

Etude d'un Moteur Hybride

Le coût et la raréfaction du pétrole ainsi que la sensibilisation du public à l'impact de son exploitation sur l'environnement conduisent les constructeurs automobiles à rechercher des solutions innovantes dans le domaine des chaînes de traction.

Le véhicule *hybride* est l'un des concurrents de cette course effrénée. Les voitures *hybrides*, qui comportent deux moteurs, thermique et électrique, présentent l'avantage d'emporter avec elle leur centrale énergétique de recharge.

Elles offrent de nombreux avantages : faire 1000 km avec un plein (les modèles les plus avancés consomment 3 à 4 litres/100 km), disposer d'équipement intérieur fonctionnant jusqu'à 500V, polluer 50% de moins que la voiture classique la moins polluante.

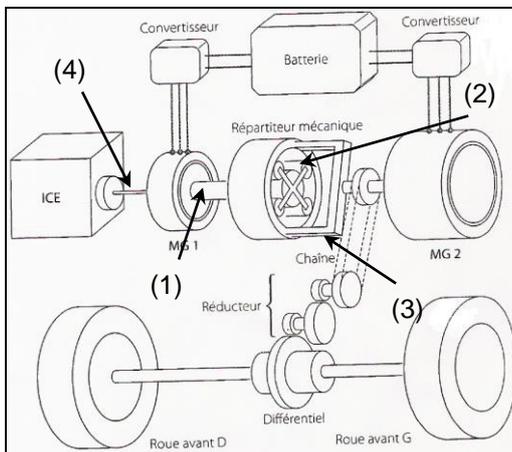
Description et fonctionnement du groupe motopropulseur et de sa transmission :

ICE (Internal Combustion Engine) : moteur essence

MG (Moteur Générateur) : machines électriques

CVS : convertisseurs électroniques associés aux machines électriques

PSD (Power Split Device) : répartiteur mécanique de puissance



Vue générale du groupe motopropulseur

La voiture hybride comporte 2 machines électriques réversibles MG1 et MG2, pouvant fonctionner en moteur ou en générateur (machines synchrones triphasés à aimants permanents). Chacune est associée à un convertisseur électronique dont le rôle est de convertir l'énergie électrique issue de MG1 ou MG2, alors sous forme de grandeurs alternatives, en énergie électrique sous forme de grandeurs continues pour alimenter la batterie.

Les 2 machines sont de constructions très semblables mais de tailles différentes :

- MG1 plus petite, assure le démarrage du moteur à essence ICE et charge la batterie ;
- MG2 plus grosse, assiste le moteur essence ICE en cas de fortes demandes de puissance.

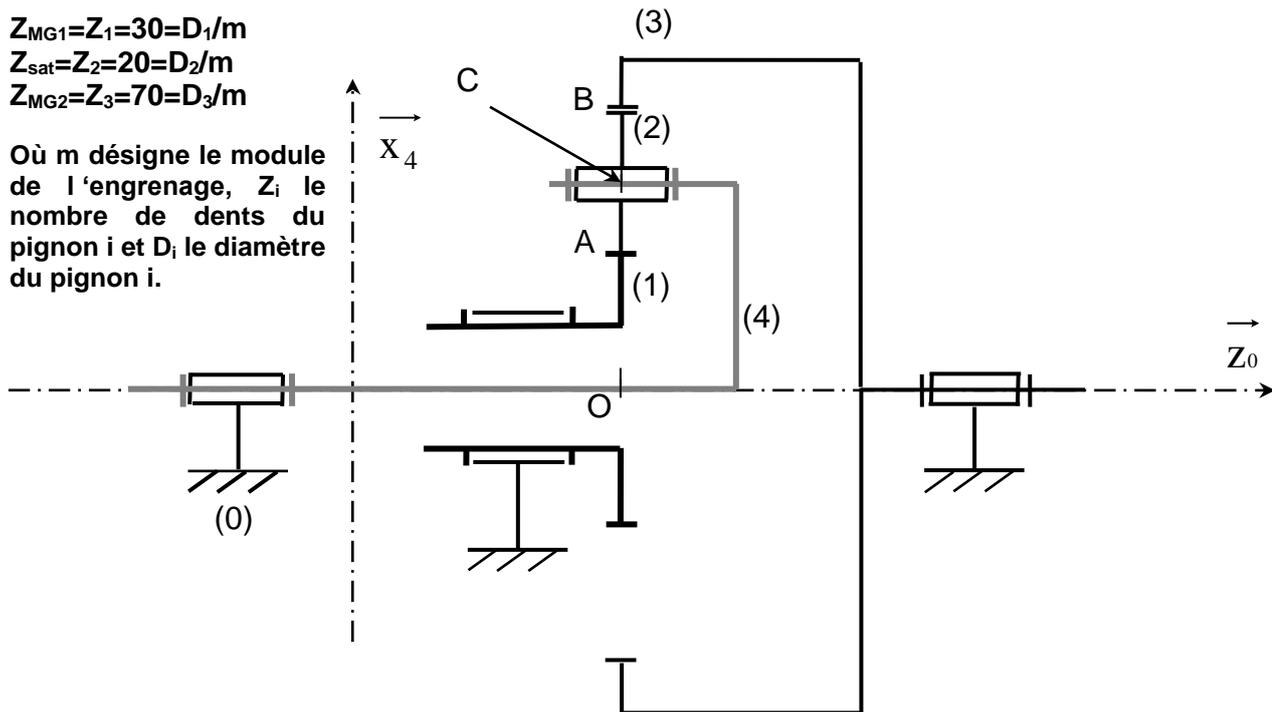
Modélisation cinématique du répartiteur mécanique de puissance :

$$Z_{MG1} = Z_1 = 30 = D_1/m$$

$$Z_{\text{sat}} = Z_2 = 20 = D_2/m$$

$$Z_{MG2} = Z_3 = 70 = D_3/m$$

Où m désigne le module de l'engrenage, Z_i le nombre de dents du pignon i et D_i le diamètre du pignon i .

Paramétrage :

Un mécanisme d'engrenage de deux roues dentées est cinématiquement équivalent au roulement sans glissement relatif de deux roues lisses ayant des rayons dits primitifs.

Le train épicycloïdal ci-dessus est composé de :

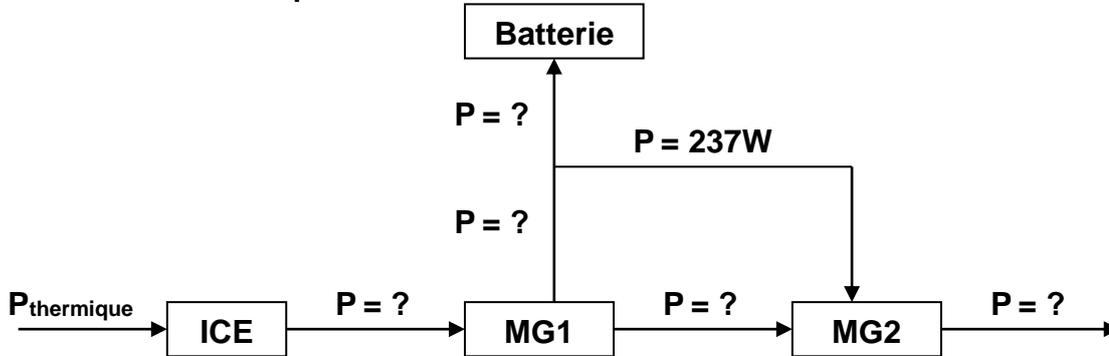
- un bâti (0) auquel est associé le repère $(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$
- le planétaire d'entrée (1), roue dentée de diamètre D_1 lié au rotor de MG1, auquel est associé le repère $(O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$
- le satellite (2) pignon dentée de diamètre D_2 auquel est associé le repère $(C, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$
- le planétaire de sortie (3), roue dentée intérieure de diamètre D_3 lié au rotor de MG2 ainsi qu'à la chaîne de transmission de la puissance vers les roues motrices, auquel est associé le repère $(O, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$
- le porte-satellite (4), lié à l'arbre de sortie du moteur thermique ICE, auquel est associé le repère $(O, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4 = \vec{z}_0)$

Etude du fonctionnement:

Hypothèse : les rendements des différentes machines électriques sont de 100%.

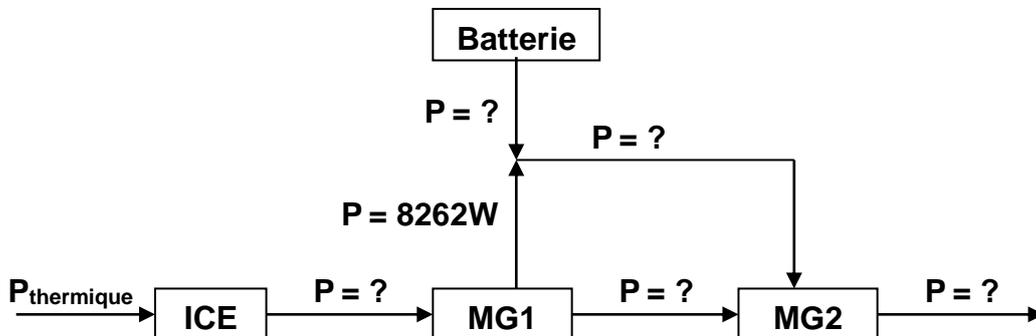
La voiture roule à 40km/h sur le plat. Le conducteur appuie sur la pédale d'accélérateur et cela correspond à une demande de puissance d'entraînement de 10243W. L'état de charge de la batterie est plutôt bas, le contrôleur batterie demande une puissance de 5000W (charge).

Question 1 : Reproduire le schéma suivant sur votre copie et compléter le en précisant les valeurs des différents flux de puissance



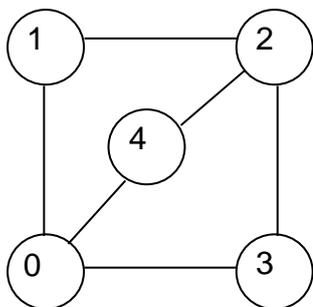
La voiture roule à 80km/h mais la route est en pente montante et le conducteur souhaite réaliser un dépassement. Le conducteur appuie sur la pédale d'accélérateur et cette demande se traduit par une puissance nécessaire à l'entraînement du véhicule de 48 kW. L'état de charge de la batterie est satisfaisant. La puissance maximale d'ICE est de 52kW (donnée constructeur) mais on souhaite utiliser ICE avec un rendement optimal, c'est-à-dire pour une puissance de 28274W. Comment est réalisé le complément de puissance ?

Question 2 : Reproduire le schéma suivant sur votre copie et compléter le en précisant les valeurs des différents flux de puissance.



Etude du répartiteur mécanique:

On donne le graphe des liaisons du répartiteur mécanique de puissance.



L_{01} : liaison pivot d'axe (O, \vec{z}_0)

L_{04} : liaison pivot d'axe (O, \vec{z}_0)

L_{03} : liaison pivot d'axe (O, \vec{z}_0)

L_{24} : liaison pivot d'axe (C, \vec{z}_0)

L_{12} : liaison ponctuelle en A de normale \vec{x}_4 avec roulement sans glissement (engrenage en A)

L_{23} : liaison ponctuelle en B de normale \vec{x}_4 avec roulement sans glissement (engrenage en B)

Question 3 : Proposer un schéma cinématique plan dans le plan $(O, \vec{x}_4, \vec{y}_4)$

Question 4 : Déterminer les torseurs cinématiques associés aux différentes liaisons pivot.

Les torseurs cinématiques associés aux liaisons engrenages, cinématiquement équivalentes à des liaisons ponctuelles avec roulement sans glissement s'écrivent :

$$\{V_{2/1}\}_A = \left\{ \begin{array}{l} \vec{\Omega}_{2/1} = \omega_{21} \vec{z}_0 \\ \vec{V}(A, 2/1) = \vec{0} \end{array} \right\}_A ; \quad \{V_{3/2}\}_B = \left\{ \begin{array}{l} \vec{\Omega}_{3/2} = \omega_{32} \vec{z}_0 \\ \vec{V}(B, 3/2) = \vec{0} \end{array} \right\}_B$$

Question 5 : En utilisant la composition des vitesses d'entraînement $\vec{V}(A, i/j)$ et la relation de champ de moment dans un torseur, déterminer la relation entre ω_{24} , ω_{40} et ω_{10} et les nombres de dents.

Question 6 : En utilisant la composition des vitesses d'entraînement $\vec{V}(B, i/j)$ et la relation de champ de moment dans un torseur, déterminer la relation entre ω_{24} , ω_{40} et ω_{30} et les nombres de dents.

Question 7 : Ecrire la relation entre ω_{10} , ω_{30} et ω_{40} sous la forme $\omega_{10} - \lambda \cdot \omega_{30} + (\lambda - 1) \cdot \omega_{40} = 0$.

Question 8 : La voiture est à l'arrêt mais le moteur à essence ICE ne doit pas s'arrêter de tourner, on souhaite le maintenir à 3000tr/min afin de le faire fonctionner avec un rendement optimal. Expliquer brièvement le fonctionnement attendu du répartiteur mécanique. Comment la cinématique du répartiteur mécanique précédemment étudié rend-elle possible ce fonctionnement ? Donner les différentes fréquences de rotation des différentes machines.