Concours d'admission de l'École polytechnique et des ENS (X-ENS), France

Session 2010, filière PSI

Sciences de l'ingénieur

Durée : 5 heures

Ce que traite le sujet

- Partie I
- Partie II
- Partie III

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/x-ens/psi/2010/si

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

CX0614 **Banque commune Ecole Polytechnique – ENS de Cachan**
PSI

Session 2010

Épreuve de Sciences Industrielles pour l'Ingénieur

Durée : **5 heures**

Aucun document n'est autorisé

L'usage de calculatrice électronique de poche à alimentation autonome, non imprimante et sans document d'accompagnement, est autorisé selon la circulaire n°99018 du 1er février 1999. De plus, une seule calculatrice est admise sur la table et aucun échange n'est autorisé entre les candidats.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

Transmission de puissance "4Motion"



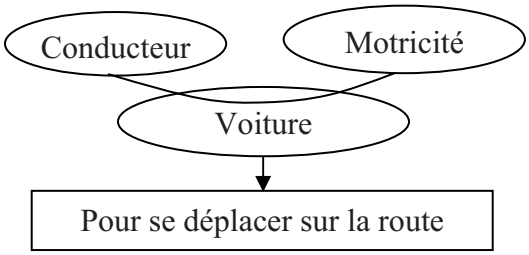
Le sujet est composé :
- de ce livret décrivant le système étudié ainsi que le travail demandé ;
- d'un document réponse à joindre à la copie.

Il est recommandé au candidat :
- de lire l'intégralité du sujet avant de commencer à composer ;
- de rappeler, sur sa copie, le numéro de la question avant d'en développer la réponse ;
- de respecter l'ensemble des notations alphabétiques et numériques du sujet ;
- de préciser ses propres notations lorsque cela s'avère nécessaire ;
- de justifier ses hypothèses et de rédiger clairement ses réponses.

Les trois parties de ce sujet sont relativement indépendantes. Néanmoins il est recommandé de les traiter dans l'ordre proposé pour tenir compte des différentes remarques et des notations.

Les premières automobiles étaient « propulsées » (roues arrière motrices). L'efficacité de cette transmission est avérée mais le contrôle du véhicule devient délicat dès que le moteur délivre une puissance supérieure à ce que les roues peuvent transmettre à la route. L'implantation du joint de Cardan a fait évoluer rapidement le marché vers des automobiles « tractées » (roues avant motrices). Aujourd'hui, pour des utilisations particulières, les constructeurs ont développé une gamme de véhicules utilitaires (4x4) puis de loisirs (SUV) à transmission intégrale. Ces véhicules ont une excellente motricité mais sont généralement pénalisés par les critères de confort et de consommation.
Le groupe VAG (Groupe Volkswagen Audi) commercialise une transmission intégrale nommée « 4Motion » développée en partenariat avec l'équipementier suédois Haldex dont la particularité est de fonctionner avec les deux roues avant motrices pour le confort, la sécurité et la consommation ou avec quatre roues motrices pour atteindre la performance d'accélération attendue.

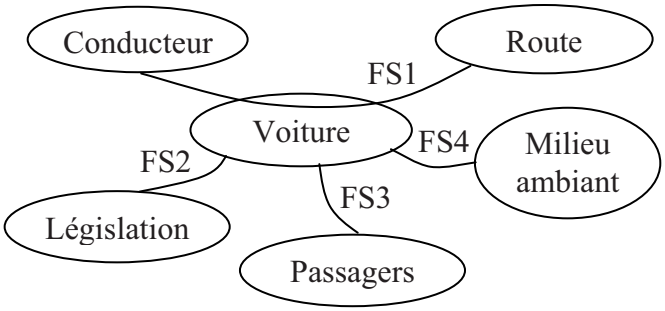
L'objet de ce sujet est de valider la capacité de la solution « 4Motion » à satisfaire la prestation attendue telle qu'elle est caractérisée sur la figure 1 :



Critère	*Valeur*
Accélération maxi	**≥ 1,6 m.s^{-2}**
Surconsommation	< 15%
Fonction Accélération	Continue C0

Figure 1 : caractérisation de la prestation attendue

Dans ce sujet, la réalisation de cette prestation doit être réalisée dans la phase de vie extrême : « Démarrage sur une route pentue et enneigée »
Le cahier des charges fonctionnel donne une modélisation de l'environnement dans cette phase de vie. Il est limité aux grandeurs nécessaires à cette étude et donné sur la figure 2 :



Caractérisation partielle de la Fonction de Service FS1 du système 4Motion			
N	*Qualification*	*Critère*	*Valeur*
1	Permettre au conducteur de se déplacer sur la route	Accélération maxi	≥ 1,6 m.s^{-2}
		Surconsommation	< 15%
		Fonction Accélération	Continue C0

Caractérisation partielle des Eléments du Milieu Extérieur		
Nom	*Critère*	*Valeur*
voiture (équipée du « 4Motion »)	Masse	M = 1580 kg
	Puissance maxi	105kW
	Diamètre des roues	620mm
Route	Pente	10°
	Facteur de frottement avec les roues	f = 0,35

Figure 2 : extrait du Cahier des Charges fonctionnel de la voiture

Partie I

L'objet de cette partie est d'analyser les différentes solutions de transmissions puis valider les critères d'accélération et de surconsommation de la solution « 4Motion ».

Pour cette validation, le modèle plan retenu de la phase de vie est précisé sur la figure 3 :

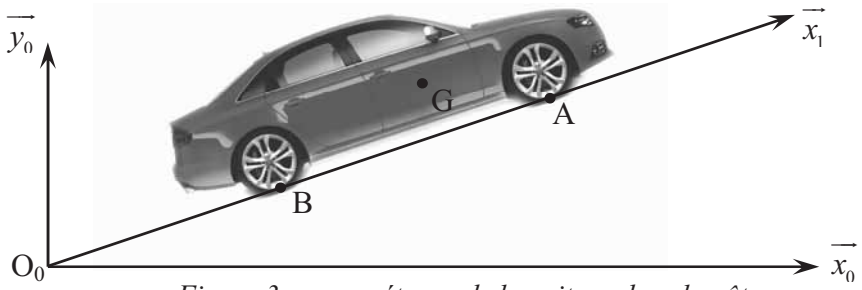


Figure 3 : paramétrage de la voiture dans la côte

- G : centre de gravité de la voiture, $\overrightarrow{O_0G} = \lambda(t).\vec{x_1} + c.\vec{y_1}$
- A : point de contact entre la roue avant et la route, $\overrightarrow{AG}.\vec{x_1} = -a$
- B : point de contact entre la roue arrière et la route, $\overrightarrow{BG}.\vec{x_1} = b$
- Le rayon des roues est noté R
- $(O_0, \vec{x_0}, \vec{y_0}, \vec{z_0})$: repère supposé galiléen
- $\alpha = (\vec{x_0}, \vec{x_1})$: angle d'inclinaison de la route supposé constant
- On notera N_A et T_A (respectivement N_B et T_B) les projections de l'action $\overrightarrow{A_{route \to roues\ avant}}$ (respectivement $\overrightarrow{B_{route \to roues\ arrière}}$) de la route sur les deux roues avant en A (respectivement sur les deux roues arrière en B).
  Ainsi $\overrightarrow{A_{route \to roues\ avant}} = T_A.\vec{x_1} + N_A.\vec{y_1}$ et $\overrightarrow{B_{route \to roues\ arrière}} = T_B.\vec{x_1} + N_B.\vec{y_1}$
- C_{mot}^{A} : couple moteur transmis aux roues avant
- C_{mot}^{B} : couple moteur transmis aux roues arrière
- $C_{moteur}^{1'}$: couple moteur transmis à la pièce 1 (voir annexe) pour la voiture sans Haldex
- $C_{moteur}^{1''}$: couple moteur transmis à la pièce 1 (voir annexe) pour la voiture avec Haldex
- J_{roues} : moment d'inertie des roues avant par rapport à l'axe de rotation ou des roues arrière par rapport à l'axe de rotation (masse négligée)
- J_{essieu} : moment d'inertie de l'essieu avant (différentiel compris) par rapport à l'axe de rotation ou de l'essieu arrière (différentiel compris) par rapport à l'axe de rotation (masse négligée)
- J_{trans} : moment d'inertie de l'arbre de transmission par rapport à l'axe de rotation (masse négligée)
- m : masse supplémentaire de l'option « 4Motion »
- g : accélération de la pesanteur
- Tous les rendements sont supposés égaux à 1.
- Toutes les liaisons sont supposées parfaites, sauf celles entre les roues et la route.

Valeurs numériques :

$J_{roues} = 1,4 kg.m^2$

$J_{essieu} = 1,6.10^{-3} kg.m^2$

$J_{trans} = 2,4.10^{-3} kg.m^2$

$m = 150 kg$

$g = 9,81 m.s^{-2}$

$a = 800 mm,\ b = 1630 mm\ et\ c = 940 mm$

$R = 310 mm$

$\alpha = 10°$

TOURNEZ LA PAGE S.V.P.

Etude d'une voiture non équipée de l'option « 4Motion » :

Q1 *Dans la phase de vie considérée, pour quel sens de déplacement, marche avant ou marche arrière, l'accélération sera-t-elle maximale avec une voiture à roues avant motrices ? Justifier qualitativement.*

Q2 *Pour une voiture à roues avant motrices et roulant en marche arrière, exprimer les trois équations scalaires issues du Principe Fondamental de la Dynamique appliqué à l'ensemble* $\{voiture + essieux + roues\}$ *en G et les deux équations scalaires issues du théorème du moment dynamique appliqué aux roues avant puis aux roues arrière en projection sur leurs axes de rotation. En déduire l'accélération maximale de la voiture dans la phase de vie considérée, indépendamment de la puissance du moteur. Faire l'application numérique.*

Q3 *Reprendre le calcul précédent pour une voiture à roues avant motrices et roulant en marche avant, faire l'application numérique. Conclure.*

Q4 *Exprimer le couple* $C^{1'}_{moteur}$ *en fonction de* $M, m, \ddot{\lambda}, g, \alpha, R, J_{roues}$ *et* J_{essieu} *, puis le travail dépensé par le moteur pendant dix secondes de cette phase d'accélération maximale. Faire l'application numérique.*

Q5 *Déterminer, pour une voiture à transmission intégrale pour laquelle les couples transmis aux roues avant et arrière sont identiques, quelles sont les premières roues à la limite d'adhérence ? En déduire l'accélération maximale de cette voiture, indépendamment de la puissance du moteur. Conclure.*

Etude de la voiture équipée de l'option «4Motion » :

L'option « 4Motion » est principalement constituée de l'Haldex et du différentiel arrière (voir figures 4, 5 et annexe). L'Haldex permet de gérer la répartition de la puissance motrice entre les roues avant et arrière : si les vitesses de rotation moyennes des roues arrière (AR) et des roues avant (AV) sont égales, la puissance est transmise aux seules roues avant (flux de puissance en pointillés bleus) sinon une partie de la puissance est transférée aux roues arrière (flux de puissance en pointillés rouges).

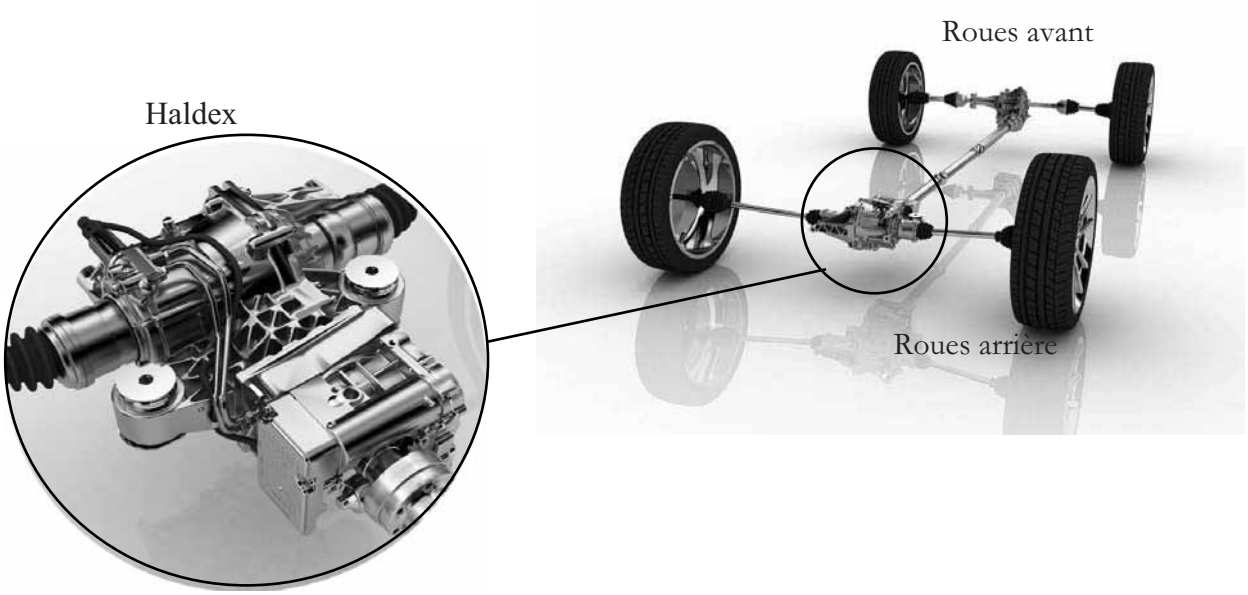


Figure 4 : implantation de la transmission «4Motion »

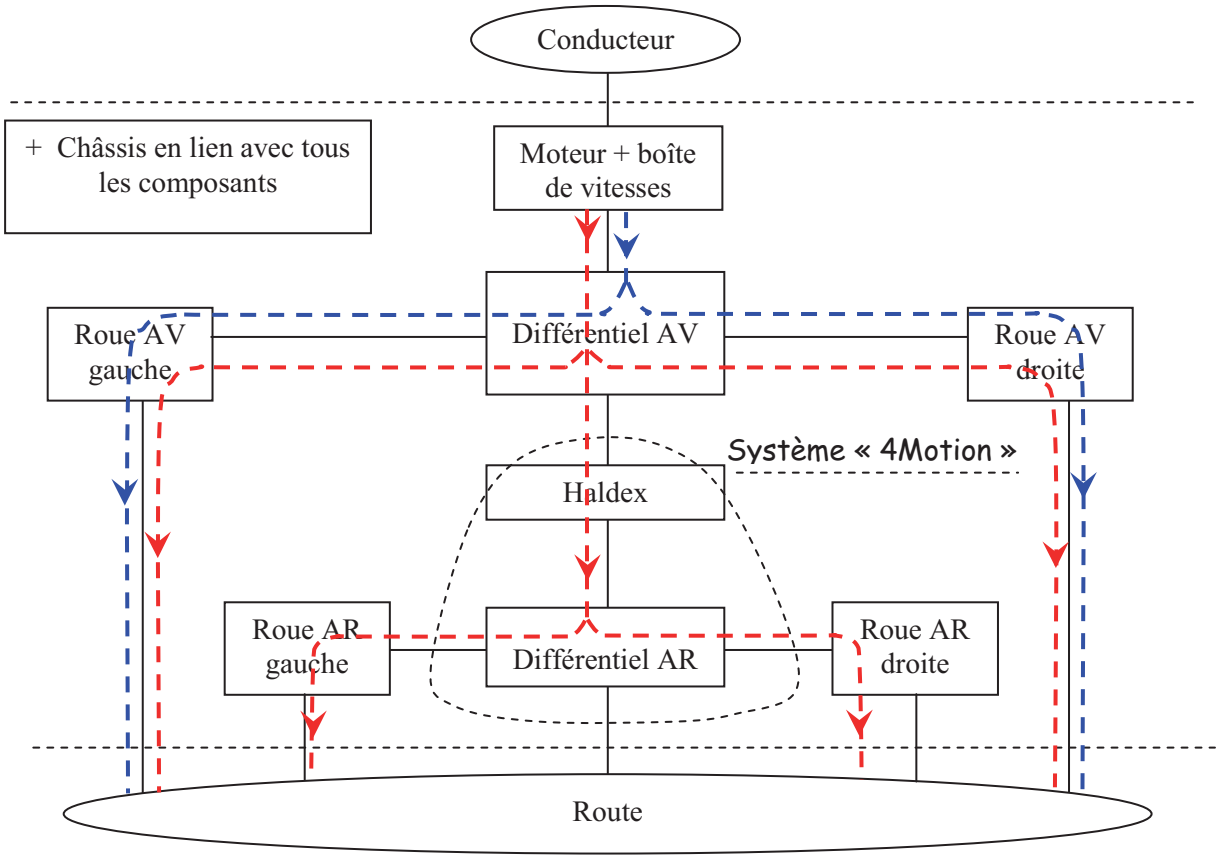


Figure 5 : organisation structurelle de la voiture «4Motion »

Sur la figure 5, pour des raisons de lisibilité du graphe, les fonctions techniques entre les composants et le châssis de la voiture n'ont pas été représentées.

Une caractérisation partielle de la fonction technique réalisée par l'Haldex est donnée ci-dessous :

Qualification	*Critère*	*Valeur*
Transmettre une puissance variable à l'essieu arrière	Différence de vitesse entre les essieux	aucune
	Temps de réponse à 5%	< 2s
	Répartition de puissance	Maximum à l'avant

Q6 *Représenter le diagramme SADT niveau A-0 de l'Haldex.*

Q7 *Préciser le phénomène physique au niveau des roues avant qui déclenche le changement de fonctionnement de l'Haldex.*

Q8 *Dans la phase de vie étudiée, déterminer la répartition de couple entre les roues avant et arrière et exprimer le résultat en pourcentage. Donner les paramètres qui influent sur cette répartition.*

Q9 *Déterminer l'accélération maximum de la voiture à transmission intégrale « 4Motion » dans la phase de vie étudiée, indépendamment de la puissance du moteur. Conclure quant à la satisfaction de la prestation attendue.*

TOURNEZ LA PAGE S.V.P.

Q10 *A l'aide des résultats précédents, exprimer le couple $C^{1"}_{moteur}$ en fonction de $C^{1'}_{moteur}, J_{essieu}, J_{trans}, \ddot{\lambda}, R, m, g$ et α. En supposant que l'Haldex ne consomme pas d'énergie, exprimer le travail dépensé par le moteur pendant dix secondes de cette phase d'accélération maximale. Faire l'application numérique.*

La consommation de carburant est supposée proportionnelle au travail fourni par le moteur.

Q11 *Conclure vis-à-vis du critère de surconsommation de la prestation attendue par le client.*

Q12 *Critiquer le résultat précédent et préciser les hypothèses à remettre en cause, des pistes d'évolution de la transmission « 4Motion » pour diminuer cette surconsommation.*

Dans la phase de vie étudiée le conducteur démarre en 1ère. Le rapport de réduction entre la sortie de la boîte de vitesse et les roues vaut 1.

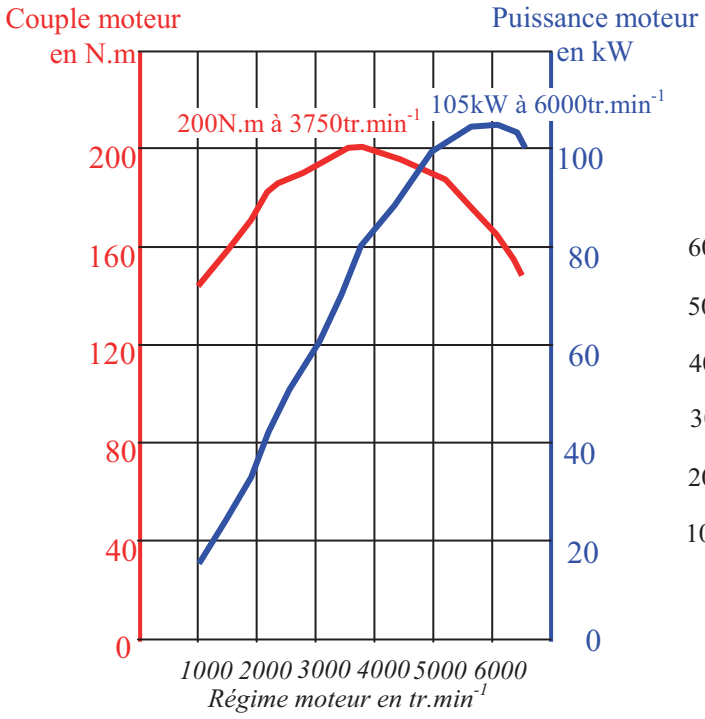


Figure 6 : courbes de couple et de puissance du moteur

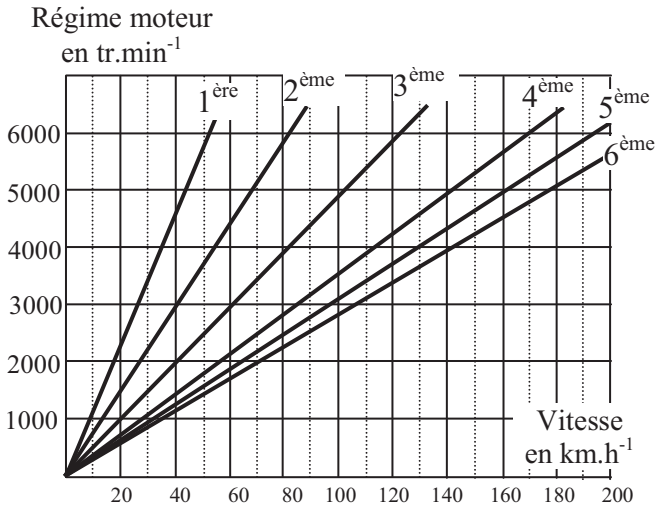


Figure 7 : rapports de transmission de la boîte de vitesse

Q13 *Valider le moteur de la voiture au critère d'accélération de la prestation attendue. Conclure.*

Partie II

L'objet de cette partie est de modéliser le comportement de chacun des composants de la transmission « 4Motion » afin de réaliser un schéma-bloc permettant la simulation des performances du système (objet de la partie III).

L'Haldex est principalement constitué d'un embrayage multi disques à bain d'huile piloté en pression, d'un calculateur et des composants repérés sur la figure 8. Le calculateur prend en compte : la vitesse de rotation de chaque roue, le régime moteur, l'angle au volant, la position des pédales de frein et d'accélérateur, la commande du frein à main et la mesure d'un accéléromètre situé dans le montant gauche du pare-brise. L'Haldex répartit la puissance motrice en modifiant la pression d'accouplement de l'embrayage multi disques dès que les vitesses de rotation des roues avant et arrière sont différentes. Ce système est compatible avec les systèmes ABS (antiblocage de roue) et ESP (contrôle de trajectoire).

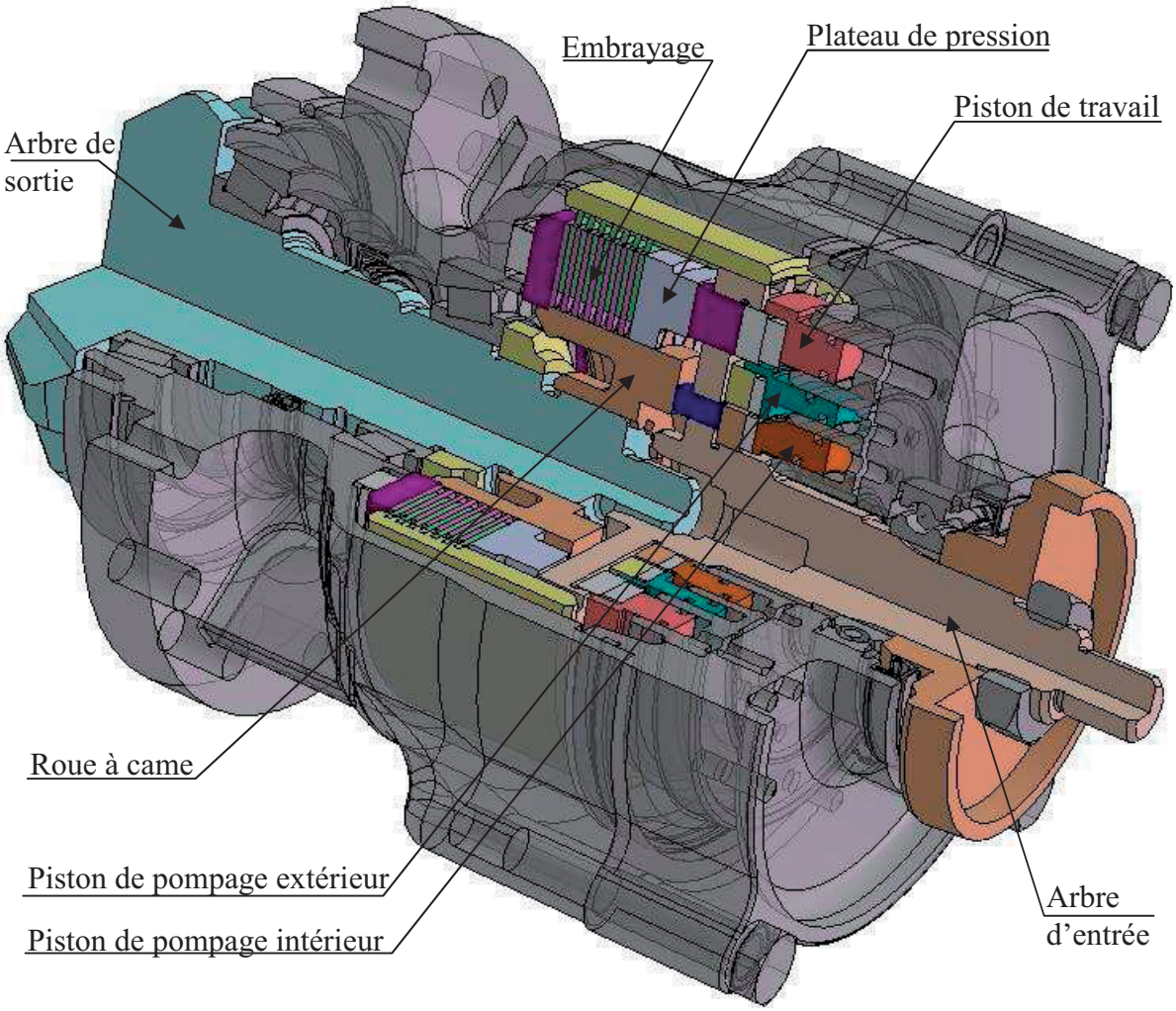


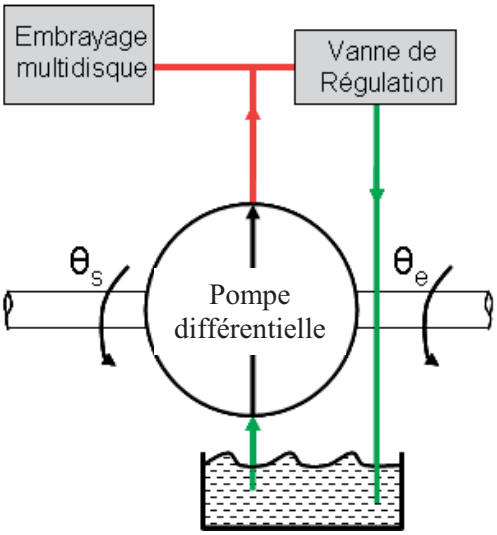
Figure 8 : description de la partie mécanique de l'Haldex

D'un point de vue mécanique, l'Haldex est principalement constitué de (figure 8) :

- un embrayage multi disques entre l'arbre d'entrée (lié au différentiel avant) et l'arbre de sortie (lié au différentiel arrière), cet embrayage est actionné par le plateau de pression,
- un piston de travail qui actionne le plateau de pression par l'intermédiaire de trois rouleaux de pression qui roulent sur une came liée au plateau de pression,
- deux pistons de pompage (intérieur et extérieur) qui sont commandés par une roue à came liée à l'arbre de sortie (chaque piston possède également trois rouleaux de pression).

TOURNEZ LA PAGE S.V.P.

La pompe différentielle fonctionne dès lors qu'une différence de vitesse angulaire entre les deux différentiels apparaît : la roue à came actionne les deux pistons de pompage. Le débit d'huile ainsi créé engendre une pression qui est régulée par la vanne de régulation. Cette huile sous pression actionne le piston de travail qui génère un effort axial entre les disques de l'embrayage par l'intermédiaire du plateau de pression.



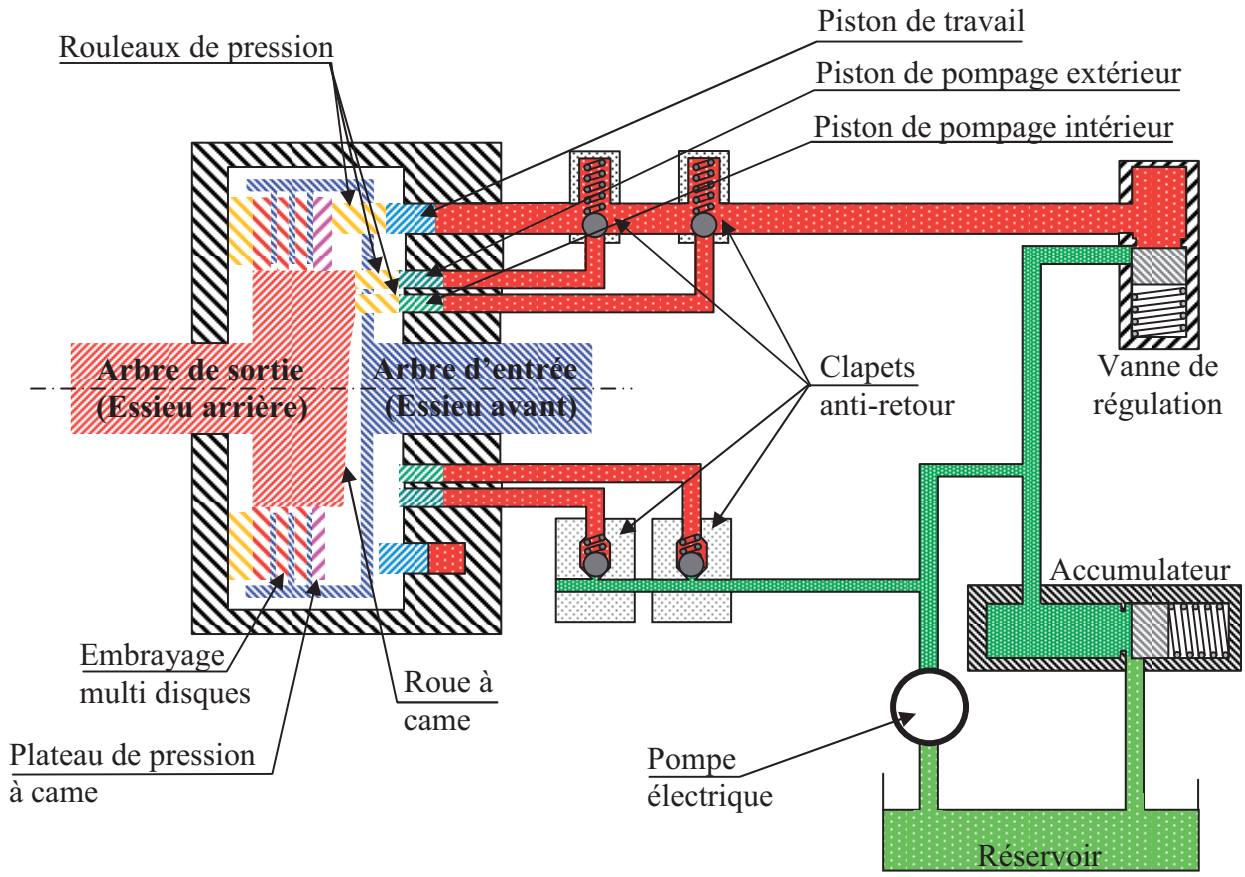


Figure 9 : description de la partie hydraulique de l'Haldex

Pression de commande
Pression primaire

Remarque : sur la figure 9, les rouleaux de pression sont représentés dans le même plan pour des raisons de compréhension.

La pompe électrique et l'accumulateur permettent d'établir une pression dite primaire dès la mise en route du moteur. Ainsi, il y a toujours un pourcentage négligeable de la puissance motrice transmis au différentiel arrière.
La vanne de régulation permet de contrôler la puissance transmise au différentiel arrière en agissant sur la pression de commande du piston de travail.

Les quatre clapets anti-retour permettent de gérer le fonctionnement de la pompe différentielle de l'Haldex.

Q14 *A l'aide de la figure 9, compléter le diagramme FAST de l'Haldex donné sur le document réponse DR1.*

Modélisation du comportement de la vanne de régulation :

La vanne de régulation a pour fonction de générer une pression dans l'Haldex (en rouge sur la figure 9) à partir du débit Q_v. La modélisation retenue est donnée sur la figure 10 :

Notations :

- Q_v : débit entrant dans la vanne
- P_v : pression imposée par le piston
- Q_{fv} : débit de fuite
- X_v : position du piston
- k_v : raideur du ressort
- S_v : section utile du piston (la surface de la butée est négligeable)
- K_{fv} : coefficient du débit de fuite de la vanne de régulation

Hypothèses :

- Le débit de fuite Q_{fv} vérifie la relation suivante : $Q_{fv} = K_{fv}. X_v$
- La masse du piston est négligée
- Les caractéristiques du ressort permettent de vérifier X_v =0 pour P_v = Pression primaire
- Les frottements sont négligés

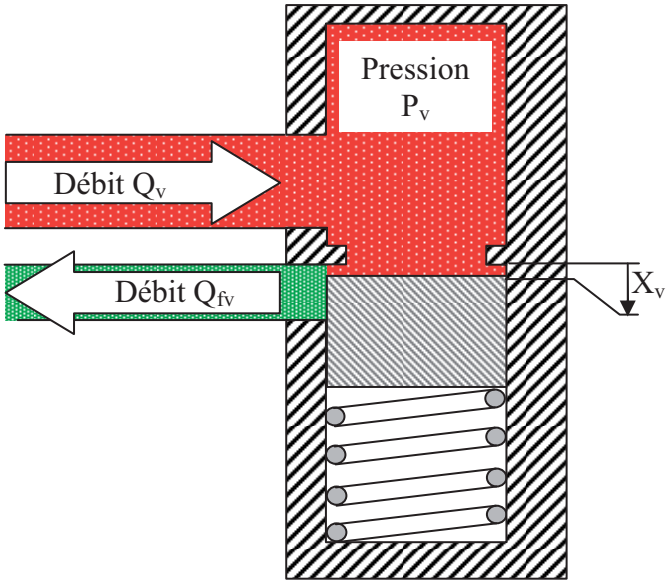
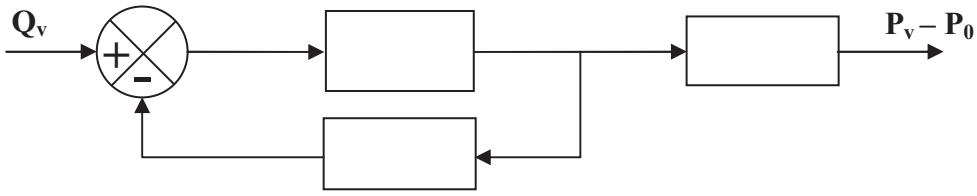


Figure 10 : vanne de régulation

Q15 *Sur la copie, compléter le schéma-bloc donné ci-dessous, en déduire la fonction de transfert de la vanne de régulation* $\frac{P_v(p)-P_0}{Q_v(p)}$.



Modélisation du comportement de la pompe différentielle :

La pompe différentielle est constituée de deux pistons axiaux : le piston de pompage intérieur P_1 et le piston de pompage extérieur P_2 (figure 8). Ces deux pistons sont concentriques et de section identique (notée S_{12}). Le déplacement de ces deux pistons est engendré par la roue à came (figure 11).

TOURNEZ LA PAGE S.V.P.

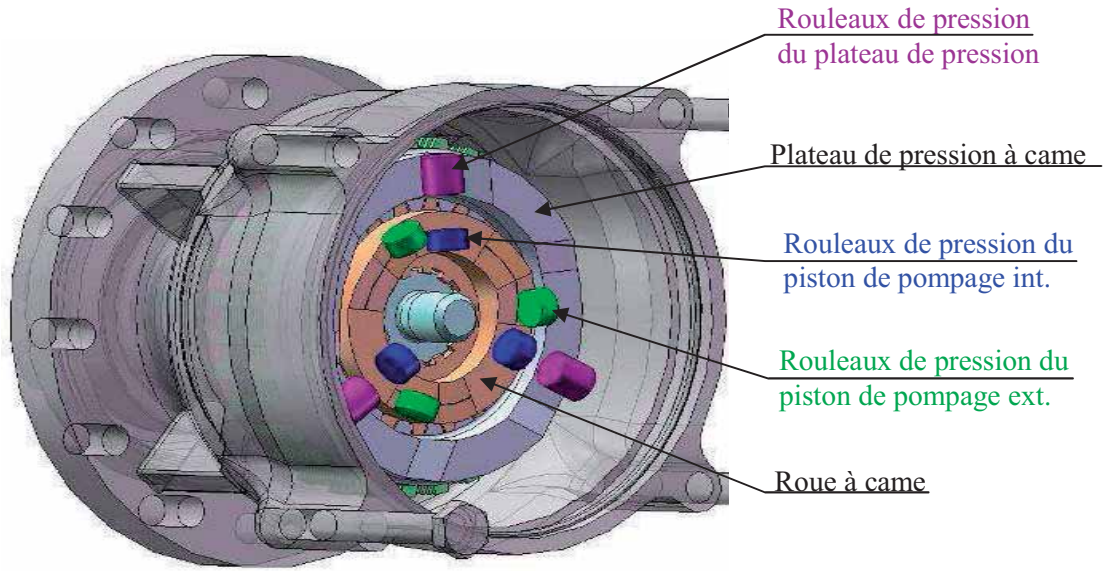


Figure 11 : roue à came et plateau de travail

La roue à came et l'arbre de sortie font partie de la même classe d'équivalence cinématique. Les pistons de pompage sont guidés par le carter. Chaque piston de pompage est en contact avec la roue à came par l'intermédiaire de trois rouleaux de pression et d'une butée à rouleaux. Les trois rouleaux de pression de chaque piston de pompage sont décalés de 30° (figures 11 et 13).

Q16 *Donner la condition pour que la pompe différentielle délivre un débit.*

La came de la roue à came (même classe d'équivalence cinématique que l'arbre de sortie) crée les déplacements axiaux des pistons P1et P2 par l'intermédiaire des 2x3 rouleaux de pression et des 2 butées à rouleaux des pistons P1 et P2. Le débit généré par ces deux pistons de pompage crée une (augmentation de) pression dans le fluide qui exerce une action mécanique sur le piston P3 (figure 9), qui lui-même exerce une action mécanique sur le plateau de pression par l'intermédiaire de la butée à rouleaux du piston P3 et des trois rouleaux de pression. Le piston de travail est en liaison glissière avec l'arbre d'entrée alors que le plateau de pression est en liaison glissière avec l'arbre de sortie (figures 12 et 13).

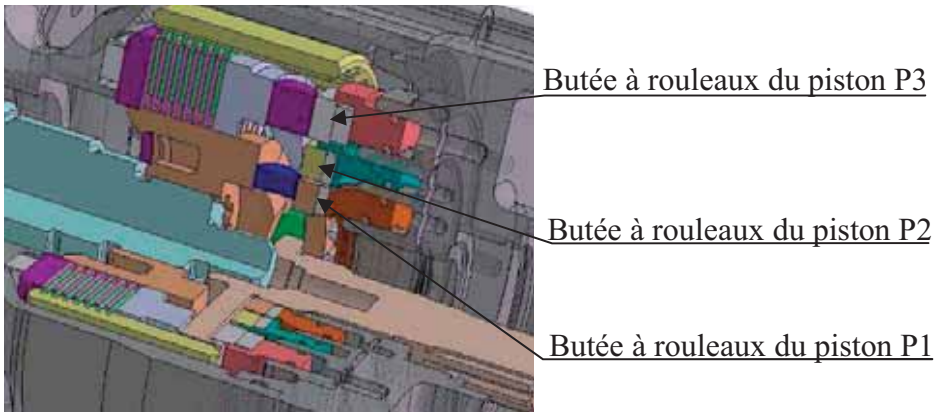


Figure 12 : roue à came et plateau de travail

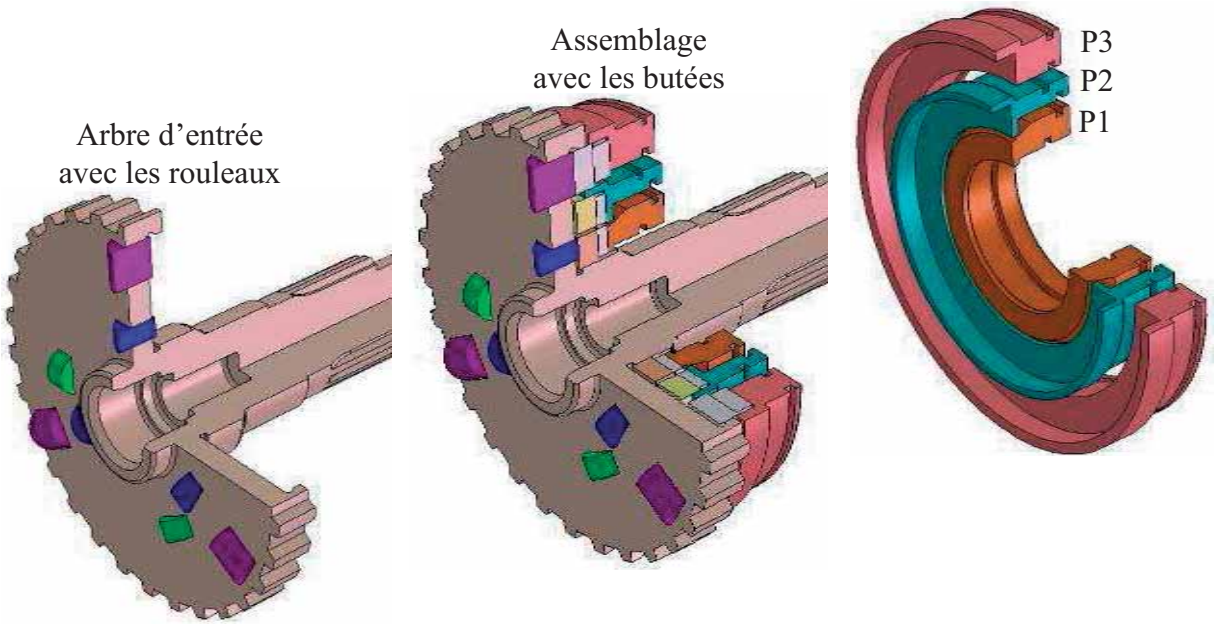


Figure 13 : assemblage de l'arbre d'entrée avec les 3 pistons

Q17 *Pour chaque piston, les rouleaux de pression sont au nombre de trois et disposés à 120°. Jjustifier ce choix technologique (nombre et disposition).*

Pour la question suivante, on ne considèrera que six classes d'équivalence (DR2), les modélisations des liaisons proposées s'appuieront sur les mobilités nécessaires au bon fonctionnement de la solution étudiée.

Q18 *Compléter le graphe de structure de cette pompe donné sur le document réponse DR2.*

Le profil de la roue à came impose les déplacements λ_1 et λ_2 aux 2 pistons de pompage. La figure 14 représente l'évolution de ces déplacements en fonction de la différence angulaire entre l'arbre de sortie et l'arbre d'entrée ($\theta_s - \theta_e$).

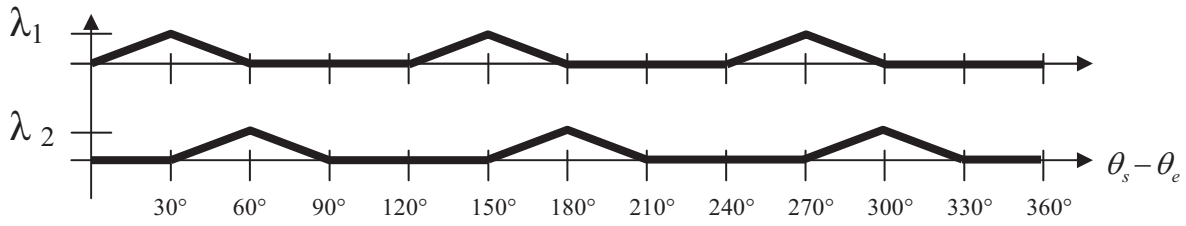
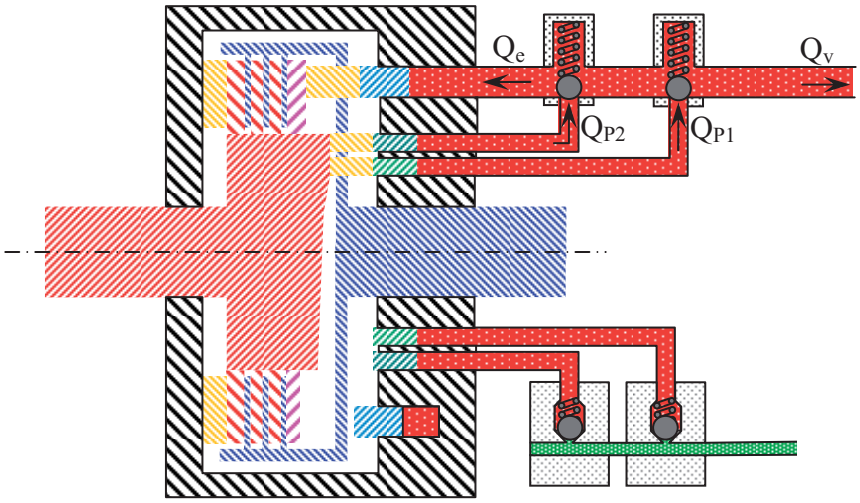


Figure 14 : allure du déplacement des pistons de pompage P_1 et P_2.

TOURNEZ LA PAGE S.V.P.



Notations :

- Q_{P1} : Débit reçu du piston de pompage P_1
- Q_{P2} : Débit reçu du piston de pompage P_2
- Q_v : Débit reçu par la vanne de régulation
- Q_e : Débit reçu par le piston de travail

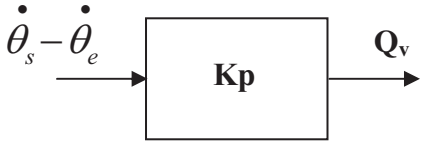
La différence de vitesse $\dot{\theta}_s - \dot{\theta}_e$ est supposée constante.

Q19 *Représenter l'allure des débits Q_{P1} et Q_{P2} sur le document réponse DR2.*

La fonction technique satisfaite par la came du plateau de pression est de garantir un débit Q_v constant lorsque la différence de vitesse $\dot{\theta}_s - \dot{\theta}_e$ est constante.

Q20 *Sur le document réponse DR2, représenter l'allure que doit avoir le débit Q_e pour satisfaire la fonction technique précédente.*

Q21 *Montrer que la fonction de transfert de la pompe différentielle peut se modéliser par un gain pur Kp :*



<u>Modélisation du comportement de la pompe électrique :</u>

Cette pompe fonctionne dès la mise en route du moteur de la voiture ; elle délivre un débit $Q_{élec}$ constant.

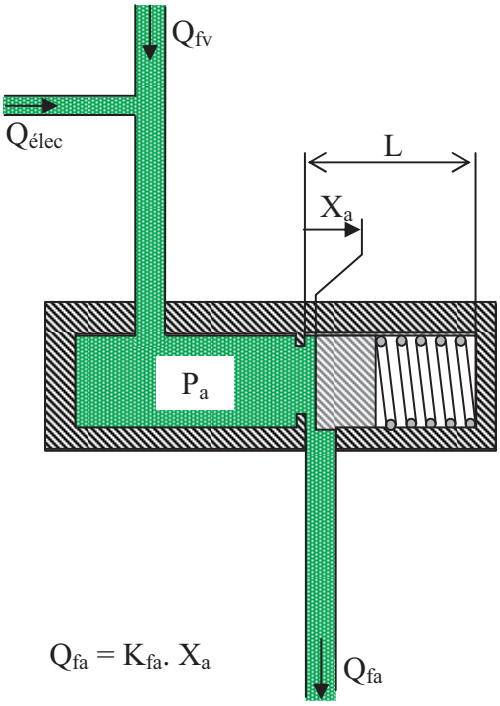
<u>Modélisation du comportement de l'accumulateur :</u>

La fonction technique satisfaite par l'accumulateur est de garantir une pression primaire constante (en vert foncé sur la figure 9) lorsque la différence de vitesse de rotation entre les deux différentiels est nulle.

Q22 *Donner la fonction technique satisfaite par la pression primaire.*

Notations :

- $Q_{élec}$: débit sortant de la pompe électrique
- P_a : pression imposée par le piston
- P_0 : pression primaire
- Q_{fv} : débit de fuite de la vanne de régulation
- Q_{fa} : débit de fuite de l'accumulateur
- X_a : position du piston
- S_a : section utile du piston (surface de la butée négligeable)
- k_a : raideur du ressort
- K_{fa} : coefficient du débit de fuite
- l_a : longueur du piston
- l_0 : longueur à vide du ressort
- L : hauteur de la butée du piston



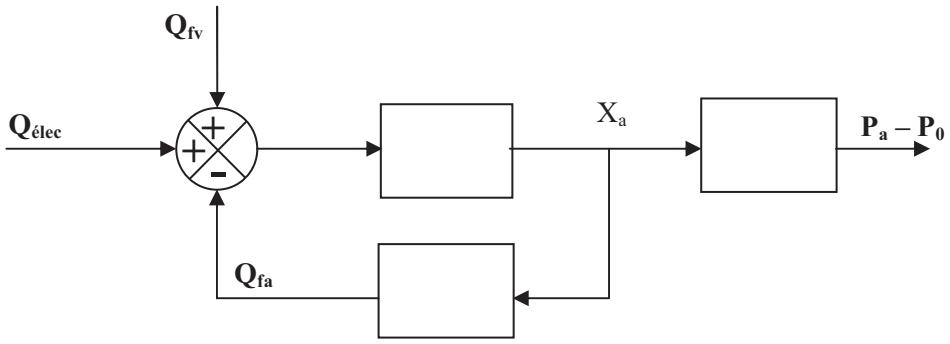
Hypothèses :

- Le débit de fuite Q_{fa} vérifie la relation suivante : $Q_{fa} = K_{fa}.\ X_a$
- La masse du piston est négligée
- Les frottements sont négligés

L'objectif est de vérifier la condition suivante : $X_a = 0$ si $P_a = P_0$

Q23 *Déterminer l'expression de k_a permettant de vérifier la condition ci-dessus.*

Q24 *Sur la copie, compléter le schéma-bloc donné ci-dessous.*



Q25 *Montrer que l'accumulateur se comporte comme un système du 1er ordre vis-à-vis des deux débits Q_{fv} et $Q_{élec}$. Discuter de l'influence de la constante de temps en fonction du comportement attendu de l'accumulateur.*

Modélisation du comportement de l'embrayage multi disques :

La figure 15 montre que cet embrayage est constitué de 7 disques guidés en translation avec l'arbre d'entrée et de 7 disques guidés en translation avec l'arbre de sortie. Il en résulte 13 surfaces de frottement caractérisées par un rayon extérieur R_e et un rayon intérieur r_e. Le piston de travail est caractérisé par une section S_e et il est commandé par la pression p_v. Toutes les liaisons sont supposées parfaites sauf entre les disques de l'embrayage où le facteur de frottement est noté f_e. La pression de contact entre les disques est supposée uniforme.

TOURNEZ LA PAGE S.V.P.

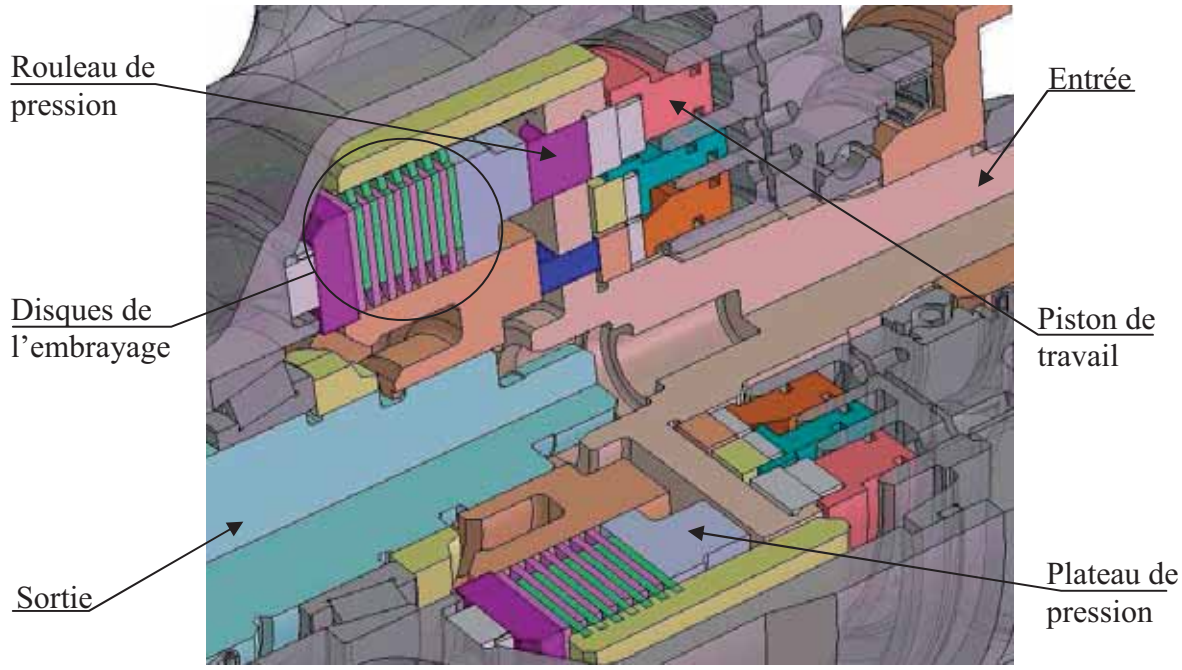


Figure 15 : description de l'embrayage multi disques

La fonction de transfert de cet embrayage est définie par le rapport $\frac{C_e(p)}{p_v(p)}$ où C_e est le couple transmis à l'arbre de sortie. Le modèle de frottement retenu pour la modélisation de cet embrayage est le modèle de Coulomb à la limite du glissement.

Q26 *Discuter de la pertinence du modèle de frottement retenu compte tenu des critères de la fonction technique à valider de l'Haldex.*

Q27 *Montrer que cette fonction de transfert peut s'écrire sous la forme d'un gain pur K_e. Déterminer l'expression de K_e.*

Partie III

L'objet de cette partie est de prévoir les performances globales de la transmission « 4Motion », en vue de la valider au critère de la satisfaction de la prestation attendue.

La description de l'organisation structurelle de la transmission «4Motion » retenue est donnée sur la figure 16. La consigne est la vitesse de rotation du différentiel avant $\dot{\theta}_e$ et la sortie la vitesse de rotation du différentiel arrière $\dot{\theta}_s$. L'objectif est de vérifier en permanence l'égalité : $\dot{\theta}_e(t) = \dot{\theta}_s(t) \quad \forall t$.

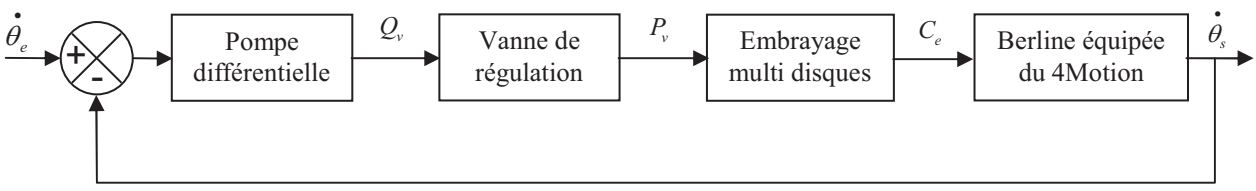


Figure 16 : organisation structurelle de l'Haldex

Les résultats des analyses faites dans les parties I et II permettent d'aboutir au schéma-bloc de la figure 17 avec :

- K_h : constante caractéristique des composants hydrauliques
- T_h : constante de temps de la vanne de régulation
- R : rayon des roues de la voiture
- J_B : inertie équivalente de l'essieu arrière suivant son axe de rotation
- K_s : constante caractéristique de la voiture et du facteur de frottement avec le sol
- F_{ext} : actions extérieures appliquées à la voiture.

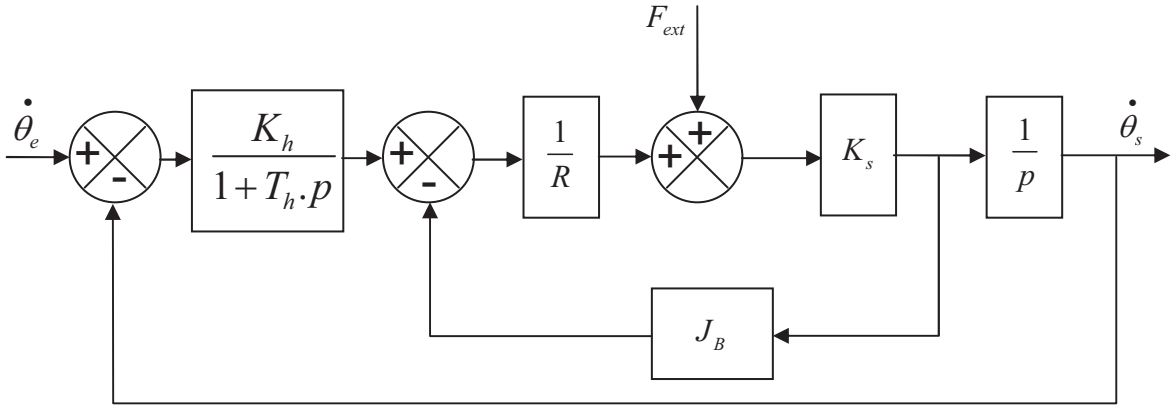


Figure 17 : schéma-bloc de l'Haldex

Q28 *Justifier que ce système ne présente aucun risque d'instabilité.*

Validation du système vis-à-vis de l'entrée $\dot{\theta}_e$:

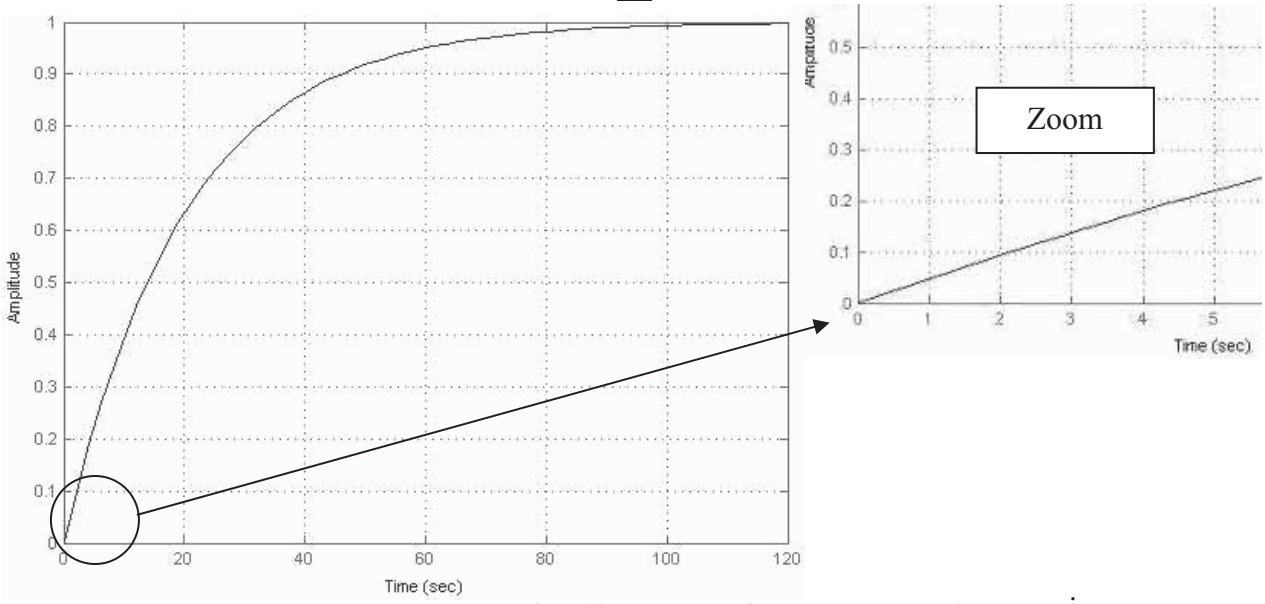


Figure 18 : réponse indicielle unitaire du système pour l'entrée $\dot{\theta}_e$.

Q29 *Valider le critère « continue C0 » de la prestation attendue.*

Q30 *Mesurer la précision en position et le temps de réponse du système, conclure quant à la satisfaction de la fonction technique de l'Haldex.*

Q31 *Montrer que la constante de temps de la vanne de régulation T_h influe sur la rapidité du système.*

TOURNEZ LA PAGE S.V.P.

Validation du système vis-à-vis de l'entrée F_{ext} :

L'entrée F_{ext} dépend de nombreux paramètres dont la pente de la route α et le facteur de frottement des pneus sur la route f, supposé identique sur chaque roue.

Q32 *Justifier l'intérêt d'une étude harmonique du système pour l'entrée F_{ext}.*

Q33 *Tracer l'allure asymptotique de la fonction de transfert* $\frac{\dot{\theta}_s(p)}{F_{ext}(p)}$ *dans le plan de Bode.*

Quelle condition doit vérifier le gain statique de cette fonction de transfert au regard du comportement attendu par le client vis-à-vis de cette entrée.

Afin d'améliorer les performances du système, la vanne de régulation est remplacée par celle donnée figure 19. La position du piston est commandée par un moteur à courant continu par l'intermédiaire d'un système pignon – crémaillère. Ce moteur est commandé par le calculateur de l'Haldex.

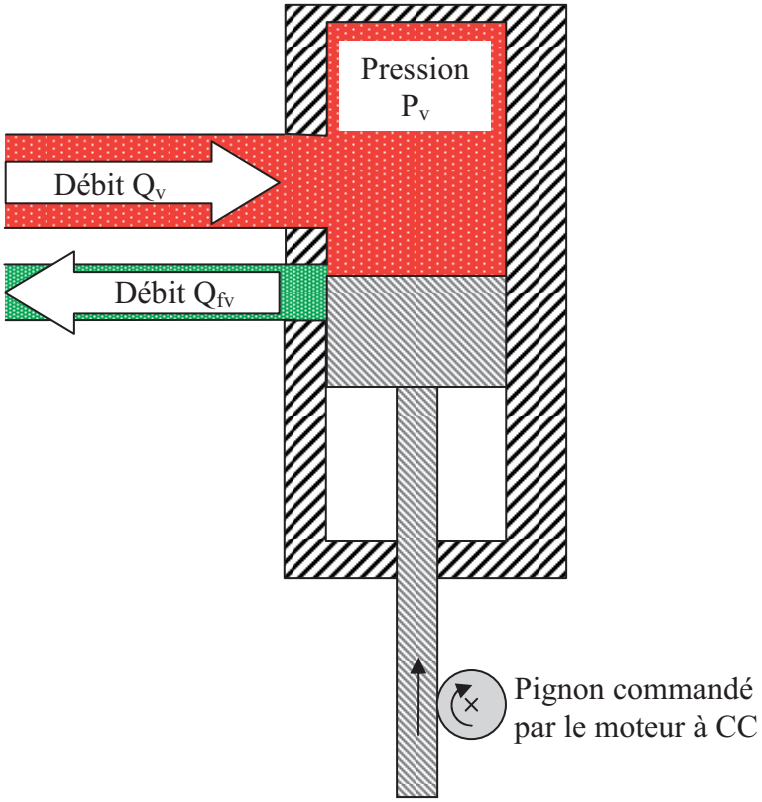


Figure 19 : vanne de régulation commandée par un moteur à courant continu.

Avec cette modification, le schéma-bloc de l'Haldex donné figure 17 devient celui donné figure 20 avec :

- K_h^* : nouvelle constante caractéristique des composants hydrauliques
- C(p) : fonction de transfert du correcteur associé au moteur à CC

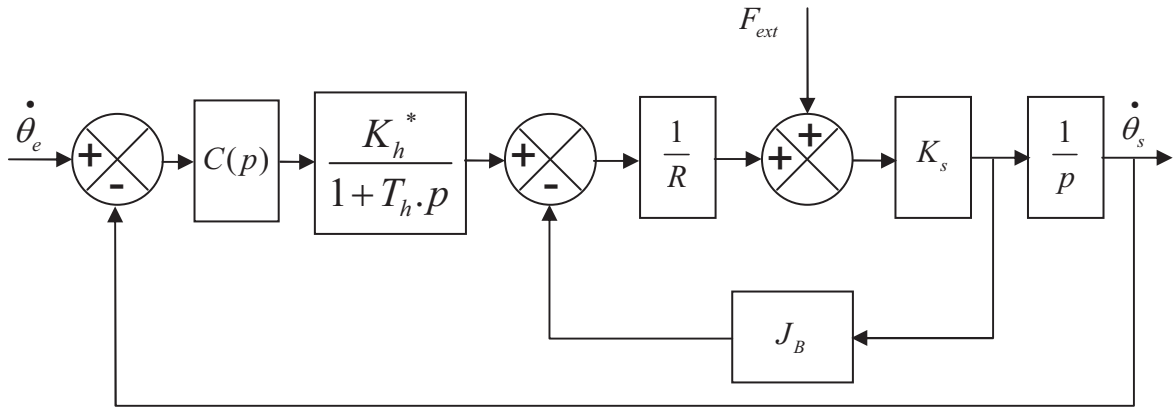


Figure 20 : schéma-bloc de l'Haldex après changement de la vanne de régulation

Validation du système vis-à-vis de l'entrée F_{ext} :

L'objet est d'analyser le comportement du système lors d'un changement de pente de la route, cette situation est modélisée par une entrée de type échelon : $F_{ext}(t) = F_0.u(t)$.

Q34 *Préciser quelle doit être la limite en régime permanent de la sortie $\dot{\theta}_s(t)$ pour cette entrée pour que le comportement de l'Haldex soit satisfaisant.*
Proposer une fonction de transfert pour le correcteur C(p) qui satisfasse cette exigence. Valider la fonction de transfert proposée en effectuant le calcul de la limite.

Validation du système modifié vis-à-vis de l'entrée $\dot{\theta}_e$:

La figure 21 donne le tracé dans le plan de Black de la FTBO de ce système ainsi modifié.

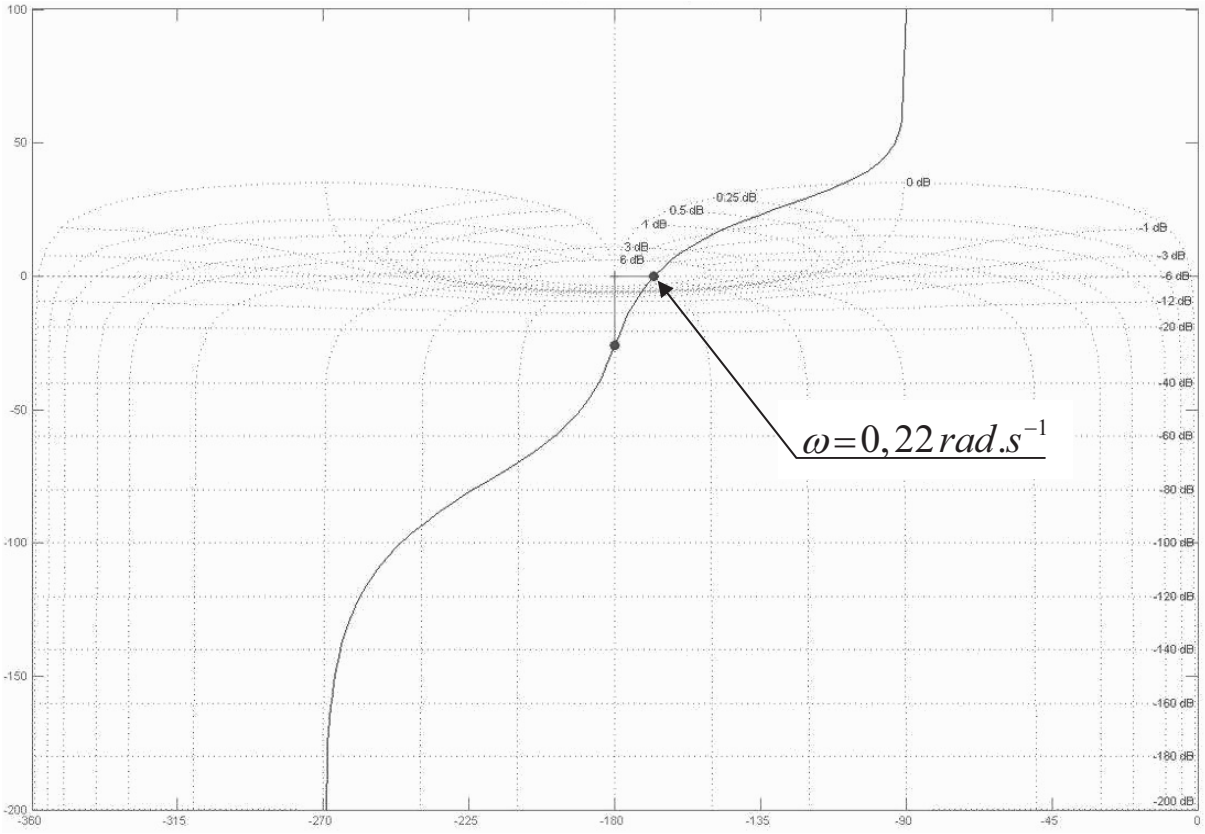


Figure 21 : FTBO du système modifié dans le plan de Black.

TOURNEZ LA PAGE S.V.P.

Q35 *Mesurer sur la figure 21 la marge de phase M_φ de ce système. Justifier l'absence du critère de marge de phase minimum dans le cahier des charges de l'Haldex.*

Le moteur à courant continu de la vanne de régulation est commandé par le calculateur de l'Haldex lorsqu'une répartition de couple avant-arrière peut être optimisée (figue 20). Dans des conditions particulières, le calculateur central de la voiture est prioritaire et commande le moteur de la vanne en T.O.R.. Ce calculateur central n'a que quatre ordres : ouvrir la vanne (V+), fermer la vanne (V-), laisser le calculateur de l'Haldex asservir la position de la vanne (A) et alimenter la pompe électrique de l'Haldex (P). La figure 22 précise les entrées – sorties de cette commande séquentielle.

Détail des entrées :

c = 1 lorsque la clé de contact de la voiture est actionnée

$r_m = 1$ lorsque le régime moteur est supérieur à 400 $tr.min^{-1}$

v = 1 lorsque le calculateur de l'ESP (contrôle dynamique de trajectoire) détecte une trop grande différence de vitesse de rotation entre les roues (par exemple sur de la glace)

$f_m = 1$ lorsque le frein à main est actionné

$f_p = 1$ lorsque la pédale de frein est actionnée

$a_{cc} = 1$ lorsque l'accéléromètre placé dans le montant gauche du pare-brise mesure une accélération incohérente avec la vitesse de rotation des roues

$a_{BS} = 1$ lorsque le calculateur de l'ABS détecte le glissement d'au moins une roue

$v_o = 1$ lorsque la vanne de régulation est ouverte

$\delta = 1$ lorsque les deux différentiels tournent à la même vitesse de rotation ($\dot{\theta}_s = \dot{\theta}_e$)

Détail des sorties :

P : alimenter la pompe électrique de l'Haldex

A : asservir la vanne de régulation via le calculateur de l'Haldex

V+ : ouvrir la vanne de régulation

V- : fermer la vanne de régulation

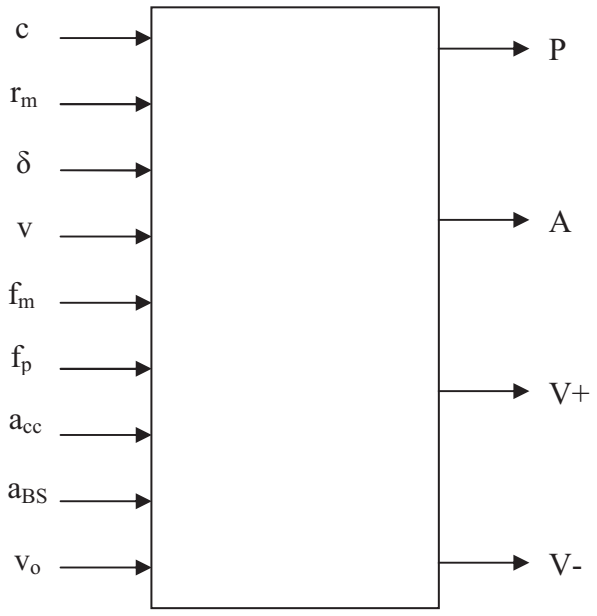


Figure 22 : entrées-sorties de la commande séquentielle

Le document réponse DR3 donne partiellement les grafcet régissant le fonctionnement de la commande séquentielle de l'Haldex. Lorsqu'aucun glissement n'est détecté sur les roues, la vanne de régulation est entièrement ouverte et seule la pression primaire commande l'embrayage. Par contre, si un glissement est détecté, la vanne de régulation est commandée

par le calculateur pour asservir la pression de commande de l'embrayage. Trois conditions peuvent stopper cet asservissement :

- lorsque $\delta = 1$ depuis au moins 10 secondes ; la vanne doit alors être ouverte
- lorsque $\left(f_m + f_p + a_{cc}\right) = 1$; la vanne doit alors être ouverte
- lorsque $v = 1$; la vanne doit alors être fermée

La vanne ne pouvant pas être ouverte et fermée simultanément, la priorité est à l'ouverture.

Q36 *Compléter, sur le document réponse DR3, le grafcet « Commande de l'Haldex ».*

La variable K permet de prendre en compte une usure différente entre les roues avant et les roues arrière en mesurant la différence de vitesse de rotation entre les deux différentiels $(\dot{\theta}_e - \dot{\theta}_s)$ sous certaines conditions.

Q37 *Justifier les conditions à vérifier pour la mesure de K et compléter, sur le document réponse DR3, le grafcet « Mesure usure des pneus »*

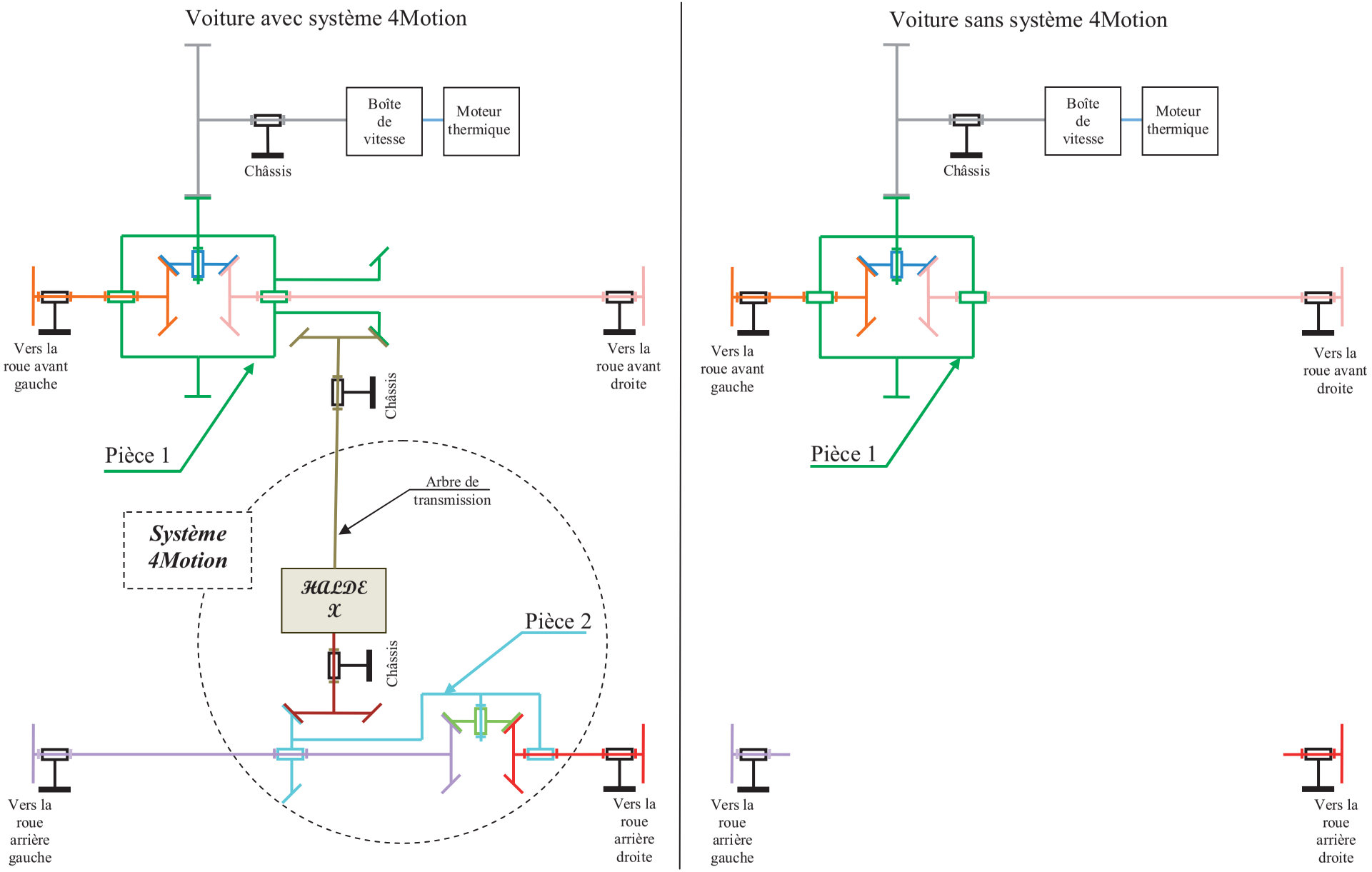
Cette variable K, une fois mesurée, est une constante et elle doit être intégrée à l'asservissement de l'Haldex.

Q38 *Proposer une modification du schéma-bloc donné figure 20 faisant apparaître la prise en compte de la variable K dans l'asservissement.*

Fin de l'énoncé.

TOURNEZ LA PAGE S.V.P.
ANNEXE AU VERSO.

ANNEXE


Voiture avec système 4Motion
Boîte de vitesse
Moteur thermique
Châssis
Vers la roue avant gauche
Vers la roue avant droite
Châssis
Pièce 1
Arbre de transmission
Système 4Motion
HALDEX
Châssis
Pièce 2
Vers la roue arrière gauche
Vers la roue arrière droite
Voiture sans système 4Motion
Boîte de vitesse
Moteur thermique
Châssis
Vers la roue avant gauche
Vers la roue avant droite
Pièce 1
Vers la roue arrière gauche
Vers la roue arrière droite

Document Reponse ENSAM 210x350 2009:Document Reponse ENSAM 210x350 2009 22/01/09 8:54 Page 1

DANS CE CADRE

Académie : Session : Modèle EN.

Examen ou Concours Série* :

Spécialité/option : Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

NOM :

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms :

Né(e) le :

N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

NE RIEN ÉCRIRE

Examen ou concours : Série* :

Spécialité/option :

Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve :

(Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens

Note : /20

Appréciation du correcteur (uniquement s'il s'agit d'un examen) :

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

CX0614

CE DOCUMENT COMPORTE

3 PAGES REPONSES

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

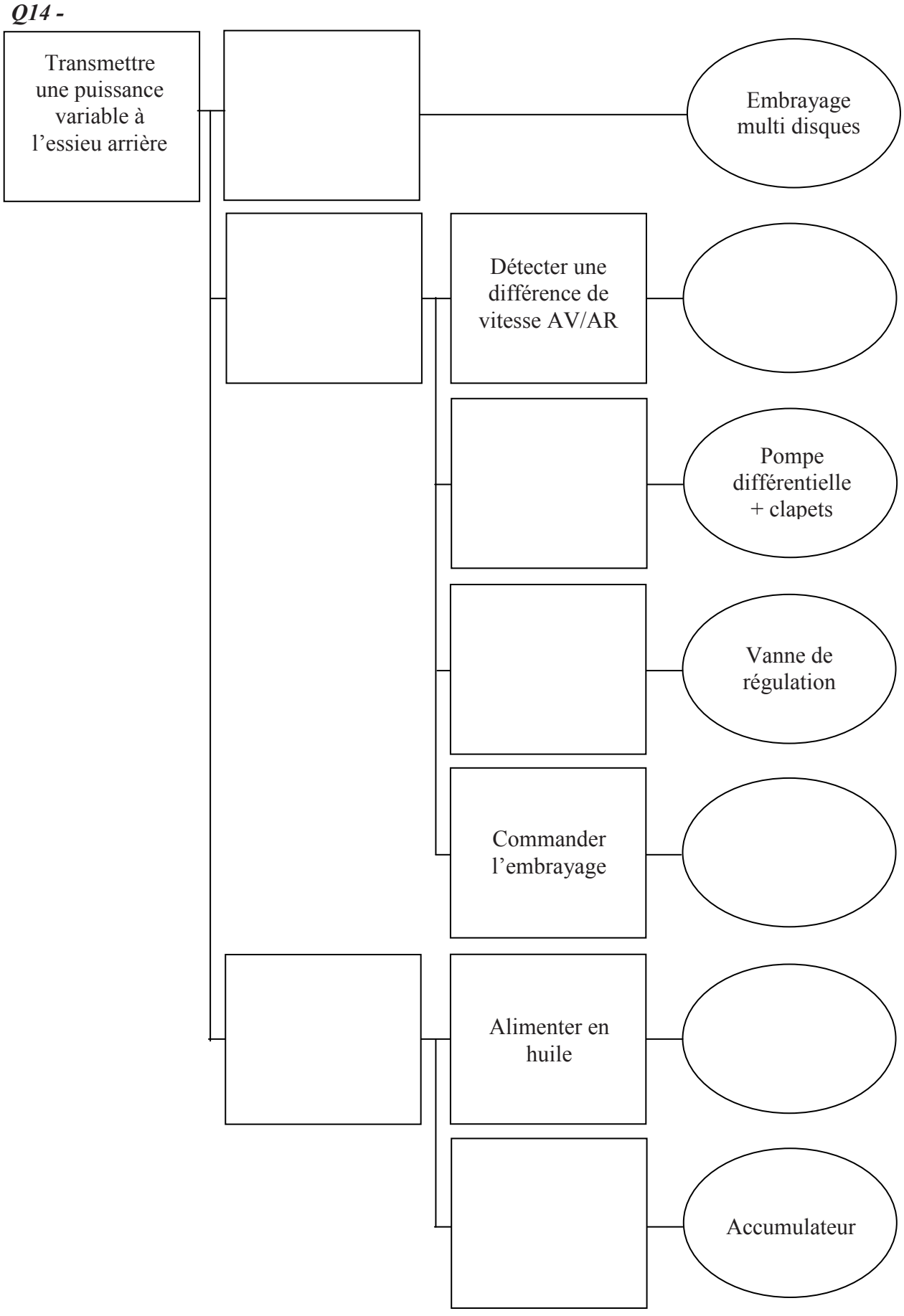
TOURNEZ LA PAGE S.V.P.

Document Reponse ENSAM 210x350 2009:Document Reponse ENSAM 210x350 2009 22/01/09 8:54 Page 2

NE RIEN ÉCRIRE DANS LA PARTIE BARRÉE

DOCUMENT REPONSE DR1

Q14 -

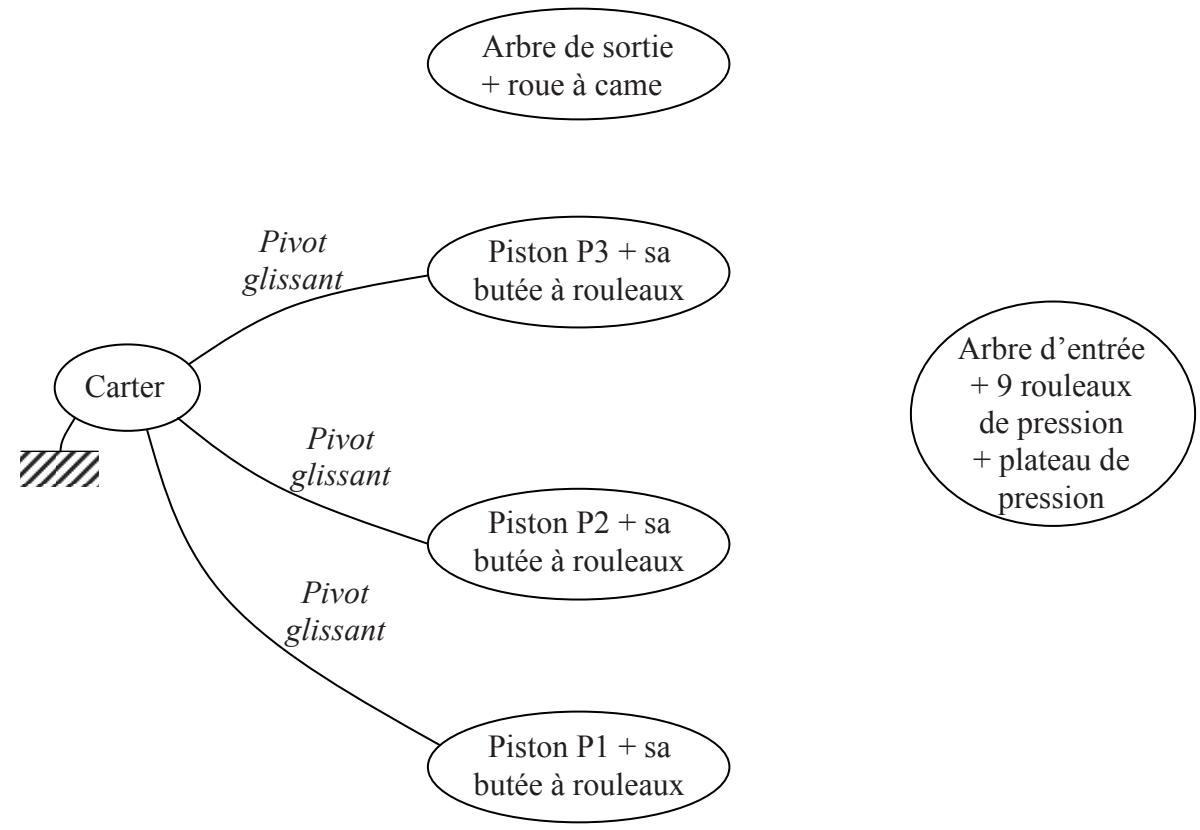


Document Reponse ENSAM 210x350 2009:Document Reponse ENSAM 210x350 2009 22/01/09 8:54 Page 2

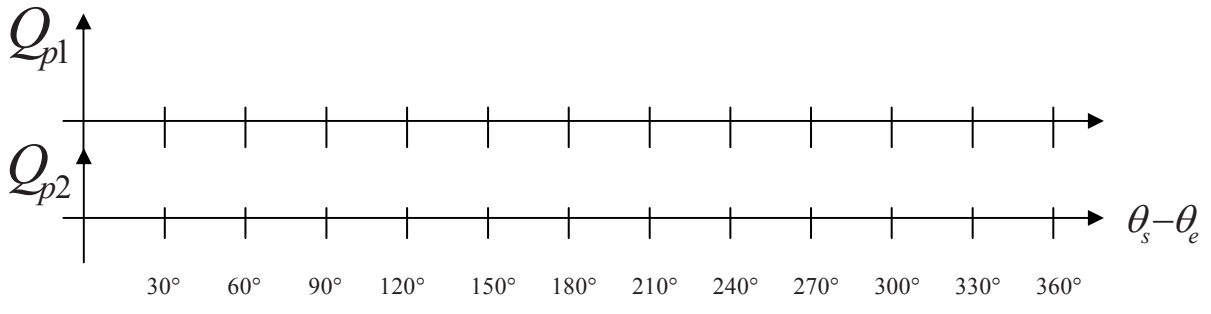
NE RIEN ÉCRIRE DANS LA PARTIE BARRÉE

DOCUMENT REPONSE DR2

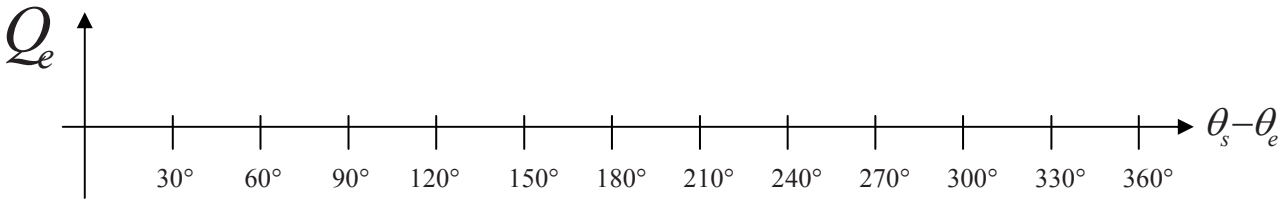
Q18 -



Q19 -



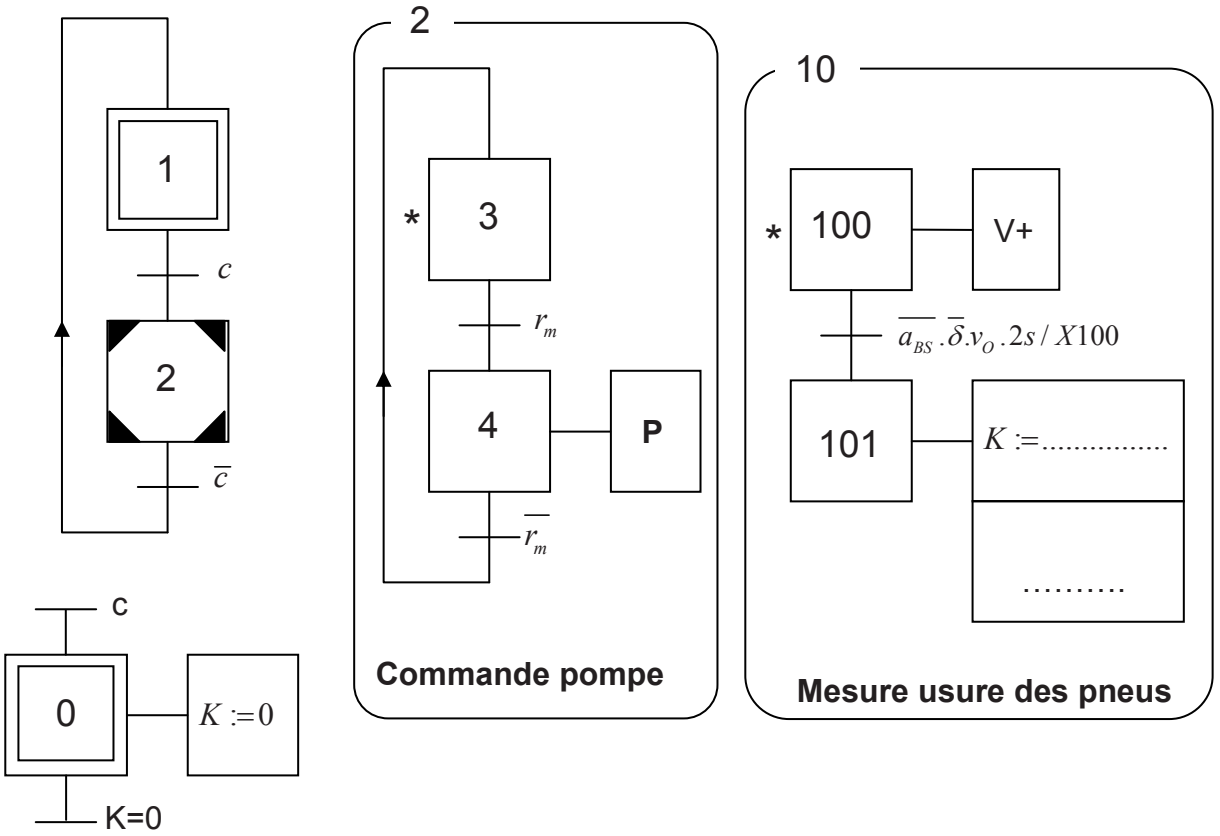
Q20 -



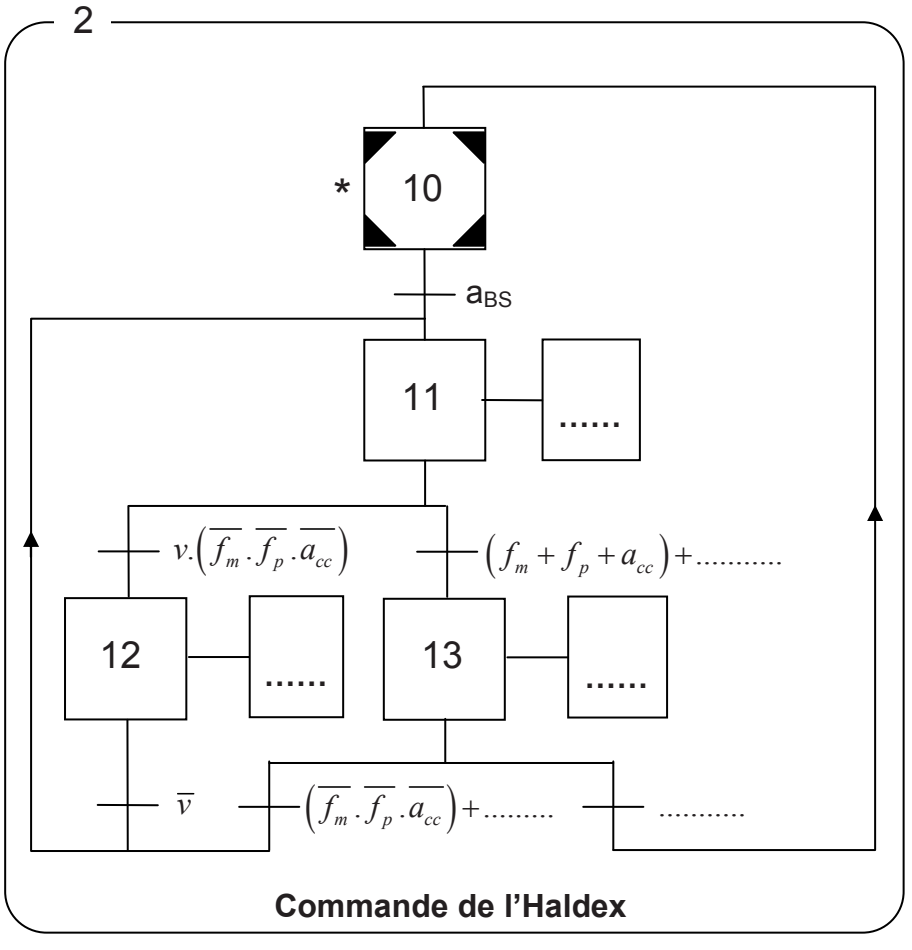
TOURNEZ LA PAGE S.V.P.

NE RIEN ÉCRIRE DANS LA PARTIE BARRÉE

DOCUMENT REPONSE DR3



Initialisation de K



Commande de l'Haldex

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de PSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Dynamique des systèmes de solides : principe fondamental, stratégie d'isolement, équilibrage
- Énergétique : puissances, théorème de l'énergie cinétique, rendement
- Modélisation des actions mécaniques : modèles local et global, frottement, torseurs des liaisons
- Cinétique : torseurs cinétique et dynamique, énergie cinétique, inertie équivalente
- Modélisation des systèmes asservis : structure, SLCI, transformée de Laplace, schéma-blocs
- Modélisation des liaisons, graphe des liaisons et schéma cinématique
- Modèles de comportement et réponse temporelle : premier ordre, second ordre, identification
- Ingénierie système : besoin, exigences et diagrammes SysML

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière : **écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/x-ens/psi