

## Cinématique : Véhicule hybride, Toyota Prius (Centrale PSI 07)

### Mise en situation

Dans le contexte actuel d'économie des énergies fossiles et de réduction des émissions de gaz nocifs, le système de propulsion hybride constitue une alternative intéressante à la propulsion classique par moteur thermique seul car il permet de réduire la consommation.



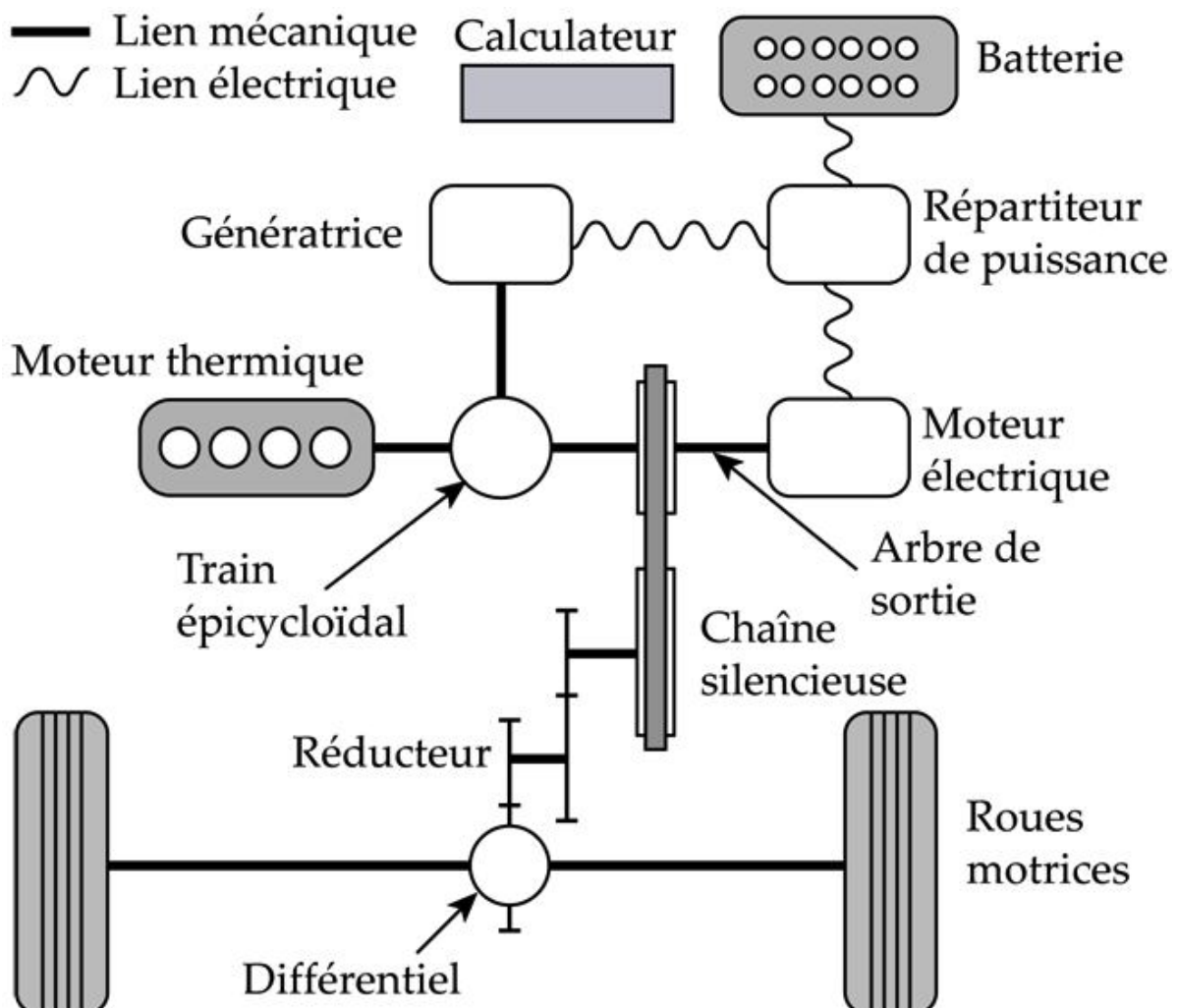
La spécificité de la solution retenue sur la Prius consiste à :

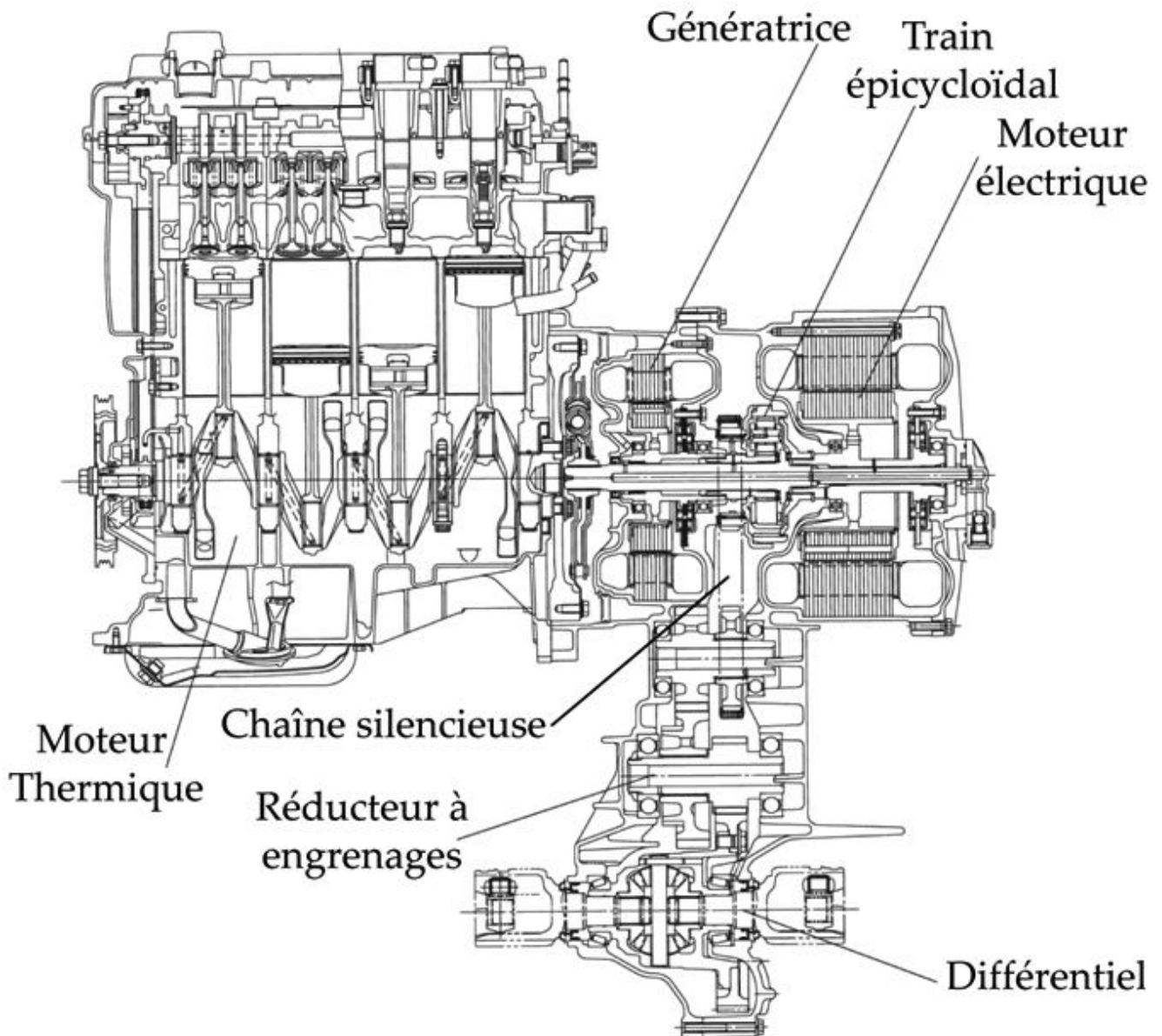
- ✓ Récupérer l'énergie du véhicule lors du freinage,
- ✓ Exploiter le moteur thermique à son rendement optimal.
- ✓ Permettre un fonctionnement tout électrique ou hybride mécanique / électrique

### Architecture du système hybride HSD TOYOTA

Comme le montre le dessin la figure, la technologie hybride de TOYOTA, nommée HSD (Hybrid Synergy Drive) associe un moteur thermique à essence (MT) et sa transmission, à deux machines électriques (GE ; ME) et une batterie de puissance.

Le schéma de principe met en évidence les deux machines électriques (le moteur électrique et la génératrice) reliées au moteur thermique par un train épicycloïdal.





A partir de la position de la pédale d'accélérateur et de la vitesse du véhicule, le calculateur détermine la vitesse de rotation optimale du moteur thermique et la consigne d'ouverture du papillon des gaz.

La puissance en sortie du moteur thermique est transmise, grâce à un train épicycloïdal, à la chaîne silencieuse et à la génératrice. Un asservissement en vitesse de la génératrice permet de contrôler la vitesse de rotation du moteur thermique.

Le répartiteur de puissance gère les échanges de puissance électrique entre la génératrice, le moteur électrique et la batterie.

Le moteur électrique entraîne la chaîne silencieuse, seul ou en complément du moteur thermique. Il récupère également l'énergie cinétique ou potentielle du véhicule lors des phases de ralentissement.

### Objectif de l'étude

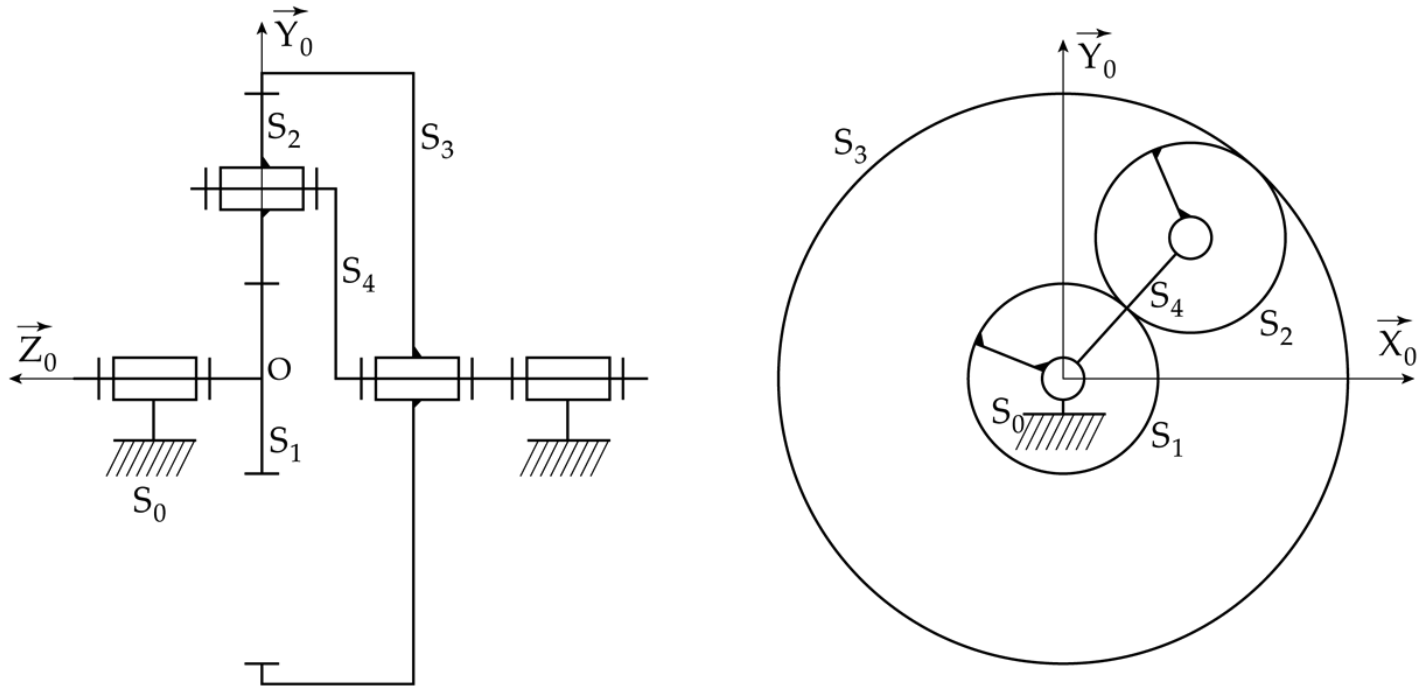
Choisir l'architecture du train épicycloïdal permettant de satisfaire aux plages de fonctionnement des différents composants.

## Etude du train épicycloïdal

Le référentiel choisi est 0, lié au solide  $S_0$  (carter du groupe motopropulseur).

On note  $\omega_{i/0}$  la vitesse de rotation du solide  $S_i$  par rapport à  $S_0$  mesurée positivement autour de  $\vec{Z}_0$  avec  $\vec{\Omega}(i/0) = \omega_{i/0} \cdot \vec{Z}_0$ .

Par souci de simplification d'écriture, on note :  $\omega_{ME} = \omega_{ME/0}$  ,  $\omega_{MT} = \omega_{MT/0}$   
,  $\omega_{GE} = \omega_{GE/0}$



### Question 1

En prenant comme repère d'observation le porte satellite 4, déterminer le rapport algébrique  $r$  défini comme suit :  $r = \frac{\omega_{1/4}}{\omega_{3/4}}$ . (Exprimer  $r$  en fonction des nombres de dents  $Z1$  et  $Z3$  des roues 1 et 3).

### Question 2

Par composition des vitesses de rotation, en déduire la relation entre les vitesses absolues  $\omega_{1/0}$  ,  $\omega_{3/0}$  ,  $\omega_{4/0}$  . La mettre sous la forme  $\omega_{1/0} + a.\omega_{3/0} - b.\omega_{4/0} = 0$  en identifiant  $a$  et  $b$  en fonction des nombres de dents  $Z1$  et  $Z3$ .

Le véhicule a une vitesse maximale en marche avant en ligne droite de  $V = 170\text{km/h}$ .

Les roues de la voiture ont un diamètre  $D$  de 60 cm, elles roulent sans glisser sur le sol et leur vitesse de rotation par rapport au châssis, notée  $\omega_R$  est identique en ligne droite.

La transmission par chaîne silencieuse associée au réducteur présente un rapport de réduction global de  $K = \omega_R/\omega_S = 0,25$  où  $\omega_S$  est la vitesse de rotation de l'arbre de sortie du train épicycloïdal.  $\omega_S$  est supposée positive.

### Question 3

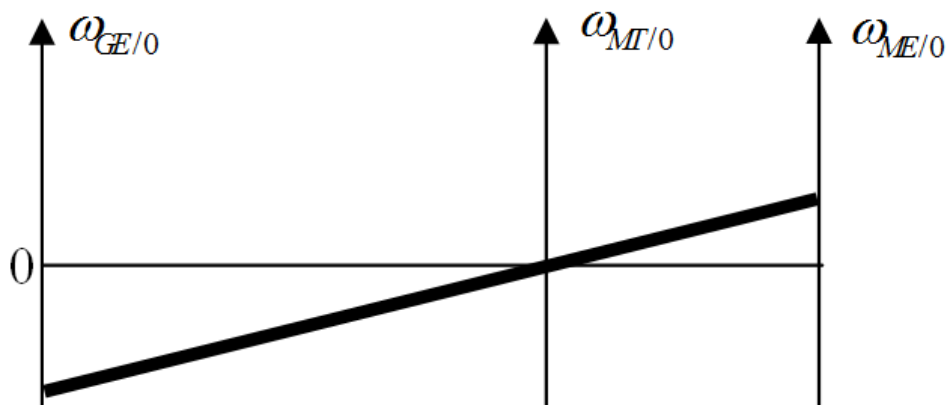
Compte tenu des données précédentes, déterminer la vitesse maximale de rotation de l'arbre de sortie du train épicycloïdal  $\omega_{Smax}$ , en  $\text{rad.s}^{-1}$  puis en  $\text{tr.min}^{-1}$ .

La question suivante a pour objectif de déterminer à quel composant (ME, MT ou GE) sont reliés les trois arbres (1, 3, 4) du train épicycloïdal.

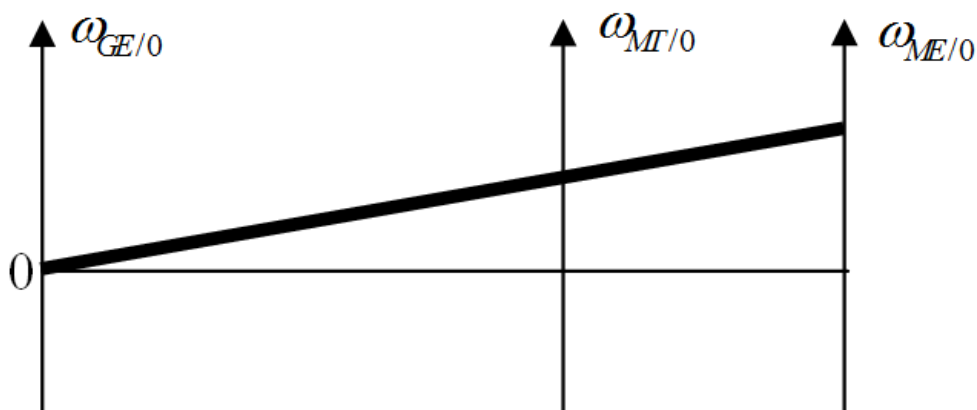
On admettra que c'est le moteur électrique qui est le plus adapté (plage de vitesse en fonctionnement comparable), pour être relié directement à  $\omega_S$ . On prendra donc dans la suite :  $\omega_S = \omega_{ME}$ .

Le constructeur fournit les deux courbes de fonctionnement :

Fonctionnement tout électrique - Démarrage



Fonctionnement hybride sans génération d'électricité



### Question 4

En analysant les deux courbes précédentes, déterminer à quel composant (MT, ME et GE) est associé chaque arbre (1, 3 et 4) du train épicycloïdal.