

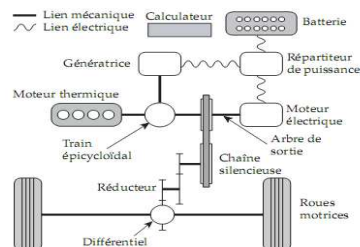
## Introduction

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

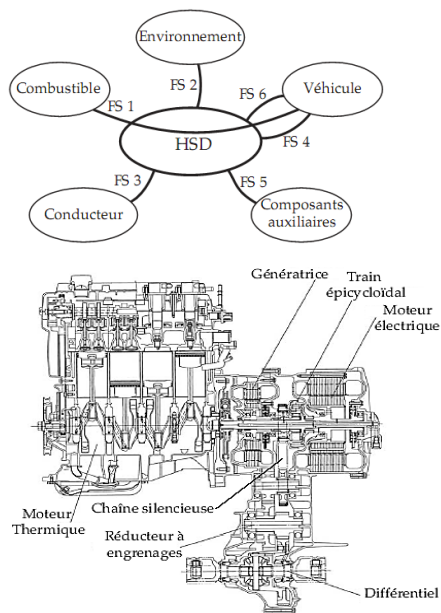


La technologie hybride de Toyota, nommée HSD (Hybrid Synergy Drive), associe un moteur thermique à essence et sa transmission à deux machines électriques et une batterie de puissance. Le schéma de principe met en évidence les deux machines électriques (le moteur électrique et la génératrice) reliées au moteur thermique par un train épicycloïdal.



Après avoir visualisé la vidéo de TopGear, calculer la consommation (en litre pour 100 km) de la Lamborghini conduite par Jeremy Clarkson.

## Caractérisation des fonctions de service en phase d'utilisation



Fonctions de service	Critères	Niveaux
<b>FS1</b> : permettre au combustible d'entraîner le véhicule	Réduction de la consommation par rapport aux véhicules traditionnels comparables	40 %
	Consommation en cycle mixte	4,3 l pour 100 km
	Vitesse maximale	170 km/h
	Temps d'accélération de 0 à 100 km/h	10,9 s
	Temps d'accélération de 50 à 80 km/h	4,4 s
	Puissance maximale du système hybride	110 kW à 85 km/h
<b>FS2</b> : respecter l'environnement	Réduction des émissions nocives de $CO_2$	40 % en dessous des normes européennes
<b>FS3</b> : être commandé par le conducteur	Positions du sélecteur Enfoncements des pédales	PM/MA/MAR Accélérateur/frein
<b>FS4</b> : s'adapter à la vitesse du véhicule	Vitesse de passage du mode tout électrique au mode hybride (démarrage du moteur thermique)	50 km/h
<b>FS5</b> : alimenter en énergie les composants auxiliaires	Puissance maximale absorbée par les « consommateurs » d'énergie (climatisation, direction assistée, confort, ...)	4 kW maxi
<b>FS6</b> : récupérer l'énergie cinétique du véhicule en freinage	Pourcentage de l'énergie cinétique récupérable	70 %

## MOTEUR THERMIQUE

Le moteur thermique est un moteur à 4 cylindres de 1497 cm<sup>3</sup> (1.5 l). Sa puissance maximale est de 77 ch (57 kW) à 5000 tr/min et le couple maximum est de 115 Nm à 4000 tr/min. Il fonctionne à l'essence sans plomb 95 ou 98.

## MOTEUR ELECTRIQUE

Le moteur électrique de 104 kg est un moteur synchrone (triphasé) à aimant permanent et refroidi par eau. Il délivre un couple constant de 400 Nm de 0 à 1200 tr/min pour une puissance équivalente à 68 ch ou 50 kW. Il est alimenté sous 500 V triphasé alternatif à fréquence variable. On admet un rendement de 90 % et un facteur de puissance ( $\cos\phi$ ) de 0,8 à pleine puissance.

## BATTERIE

La batterie du système hybride est une association série de 38 petites batteries à Nickel-Métal Hydrure (NiMH) de 7,2 V de tension chacune. Sa capacité est de 6,8 Ah, sa masse de 39 kg.



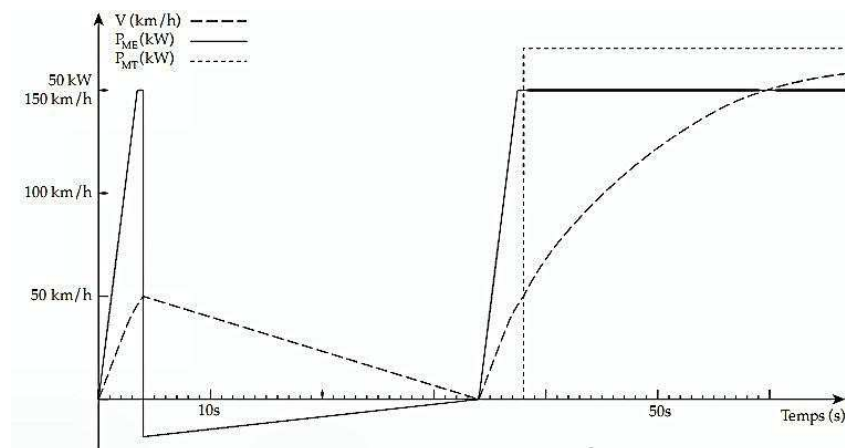
## REPARTITEUR DE PUISSANCE : VARIATEUR/CONVERTISSEUR

Convertisseur de courant continu 273V en continu 500V maxi.

Convertisseur de courant continu en courant alternatif triphasé.

Ces systèmes sont réversibles, leur rendement est supposé proche de 100%

## CARACTERISTIQUES DYNAMIQUES RELEVÉES EXPERIMENTALEMENT



la vitesse du véhicule  $V$  en km/h ,  
la puissance électrique consommée ou générée par le moteur électrique  $P_{ME}$  en kW ,  
la puissance mécanique fournie par le moteur thermique  $P_{MT}$  en kW .

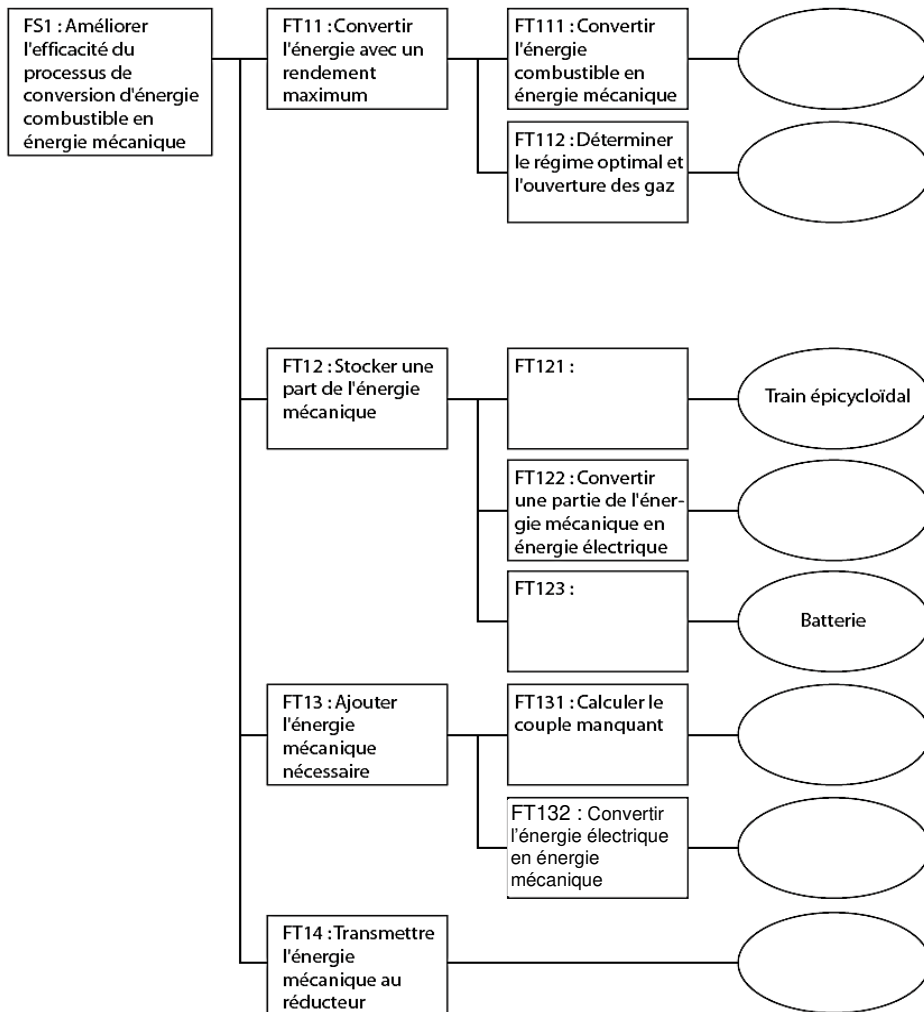
### Travail demandé :

Nous allons vérifier dans cette étude les performances énergétiques du concept HSD et évaluer l'intérêt de la récupération d'énergie pour les véhicules.

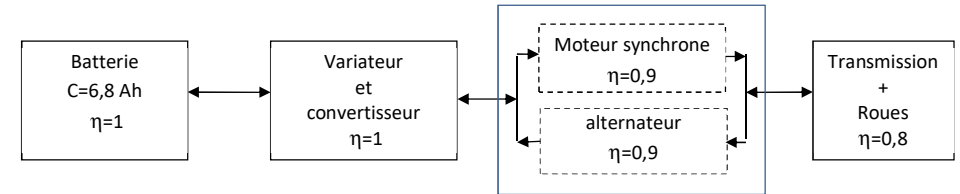
#### 1. Sur les courbes de page précédente :

- Décrivez le fonctionnement ou comportement mécanique qui a engendré ces relevés.
- Repérez les différentes caractéristiques figurant dans le tableau de l'analyse fonctionnelle.
- Relevez la puissance maximale fournie par le moteur thermique puis par le moteur électrique.

#### 2. Complétez le FAST suivant :

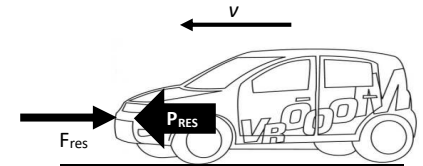


#### 3. Complétez le schéma ci-dessous en y caractérisant les énergies.



- Déterminez la tension de la batterie puis calculez la valeur de l'énergie disponible en pleine charge.
- Calculez la valeur de la puissance électrique délivrée au moteur quand il produit 50 kW. En déduire la valeur maximale de l'intensité du courant délivré par la batterie.
- Déterminez, à partir des éléments précédents, l'autonomie offerte par la batterie à pleine puissance (on suppose qu'elle n'est pas rechargée en roulant).
- Estimez la puissance moyenne délivrée par le moteur lors d'une accélération de 0 à 50 km/h (première partie de la courbe). Quelle est la quantité d'énergie délivrée par la batterie pour réaliser cette accélération ? Combien de démarrages similaires peut-on envisager à partir d'une charge complète de la batterie.

Les efforts résistants absorbent une puissance  $P_{res}$  délivrée par les moteurs. Les efforts de pénétration dans l'air et de résistance au roulement sont proportionnels à la vitesse, pour ce type de véhicule ont admet la force résultante suivante :



$$F_{res} = 188 + 0.32 v + 0.465 v^2 \quad v \text{ est exprimée en m/s}$$

- Tracez sur un repère l'évolution de  $P_{res}$  en fonction de la vitesse de 0 à 220 km/h (Pour rappel :  $P = F \cdot v$ )
- En mode moteur thermique seul, on admet une consommation moyenne de 5 litres aux 100 km à la vitesse de 90 km/h. Sachant que l'énergie chimique contenue dans un litre d'essence vaut 32 MJ, quel est le rendement du véhicule à cette vitesse ?
- On suppose un rendement du véhicule égal à 30%, calculez la consommation de la Prius lorsqu'elle roule à 150 km/h (ne pas inclure la puissance consommée par les composants auxiliaires).
- Estimez sa vitesse maximale en tenant compte de la puissance consommée par les composants auxiliaires. Vérifiez cette valeur en fonction des caractéristiques données page 1. Conclure.

### Récupération de l'énergie

Le véhicule de masse  $M=1360$  kg stocke de l'énergie sous forme d'énergie cinétique  $E_c$  et d'énergie potentielle  $E_p$  de pesanteur. La technologie HSD permet de récupérer, au freinage, une part de ces énergies.

- Quelle est l'énergie cinétique du véhicule à 50 km/h ? À quel volume de carburant cela correspond-il ?
- Quelle quantité d'énergie électrique allons-nous récupérer à chaque arrêt après avoir atteint une vitesse de 50 km/h (on négligera les pertes par frottements fluides) ? À quel volume de carburant cela correspond-il ?
- Calculer l'énergie récupérée lorsque le véhicule utilise son frein moteur pour descendre une colline présentant un dénivelé de 800 m. Cette énergie sera-t-elle suffisante pour recharger totalement la batterie ?