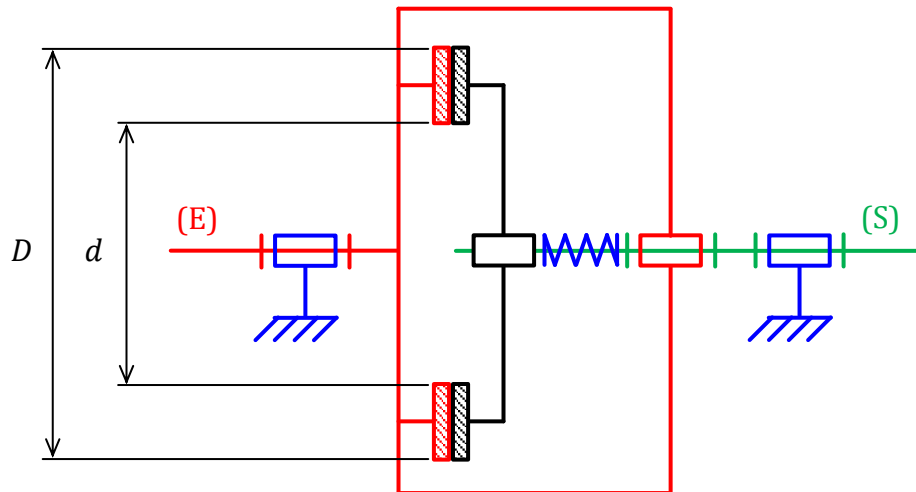


Exercices semaine 14 – énoncé

Exercice 1

On considère le limiteur de couple ci-dessous constitué de deux disques en appui axial l'un sur l'autre.



Les deux disques sont en contact entre un diamètre intérieur d et un diamètre extérieur D , et leur contact est caractérisé par un coefficient de frottement statique μ_0 . Ils sont maintenus en appui l'un sur l'autre avec une force axiale F obtenue au moyen d'un ressort de compression.

1. Déterminer l'expression de la pression de contact p entre les deux disques en fonction de F , d , et D .
2. En considérant une surface élémentaire de contact entre les deux disques puis en intégrant sur la surface totale de contact, exprimer le couple maximal transmissible C_{Max} entre le premier et le deuxième disque en fonction de μ_0 , d , D , et p . On fera l'hypothèse ici que le couple C_{Max} est obtenu lorsque les deux disques sont à la limite du glissement.
3. En déduire l'expression du couple maximal transmissible C_{Max} en fonction de μ_0 , r , R , et F .

Exercice 2

On considère le moteur de cyclomoteur dont la vue en coupe est donnée en Annexe A. Ce moteur de 50 cm³ est équipé d'une boîte à vitesses à trois rapports de marche avant. La puissance est transmise entre le vilebrequin (V) et l'arbre de sortie (S) par un arbre intermédiaire (I) équipé d'un embrayage multi-disques permettant d'isoler le vilebrequin de l'arbre de sortie pendant les changements de rapport.

Les nombres de dents sur les roues dentées sont :

- Sur le vilebrequin (V) : $Z_V = 22$;
- Sur l'arbre intermédiaire (I) : $Z_{I1} = 10$; $Z_{I2} = 14$; $Z_{I3} = 17$; $Z_{I4} = 55$;
- Sur l'arbre de sortie (S) : $Z_{S1} = 46$; $Z_{S2} = 42$; $Z_{S3} = 39$.

Le ressort utilisé pour mettre en pression l'embrayage multidisque est un ressort de compression en acier tel que :

- Diamètre du fil : $d_R = 4,5$ mm ;
- Diamètre moyen : $D_R = 28$ mm ;
- Nombre de spires : $n = 4$;
- Module de cisaillement : $G = 80$ GPa ;
- Ecrasement en fonctionnement : $\Delta L_R = 6,5$ mm.

Le contact entre les disques d'embrayage se fait entre un diamètre minimum $d_E = 82$ mm et un diamètre maximum $D_E = 111$ mm, et le coefficient de frottement statique au contact entre eux vaut $\mu_0 = 0,3$.

Questions :

1. Déterminer les rapports de transmission i_1 , i_2 et i_3 correspondants respectivement aux rapports de première, seconde, et troisième.
2. Calculer la force de compression F exercée par le ressort, sachant que sa raideur K se calcule comme suit :

$$K = \frac{G \cdot d_R^4}{8 \cdot n \cdot D_R^3}$$

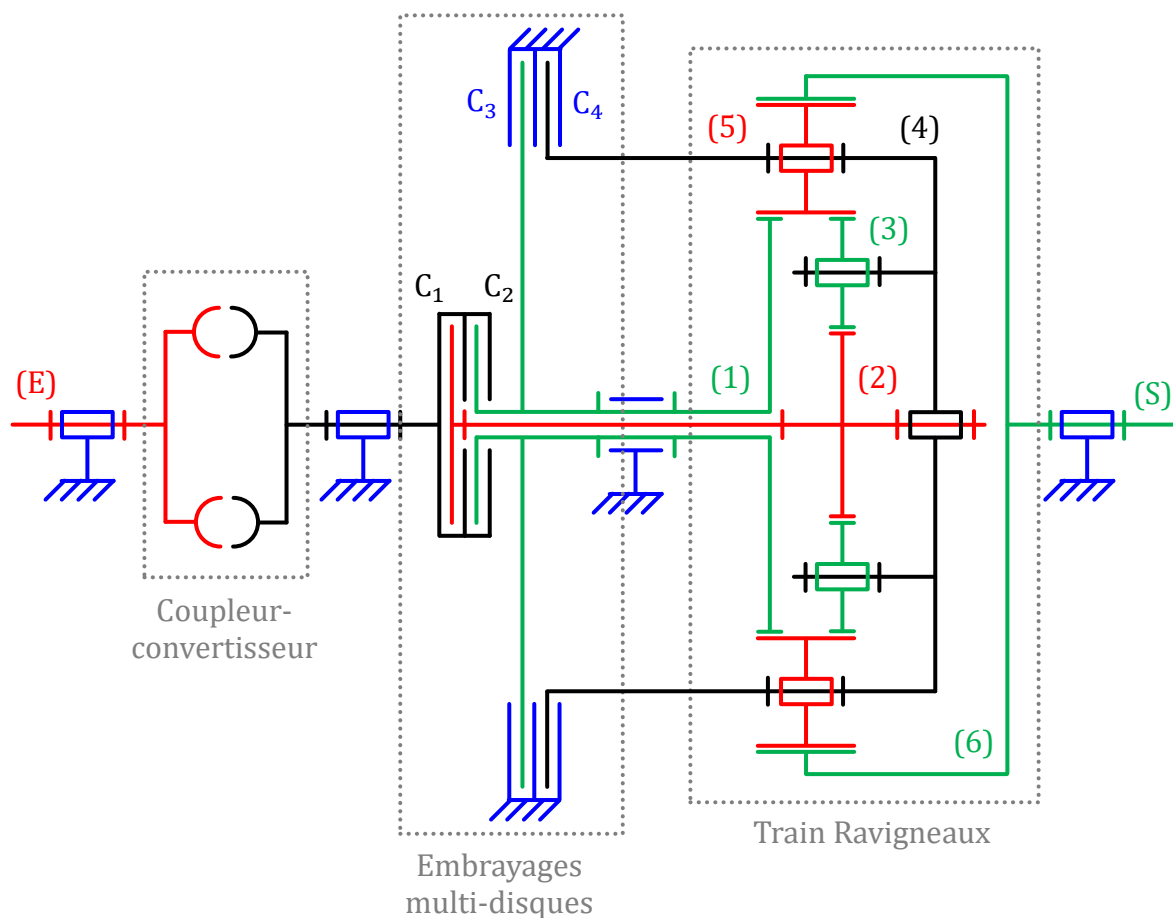
3. Réutiliser le résultat obtenu à l'exercice 1 pour calculer le couple transmissible au contact entre deux disques d'embrayage. En analysant la vue en coupe de l'Annexe A, identifier le nombre de contacts de frottement entre les disques d'embrayage, et en déduire le couple transmissible par l'embrayage multi-disques.

Exercice 3

On considère la boîte à vitesses automatique de véhicule de tourisme dont la vue en coupe est donnée en Annexe B. Cette boîte est équipée :

- D'un coupleur-convertisseur (non représenté sur la vue en coupe) ;
- D'un train de Ravigneaux ;
- D'un ensemble de quatre embrayages multi-disques permettant de solidariser certains sous-ensembles mobiles entre eux et/ou avec le bâti.

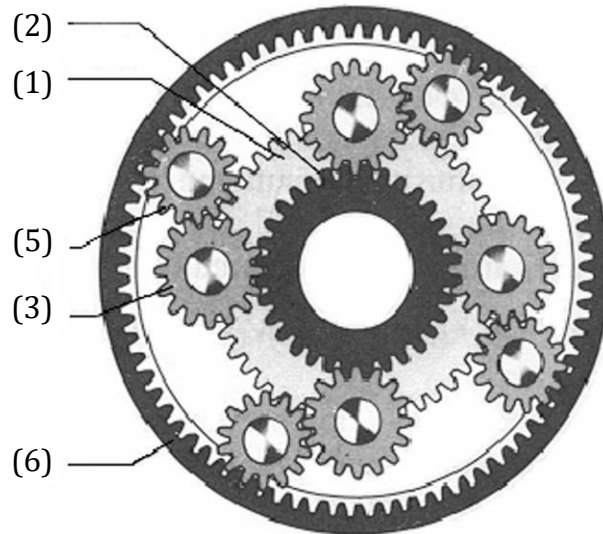
Le schéma cinématique ci-dessous représente chacune des trois parties du système :



Le train de Ravigneaux, plus précisément, est basé sur le principe d'un train épicycloïdal un peu spécial, dans lequel :

- Deux étages de satellites, qui engrènent ensemble, sont portés par un porte-satellites commun ;
- Deux planétaires à denture extérieure engrènent pour l'un avec le premier étage de satellites, et pour l'autre avec le deuxième étage de satellites ;
- Le deuxième étage de satellites engrène avec une couronne à denture intérieure.

Dans une vue orientée dans l'axe de rotation des roues dentées, ce train peut se schématiser comme suit :



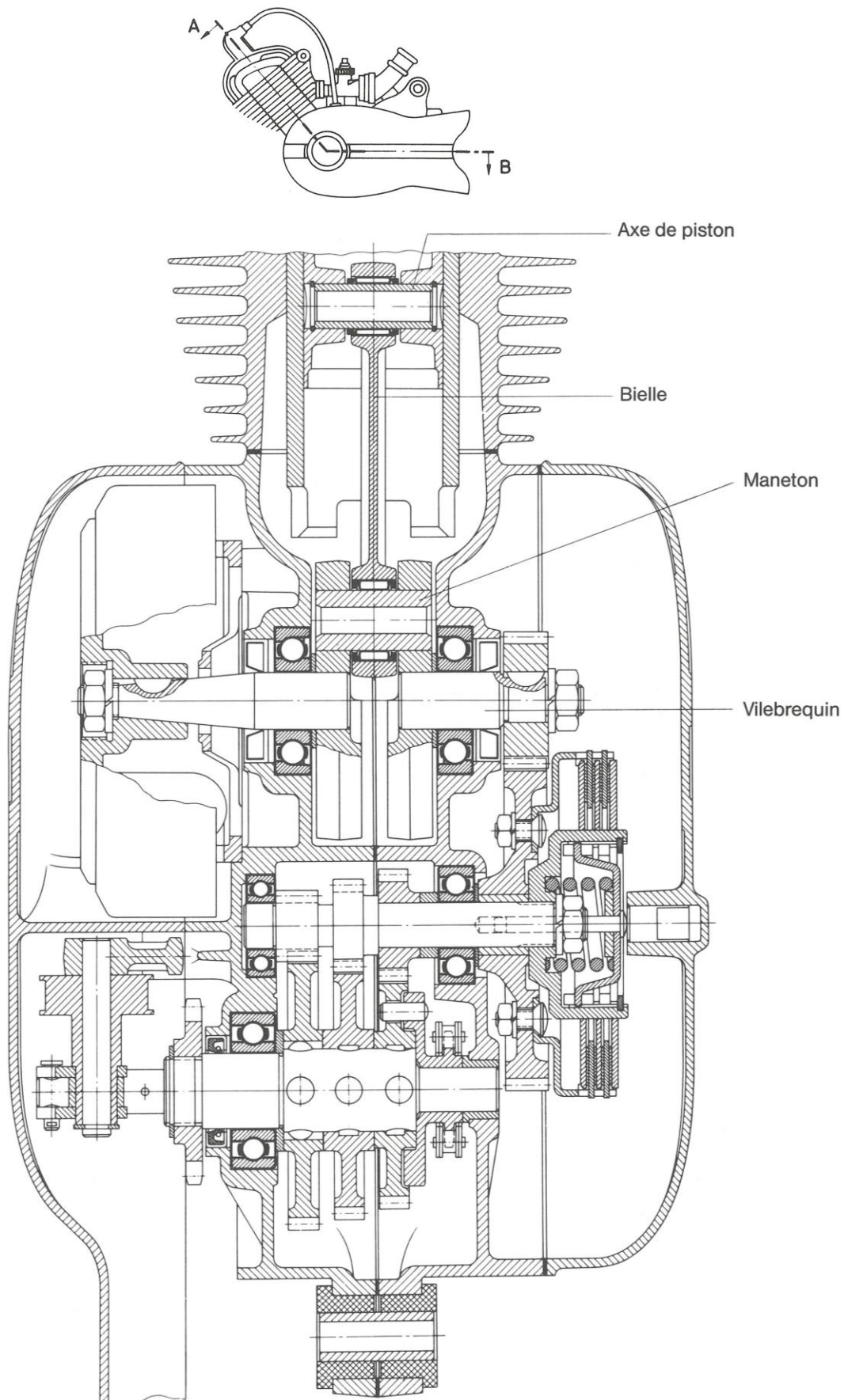
Les nombres de dents sur les roues dentées sont $Z_1 = 44$, $Z_2 = 32$, $Z_3 = 16$, $Z_5 = 14$, et $Z_6 = 78$.

Les embrayages multi-disques (C_i) sont actionnés par des pistons hydrauliques et sont au nombre de quatre. Ils permettent respectivement :

- Pour C_1 , de lier en rotation les arbres (E) et (2) ;
- Pour C_2 , de lier en rotation les arbres (E) et (1) ;
- Pour C_3 , de lier en rotation l'arbre (1) au bâti, c'est-à-dire de bloquer la rotation de l'arbre (1) ;
- Pour C_4 , de lier en rotation l'arbre (4) au bâti, c'est-à-dire de bloquer la rotation de l'arbre (4) ;

1. En utilisant la même méthode que pour un train épicycloïdal simple, exprimer les équations qui lient les vitesses de rotation ω_1 , ω_2 , ω_4 , et ω_6 .
2. Identifier toutes les combinaisons possibles d'activation des embrayages multi-disques permettant, sans blocage de la chaîne de transmission, de transmettre la puissance de l'arbre d'entrée (E) à l'arbre de sortie (S). Combien de rapports de boîte peut-on obtenir avec ce système ? Pour chaque cas identifié, calculer le rapport de transmission ω_E/ω_S . En déduire les combinaisons d'activation des embrayages requises pour obtenir chacun des rapports de boîtes (par ordre de rapport de transmission décroissant).

Annexe A – Moteur de cyclomoteur



Annexe B – Vue en coupe de boîte à vitesses automatique de véhicule de tourisme

