

Examen : BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR	SESSION 2011	
Spécialité : APRES-VENTE AUTOMOBILE	Code : AVE4SCP	
Epreuve : E4 ANALYSE DES SYSTEMES ET CONTROLE DES PERFORMANCES	Durée : 6h	Coef : 4

**BTS AVA**  
**ANALYSE DES SYSTEMES ET CONTRÔLE DES PERFORMANCES**

**SUSPENSION PNEUMATIQUE**  
**CITROËN C4 PICASSO**

**Composition du sujet :**

Dossier Technique..... pages A1/11 à A11/11  
Dossier Travail..... pages B1/9 à B9/9  
Dossier Réponses ..... pages C1/8 à C8/8

Il est recommandé de ne pas lire la totalité du dossier technique mais seulement les pages A1/11 à A5/11 de présentation du thème. Les autres pages de ce dossier sont à consulter lorsque cela est nécessaire pour répondre à un problème posé dans le dossier de travail.

Les questions posées sont souvent indépendantes, mais il est préférable de suivre la progression proposée pour bien répondre à la problématique posée.

Le Dossier Réponses est à compléter et à joindre à la feuille de copie.

**Barème : sur 200 points**

I	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7		Total
Points	8	4	4	8	8	4	4		40
II	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	Total
Points	6	4	4	4	4	4	6	6	38
	2.9	2.10	2.11	2.12	2.13	2.14	2.15		Total
Points	8	4	4	4	4	4	6		34
III	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6			Total
Points	4	4	4	8	8	4			32
	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12			Total
Points	4	4	4	4	4	4			24
IV	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7		Total
Points	4	4	6	6	4	4	4		32

**AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISE**

## 1 Mise en situation

### A Introduction

Une suspension à ressorts métalliques s'affaisse avec l'augmentation de la charge appliquée (en raison de l'écrasement des ressorts). Ceci a pour conséquences :

- une réduction de la plage de fonctionnement de la suspension (débattement réduit);
- une modification de la géométrie des trains roulants;
- une modification du site des projecteurs;
- une modification de l'esthétique extérieure du véhicule.

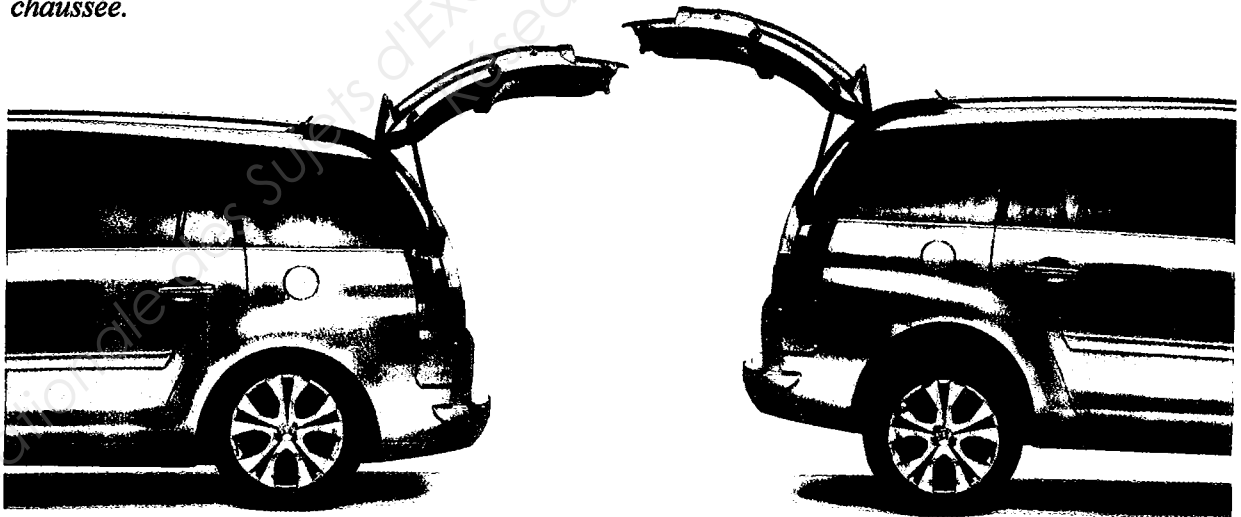
Il en résulte une dégradation du comportement routier et du confort, et cela peut aussi influencer le fonctionnement d'autres systèmes comme le correcteur du site des projecteurs d'éclairage.

Sur la très grande majorité des véhicules (moteur à l'avant), la charge sur l'essieu avant varie peu (sauf effets dynamiques). Par contre, le chargement du véhicule affecte grandement l'essieu arrière, et le maintien d'une hauteur arrière constante, quelle que soit la charge embarquée, se fait d'autant plus sentir que le véhicule est spacieux. C'est le cas des monospaces et utilitaires sur lesquels une suspension pneumatique est souvent proposée en série ou en option, une telle suspension permettant de régler la hauteur arrière du véhicule en modifiant la quantité d'air utilisée.

La présente étude est consacrée au système monté sur certaines CITROEN C4 PICASSO. Ce véhicule est équipé d'une suspension avant classique (ressorts métalliques), mais le train arrière reçoit des ressorts pneumatiques (les amortisseurs restent inchangés). La gestion de la hauteur arrière se fait selon deux modes :

- un mode automatique qui permet de maintenir constante la hauteur arrière du véhicule quelles que soient les conditions de roulage;
- un mode manuel qui permet à l'utilisateur d'agir sur la hauteur de seuil de chargement.

*Nota : le système ne gère pas de réglage de la hauteur en fonction de la vitesse ou de l'état de la chaussée.*



Par ailleurs, l'utilisation de l'air impose :

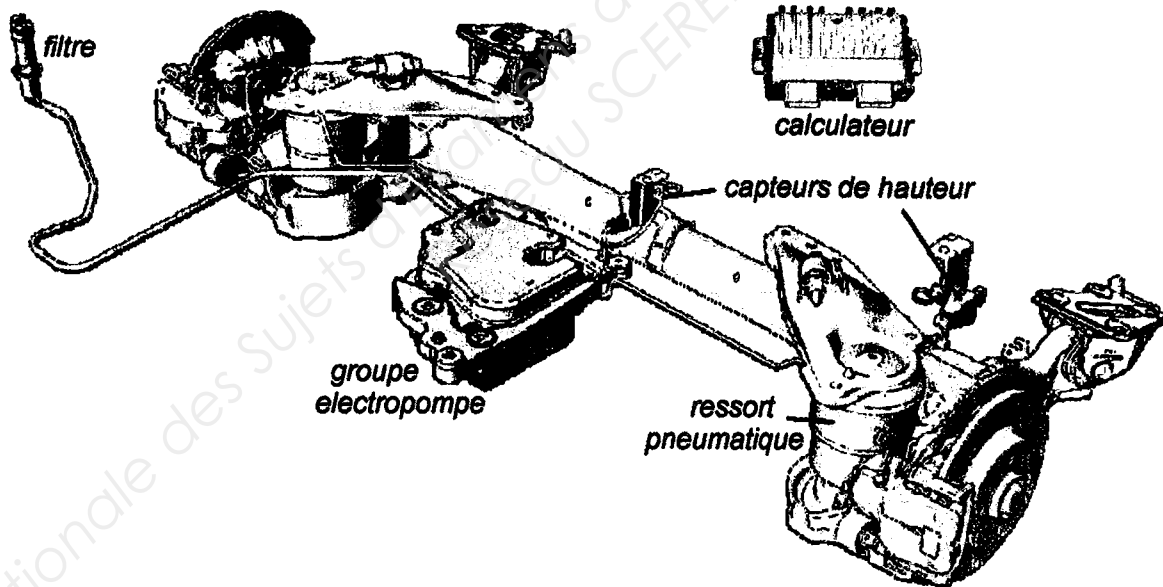
- de compenser les fuites;
- d'effectuer une compensation thermique (affaissement dû au refroidissement de l'air contenu dans les ressorts après un roulage).

*Nota : il n'y a pas de mesure de température au sein des ressorts, seule la détection d'une variation de hauteur déclenche une réaction du système.*

**B Organisation fonctionnelle****Constitution du système**

Le système comprend les éléments suivants (voir perspective ci-dessous) :

- un calculateur de suspension situé dans l'habitacle (sous le siège arrière gauche);
- deux ressorts pneumatiques;
- un groupe électropompe (GEP) situé sous le châssis arrière comprenant :
  - un moteur à courant continu;
  - un compresseur à piston alternatif;
  - un filtre dessiccateur;
  - deux électrovannes de commande des ressorts pneumatiques;
  - une électrovanne d'échappement;
  - un capteur de température;
- deux capteurs de hauteur (un en position centrale sur l'essieu, l'autre à droite);
- un filtre d'aspiration/refoulement situé dans l'aile arrière gauche;
- un bloc de commande manuelle, situé dans le coffre, comprenant :
  - un sélecteur de hauteur de caisse;
  - un commutateur d'inhibition;
  - un bruiteur;
- des canalisations pneumatiques;
- des interfaces électriques vers la batterie et le réseau multiplexé.

**Remarques importantes :**

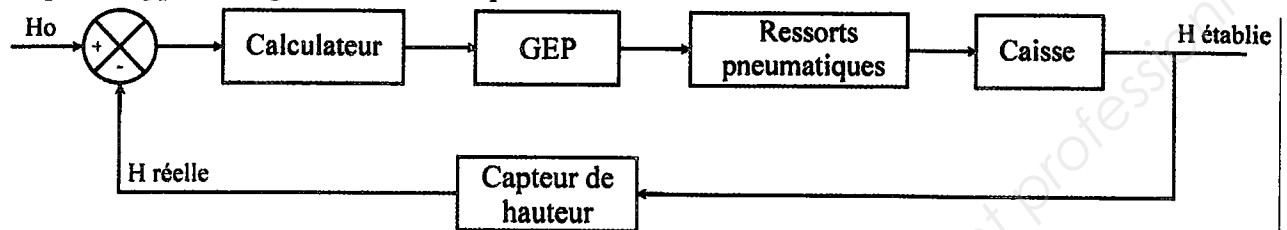
*Les deux électrovannes de commande des ressorts pneumatiques fonctionnent en même temps : il n'y a pas de gestion droite/gauche de la hauteur.*

*Les deux capteurs de hauteur ont le même rôle : ils ne sont pas dédiés à une mesure droite/gauche de la hauteur mais assurent une double mesure, leur position les rendant particulièrement vulnérables.*

## C Modes de fonctionnement

### Mode automatique

Il permet de maintenir constante la hauteur arrière du véhicule quelles que soient la charge, la température, les fuites d'air (une étanchéité parfaite est impossible). On définit une hauteur de référence  $H_0$  (570 mm) du seuil de chargement. Toute intervention sur le système doit se conclure par un apprentissage de cette valeur par le calculateur.



La correction a lieu, contact mis :

- moteur tournant, en cas de variation de hauteur de  $\pm 4$  mm par rapport à  $H_0$  ;
- moteur arrêté, en cas de variation de hauteur de  $+10$  mm /  $-4$  mm par rapport à  $H_0$ .

La correction automatique est inhibée :

- pour une vitesse du véhicule inférieure à 10 km/h :
  - en cas d'action sur le commutateur d'inhibition (ordre utilisateur);
  - si le frein principal est actif (le démarrage moteur nécessite que la pédale de frein soit actionnée);
  - si un ouvrant est ouvert (risque de heurter un obstacle lors de la montée ou descente du véhicule, tel un trottoir pour une portière ou un linteau de porte pour le hayon);
- si l'accélération transversale subie par le véhicule est supérieure à  $0,5$  m/s<sup>2</sup> pour une vitesse inférieure à 80 km/h, ou supérieure à  $0,3$  m/s<sup>2</sup> pour une vitesse supérieure à 80 km/h (ceci pour ne pas dégrader l'antidévers en virage par mise en communication des deux ressorts pneumatiques);
- si l'accélération longitudinale subie par le véhicule est supérieure à  $0,4$  m/s<sup>2</sup> ;
- si le frein de stationnement (commande électrique) est en cours de serrage (frein de secours en cas de vitesse supérieure à 10 km/h).

### Mode manuel

Il permet d'abaisser ou d'élever le seuil de chargement du véhicule à l'arrêt par action sur le sélecteur de hauteur. Ce fonctionnement n'est possible que :

- si la vitesse véhicule est inférieure à 10 km/h (véhicule considéré arrêté);
- si le coffre ou la lunette arrière sont ouverts (la variation de seuil ne peut être effectuée par un utilisateur enfermé dans le véhicule);
- hors mode ECO contact coupé (le mode ECO met en veille les équipements électriques de confort en cas de baisse de la tension de batterie, la commande manuelle de la suspension nécessite alors de mettre le contact).

Le fonctionnement en mode manuel s'accompagne d'un signal sonore discontinu pendant toute la durée de levage/abaissement, suivi de trois bips en fin de course. Lors du passage d'une position "basse" à une position "haute", et inversement, il y a arrêt automatique à la position de référence. La correction peut reprendre après relâchement du sélecteur suivi d'un nouvel appui.

Les hauteurs atteintes par une commande manuelle ne sont pas asservies.

La durée maximale, moteur thermique non tournant, du fonctionnement manuel est de neuf minutes cumulées.

Le retour en mode automatique se fait soit :

- après redémarrage moteur et vitesse véhicule supérieure à 10 km/h;
- après double appui, ou appui pendant 2 secondes, sur le sélecteur de hauteur.

#### **Fonctionnalités du calculateur de suspension**

Le calculateur de suspension a pour fonction :

- de gérer la hauteur :
  - superviser la correction automatique de hauteur de caisse;
  - superviser la correction manuelle;
  - commander le compresseur et les électrovannes du GEP;
- de gérer les informations transmises au conducteur :
  - bruiteur de coffre lors des commandes manuelles;
  - bruiteur habitacle (sous le volant) et afficheur au tableau de bord en cas de défaillance en mode automatique.

En cas de démarrage du véhicule alors que la suspension n'est pas à sa hauteur nominale, le témoin ambre [SERVICE] s'allume au combiné associé à un message sur l'écran multifonction du tableau de bord et à un signal sonore émis par le bruiteur de l'habitacle situé sous le volant de direction.

En cas de défaillance du système le témoin rouge [STOP] s'allume au combiné associé à un message sur l'écran multifonction et à un signal sonore émis par le bruiteur de l'habitacle.

Par ailleurs, le calculateur de suspension possède une horloge interne qui le rend autonome et lui permet, alors que le contact est coupé, de surveiller périodiquement l'état du système afin d'assurer une éventuelle compensation en température ou étanchéité.

Le réveil du calculateur se fait :

- par le BSI en cas de changement d'état d'un ouvrant ou d'un verrouillage/déverrouillage;
- de manière autonome trente minutes après disparition du +APC;
- puis de manière autonome toutes les 72 heures.

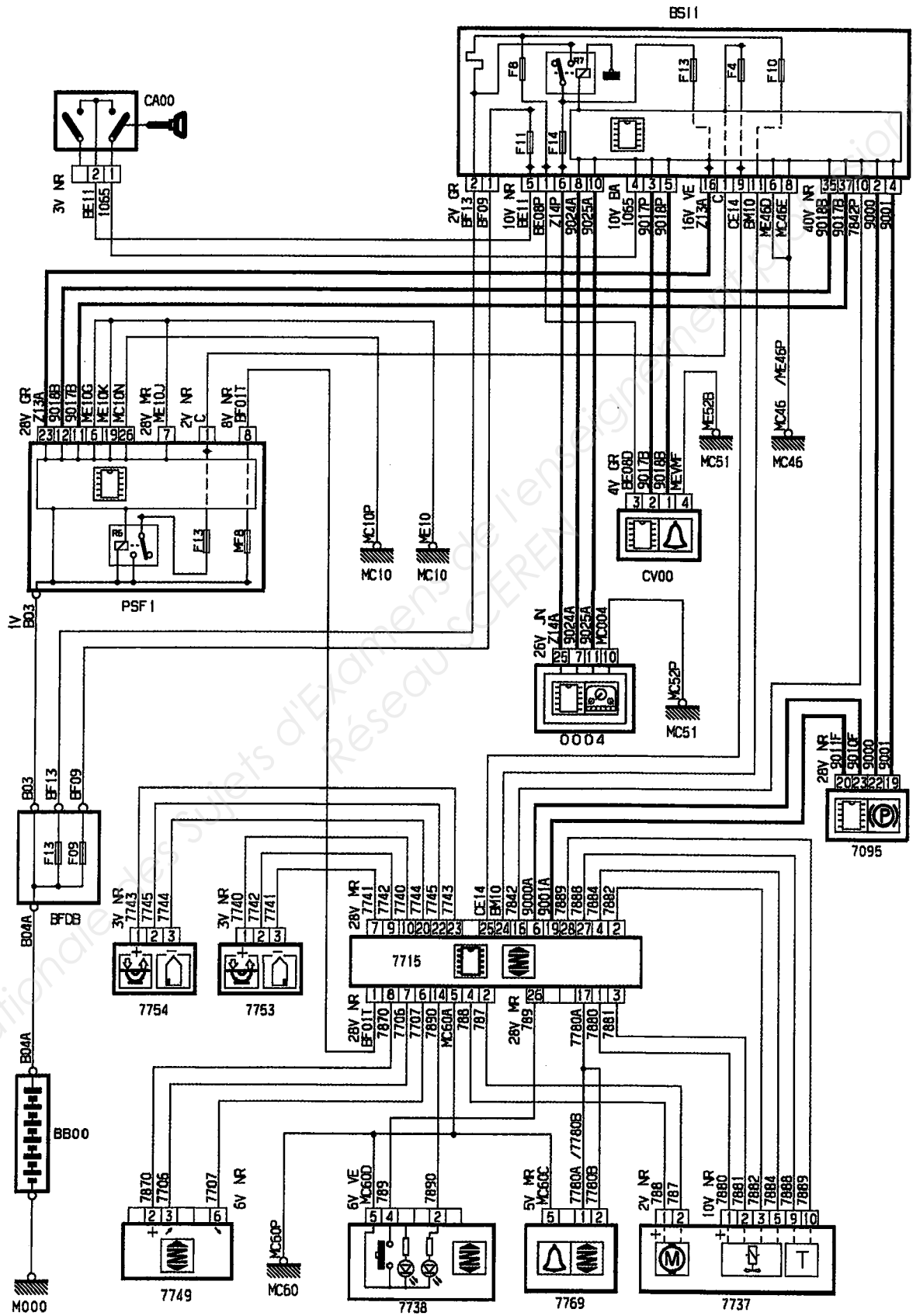
En situation de veille, les consignes diffèrent de celles du mode automatique. Il y a correction en cas d'affaissement :

- de plus de 7 mm en moins de 48 heures pour une température extérieure de 0°C et moins;
- supérieur à 40 mm (quelle que soit la température).

#### **Modes de marche dégradés**

	en mode de correction automatique	en mode de correction manuelle
Situations d'inhibition	- perte info ouvrants - perte info des capteurs de hauteur - température maxi compresseur atteinte (110°C)	- perte info ouvrants (coffre et lunette) - perte info vitesse véhicule - dysfonctionnement des commandes manuelles
Situations de fonctionnement dégradé	- perte info accélérations - perte info d'un seul capteur de hauteur - perte info vitesse véhicule - perte info frein de stationnement	⇒ <i>stratégies particulières de retour (et maintien) à la hauteur de référence.</i>

2 Schéma électrique



**Nomenclature des éléments**

Élément	Désignation	Élément	Désignation
BB00	Batterie	7737	Compresseur
BFDB	Boîtier fusibles départ batterie	7738	Commutateur d'activation/inhibition
BSI1	Boîtier Servitude Intelligent	7749	Sélecteur de hauteur
CA00	Contacteur antivol	7753	Capteur hauteur arrière central
CV00	Module commutation sous volant	7754	Capteur hauteur arrière droit
PSF1	Platine servitude fusibles	7769	Bruiteur de coffre
0004	Combiné (tableau de bord)	VMF*	Volant à commandes centralisées fixes
7095	Groupe frein stationnement électrique	1320*	Calculateur contrôle moteur
7715	Calculateur suspension pneumatique	7800*	Calculateur contrôle stabilité (ESP)

\* ces trois éléments n'apparaissent pas sur le schéma électrique fourni

**Nomenclature des liaisons**

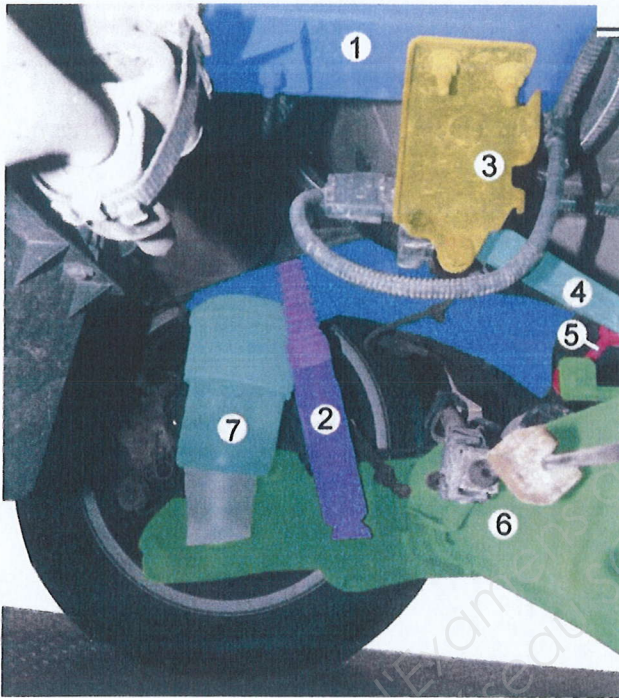
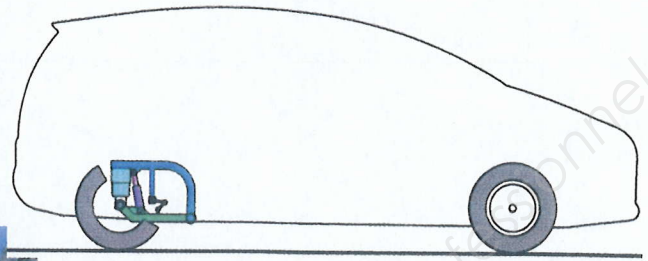
Cette nomenclature se rapporte au schéma synoptique du dossier réponses page C1/8

Liaison	Désignation	Él <sup>ts</sup> concernés
1	Allumage voyant inhibition	7715 / 7738
2	État commutateur inhibition	7738 / 7715
3	Info température GEP	7737 / 7715
4	Commandes du GEP (compresseur et électrovannes)	7715 / 7737
5	Commande bruiteur arrière	7715 / 7769
6	Affichage état suspension	BSI1 / 0004
7	Commande bruiteur habitacle (sous volant)	BSI1 / CV00
8	Commande bruiteur habitacle (sous volant)	CV00 / VMF
9	<i>Objet de la question 1-5</i>	7095 / 7715
10	Informations : - correction de hauteur en cours - hauteur de débattement arrière	7715 / 7800
11	<i>Objet de la question 1-5</i>	7800 / 7715
12	<i>Objet de la question 1-5</i>	1320 / 7715
13	Informations : - hauteur de roulage non atteinte - défaut calculateur de suspension	7715 / BSI1
14	Information capteur hauteur arrière droit	7754 / 7715
15	Information capteur hauteur arrière central	7753 / 7715
16	Informations : - des liaisons 9, 11 et 12 - état des ouvrants - passage en mode ECO - demande de réveil	BSI1 / 7715
17	Demande de montée/descente manuelle	7749 / 7715
18	Informations de la liaison 13	7715 / BSI1
19	Informations de la liaison 16 (sauf liaisons 9, 11 et 12)	BSI1 / 7715

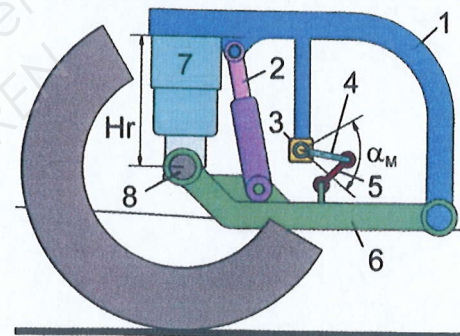
### 3 Architecture mécanique du système

#### A Schéma simplifié

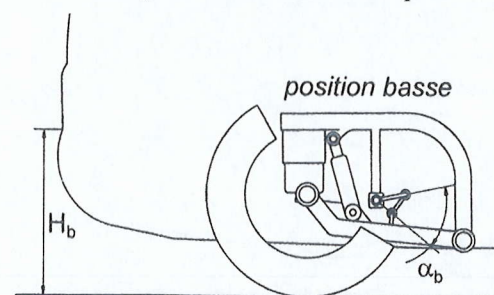
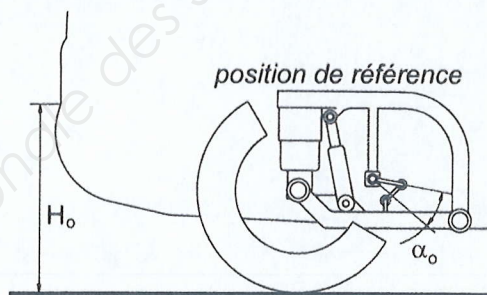
La schématique adoptée ci-dessous ne respecte pas la géométrie réelle du train : les dimensions relatives des pièces n'ont pas été respectées, leurs fixations ont été décalées pour faciliter la lecture du schéma.



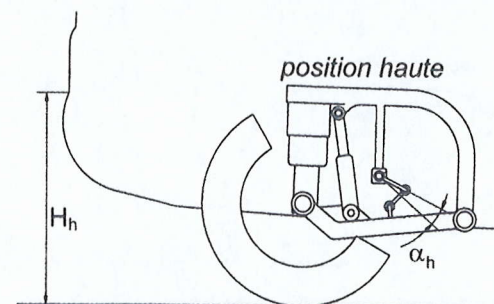
- 1 : châssis
- 2 : amortisseur
- 3 : corps de capteur (lié au châssis)
- 4 : levier de capteur
- 5 : biellette
- 6 : bras de suspension
- 7 : ressort pneumatique
- 8 : axe de roue



On note  $H_r$  la hauteur du ressort pneumatique et  $\Delta H_r$  le débattement de ce ressort lors du fonctionnement ( $\Delta H_r < 0$  si compression,  $\Delta H_r > 0$  si détente). On note  $\alpha_M = 70^\circ$  le débattement maxi du capteur angulaire. Les figures suivantes illustrent les trois positions caractéristiques.



On note  $H$  la hauteur du seuil de chargement,  $\alpha$  la position angulaire mesurée par le capteur, et on utilise les indices o pour la position de référence, b pour la position basse, h pour la position haute. On a  $H_o = 570 \text{ mm}$ ,  $H_b = 500 \text{ mm}$  et  $H_h = 640 \text{ mm}$ .





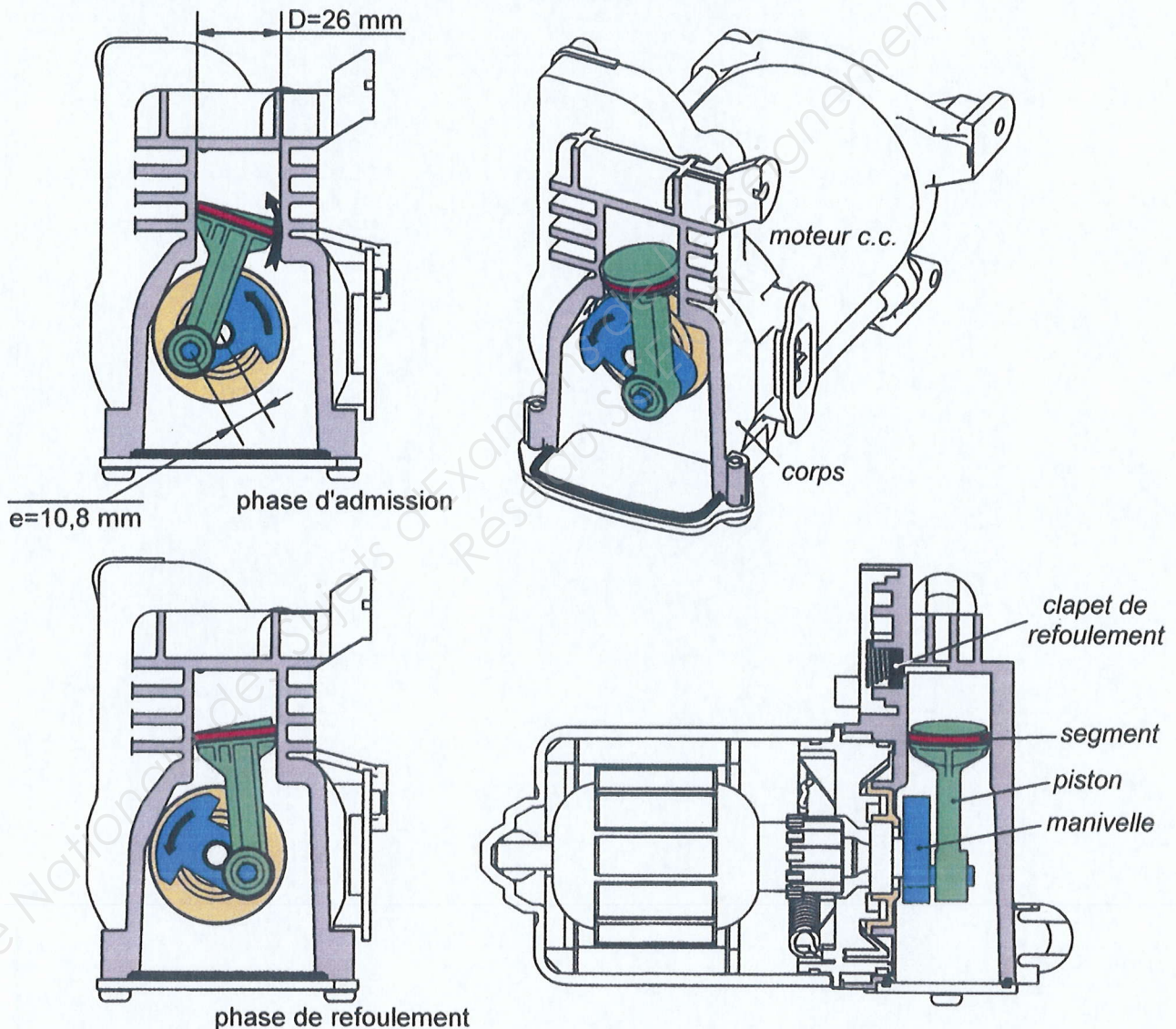
#### 4 Groupe électropompe

Le groupe électropompe se scinde en deux parties :

- un bloc mécanique moteur + compresseur;
- un bloc pneumatique filtration + électrovannes

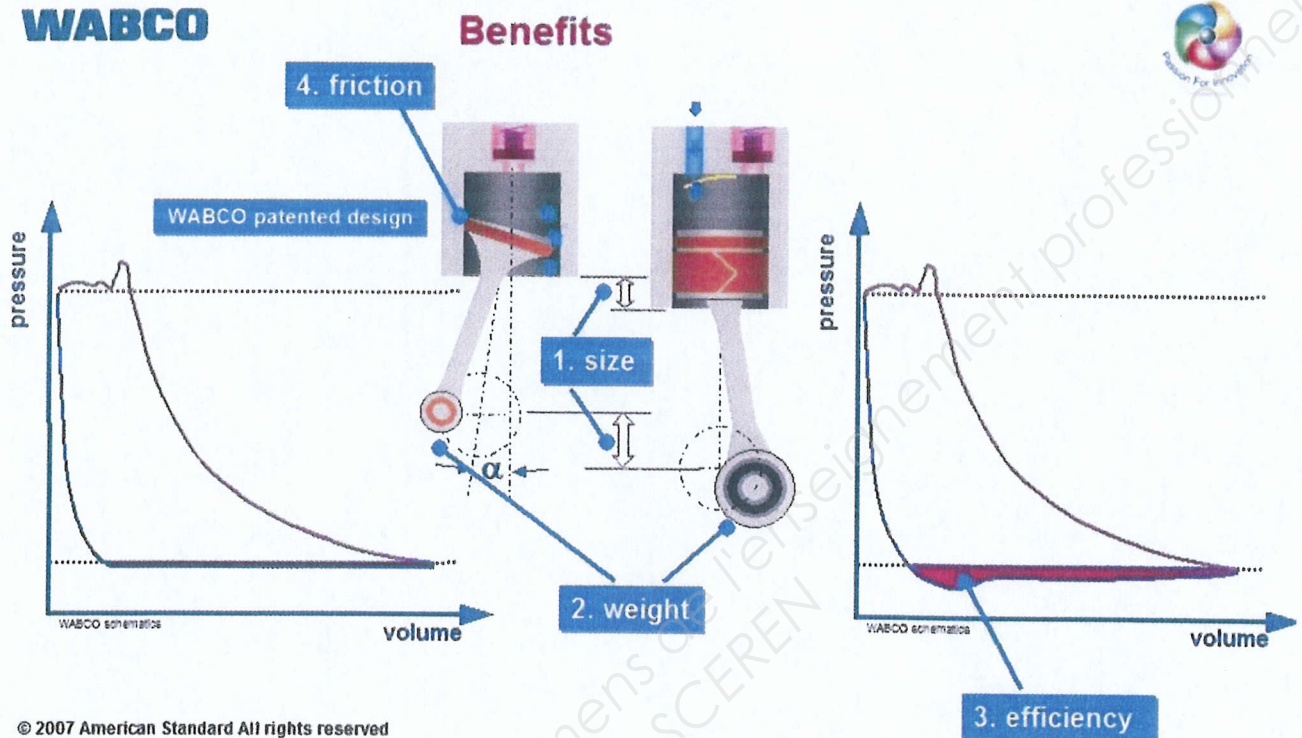
##### A Compresseur

Le compresseur est constitué d'un moteur à courant continu sur l'arbre duquel est montée serrée une manivelle qui entraîne un piston monobloc à axe décalé (voir figure suivante). Le piston, en plastique, est pourvu d'un segment souple. Ce système, breveté par la société WABCO, offre l'avantage de ne nécessiter qu'un seul clapet, pour le refoulement, l'admission se faisant entre le segment et le cylindre à travers une section de passage créée grâce au décalage de l'axe du piston et à une excentration de l'arbre moteur par rapport au cylindre.



Les formes du piston sont telles qu'aux points morts haut et bas, sa face supérieure est pratiquement perpendiculaire à l'axe du cylindre. Il s'ensuit que le volume balayé lors du déplacement du piston dépend, comme pour un piston classique, du diamètre du cylindre  $D = 26\text{ mm}$  et de l'excentration de la manivelle  $e = 10,8\text{ mm}$ .

Par rapport à une solution bielle-manivelle classique, cette conception est plus compacte, plus légère, limite les frottements, et surtout permet une admission à pression atmosphérique. Ces avantages sont illustrés dans le document suivant, extrait du module de formation que l'équipementier WABCO propose à ses partenaires. Les deux conceptions y sont comparées.



*Remarque : la solution bielle-manivelle classique équipe les compresseurs des Citroën Jumpy.*

**Données caractéristiques du compresseur**

- gamme de puissance : 200 W
- tension nominale : 12 V
- intensité nominale : 16 A
- débit\* : 19 L.min<sup>-1</sup> à 6 bar  
11 L.min<sup>-1</sup> à 10 bar
- pression\* max : 10 bar
- durée de vie : 250 h
- temp. de fonctionnement : -40°C à +100°C
- poids : < 3 kg

\* Ces caractéristiques concernent le compresseur seul, et non l'ensemble du circuit pneumatique.

**B Ensemble pneumatique**

On donne ci-après un plan d'ensemble à l'échelle 3:4, ainsi qu'un éclaté du bloc de filtration (le même code couleur prévaut sur cet éclaté et le plan d'ensemble).

