaliser par :

- ❖ Soit un contact direct métal
- ❖ Soit coussinet
- ❖ Soit une cage à aiguilles

Ces pignons et roues sont appelés pignons « fous » et « folles »

b. Classification des boîtes de vitesses :

Pour les véhicules à moteur thermique, on pourra distinguer les boîtes suivant trois fonctions techniques indépendantes :

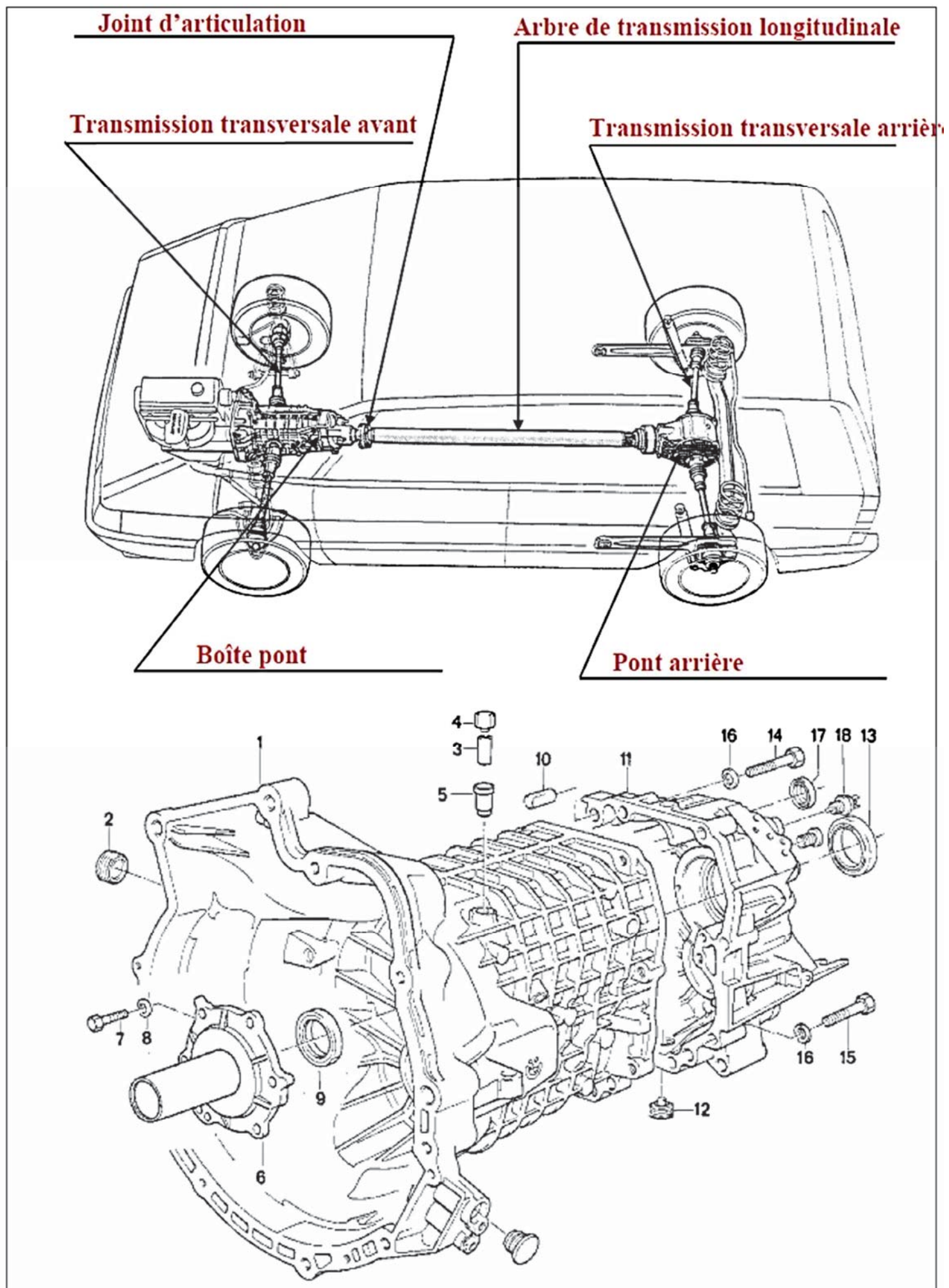
- ❖ La technologie des réducteurs : par engrenages classique, train épicycloïdal, courroie.
- ❖ Le système de commande : manuelle, semi-automatique, automatique, séquentielle...
- ❖ La synchronisation : autorisant le changement de rapport en marche ou à l'arrêt seulement
- ❖ Enfin l'orientation qui n'a d'influence que sur la géométrie des liaisons avec l'arbre moteur et le différentiel. L'architecture est différente suivant que le moteur est implanté transversalement (axe de rotation du vilebrequin parallèle à l'axe de rotation des roues) ou longitudinalement (axes orthogonaux) et, que le couple est transmis aux roues avant, arrière, ou aux quatre roues.

À chaque combinaison correspond un modèle de boîte de vitesses différent.

5.3.5. Composition d'une boîte de vitesse :

La boîte manuelle dite « à pignons toujours en prise » « à prise constante » est la plus utilisée de nos jours ; elle se distingue sue ce point des boîtes de machines-outils qui disposent d'engrenages désaccouplés.

Ce type de boîte est constitué généralement de deux arbres portant de pignons. Figure 5.2.



1- Carter de boîte de vitesse	1- Goupille cylindrique
2- Vis bouchon	2- Couvercle de boîte de vitesse
3- Douille	12- Vis bouchons
4- Soupape de dépression d'air	13- Joint d'arbre
5- Event d'acier	14- Vis six pans
6- Couvercle de carter	15- Vis six pans
7- Vis six pans	16- Rondelle élastique
8- Rondelle élastique	17- Joint d'arbre
9- Joint d'arbre	18- Interrupteur de phare de recule

Figure 5.2. Boîte de vitesse automobile

5.4. Train épicycloïdal

Un train épicycloïdal est un train d'engrenages particulier dans lequel l'axe d'une des roues n'est pas fixe par rapport au bâti (son déplacement est circulaire). Il est constitué :

- ❖ D'un pignon central appelé planétaire.
- ❖ D'un ou plusieurs pignons appelés satellites engrenant avec le planétaire et la couronne.
 - Les satellites sont portés par un porte-satellite animé d'un mouvement de rotation. Il y a le plus souvent deux ou trois satellites ce qui permet équilibrage et répartition des efforts.
- ❖ D'une roue à denture intérieure appelée couronne.

On observe donc qu'il y a trois entrées/sorties de mouvements possibles dans un train de ce type. La technique consiste à bloquer un de ces mouvements par une liaison au bâti et de conserver, comme dans tous les trains d'engrenages, une entrée et une sortie au train épicycloïdal. Figure. 5.3.

La formule de Willis régissant le rapport de réduction ne sera pas abordée dans ce cours.

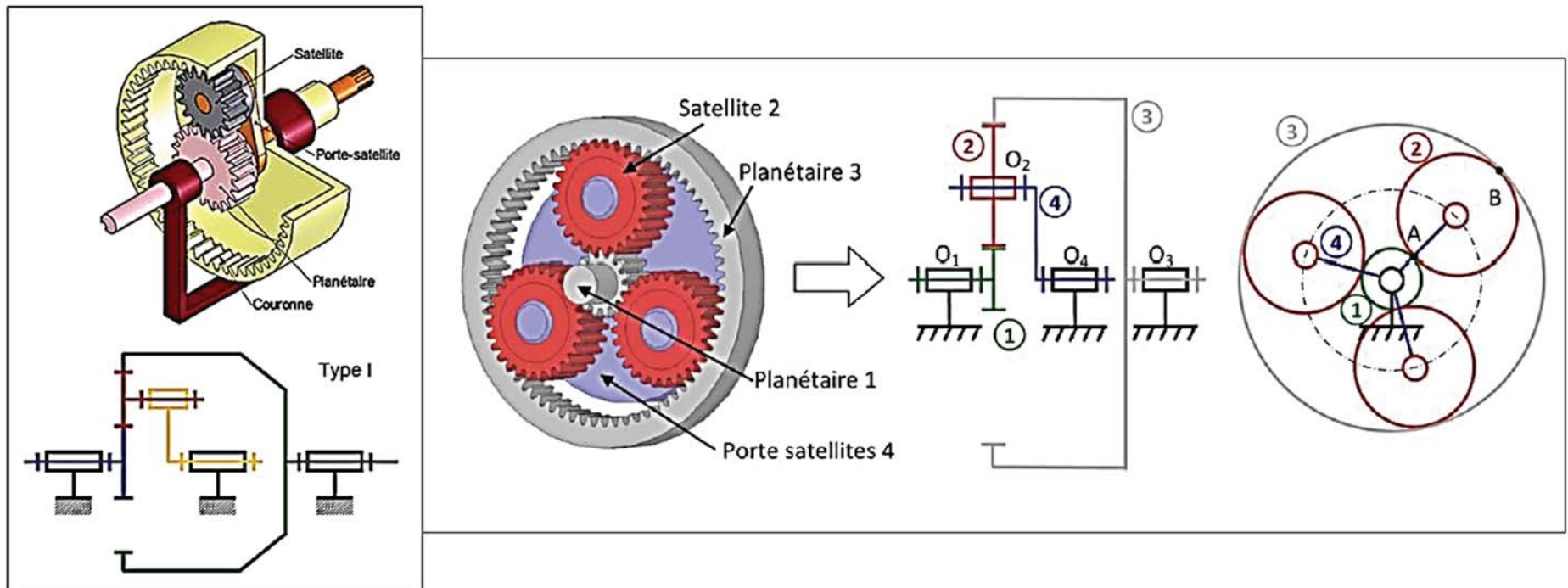


Figure. 5.3. Systèmes par Train épicycloïdal

Relation de Willis :

La relation de Willis traduit le comportement d'un train épicycloïdal. Elle relie les fréquences de rotation des trois entrées (planétaires 1 et 2, porte satellite 4).