Automatique
Systèmes linéaires continus et invariants

1 PRESENTATION DE L'ETUDE 1

1.1 CONFORT VIBRATOIRE ET COMPORTEMENT PHYSIOLOGIQUE DU CORPS HUMAIN 2
1.2 LA SUSPENSION AUTOMOBILE 3
1.2.1 Suspension hydractive 3
1.2.2 Contrôle actif du roulis 3

2 PRESENTATION DE LA SUSPENSION ACTIVA V6 4

2.1 LES MODES DE FONCTIONNEMENT DE LA SUSPENSION ACTIVA 4
2.2 ANALYSE FAST PARTIELLE DE LA SUSPENSION ACTIVA. 5

3 ÉTUDE DE FT12 : MAINTENIR LA GARDE AU SOL 5

3.1 CONTEXTE DE L'ETUDE 5
3.2 MODELE D'ETUDE DE LA SUSPENSION HYDROPNEUMATIQUE EN MODE FERME 7
3.2.1 Modèle associé à la sphère de roue. 7
3.2.2 Modèle associé au correcteur de hauteur de caisse 8
3.2.3 Étude en poursuite de la suspension hydropneumatique en mode ferme $(E_m(s)=0)$ *9*
3.2.4 Etude en régulation de la suspension hydropneumatique en mode ferme $(X_C(s)=0)$ *9*
3.3 ANALYSE DU SYSTEME SC/MAC 9

4 ETUDE DE FT11 : ASSURER LE CONFORT VIBRATOIRE DES OCCUPANTS 9

5 DOSSIER RESSOURCES 11

SUSPENSION HYDRACTIVE A CONTROLE ACTIF DE ROULIS DE LA CITROËN XANTIA ACTIVA V6

1 PRESENTATION DE L'ETUDE

Dans un véhicule automobile, la suspension contribue principalement à assurer :

- la **tenue de route** et la stabilité du véhicule, notamment en maintenant permanent le contact entre les pneumatiques et la route.
- le **confort** vibratoire et postural des passagers quelles que soient les conditions de circulation (état de la route, comportement du conducteur, charge du véhicule, etc.).

Extrait gratuit de document, le document original comporte 18 pages.



Figure 1 : Xantia Activa V6 *Document Citroën*

Réaliser une suspension satisfaisante revient donc à isoler la caisse du véhicule en filtrant les sollicitations vibratoires de la route.

Les paramètres caractéristiques d'une suspension automobile sont la raideur et l'amortissement.

Pour une masse de caisse donnée, une **raideur** faible de la suspension permet d'absorber efficacement les irrégularités de la route.
Cependant, pour certaines fréquences, des phénomènes de résonance inconfortables nuisent à la tenue de route et à la stabilité du véhicule.

L'amortissement permet de contrôler ces phénomènes dès leur apparition. L'amortisseur doit freiner simultanément les oscillations de la caisse et celles des roues afin de maintenir ces dernières au contact avec le sol sans trop durcir la suspension.

1.1 CONFORT VIBRATOIRE ET COMPORTEMENT PHYSIOLOGIQUE DU CORPS HUMAIN

Le corps humain est organisé pour tolérer des sollicitations verticales à la fréquence de la marche. La norme AFNOR E 90-400 (Figure 2) propose un modèle de tolérance physiologique aux vibrations verticales. Sur ce graphe, on identifie « la zone de mal des transports » (Zone A) et « la zone d'inconfort vibratoire » (Zone B).

Extrait gratuit de document, le document original comporte 18 pages.

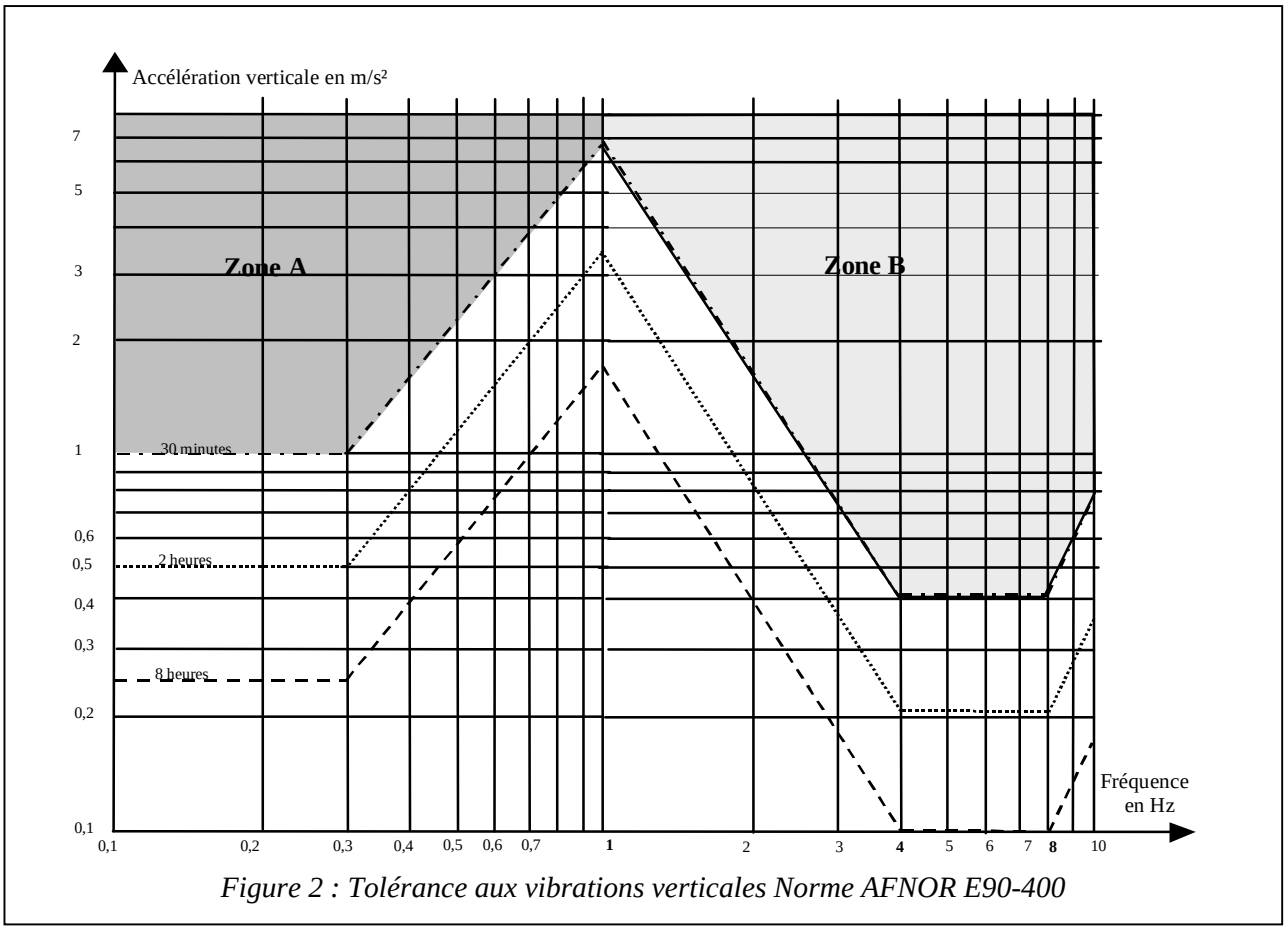


Figure 2 : Tolérance aux vibrations verticales Norme AFNOR E90-400

Question 1 :

➔ Quelle accélération verticale maximale peut supporter le corps humain, sollicité avec une fréquence comprise entre $4\,Hz$ **et** $8\,Hz$ **pendant 30 minutes, sans être incommodé ?**

➔ Comment se comporte le corps humain sollicité par une vibration verticale de fréquence voisine de $1\,Hz$ **?**

1.2 LA SUSPENSION AUTOMOBILE

Le confort vibratoire vertical des passagers impose une fréquence de caisse de valeur $f_C = 1\,Hz$. Pour une charge donnée, la valeur de la raideur de la suspension est ainsi déterminée.
On recherche une valeur de l'amortissement qui permette d'assurer le confort vibratoire entre 4 Hz et 8 Hz en limitant la résonance autour de la fréquence de caisse sans dégrader sa tenue.

1.2.1 Suspension hydractive

Cependant, le véhicule reste inconfortable si la suspension est sollicitée autour de sa fréquence de caisse, par exemple : à faible vitesse sur route à revêtement dégradé ou à grande vitesse sur route à fortes ondulations.

Pour gérer ce double inconvénient, le constructeur propose une suspension Hydractive à mode souple et mode ferme. Le passage d'un mode à l'autre dépend des conditions de route et du comportement du conducteur.

1.2.2 Contrôle actif du roulis

L'inconvénient du mode souple est que l'assiette du véhicule est modifiée par les variations de charge sur chacune des roues. Le véhicule aura tendance à s'incliner en virage provoquant le mouvement de roulis de la caisse par rapport à la route.
La prise de roulis produit les effets néfastes suivants :

- Sensation d'insécurité des passagers et du conducteur,

Extrait gratuit de document, le document original comporte 18 pages.

- Problèmes de perception angulaire,
- Mauvaises conditions de travail des pneumatiques,
- Diminution du pouvoir directeur du train,
- Soulèvement des roues et modification des conditions d'adhérence.

Pour pallier cet inconvénient, le constructeur automobile PSA-PEUGEOT-CITROËN a développé sur le véhicule Xantia Activa V6 une suspension hydro-pneumatique à **M**aintien d'**A**ssiette **C**onstante (MAC), à flexibilité et amortissement variables (Hydractive II) et à **C**ontrôle **A**ctif de **R**oulis (SC/CAR).

L'étude proposée au candidat porte successivement sur les systèmes MAC, Hydractive II et SC/CAR en mode ferme.

2 PRESENTATION DE LA SUSPENSION ACTIVA V6

2.1 LES MODES DE FONCTIONNEMENT DE LA SUSPENSION ACTIVA

Dans l'étude proposée, on ne retient que quelques phases du cycle de vie de la suspension Activa.

A l'arrêt ou en mouvement :

- La garde au sol reste constante grâce au système de maintien en assiette constante (MAC).

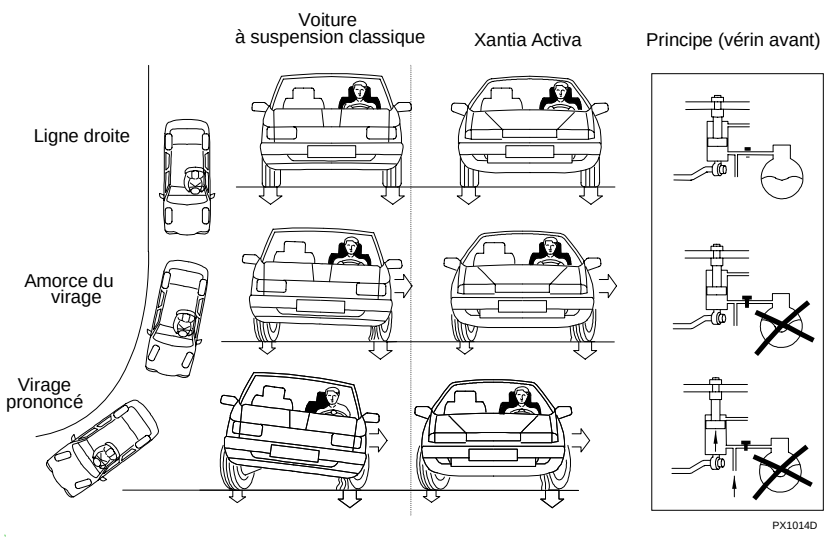


Figure 3 : *Virage à plat* *Document Citroën*

En ligne droite :

- Le roulis est nul, la raideur de la suspension est fonction de la vitesse du véhicule (Mode souple ou Mode ferme).

Amorce du virage :

- La tenue de route est privilégiée, le roulis apparaît, la suspension se durcit (Mode ferme). Le passage du Mode souple au Mode ferme s'effectue en moins de 0,04 seconde.

Virage prononcé :

- La tenue de route est privilégiée, le Mode ferme est maintenu, le roulis augmente. La caisse est ramenée horizontalement par l'action conjuguée des vérins SC/CAR et des barres anti roulis avant et arrière.

Question 2:

➔ Donner les principales caractéristiques fonctionnelles de la suspension Activa.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 18 pages.

2.2 ANALYSE FAST PARTIELLE DE LA SUSPENSION ACTIVA.

Une analyse de la suspension a permis d'élaborer le FAST de la figure 4. L'étude proposée au candidat se limite aux fonctions techniques FT11, FT12 et FT13.

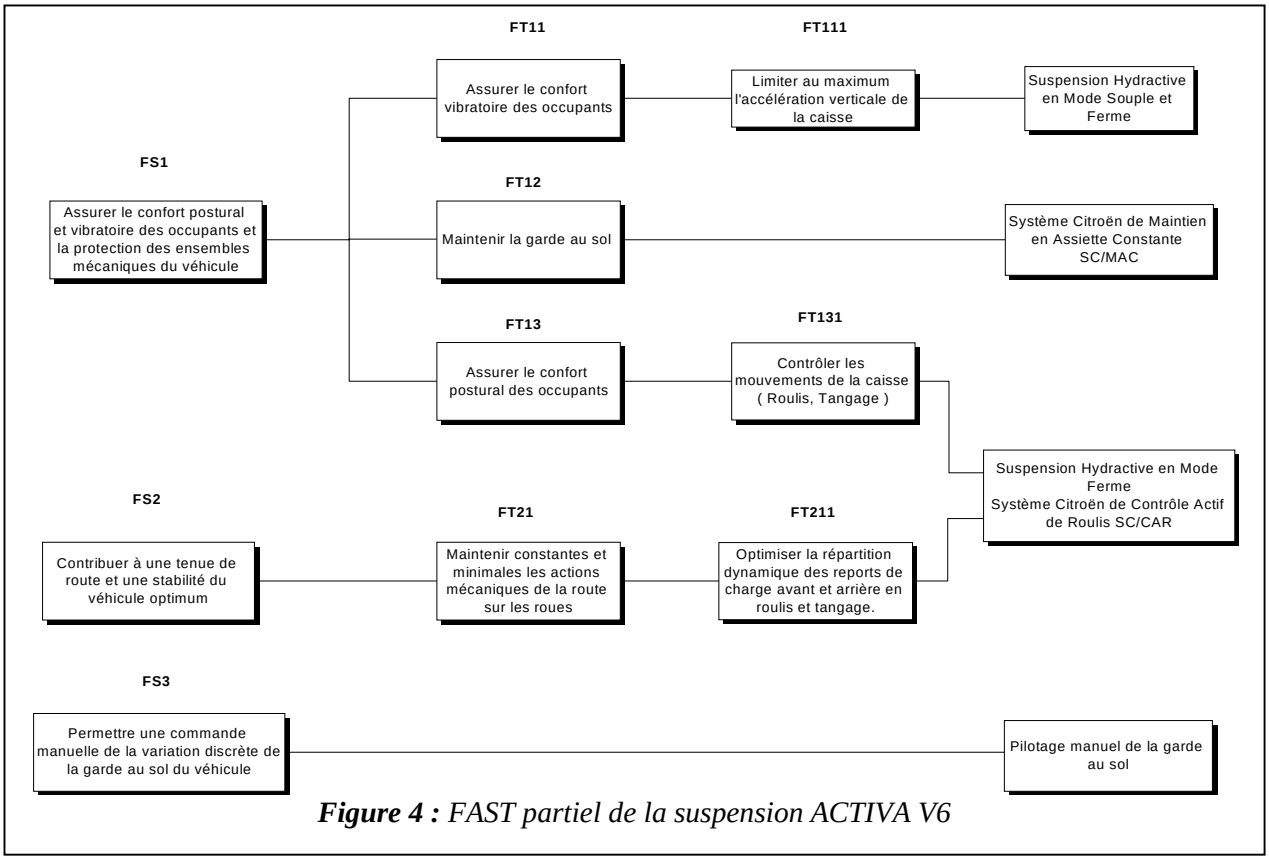


Figure 4 : *FAST partiel de la suspension ACTIVA V6*

Le travail demandé au candidat est donc de vérifier successivement les performances de la suspension ACTIVA en référence aux niveaux des critères associés aux fonctions techniques FT12, FT11 et FT13.

3 ÉTUDE DE FT12 : MAINTENIR LA GARDE AU SOL.

L'objet de cette étude est de valider le choix retenu par les ingénieurs de la Société PSA-PEUGEOT CITROEN pour maintenir la garde au sol du véhicule Xantia Activa V6. La garde au sol est la distance entre le bas de la caisse du véhicule et le plan de référence du sol. Compte tenu de la symétrie du problème, seule la suspension de la roue arrière gauche sera étudiée. Le véhicule est à l'arrêt.

	Fonction de service	Critères	Niveaux
FT12	*Maintenir la garde au sol*	▪ *Stabilité* ▪ *Rapidité* ▪ *Amortissement* ▪ *Précision*	▪ *Marge de gain MG > 20 dB* ▪ *Temps de réponse à 5% <18 s* ▪ *Coefficient d'amortissement > 0,3* ▪ *Ecart statique nul* ▪ *Insensibilité aux perturbations*

3.1 CONTEXTE DE L'ETUDE

Le document ressource DR3 présente l'organisation structurelle de la suspension du véhicule Xantia Activa.
Le document ressource DR1 présente les fonctionnements d'une sphère de roue et du correcteur de hauteur intervenant dans la chaîne fonctionnelle.
A partir de ces documents, il est proposé au candidat la schématisation de la figure 5.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 18 pages.

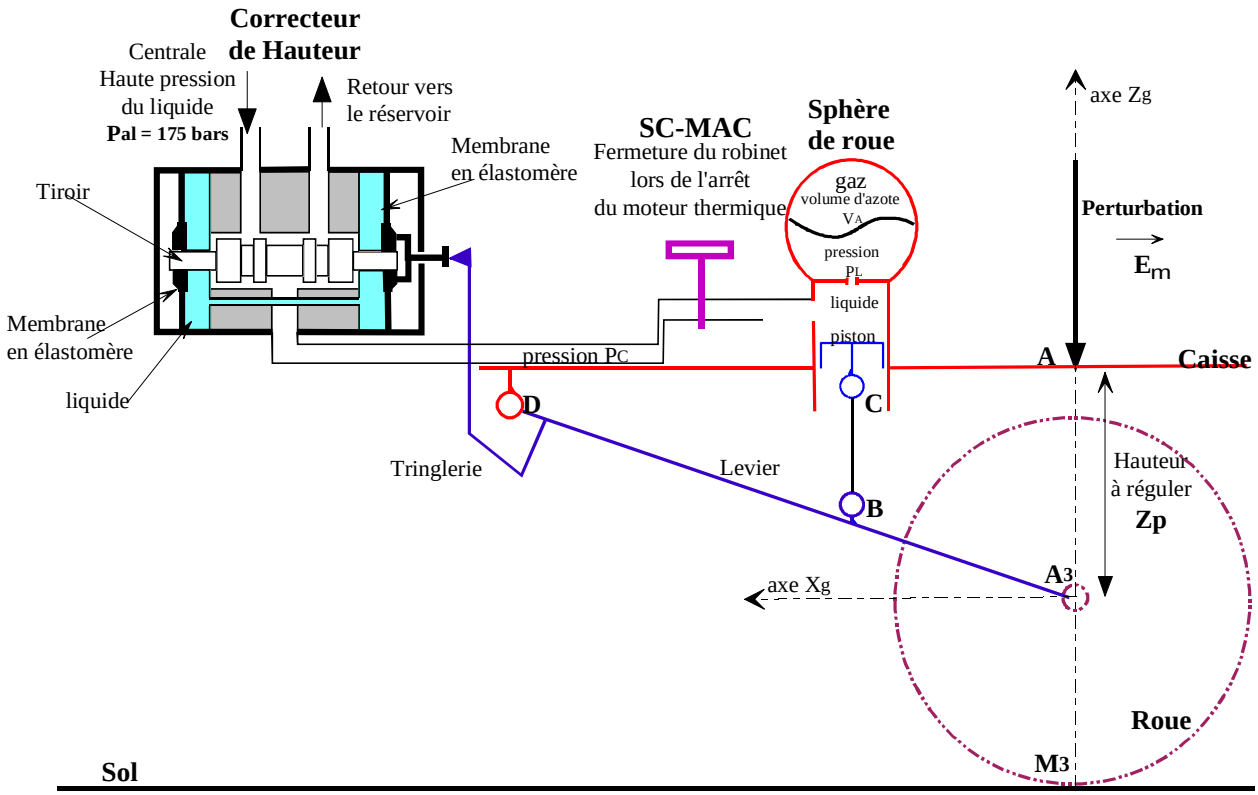


Figure 5 *: Suspension hydropneumatique avec correction de hauteur de caisse (roue arrière)*

Modèle cinématique :

On associe le repère $R_C(A,\vec{X}_c,\vec{Y}_c,\vec{Z}_c)$ à la caisse et le repère $R_g(A_3,\vec{X}_g,\vec{Y}_g,\vec{Z}_g)$ à la roue. $R_g(A_3,\vec{X}_g,\vec{Y}_g,\vec{Z}_g)$ est considéré comme galiléen. Le mouvement de la caisse par rapport au repère galiléen est une translation d'axe $\vec{Z}_g$, d'où $\overrightarrow{A_3A} = Z_P(t)\,\vec{Z}_g$.

On note $\vec{V}(A\in R_C/R_g) = V_Z\,\vec{Z}_g$ et $\vec{\Gamma}(A\in R_C/R_g) = \Gamma_Z\,\vec{Z}_g$.

Modèle dynamique :

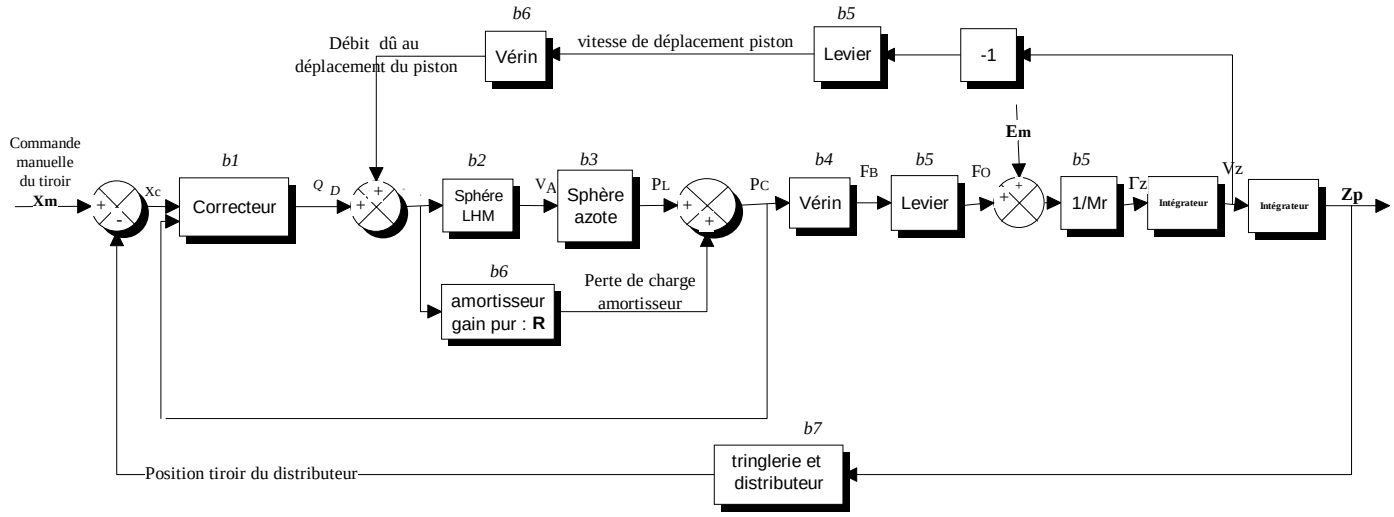
- La roue est supposée indéformable ; $\overrightarrow{A_3M_3} = -R\,\vec{Z}_g$, R est le rayon de la roue .
- Le vecteur $\overrightarrow{BC}$ est supposé vertical autour du point de fonctionnement M_0 : $\overrightarrow{BC} = \lambda\,\vec{Z}_g$
- Les actions mécaniques exercées par la roue sur le levier DA_3 sont modélisables par le torseur suivant :

$$T(\text{Roue}\rightarrow\text{Levier}) = \left\{\begin{array}{l}\vec{F}(R\rightarrow L) = \vec{f}(t) + M_r\,g\,\vec{Z}_g \\ \vec{M}(A_3,R\rightarrow L).\vec{Y}_g = 0\end{array}\right\}_{A_3} \quad \text{avec } M_r = 400 \text{ kg.}$$

- L'accélération de la pesanteur : g = 9,81 ms^{-2}
- La perturbation est créée par un effort $\vec{E}_m = -E_m.\vec{Z}_g$ appliqué en A.

Extrait gratuit de document, le document original comporte 18 pages.

3.2 MODELE D'ETUDE DE LA SUSPENSION HYDROPNEUMATIQUE EN MODE FERME



Em : Perturbation
V_A : Volume d'azote dans la sphère de roue
P_L : Pression du liquide dans la sphère de roue
P_C : Pression du liquide dans le circuit hydraulique

Zp : Position de la caisse / axe de la roue
Q_D : Débit du liquide à la sortie du correcteur
Q_L : Débit du liquide entrant dans la sphère de roue
F_O : Projection sur z_g de l'effort de la roue sur le levier au point O
F_B : Projection sur z_g de l'effort du levier sur la biellette BC au point B

Figure 6 : *Schéma fonctionnel de la suspension hydropneumatique avec correction de hauteur de caisse*

A partir du schéma fonctionnel ci-dessus, le but de l'étude proposée au candidat est de :

- **établir les fonctions de transfert** b_i pour $i \in [1,7]$ **en linéarisant au premier ordre autour du point de fonctionnement M_0, de coordonnées :**

  $$Z_P(0) = z_0 \; ; X_C(0) = x_0 \; ; P_L(0) = P_S \text{ (mode ferme)} ; Q_D(0) = q_0 \; ; V(0) = V_S \; ; F_0(0) = M_R \; g$$

  L'instant initial $t = 0$ **correspond à l'instant où la caisse est à l'équilibre par rapport au repère galiléen** R_g**.**
- **vérifier les performances en mode ferme de la chaîne fonctionnelle de correction de hauteur avec le cahier des charges.**

3.2.1 Modèle associé à la sphère de roue.

Notation	Désignation	Valeur numérique
P_0	Pression de tarage de l'azote de la sphère de roue	$40\ 10^5$ Pa
V_0	Volume initial de l'azote de la sphère de roue	$450\ cm^3$
V_S	Volume statique de l'azote de la sphère de roue	
P_S	Pression statique de l'azote de la sphère de roue	
$V_A(t) = V_S + v(t)$	Volume instantané de l'azote dans la sphère de roue	
$P_A(t) = P_S + p(t)$	Pression instantanée de l'azote dans la sphère de roue	
$P_L(t) = P_A(t)$	Pression instantanée du liquide dans la sphère de roue	
K_L	Rapport du bras de levier. $F_O = K_L.F_B$	0,35
D_P	Diamètre du piston du vérin	37 mm
S_P	Section du piston du vérin	
R_A	Gain d'amortisseur de sphère de roue	$9,375\ 10^9$ N s m^{-5}

Extrait gratuit de document, le document original comporte 18 pages.