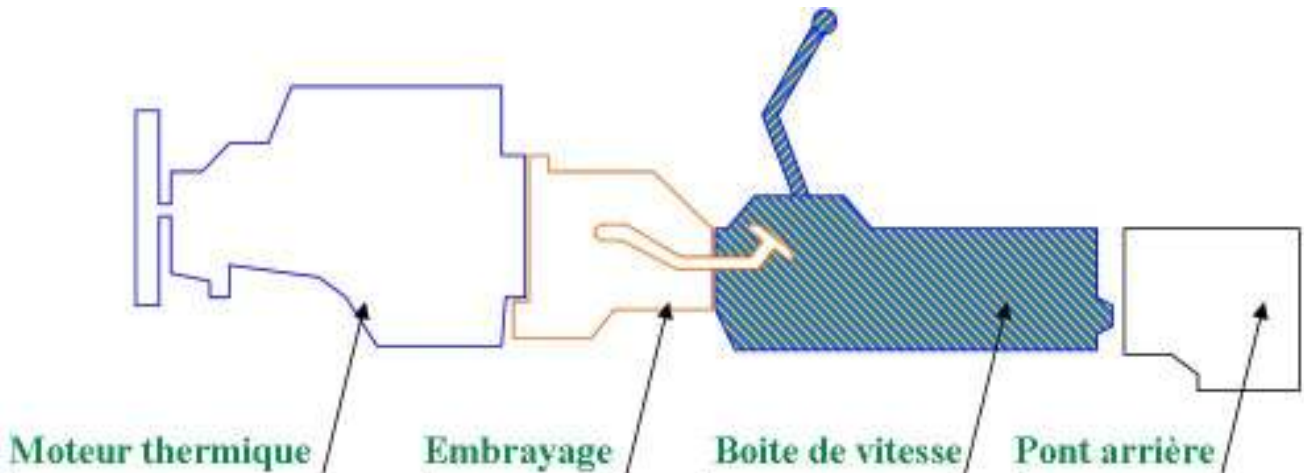




La boîte de vitesses mécanique

1°) Situation:



2°) Rôle:

La Boîte de vitesse permet :

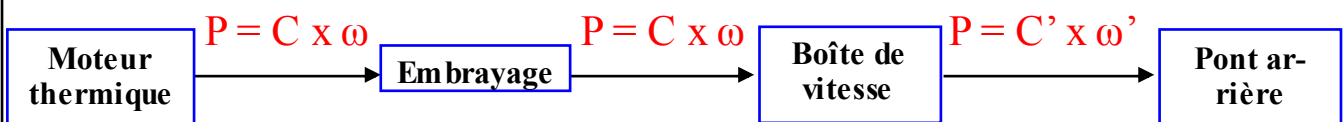
- D'adapter le couple moteur au couple résistant et la vitesse à la sécurité et au type de travail.
- De ne pas transmettre la puissance.(point mort)
- D'inverser le sens de rotation de l'arbre de sortie (marche arrière)

3°) Principe:

Le couple de sortie boîte vari à l'inverse de la vitesse de rotation.

Si la vitesse est divisée par 10, le couple est multiplié par 10.

Une boîte de vitesse multiplie le couple et démultiplie la vitesse.



Si le couple d'un moteur est de 5 N.m et ω est de 360 rad/s , le moteur est en train de développer une puissance $P = C \times \omega$ de $5 \times 360 = 1800$ Watt soit 1,8 kW.

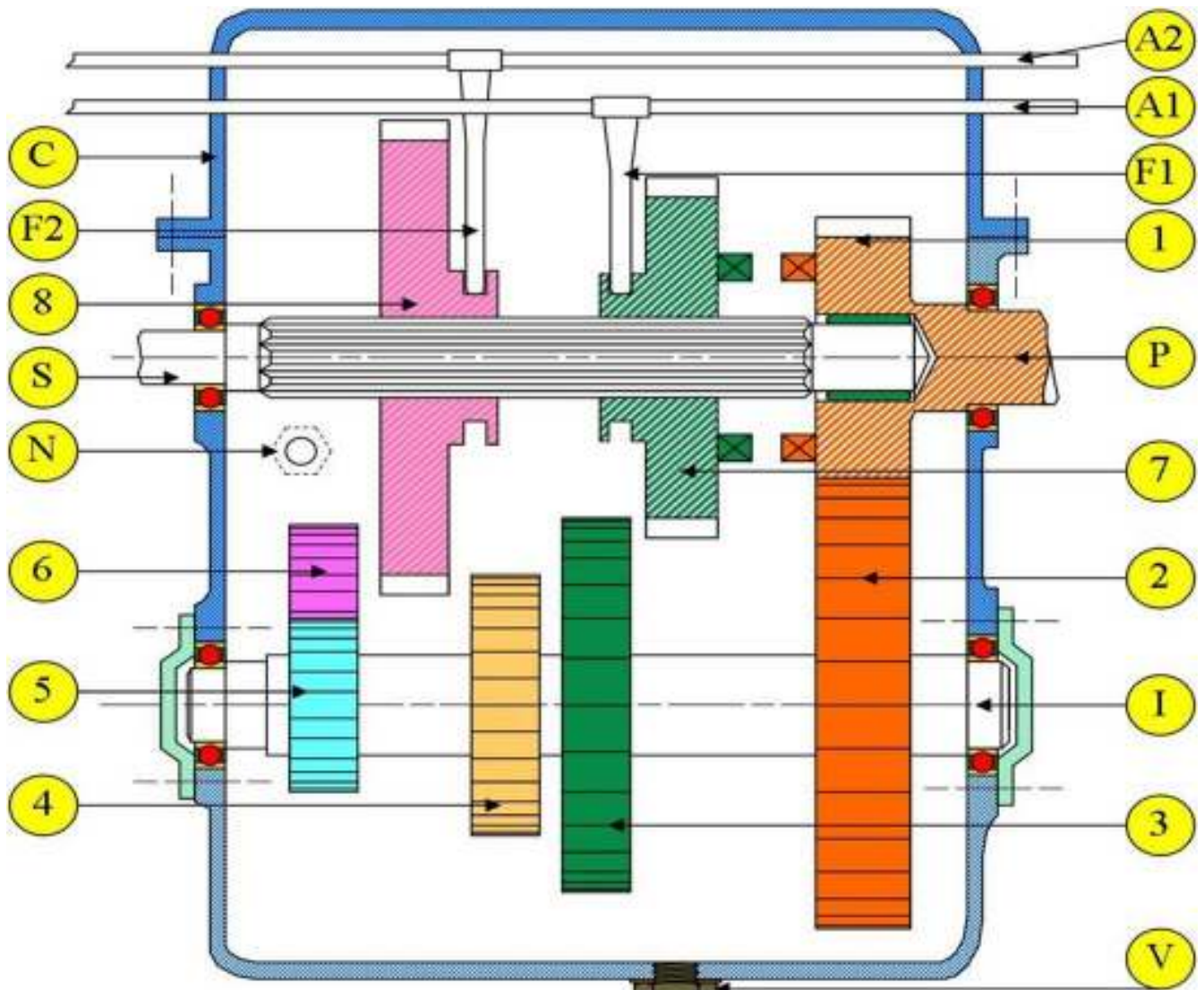
L'embrayage transmettra 1,8 kW à la boîte de vitesse.

Si l'on obtient une vitesse angulaire de 36 rad/s au pignon d'attaque (soit 10 fois plus petite) alors le couple transmis à la grande couronne sera 10 fois plus grand soit: $5 \times 10 = 50$ N.m et la puissance sera toujours la même: $P = C' \times \omega' = 50 \times 36 = 1800$ Watt soit 1,8 kW.



La boîte de vitesses mécanique

4°) Description:



L'arbre primaire **P** (ou arbre d'entrée de boîte) est muni à son extrémité du pignon **1** (ou roue dentée **1**).

Ce pignon **1** est en prise constante avec le pignon **2**.

Cette roue dentée **2** ainsi que **3,4,5** (de droite à gauche) forment l'arbre intermédiaire **I**.

L'arbre secondaire **S** (ou arbre de sortie) est cannelé et porte le baladeur **7** qui peut d'une part se craboter sur **1** si on le déplace à droite (prise directe, on est en troisième) ou engrener sur **3** si on le déplace à gauche (deuxième).

Le baladeur **8** peut engrener sur **4** si on le fait glisser vers la droite (première) ou sur **6** si on le fait glisser vers la gauche (marche arrière).

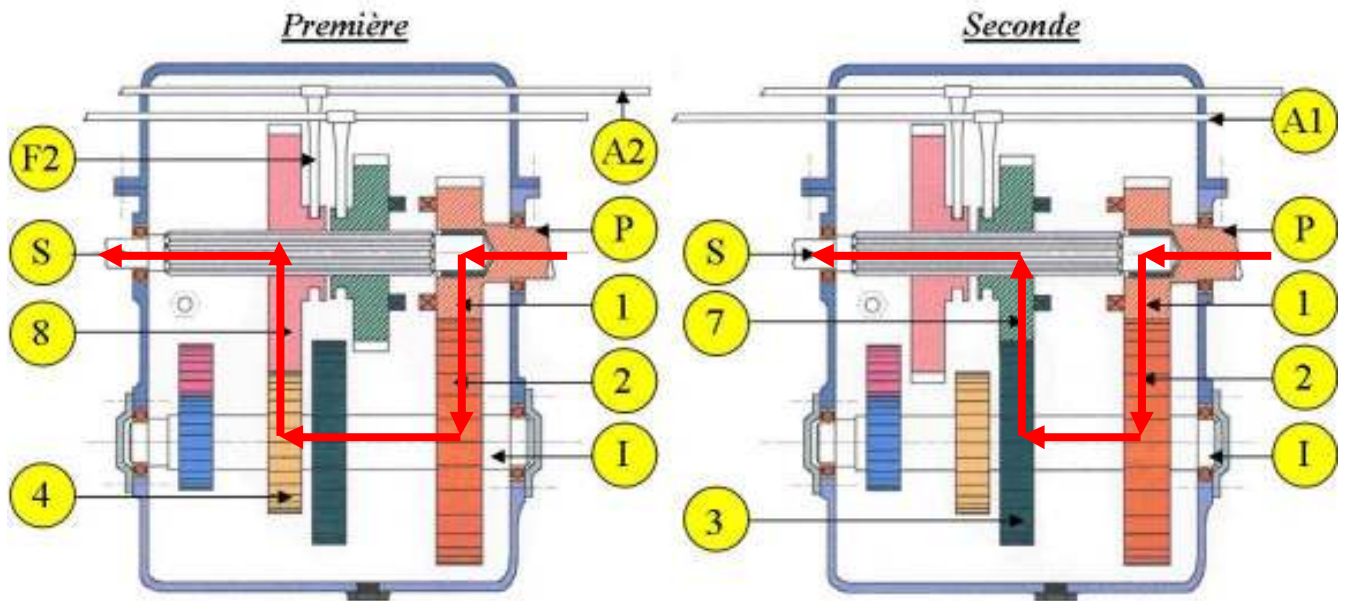
La commande des baladeurs est assurée par les fourchettes **F1** et **F2** solidaires des axes **A1** et **A2** qui eux sont déplacés par le levier de vitesse.

Le couvercle **C** est démontable, on remarque la présence du bouchon de vidange **V** et celui de remplissage et de niveau **N**.



La boîte de vitesses mécanique

5°) Fonctionnement de la boîte pour chaque vitesse:

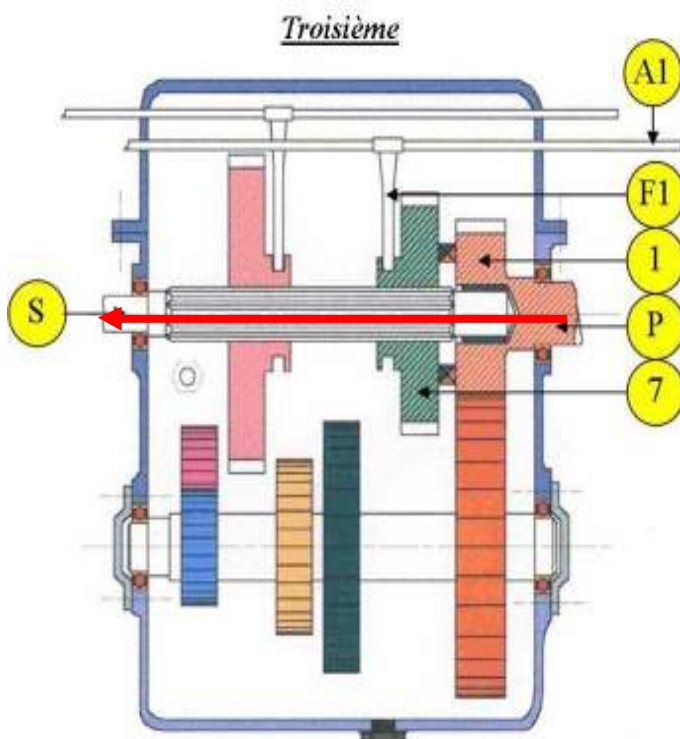


➡ Flécher le parcours de la puissance.

On a fait coulisser vers la droite l'axe de fourchette (coulisseau) **A2** ce qui a déplacé la fourchette **F2** et le pignon **8**. La puissance passe par **P**, **1**, **2**, **I**, **4**, **8**, **S**.

➡ Flécher le parcours de la puissance

On a fait coulisser vers la gauche l'axe de fourchette (coulisseau) **A1** ce qui a déplacé la fourchette **F1** et le pignon **7**. La puissance passe par **P**, **1**, **2**, **I**, **3**, **7**, **S**.



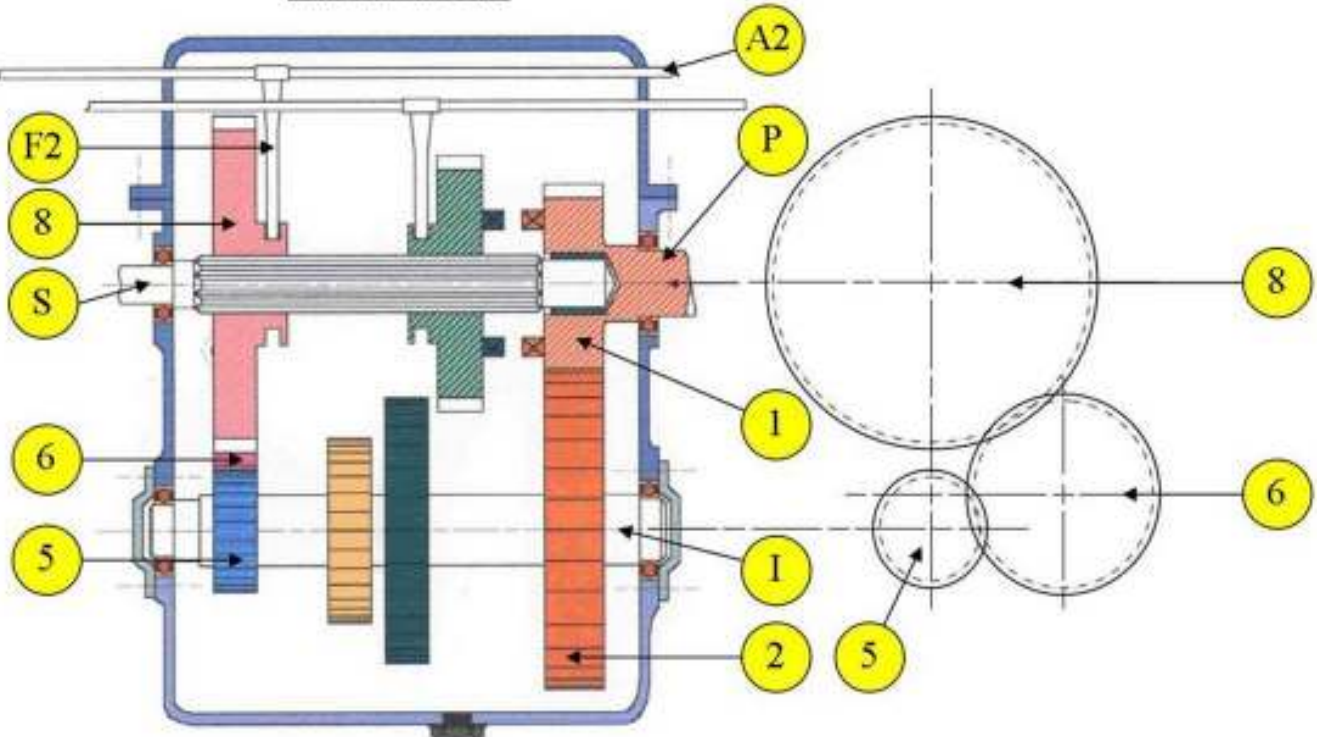
➡ Flécher le parcours de puissance

On a fait coulisser vers la droite l'axe de fourchette **A1** ce qui a déplacé la fourchette **F1** et le pignon **7** s'est craboté sur **1**. La puissance est directement transmise de l'arbre **P** à l'arbre **S**.



La boîte de vitesses mécanique

Marche arrière

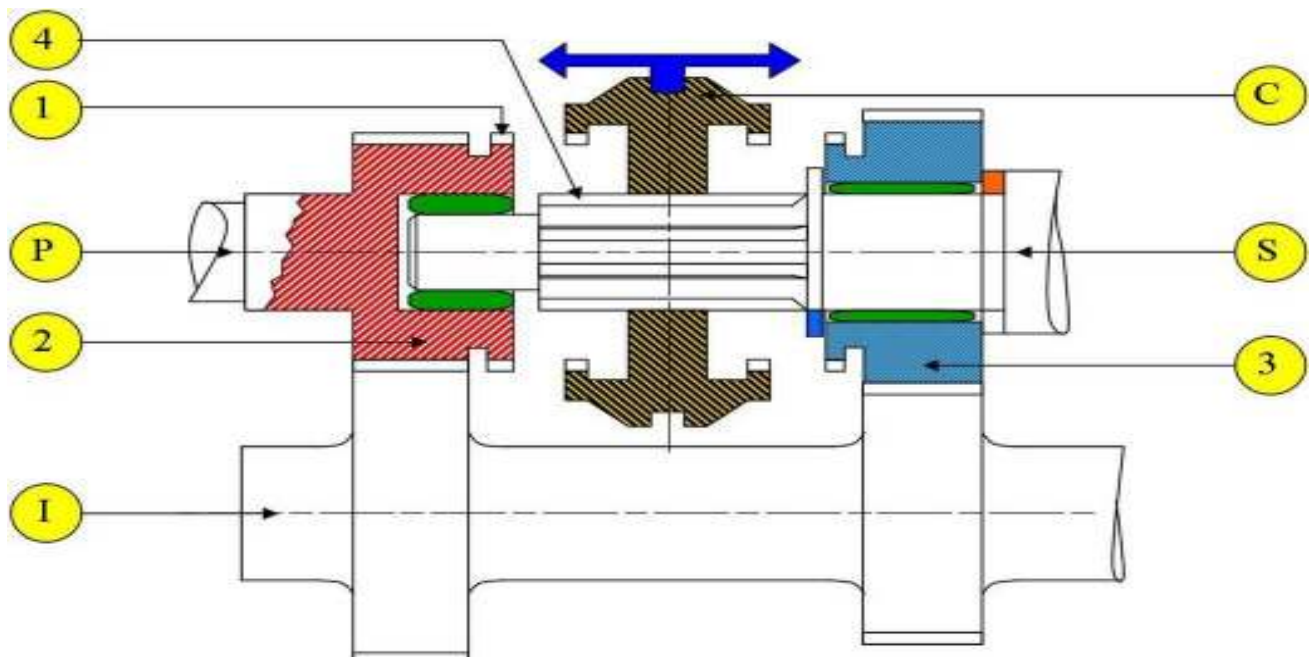


On a déplacé vers la gauche le coulisseau **A2** ce qui a déplacé la fourchette **F2** et le pignon **8**. La puissance passe par **P, 1, 2, I, 5, 6, 8, S**.

On a 3 contacts extérieurs donc le mouvement est inversé.

6°) La boîte de vitesse à crabots :

61°) description :





La boîte de vitesses mécanique

Le pignon **2** de l'arbre primaire **P** entraîne en permanence l'arbre intermédiaire **I** et ce dernier engrène avec le pignon **3** monté fou sur l'arbre secondaire **S**.

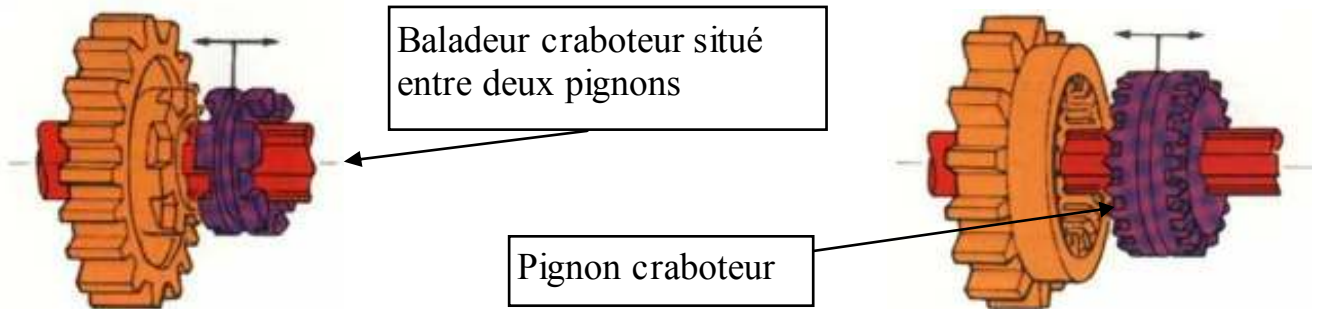
Ces pignons portent sur leur flanc une petite denture droite **1** sur laquelle le double crabot **C** peut venir se craboter.

Le passage des vitesses est fait par le double crabot **C** monté glissant sur l'arbre **S** et fixe en rotation grâce à des cannelures **4**.

62°) fonctionnement :

L'action de la fourchette déplace le crabot C sur la denture droite du pignon sélectionné.

63°) autres crabots :



7°) calcul de la raison d'un train d'engrenage :

Le calcul d'un rapport de boîte s'effectue au moyen de la raison du train d'engrenage. La raison « r » est égale:

$$r = \frac{\text{Produit du nombre de dents des roues dentées menantes}}{\text{Produit du nombre de dents des roues dentées menées}}$$

Si r est inférieur à 1 cela signifie que les pignons menant ont moins de dents que les pignons menés donc la vitesse est réduite et le couple augmenté.

Si r est supérieur à 1 cela signifie que les pignons menant ont plus de dents que les pignons menés donc la vitesse est augmentée et le couple est diminué, mais ceci est rare voire exceptionnel car le but d'une boîte de vitesse de matériel parcs et jardins, agricole est d'augmenter le couple moteur.

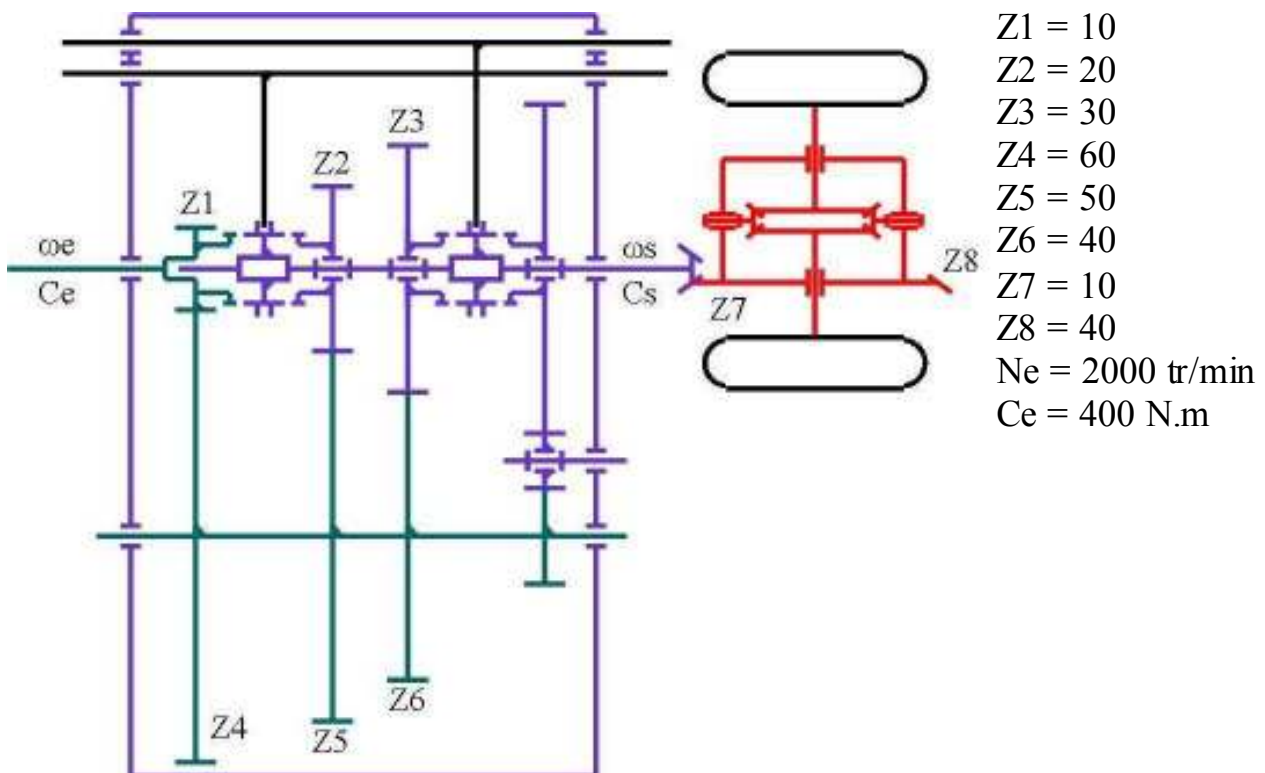


La boîte de vitesses mécanique

Le calcul de la raison nous permet de déterminer la vitesse de sortie ainsi que le couple de sortie :

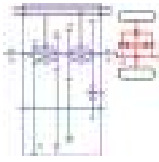
$$\omega_{\text{sortie}} = \omega_{\text{entrée}} \cdot r \quad \text{ou} \quad N_s = N_e \cdot r \quad \text{et} \quad C_{\text{sortie}} = C_{\text{entrée}} / r$$

71°) Application :



Déterminez:

- 1) la raison r_1 en première et r_2 en seconde.
- 2) N_{s1} en première et N_{s2} en seconde
- 3) C_{s1} en première et C_{s2} en seconde
- 4) Déterminez le régime de rotation de l'arbre intermédiaire pour $N_e = 2000 \text{ tr/min}$
- 5) Si l'arbre secondaire tourne à 400 tr/min , on est en seconde et débrayé, quelle est la vitesse de l'arbre primaire?
- 6) Si le régime de ralenti est de 800 tr/min , au moment où j'embraye, le régime moteur va-t-il augmenter ou diminuer?

**La boîte de vitesses mécanique**

$$r1 = \frac{Z1 \times Z6}{Z4 \times Z3} = \frac{10 \times 40}{60 \times 30} = \frac{2}{9} = 0,222 \quad r1 = 0,222$$

$$r2 = \frac{Z1 \times Z5}{Z4 \times Z2} = \frac{10 \times 50}{60 \times 20} = \frac{5}{12} = 0,417 \quad r2 = 0,417$$

$$2) \quad Ns1 = Ne \times r1 = 2000 \times 0,222 \approx 444 \text{ tr/min} \quad Ns1 = 444 \text{ tr/min}$$

$$Ns2 = Ne \times r2 = 2000 \times 0,417 \approx 834 \text{ tr/min} \quad Ns2 = 834 \text{ tr/min}$$

$$3) \quad Cs1 = Ce / r1 = 400 / 0,222 \approx 1800 \text{ N.m} \quad Cs1 = 1800 \text{ N.m}$$

$$Cs2 = Ce / r2 = 400 / 0,417 \approx 960 \text{ N.m} \quad Cs2 = 960 \text{ N.m}$$

$$4) \quad rI = Z1 / Z4 = 10 / 60 = 0,167 \quad Ni = 2000 \times 0,167 = 334 \text{ tr/min}$$

$$5) \quad r = \frac{Z2 \times Z4}{Z5 \times Z1} = \frac{20 \times 60}{50 \times 10} = \frac{12}{5} = 2,4 \quad Np = 400 \times 2,4 = 960 \text{ tr/min}$$

6) Il va augmenter.

Décomposons le passage de la première à la seconde:

Je suis en première en train de rouler donc les crabots C2 et C1 (qui fait la liaison entre le pignon de seconde Z3 et l'arbre secondaire) tournent à 444 tr/min.

L'arbre intermédiaire tourne à 334 tr/min et entraîne le pignon de première de l'arbre secondaire à 444 tr/min mais aussi le pignon de seconde à 834 tr/min (ce dernier est monté « fou » donc tourne sur l'arbre dans le même sens mais deux fois plus vite).

Problème: lorsque je veux passer de la première à la seconde, le crabot C2 tourne à 444 tr/min et doit se craboter sur un pignon dont la vitesse périphérique est environ deux fois plus grande (834 tr/min).

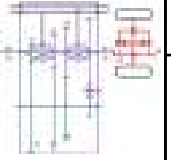
Utilisation de l'embrayage :

Le fait de débrayer permet de ne plus entraîner par le moteur les arbres primaire et secondaire.

Mais ils tournent toujours car ils sont entraînés par les roues.

Lorsque je mets le crabot C1 au neutre l'arbre intermédiaire et par conséquent l'arbre primaire ne sont plus entraînés ni par les roues, ni par le moteur.

Conséquence: ils ralentissent par frottement (roulement et brassage de l'huile).



La boîte de vitesses mécanique

Le pignon de seconde est entraîné par l'arbre intermédiaire donc il va lui aussi ralentir.

Enfin lorsque le pignon de seconde tournera à une vitesse proche de celle du crabot C2 (qui reste toujours entraîné par les roues donc environ 444 tr/min si la vitesse d'avancement n'a pas diminué), je vais pouvoir le craboter.

L'arbre secondaire via le crabot C2 va entraîner l'arbre intermédiaire grâce au pignon de seconde donc l'arbre primaire et le disque d'embrayage.

Je peux maintenant embrayer.

Conclusion:

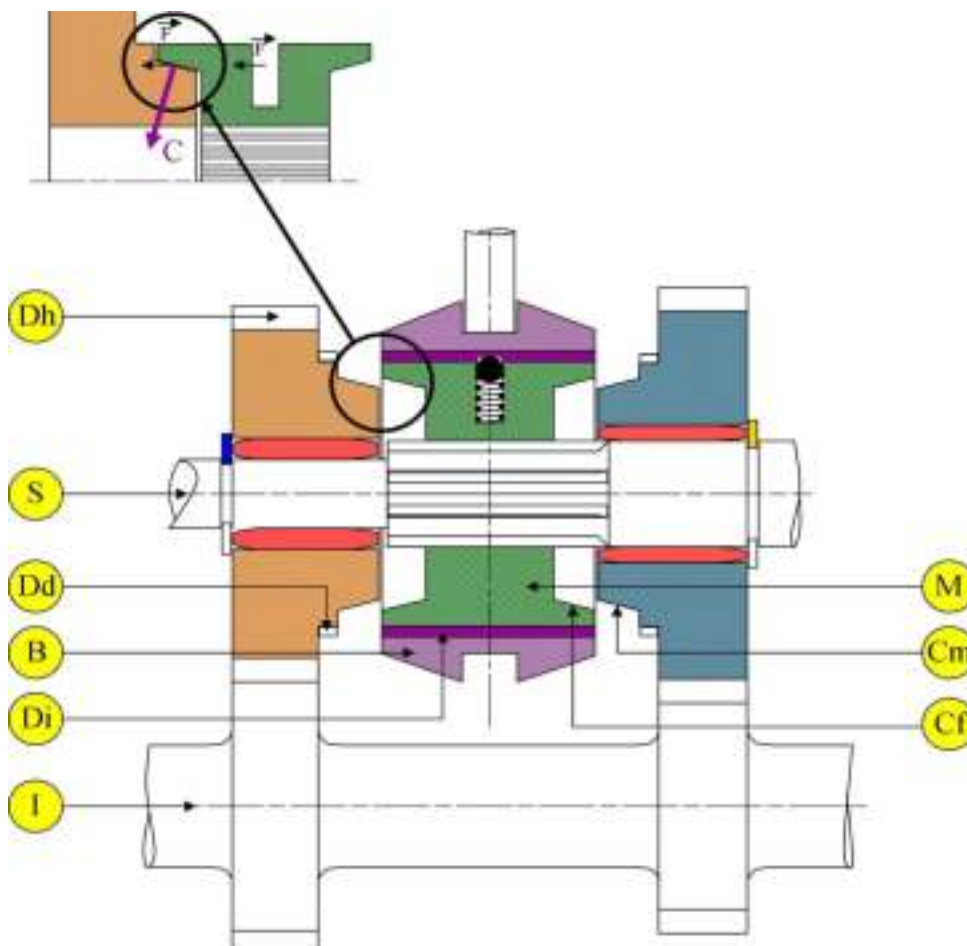
Pour un régime moteur donné, suivant la vitesse engagée, l'arbre de sortie tourne à une certaine vitesse angulaire.

Lors d'un changement de rapport (première à seconde), il faut attendre que le pignon à craboter tourne à une vitesse angulaire proche de celle de l'arbre de sortie.

Il existe une solution qui permet d'emmener les arbres primaire et intermédiaire donc le pignon à craboter à la vitesse angulaire souhaitée: c'est **le synchroniseur**.

8°) la boîte de vitesse synchronisée :

81°) description :



Le synchroniseur est un embrayage à friction conique.

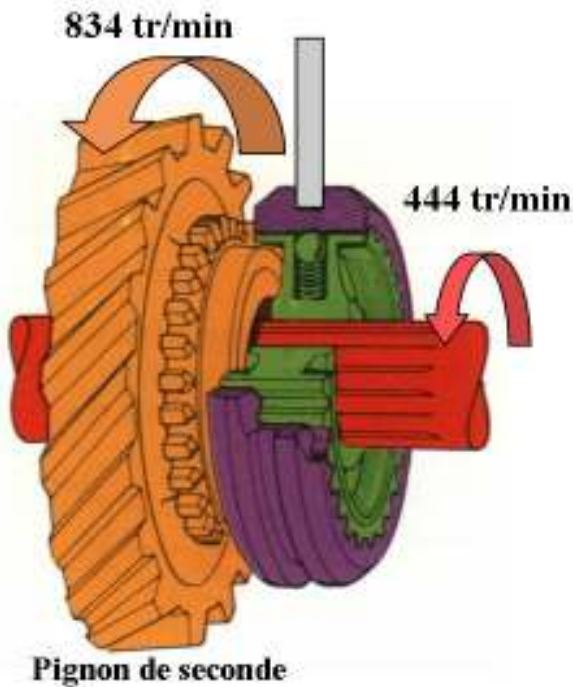
Il permet pour un faible effort F de transmettre un couple C très important pour emmener les arbres intermédiaire et primaire à la vitesse désirée.

On peut changer rapidement de rapport.



La boîte de vitesses mécanique

82°) fonctionnement :



On vient de lâcher le pignon de première donc le moyeu et le baladeur qui sont solidaire de l'arbre secondaire dépendent du régime de cet arbre en première qui était de 444 tr/min pour un régime moteur de 2000 tr/min.

On est en position « point mort ».

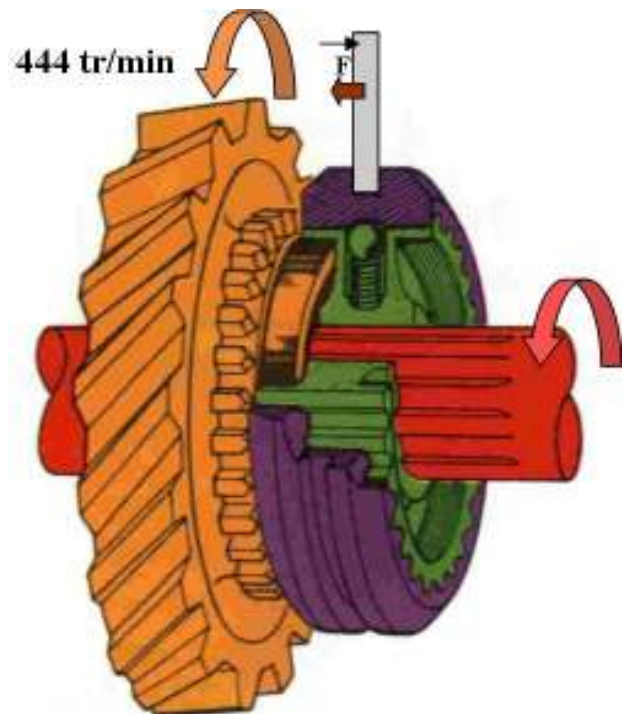
Le pignon de seconde est fou sur l'arbre, il est entraîné a une vitesse qui dépend de l'arbre intermédiaire ex: 834 tr/min pour un régime moteur de 2000 tr/min.

Le conducteur sollicite, par l'intermédiaire du levier de vitesse, le déplacement du manchon baladeur.

Celui-ci entraîne, grâce à la pression des billes, le moyeu jusqu'au contact de son cône femelle sur le cône mâle du pignon.

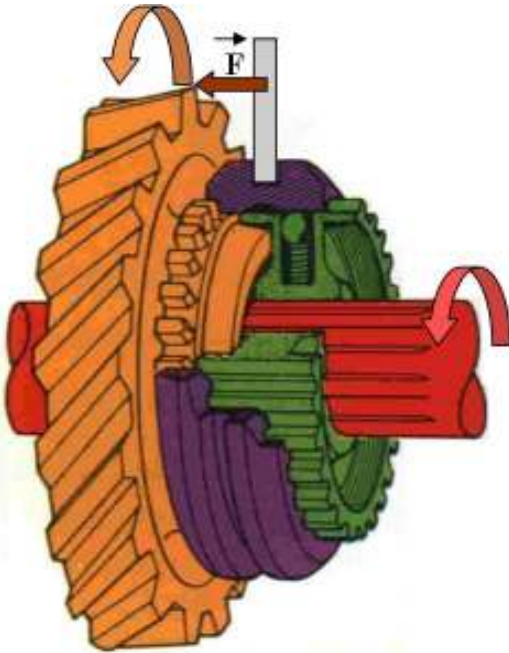
La friction des deux cônes crée un couple de freinage qui ralentit le pignon donc l'arbre intermédiaire donc l'arbre primaire avec son disque d'embrayage.

Cet ensemble va progressivement être amené à 444 tr/min.





La boîte de vitesses mécanique



Le pignon et le baladeur tournent maintenant à la même vitesse.

Le conducteur, en exerçant un effort plus important sur le levier de vitesse, dégage les billes.

Le baladeur s'engage alors dans les crabots du pignon fou.

On est en seconde, on peut maintenant embrayer.

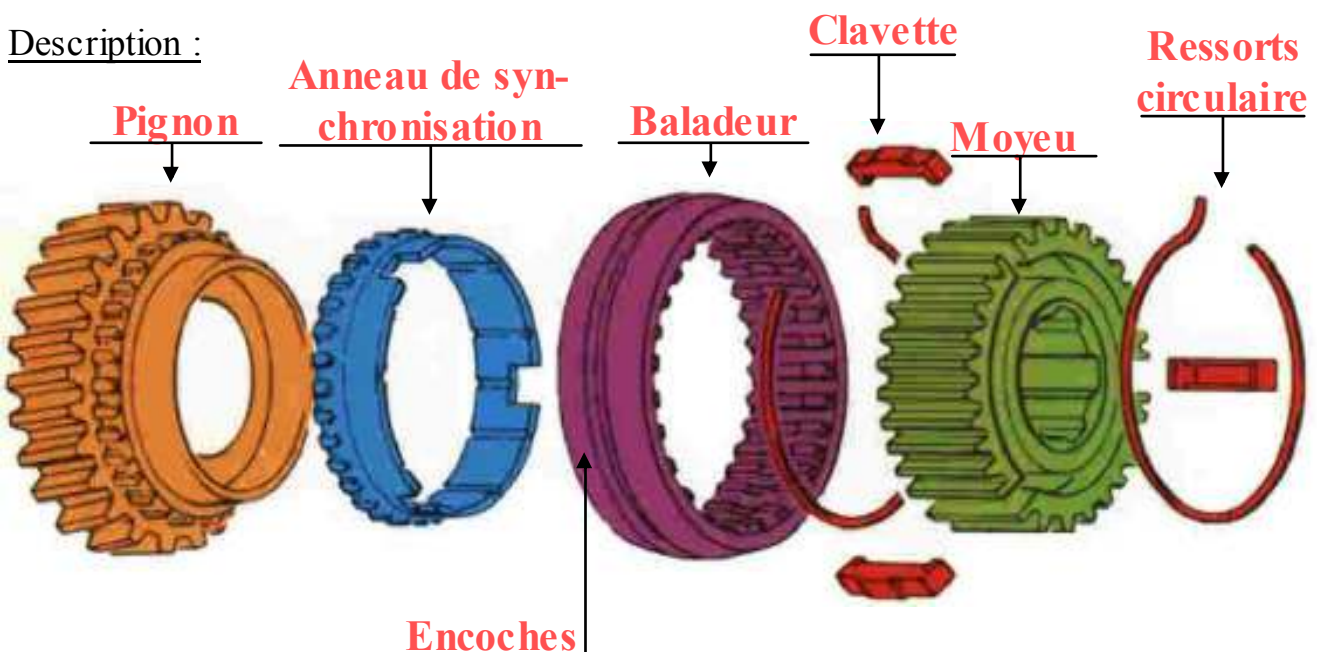
En comparaison avec une boîte de vitesse à crabots, le passage de vitesse est plus rapide et on limite le risque d'endommagement des dents de crabotage mais cela demande la maîtrise du chauffeur.

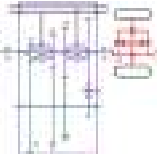
8.3 - Le synchroniseur absolu: Le synchroniseur « BORG WARNER »:

Sur un synchroniseur, pendant la phase de synchronisation, les cônes de friction subissent un couple résistant de ralentissement ou d'accélération.

Avec les synchroniseur modernes, ce couple résistant est utilisé pour empêcher le crabotage tant que la synchronisation n'est pas réalisée.

Description :





La boîte de vitesses mécanique

