

Renault Captur E-Tech hybride

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 Renault Captur consiste à :

- récupérer l'énergie du véhicule lors du freinage,
- exploiter le moteur thermique à son rendement optimal.

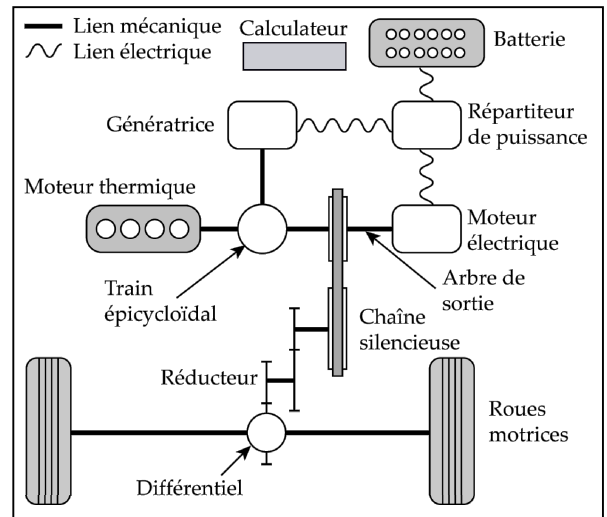


La technologie hybride associe un moteur thermique à essence et sa transmission, à deux machines électriques et une batterie de puissance.

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

À 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.

La consommation d'un véhicule hybride est directement liée aux qualités de l'asservissement de vitesse de sa génératrice décrit à l'aide du schéma bloc ci-dessous :

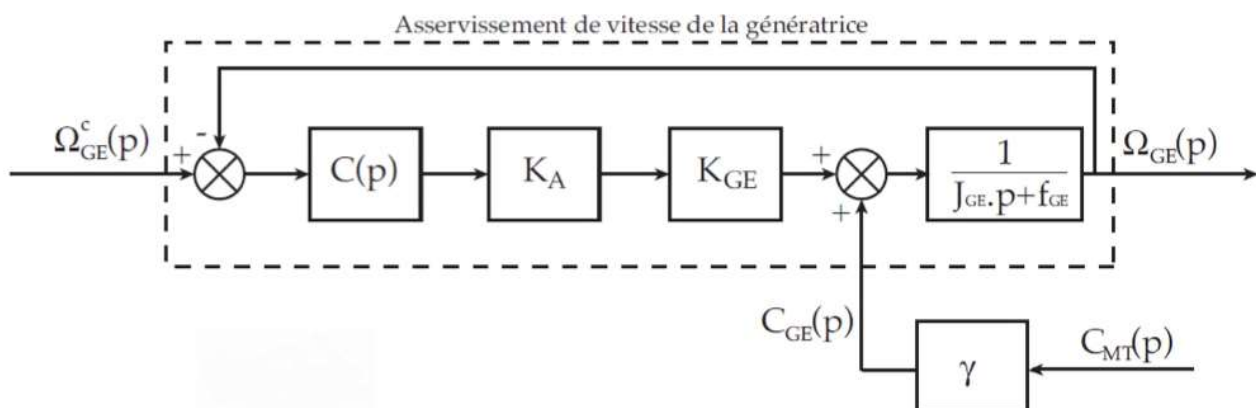


Schéma bloc de l'asservissement de vitesse de la génératrice

Avec : $K_{GE} = 2 \text{ Nm.A}^{-1}$ $K_A = 0,5 \text{ A.V}^{-1}$ $J_{GE} = 0,2 \text{ kg.m}^2$ $f_{GE} = 0,05 \text{ Nm.s}$ $\gamma = 0,28$

Les performances attendues de cet asservissement sont précisées dans l'extrait du cahier des charges ci-dessous :

Performance	Critère et niveaux associés
Précision	Écarts en régime permanent : - nul vis-à-vis d'une consigne en échelon - nul vis-à-vis d'une perturbation constante
Rapidité	Pulsation de coupure à 0 dB de la FTBO $\omega_{c0dB} = 1,5 \text{ rad.s}^{-1}$
Stabilité	Marge de phase $M\phi > 45^\circ$

Objectif : Justifier le choix et dimensionner un correcteur approprié pour la commande de l'asservissement de vitesse de la génératrice.

On considère dans un premier temps un asservissement sans correction : $C(p) = 1$

Q1. Déterminer l'expression de $\Omega_{GE}(p)$ en fonction de $\Omega_{GE}^c(p)$ et de $C_{MT}(p)$.

Q2. Déterminer l'erreur en régime permanent vis-à-vis d'un échelon de consigne $\omega_{GE}^c(t) = \omega_0 \cdot u(t)$ où $u(t)$ est l'échelon unitaire.

Q3. Déterminer l'erreur en régime permanent vis-à-vis d'un échelon de perturbation $C_{MT}(t) = C_0 \cdot u(t)$ où $u(t)$ est l'échelon unitaire.

Q4. Conclure sur l'aptitude du système sans correction à satisfaire les exigences de précision du cahier des charges.

Un premier correcteur, de type intégral, est envisagé tel que : $C(p) = C_1(p) = \frac{K_i}{p}$ avec $K_i = 1$

Q5. À l'aide du diagramme de Bode fourni page suivante, indiquer si le système est stable. Si oui, déterminer la marge de phase et la marge de gain.

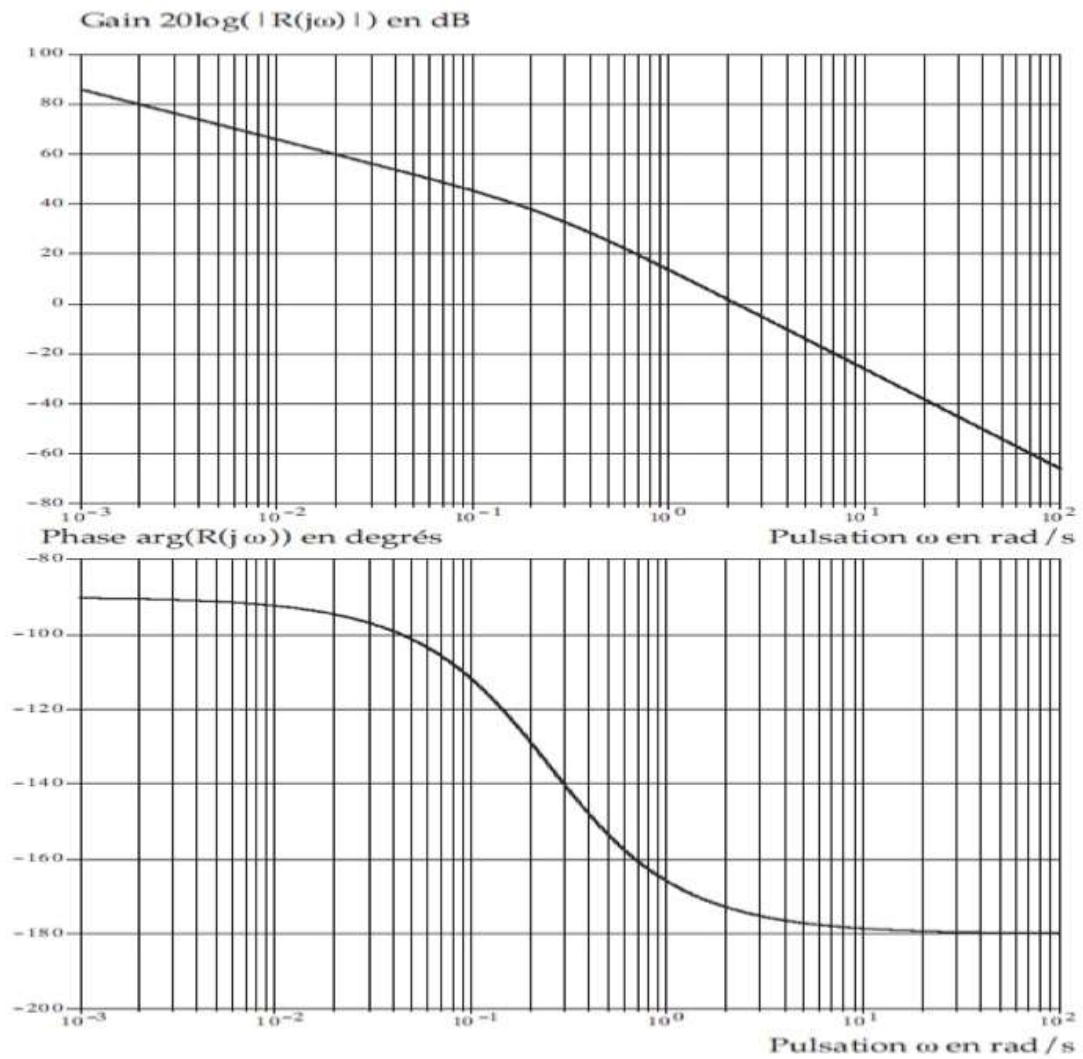
Q6. Déterminer graphiquement la pulsation de coupure à 0 dB de la FTBO.

Q7. Justifier que ce correcteur intégral avec $K_i = 1$ ne permet pas de satisfaire l'ensemble des exigences du cahier des charges.

Q8. Déterminer la valeur de K_i permettant de satisfaire l'exigence de stabilité du cahier des charges.

Q9. La valeur de K_i déterminée à la question précédente a-t-elle une influence sur le respect des exigences de précision et de rapidité ? Si oui déterminer la valeur des critères de performances qui sont modifiés.

Q10. Conclure sur l'aptitude d'un correcteur intégral à satisfaire l'ensemble des exigences du cahier des charges.



$$\text{Diagramme de Bode de } FT(p) = \frac{1}{p} \cdot \frac{K_A K_{GE}}{J_{GE} \cdot p + f_{GE}}$$

Le second correcteur envisagé est un correcteur qui associe une correction à avance de phase à l'action intégrale tel que :

$$C(p) = C_1(p) \cdot C_2(p) = \frac{K_I}{p} \cdot \frac{1+Tp}{1+a \cdot Tp} \quad \text{avec } a < 1.$$

Le diagramme de Bode du correcteur $C_2(p)$ seul est donné ci-dessous :

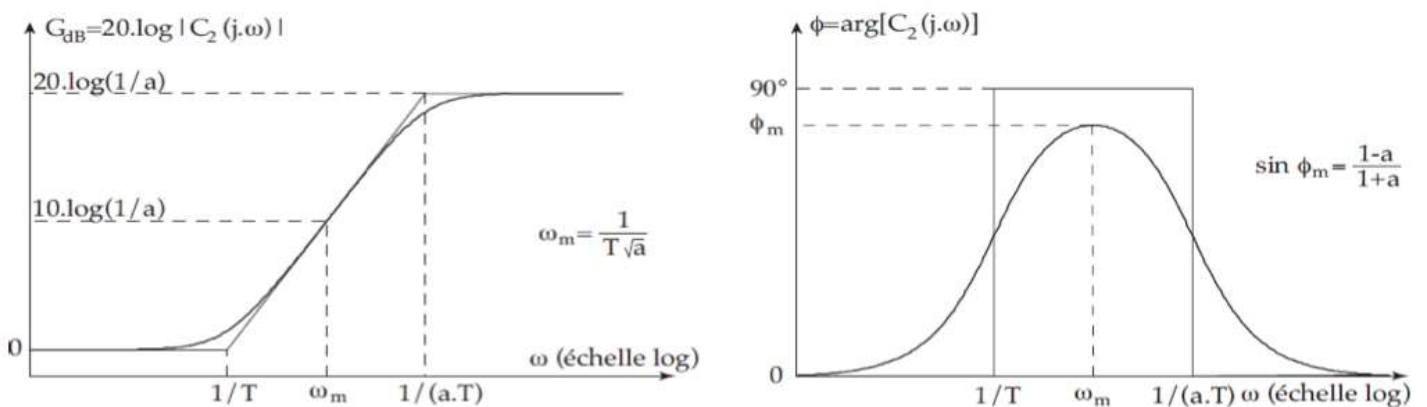


Diagramme de Bode du correcteur $C_2(p)$ seul

Afin d'apporter le maximum de marges de stabilité, il est décidé de placer ω_m à la pulsation ω_{c0dB} exigée dans le cahier des charges.

Q11. Déterminer les valeurs de α et de T afin que la marge de phase soit égale aux 45° exigés dans le cahier des charges.

Q12. Déterminer la valeur de K_i afin que la pulsation ω_{c0dB} soit effectivement la pulsation de coupure à 0 dB du système corrigé.

Q13. Déterminer la marge de gain correspondante.

Q14. Conclure sur l'aptitude de ce correcteur à satisfaire l'ensemble des exigences du cahier des charges.