

SESSION 2024

CAPLP
CONCOURS EXTERNE ET CAFEP
3^{ème} CONCOURS

Section : GÉNIE MÉCANIQUE

**Option : MAINTENANCE DES VÉHICULES, MACHINES AGRICOLES,
ENGINS DE CHANTIER**

ÉPREUVE ÉCRITE DISCIPLINAIRE

Durée : 5 heures

Calculatrice autorisée selon les modalités de la circulaire du 17 juin 2021 publiée au BOEN du 29 juillet 2021.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Il appartient au candidat de vérifier qu'il a reçu un sujet complet et correspondant à l'épreuve à laquelle il se présente.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier. Le fait de rendre une copie blanche est éliminatoire.

Définition de l'épreuve

L'épreuve a pour but de vérifier que le candidat est capable, à partir de l'exploitation d'un dossier technique remis par le jury, de mobiliser ses connaissances scientifiques et technologiques pour analyser et résoudre un problème technique caractéristique de la section et option du concours.

Conseils aux candidats

Il est demandé aux candidats :

- de rédiger les réponses aux différentes parties sur des feuilles de copie séparées et clairement repérées ;
- de numéroter chaque feuille de copie et indiquer le numéro de la question traitée ;
- de rendre tous les documents réponses, même non complétés ;
- d'utiliser exclusivement les notations indiquées dans le sujet lors de la rédaction des réponses ;
- de justifier clairement les réponses ;
- d'encadrer ou souligner les résultats ;
- de présenter lisiblement les applications numériques, sans omettre les unités, après avoir explicité les expressions littérales des calculs ;
- de formuler les hypothèses nécessaires à la résolution des problèmes posés si celles-ci ne sont pas indiquées dans le sujet.

Organisation du sujet

Ce sujet se décompose de la façon suivante :

- un dossier travail demandé (pages 1 à 10) ;
- des documents réponses (pages 11 à 22) ;
- un dossier technique (pages DT1 à DT32).

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► Concours externe du CAPLP de l'enseignement public :

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFE	4500J	101	9311

► Concours externe du CAFEP/CAPLP de l'enseignement privé :

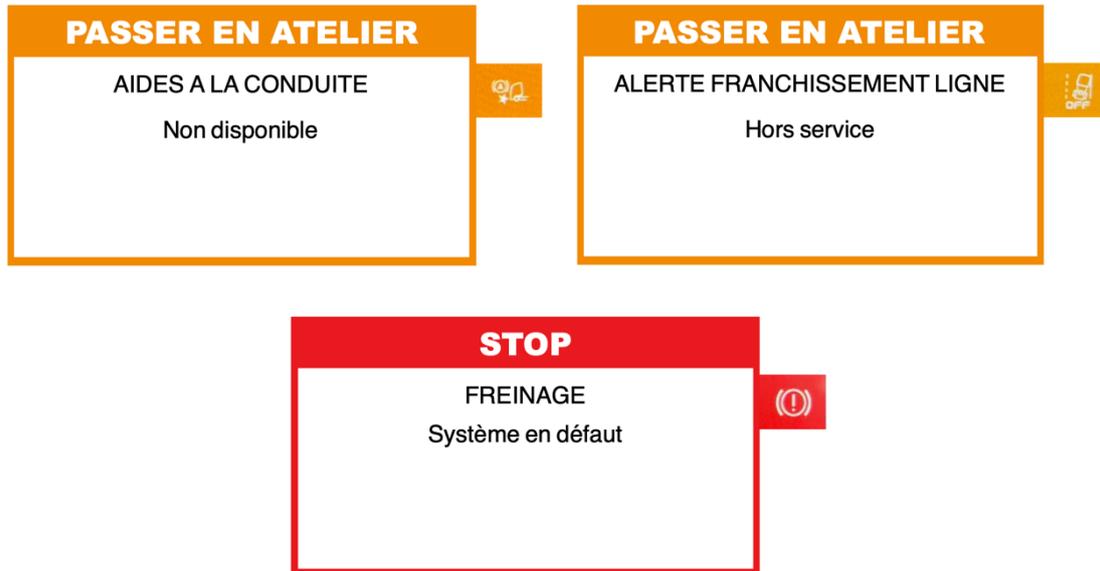
Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFF	4500J	101	9311

► **3^{ème} Concours du CAPLP de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EFV	4500J	101	9311

Dossier travail demandé

Problématique : Dans le cadre d'une préparation à la vente d'un véhicule d'occasion Renault Trucks, il est demandé de remettre en état le système d'assistance de conduite ainsi que le système d'assistance de freinage. L'afficheur principal remonte les messages suivants :



Le technicien décide de traiter les défauts dans l'ordre chronologique de leurs apparitions. Il commence par remettre en état le système d'assistance à la conduite, puis le système de freinage pneumatique EBS.

Partie 1 – Présentation du véhicule

L'objectif de cette partie est de se familiariser avec le véhicule étudié dans ce dossier.

Les documents techniques relatifs à cette partie s'étendent du DT1 au DT10

- Question 1** Décoder le numéro de série du véhicule étudié : VF630N164JD001717.
- Question 2** Déterminer la date de fabrication du véhicule à partir du Chiffre Application Modification : 14LJ.
- Question 3** Détailler la configuration de la silhouette du véhicule identifiée lors de la question 1.
- Question 4** Donner les principaux avantages de l'architecture multiplexée TEA2+.
- Question 5** Déterminer, sur le DR1, dans les rectangles arrondis jaunes, les noms et numéros des différents calculateurs passerelles de l'architecture multiplexée. Replacer les noms des sous-réseaux multiplexés sur les lignes bleues. Entourer en rouge les sous-réseaux liés au système d'assistance de conduite et au système de freinage à commande électronique.

Partie 2 – Système d'assistance de conduite

L'objectif de cette partie est d'étudier le fonctionnement du système d'assistance de conduite.

L'étude est décomposée en trois étapes :

- le fonctionnement des éléments de détection ;
- la chronologie d'un scénario d'alerte de collision avec freinage d'urgence ;
- le diagnostic du système d'assistance de conduite.

Les documents techniques relatifs à cette partie s'étendent du DT6 au DT19.

Fonctionnement des éléments de détection

- Question 6** Proposer une définition pour l'expression : sécurité active.
- Question 7** Donner la fonction des éléments suivants : FLS, LPOS et DACU.
- Question 8** Tracer, sur le DR2, les balayages radars du FLS en faisant apparaître les valeurs.
- Question 9** Tracer, sur le DR2, les champs de vision vertical et horizontal du LPOS en faisant apparaître les valeurs.

Chronologie d'un scénario d'alerte de collision avec freinage d'urgence

Cette étape traite de la vérification des performances du système d'assistance de conduite dans les conditions suivantes :

- la vitesse du poids lourd est de $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$;
- la vitesse du véhicule détecté devant le poids lourd est de $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$;
- le véhicule est à vide ;
- le véhicule est sur sol plat ;
- les différentes résistances à l'avancement sont négligées (traînée aérodynamique, roulement).

- Question 10** Calculer la masse totale (M) du véhicule.
- Question 11** Calculer la décélération (a_{pre}) du véhicule en phase de freinage préliminaire avec une pression dans les cylindres avant de 3,1 bars et dans les cylindres arrière de 1,6 bar. La masse est estimée à 10 820 kg.
- Question 12** Calculer la décélération (a_{urg}) du véhicule en phase de freinage d'urgence avec une pression dans les cylindres avant de 5,2 bars et dans les cylindres arrière de 2,4 bars. La masse est estimée à 10 820 kg.

À l'aide de la relation :

$$D = \frac{(V_1^2 - V_2^2)}{2 a}$$

Question 13 Calculer la vitesse du véhicule à la fin de la phase de freinage préliminaire (V_{pre}) avec une distance de freinage (D_{pre}) lors de la phase freinage préliminaire de 16 mètres.

Question 14 Calculer la vitesse du véhicule à la fin de la phase de freinage d'urgence (V_{urg}) avec une distance de freinage (D_{urg}) lors de la phase freinage d'urgence de 31 mètres.

À l'aide de la relation :

$$\mu = \frac{a}{g}$$

- μ : Coefficient d'adhérence ;
- a : décélération du véhicule ($m \cdot s^{-2}$) ;
- g : accélération gravitationnelle terrestre ($m \cdot s^{-2}$).

Question 15 Calculer la décélération maximale (a_{max}) du véhicule avec un facteur d'adhérence longitudinale entre les roues et le sol (μ_L) = 0,8.

Dans le cas d'une équiadhérence de toutes les roues du véhicule, le véhicule est à la limite du glissement.

Question 16 Expliquer les conséquences sur le freinage d'une décélération supérieure de l'une des roues par rapport à la décélération maximale (a_{max}) admissible.

Question 17 Calculer les forces de freinage nécessaires pour atteindre la décélération maximale pour chaque roue des essieux 1, 2 et 3. L'appellation de la force de freinage de chaque roue respectera le format suivant : F_{G1} (pour la force de freinage de la roue gauche essieu 1).

Question 18 Déterminer, sur le DR3, la pression nécessaire dans chaque cylindre de frein des essieux 1, 2 et 3. Pour faciliter la lisibilité, tracer en bleu les roues gauches et en rouge les roues droites.

Question 19 Justifier l'utilisation partielle de la plage de pression des cylindres de frein des essieux 1, 2 et 3. Dans le cas d'une décélération maximale (a_{max}), la pression maximum dans un cylindre avant est de 7,1 bars et dans un cylindre arrière est de 3,4 bars.

Question 20 Tracer, sur le DR4, le chronogramme de fonctionnement complet d'un déclenchement d'alerte collision vers l'avant : l'évolution de la vitesse du véhicule, l'évolution de la décélération du véhicule, l'évolution de l'alerte visuelle pour le conducteur et l'évolution de l'alerte sonore (visuelle) pour le conducteur.

Diagnostic du système d'assistance de conduite

À l'aide de l'outil de diagnostic, le technicien effectue une lecture des défauts :

	Advanced Driver Assistance Systems (ACC – LDW) Renault - (DACU) Calculateur conduite assistée - -
	B150968 - Notification collisions avec frein d'urgence, défaut signal d'entrée - Information d'évènement
	Electronique de la direction assistée Renault - HMIIOM Module interface I/O homme-machine - -
	U115000 - Perte de communication avec le capteur pointé vers l'avant

Il constate également la perte de communication avec le LPOS :

	Caméra avant
---	--------------

Il décide de contrôler l'intégrité des sous-réseaux multiplexés de sécurité active liés aux fonctionnalités d'alerte de collision vers l'avant et d'assistance au maintien de la trajectoire.

Question 21 Donner le type de signal qui va circuler sur un réseau multiplexé. Préciser le nom du support qui transporte ce signal.

Question 22 Expliquer l'intérêt sur certains réseaux multiplexés d'avoir des résistances de terminaisons.

La connaissance de la valeur de la résistance équivalente entre les deux fils du réseau CAN permet d'identifier d'éventuelles causes de problèmes de communication.

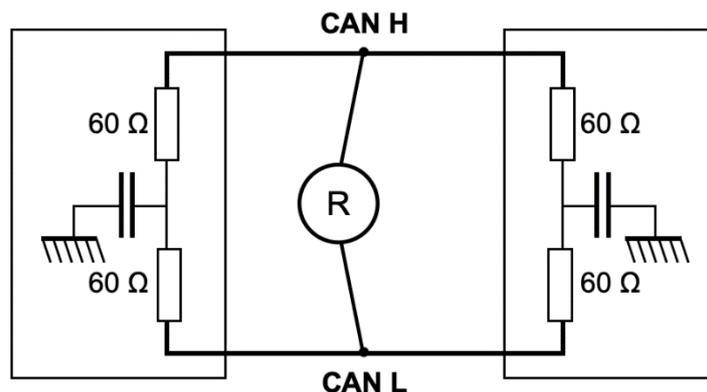


Figure 1 : Schéma équivalent du réseau CAN H/S

Question 23 Calculer la résistance équivalente (R) entre CAN H et CAN L. Développer votre calcul en intégrant l'expression littérale et l'application numérique.

Question 24 Déterminer la valeur mesurée à l'ohmmètre (R) pour les deux défauts suivants : un fil coupé sur le CAN H et un court-circuit entre CAN H et CAN L.

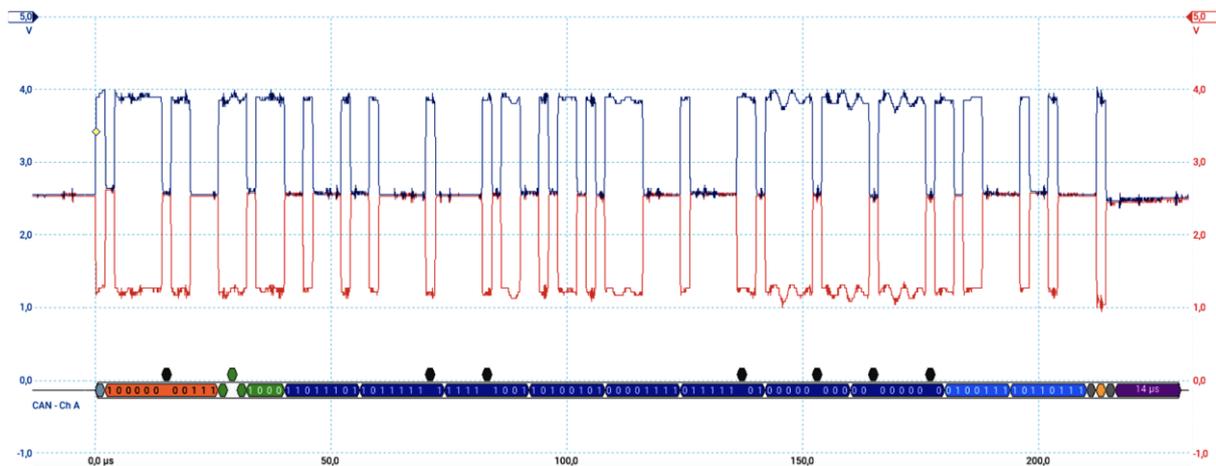
Question 25 Compléter, sur le DR6, le tableau permettant d'identifier les différents réseaux.

Question 26 Calculer le débit des réseaux multiplexés suivants : CAN J2284, CAN J1939 et LIN (en utilisant DT6 et DT7).

Question 27 Représenter, sur le DR5, les appareils de mesures permettant de relever les alimentations : potentiel positif et potentiel négatif du LPOS.

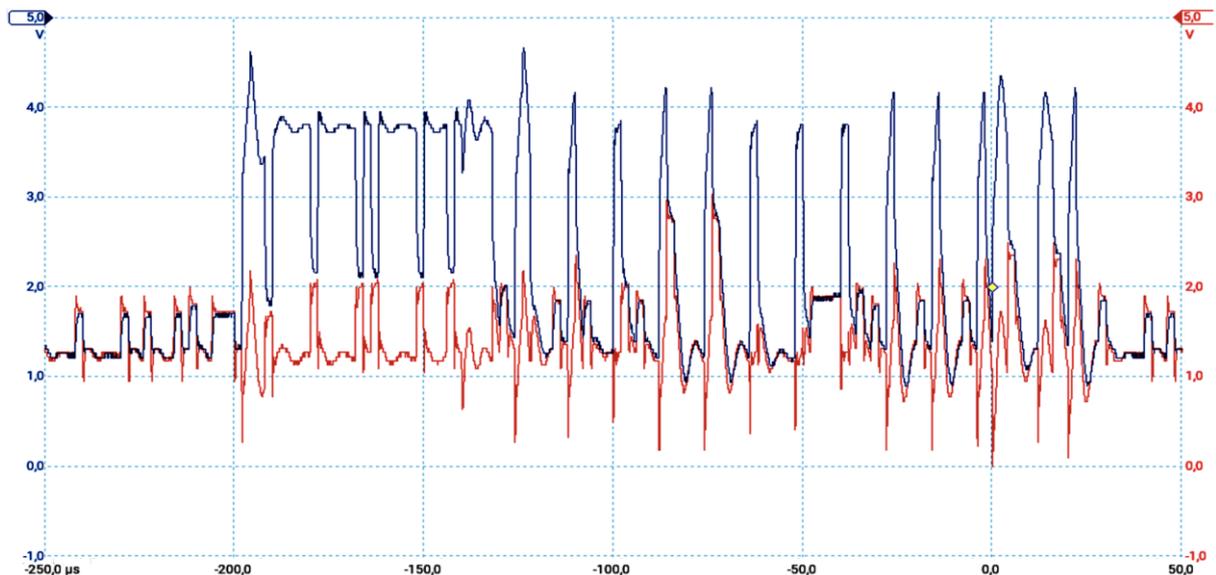
Question 28 Représenter, sur le DR5, les appareils de mesures permettant de contrôler l'intégrité des sous-réseaux : sécurité active.

Le technicien effectue le contrôle du premier sous-réseau « sécurité active » entre le DACU et le LPOS :



Question 29 Compléter, sur le DR6, le tableau de mesures du premier sous-réseau « sécurité active » entre le DACU et le LPOS.

Le technicien effectue le contrôle du second sous-réseau « sécurité active » entre le LPOS et le FLS :



Question 30 Compléter, sur le DR6, le tableau de mesures du second sous-réseau « sécurité active » entre le LPOS et le FLS.

Le technicien prend par la suite la mesure de la résistance de terminaison aux bornes du connecteur débranché du LPOS, la valeur relevée est de 120 Ohms.

Question 31 Conclure et proposer des solutions par rapport aux valeurs relevées.

Question 32 Citer les procédures du constructeur nécessaires à la remise en état du système.

Partie 3 – Système de freinage pneumatique

L'objectif de cette partie est d'étudier le fonctionnement du système de freinage pneumatique.

Cette étude est décomposée en trois étapes :

- le fonctionnement du système de freinage pneumatique EBS dans sa globalité ;
- la vérification des performances du système de production d'air ;
- le diagnostic du système de freinage pneumatique EBS.

Les documents techniques relatifs à cette partie s'étendent du DT19 au DT32.

Fonctionnement du système de freinage pneumatique EBS

Question 33 Définir, sur le DR7, les fonctions de chacun des éléments en prenant en compte l'exemple du compresseur d'air.

Question 34 Tracer et nommer, sur DR 7, les liaisons du synoptique « système de gestion de la production d'air » en respectant le code couleur suivant :

- En bleu : réseau LIN
- En vert : réseau CAN
- En noir : liaison pneumatique

Question 35 Nommer la pression de désactivation du compresseur et donner sa valeur.

Question 36 Donner la fonction du système de freinage pneumatique EBS.

Question 37 Identifier, à partir de la figure 2, les différents constituants numérotés de 1 à 12. Vous présenterez votre copie de la manière suivante :

Numéro 10 : Capteur d'usure des garnitures

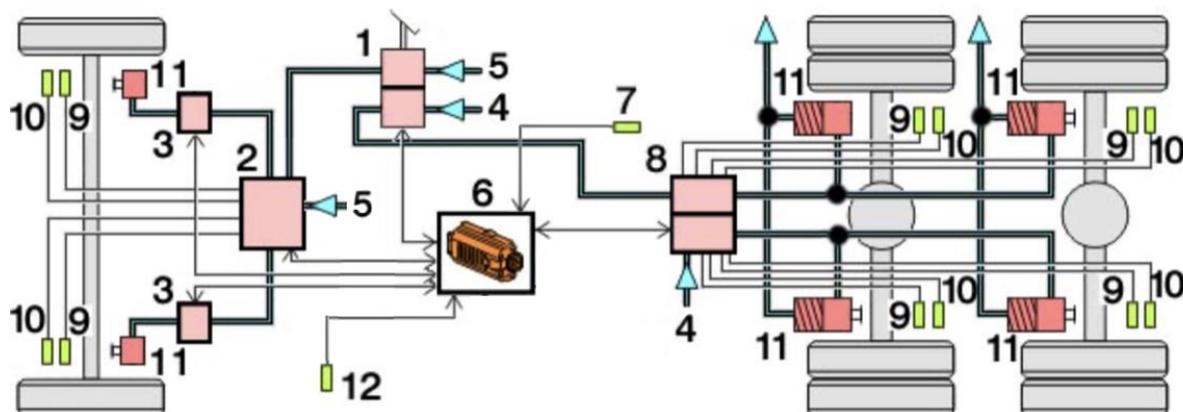


Figure 2 : Représentation du système de freinage pneumatique EBS

- Question 38** Définir le nombre de modulateurs du système EBS, donner leurs rôles.
- Question 39** Représenter, sur le DR8, les électrovannes du modulateur de robinet de frein à pied pour les positions : repos et freinage.
- Question 40** Représenter, sur les DR8 à DR10, pour chacune des différentes phases de fonctionnement, la position des différentes électrovannes. Surligner le cheminement de la pression et des commandes des électrovannes du modulateur double en respectant le code couleur suivant :
- En bleu : pression de service
 - En vert : pression de sauvegarde
 - En rouge : alimentation électrovanne

Vérification des performances du système de production d'air

À l'aide de l'outil de diagnostic, le technicien effectue une lecture des défauts :



EBS Knorr - Bremse - Système de freinage électronique - Diagnostic

C107673 - Commande de pression EMP roue 3 - Actionneur verrouillé lorsqu'il est fermé



Il décide de suivre la procédure de diagnostic proposée :

- vérifier la présence éventuelle de fuites dans la tubulure et sur les composants ;
- en l'absence de problème : vérifier que le temps de remplissage des réservoirs d'air respecte la valeur fournie par le constructeur et s'assurer que la pression de disjonction soit atteinte ;
- relever les pressions de fonctionnement du modulateur double et les comparer aux valeurs fournies par le constructeur. Contrôler la valeur fournie par les capteurs de pression internes au modulateur double.

Le technicien effectue un contrôle visuel et auditif et n'observe pas de fuite, il décide de vérifier le temps de remplissage des réservoirs et la valeur de la pression de disjonction.

Rappels :

- loi d'état : $p.V = m.r.T$ avec $r = 285 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$;
- loi d'évolution d'une transformation polytropique : $p.V^k = C^{\text{ste}}$;
- loi d'évolution d'une transformation polytropique : $p^{(1-k)}.T^k = C^{\text{ste}}$.

Avec :

- p : pression (Pa) ;
- V : volume (m^3) ;
- m : masse (kg) ;
- T : température (K).

Afin de vérifier les performances du système de production d'air, le technicien décide de réaliser une étude du compresseur d'air.

Question 41 Calculer la cylindrée unitaire du compresseur.

Question 42 Calculer V_1 pour un cylindre.

Pour la suite des calculs, le volume total du cylindre est $V_1 = 346 \text{ cm}^3$.

Question 43 Calculer V_2 et T_2 .

Question 44 Calculer la valeur de V_4 .

Question 45 Compléter, sur les DR11 et DR12, les valeurs du cycle thermodynamique du compresseur d'air et tracer son diagramme de Clapeyron.

Question 46 Nommer sur votre diagramme de Clapeyron, sur le DR12, les évolutions thermodynamiques de chaque phase de fonctionnement. Donner leurs définitions.

Le technicien souhaite vérifier la masse d'air refoulée par le compresseur vers les réservoirs (en phase de remplissage) par cycle et par cylindre.

Question 47 Calculer, au point 2, en fin de compression, la masse d'air m_2 présente dans un cylindre juste avant l'ouverture du clapet d'échappement.

Question 48 Calculer, au point 3, la masse d'air m_3 restante dans le compresseur d'air après le transvasement.

Question 49 Déduire la masse d'air m_{air} transvasé par cycle pour un cylindre puis pour tout le compresseur m_{comp} .

Pour la suite des calculs, la masse d'air pour tout le compresseur est $m_{\text{comp}} = 0,41 \text{ g}$ (par cycle).

Question 50 Calculer le rapport de réduction entre la sortie moteur et l'entrée du compresseur d'air pour un régime moteur de $800 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$. En déduire la fréquence de rotation de l'arbre d'entrée du compresseur en $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$.

Question 51 Calculer le débit de la masse d'air $q_{m,\text{comp}}$ en $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$, produit par l'ensemble du compresseur au régime moteur donné.

Pour pouvoir réaliser la vérification de performance, le technicien poursuit avec une étude des réservoirs d'air du véhicule.

Question 52 Calculer le volume d'air total V_{res} contenu dans les trois réservoirs.

Lorsque les trois réservoirs sont remplis, la pression est équivalente à P_2 . Le technicien souhaite connaître la masse d'air sous pression contenue dans les réservoirs.

Question 53 Calculer la masse d'air m_{res} sous pression que contiennent les réservoirs. Le volume total des réservoirs est de $101,5 \text{ l}$, pour une pression de $12,5 \text{ bars}$ et une température de 20°C .

À l'aide des valeurs précédemment calculées, le technicien peut maintenant vérifier les performances du système de production d'air grâce à une étude comparative des valeurs théoriques et réelles obtenues sur le véhicule.

Question 54 Calculer le temps de remplissage théorique T_{rempl} avec une masse d'air $m_{\text{res}} = 1,52 \text{ kg}$. Comparer votre résultat à la valeur relevée par le technicien de $12,5 \text{ bars}$ en 218 s . Conclure sur l'état du système de production d'air.

Diagnostic du système de freinage pneumatique EBS

Dans la suite de l'étude, le système de production d'air est considéré comme fonctionnel.

Le technicien décide de relever les pressions de fonctionnement du modulateur double de frein AR. Il contrôle, au niveau du modulateur de la roue concernée, la valeur du capteur de pression interne.

Question 55 Compléter, à l'aide de la courbe d'évolution des pressions du modulateur double de frein AR, sur le DR12, les valeurs de pressions références.

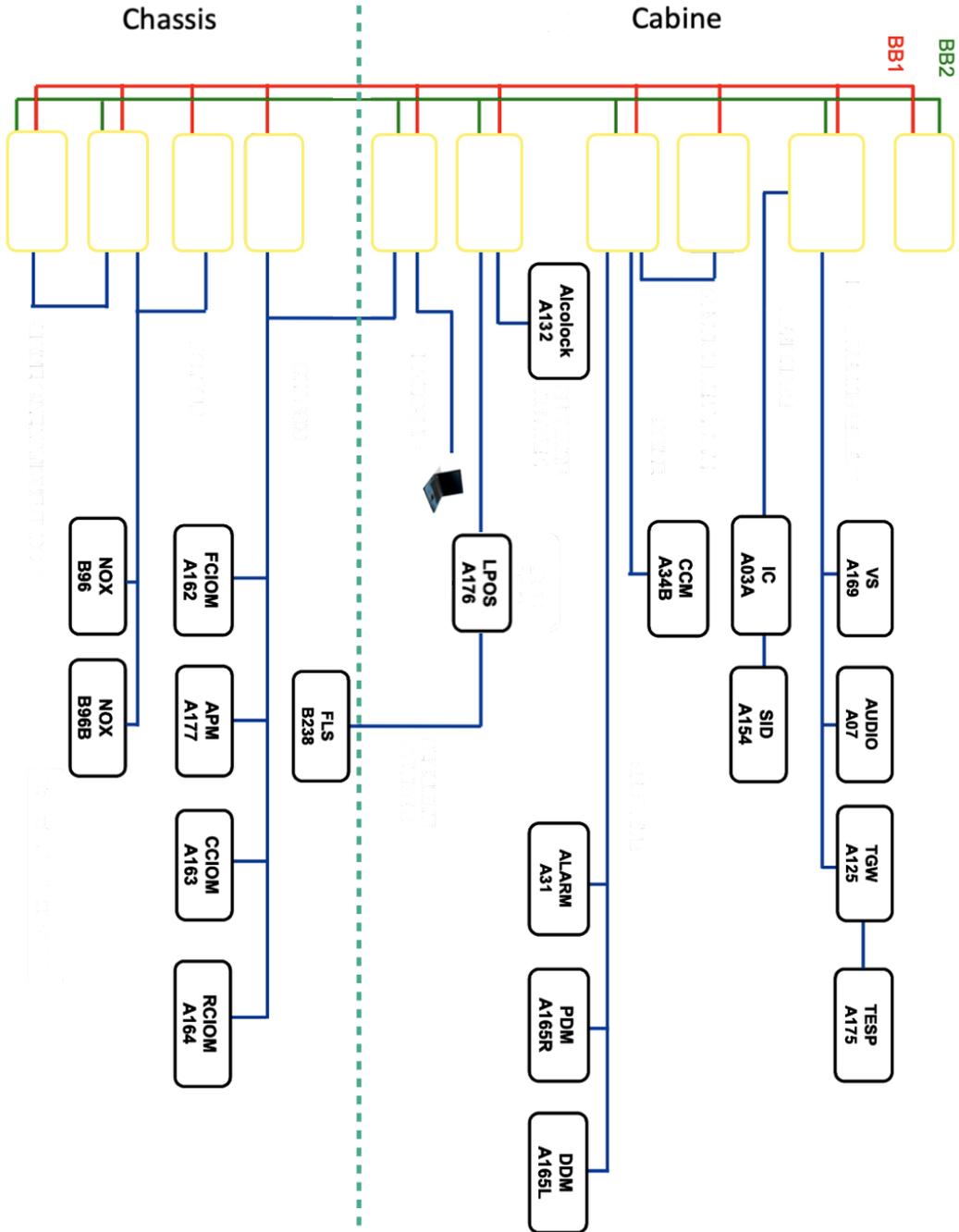
Question 56 Identifier, à l'aide de la valeur de pression d'alimentation relevée par le technicien de $9,5 \text{ bars}$, la pression de fonctionnement du véhicule lors de la présence du défaut. Justifier la présence de cette pression de fonctionnement pour le véhicule.

Question 57 Identifier, en comparant les valeurs de référence avec les valeurs relevées par le technicien, le mode de fonctionnement du modulateur double de frein AR.

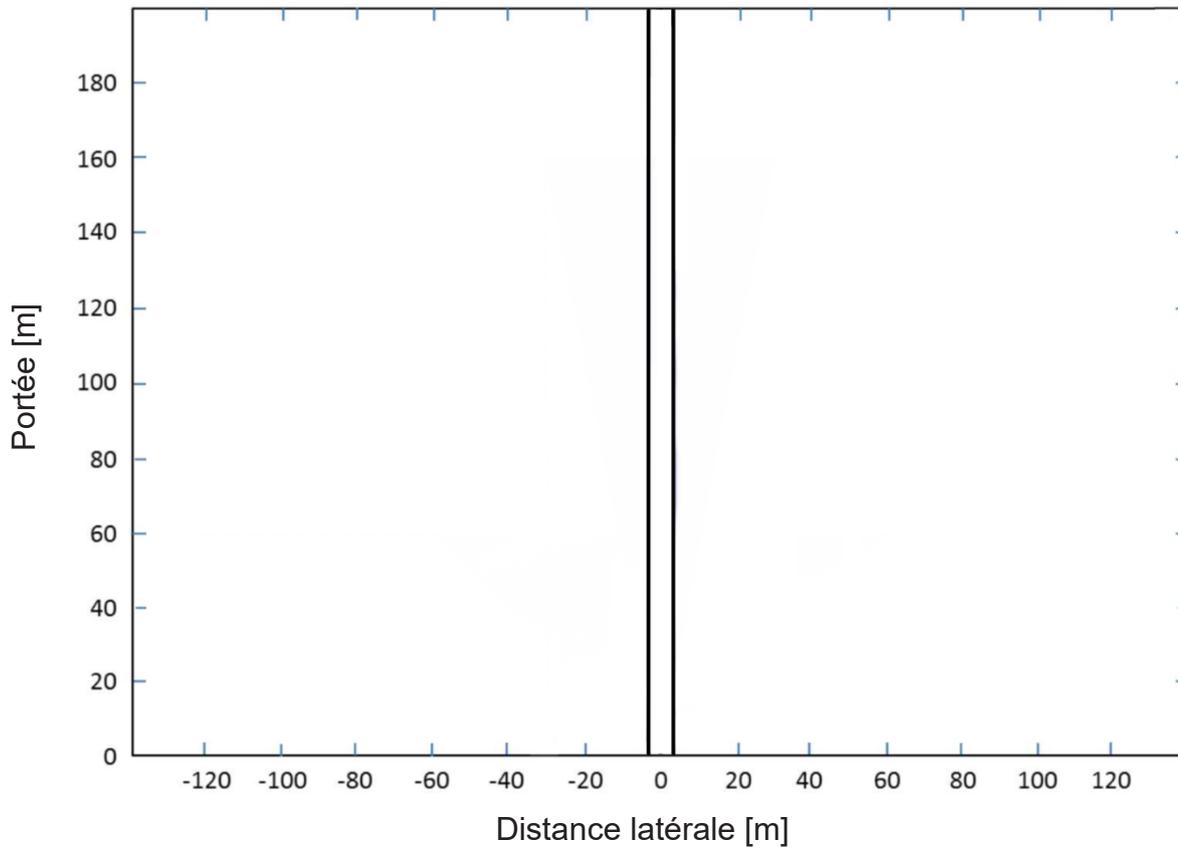
- Question 58** Justifier l'impossibilité de relever une valeur de pression pour le capteur de pression interne du modulateur double de frein AR.
- Question 59** Déterminer les conséquences, pour le conducteur, sur la pédale de frein du défaut présent sur le véhicule.
- Question 60** Identifier l'élément défaillant du système de freinage pneumatique EBS.

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

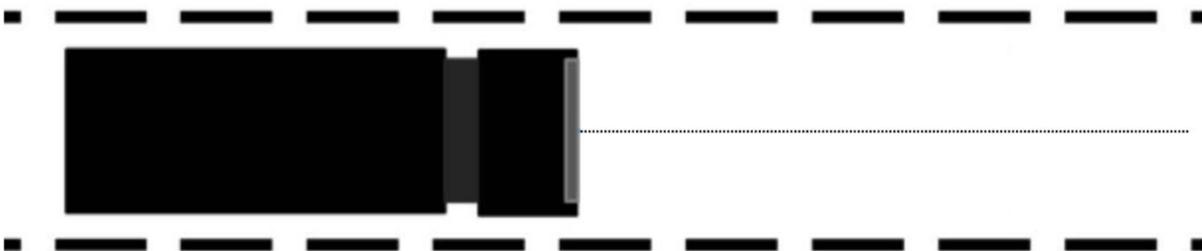
Document réponse DR1 (question 5)



Document réponse DR2 (question 8)

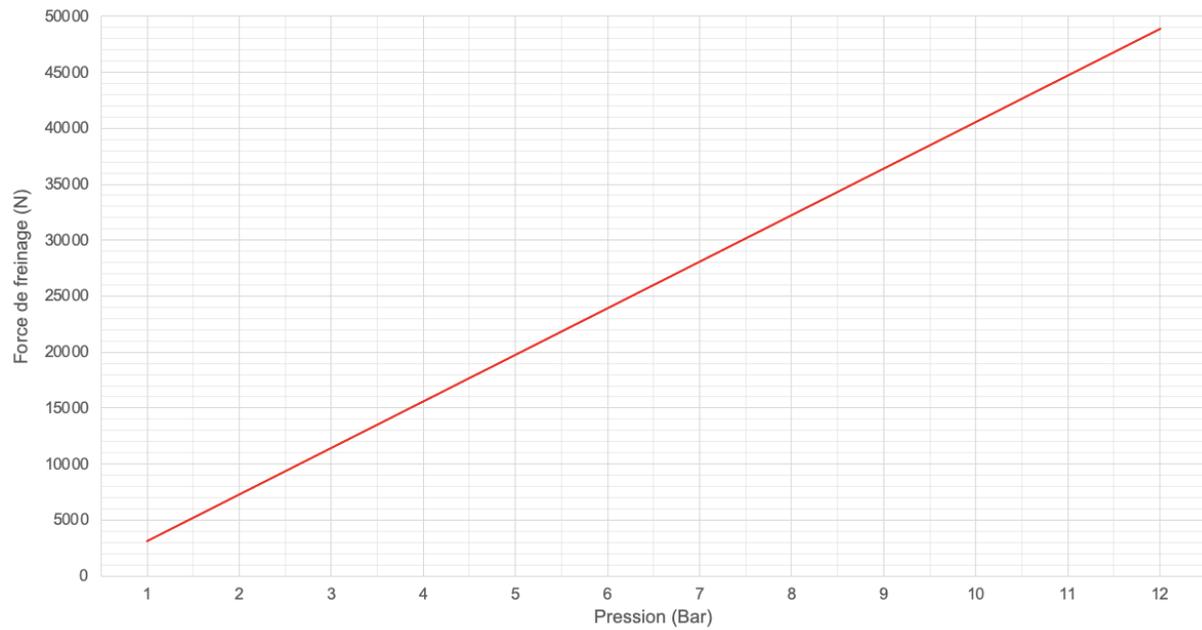


Document réponse DR2 (question 9)

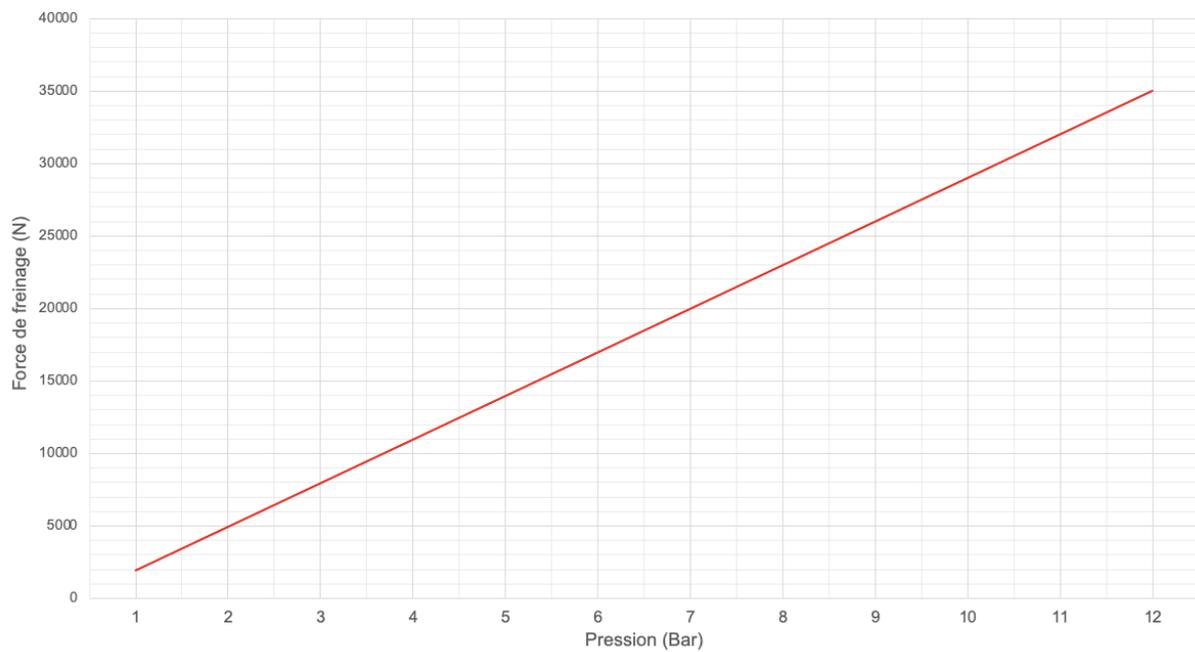


Document réponse DR3 (question 18)

Force de freinage pour une roue essieu 1

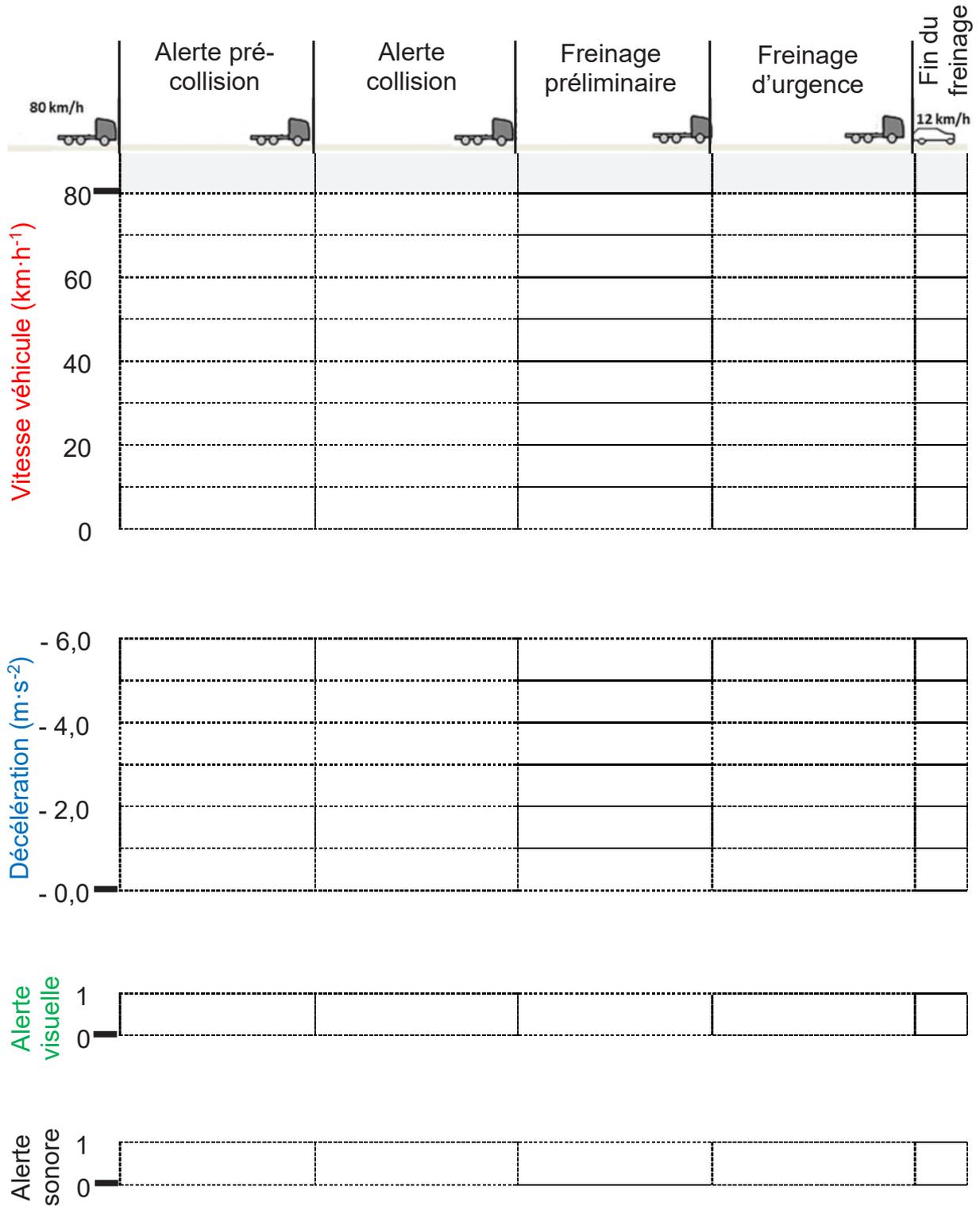


Force de freinage pour une roue essieu 2 et 3

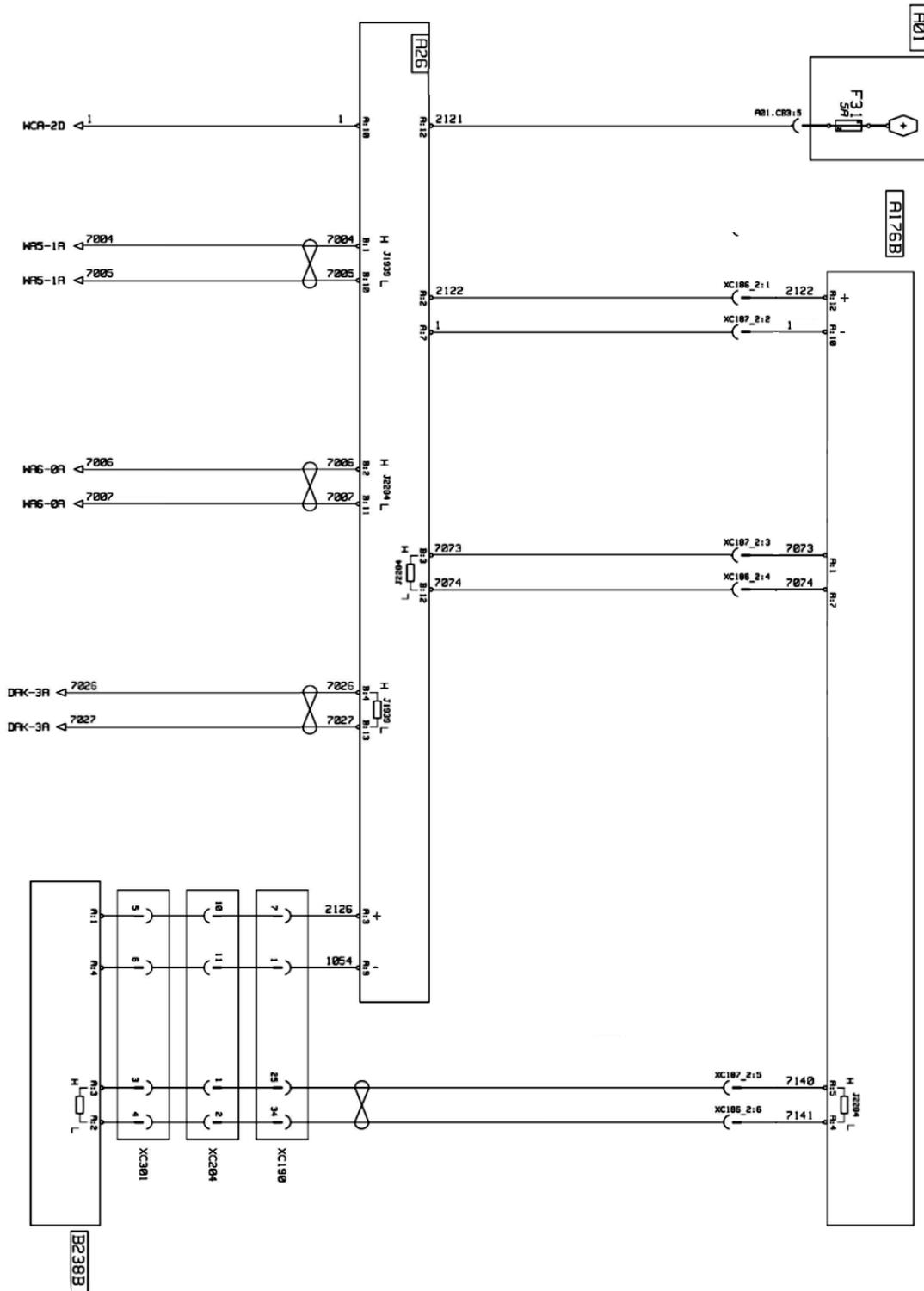


NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document réponse DR4 (question 20)



Document réponse DR5 (questions 27 et 28)



Document réponse DR6 (question 25)

RÉSEAUX	CAN H/S	LIN
Tension mini	Can H : Can L :	
Tension maxi	Can H : Can L :	
Nombre de fils		
Présence de résistance	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non
Mode dégradé	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non	<input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non

Document réponse DR6 (question 29)

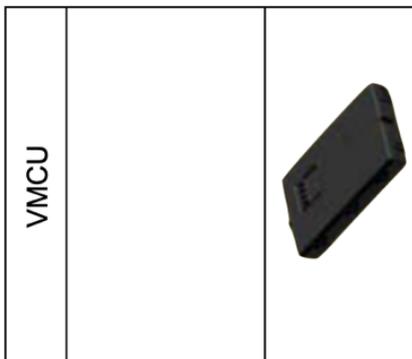
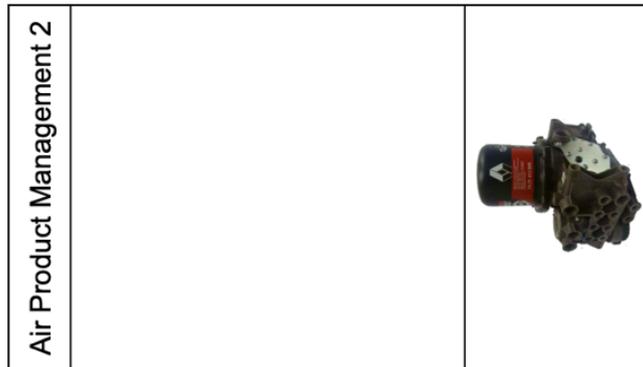
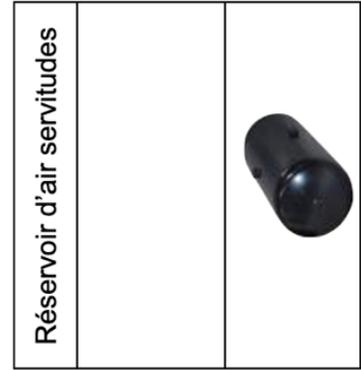
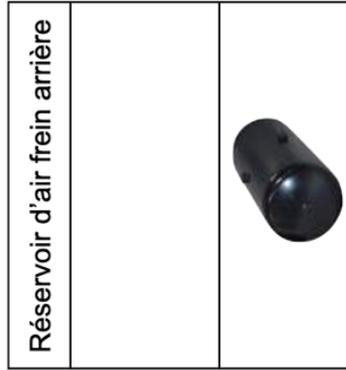
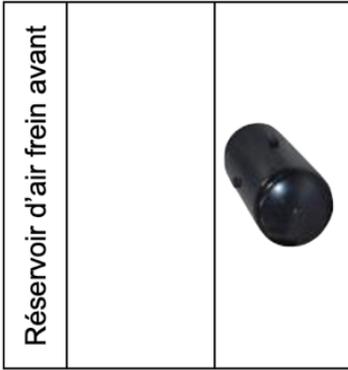
Type de mesure	Outil utilisé	Conditions de mesure	Bornes du calculateur	Valeur mesurée	Valeur attendue	Résultat
Résistance du circuit				120 Ω		
Tension CAN L				2,46 V		
Tension CAN H				2,61 V		

Document réponse DR6 (question 30)

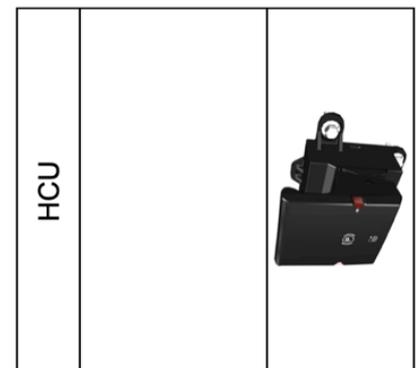
Type de mesure	Outil utilisé	Conditions de mesure	Bornes du calculateur	Valeur mesurée	Valeur attendue	Résultat
Résistance du circuit				120 Ω		
Tension CAN L				1,41 V		
Tension CAN H				2,37 V		

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document réponse DR7 (questions 33 et 34)

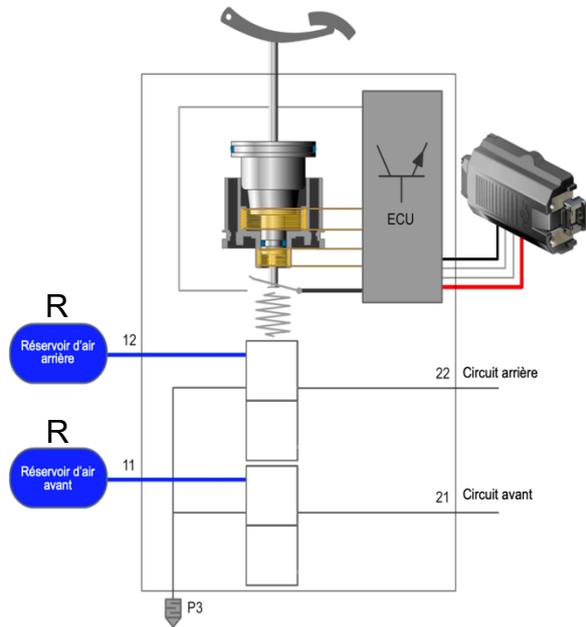


Energie pneumatique

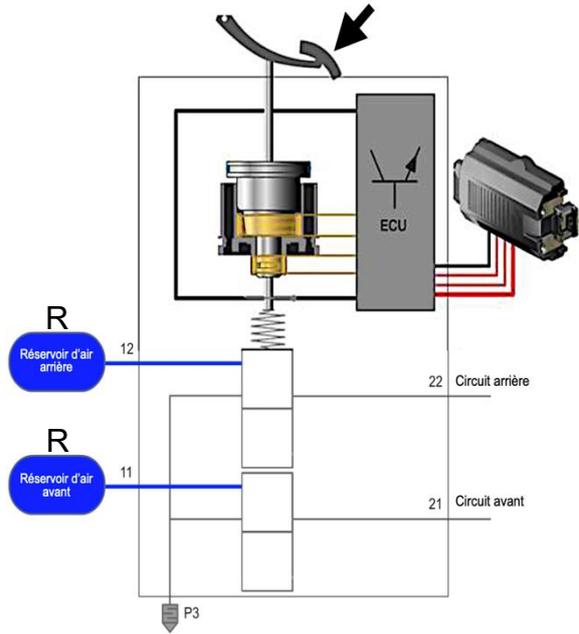


Document réponse DR8 (question 39)

Repos :

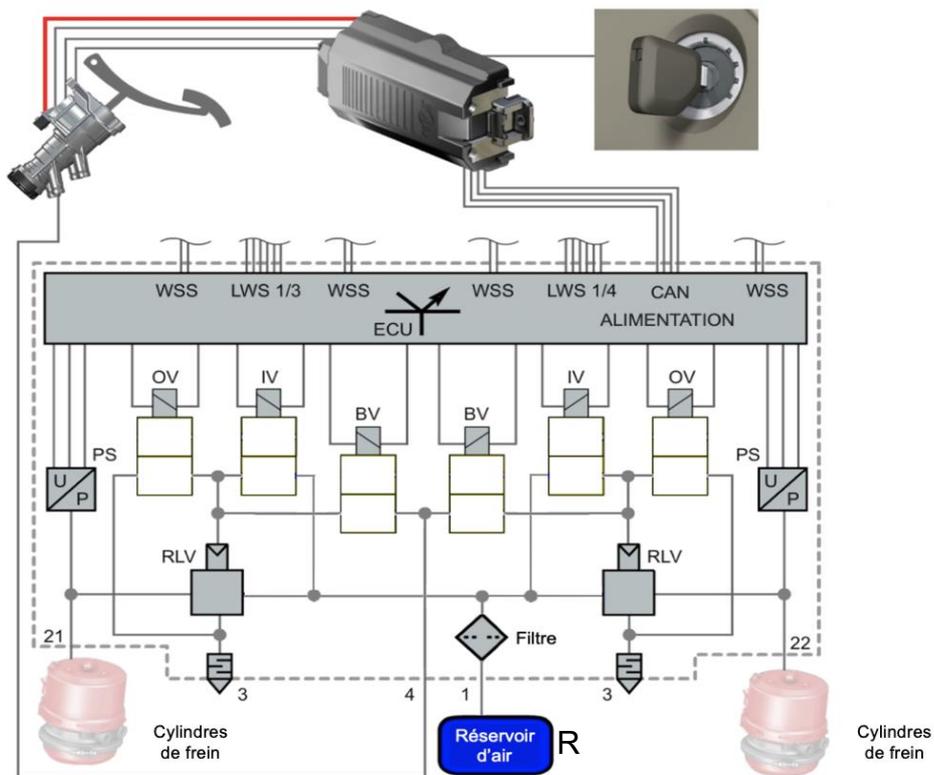


Freinage :



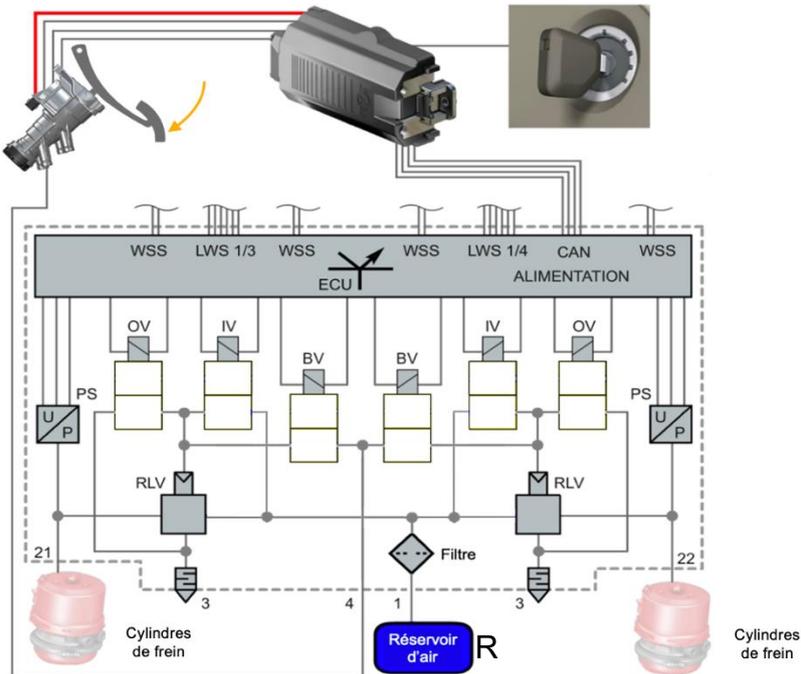
Document réponse DR8 (question 40)

Repos :

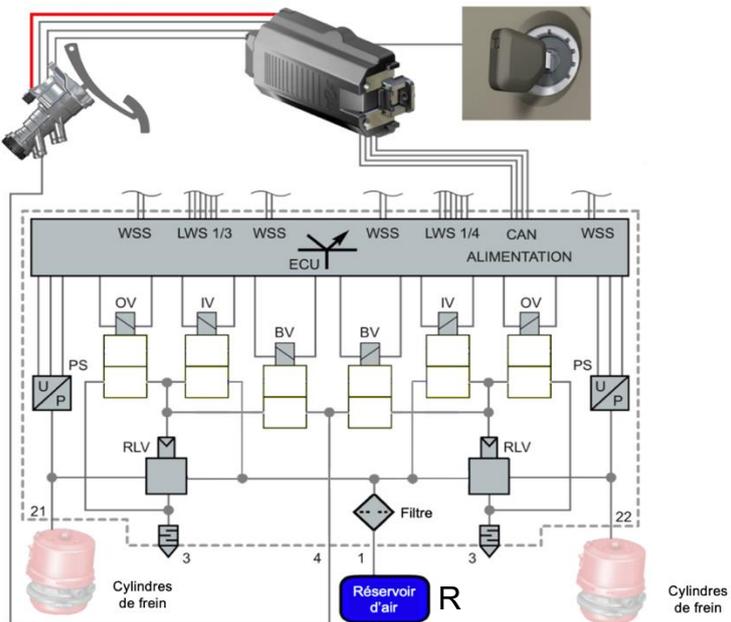


Document réponse DR9 (question 40)

Mise en pression (freinage) :



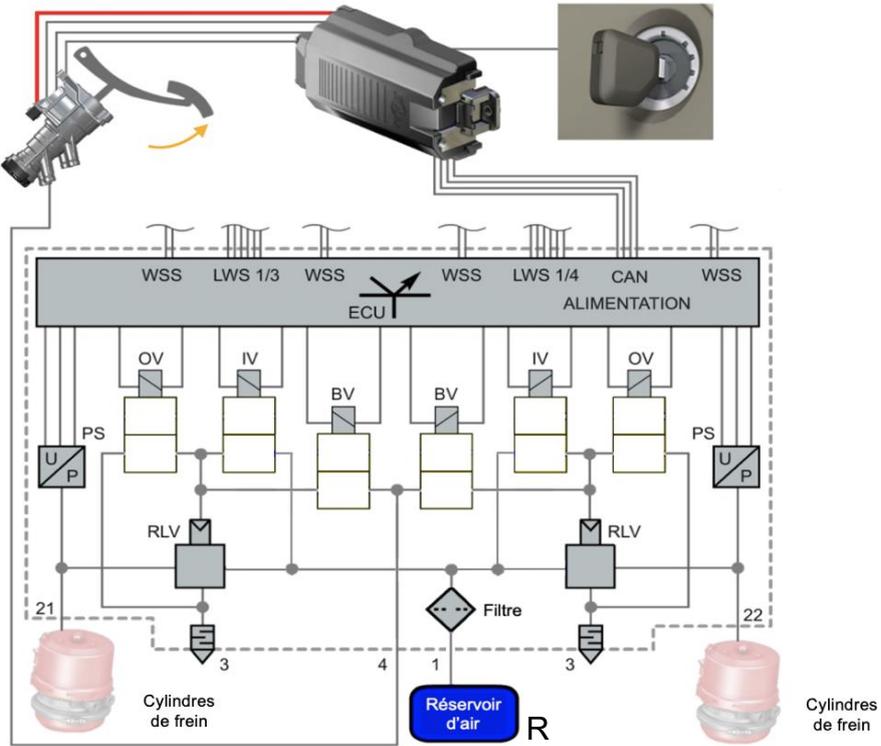
Maintien de pression :



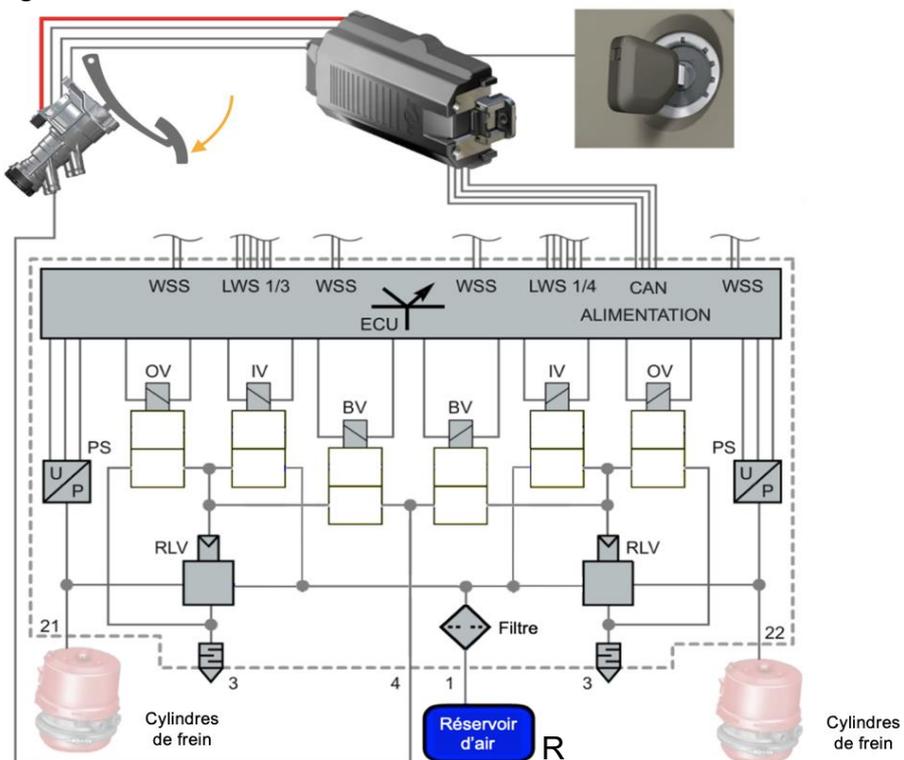
NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Document réponse DR10 (question 40)

Relâchement complet de la pédale de frein :

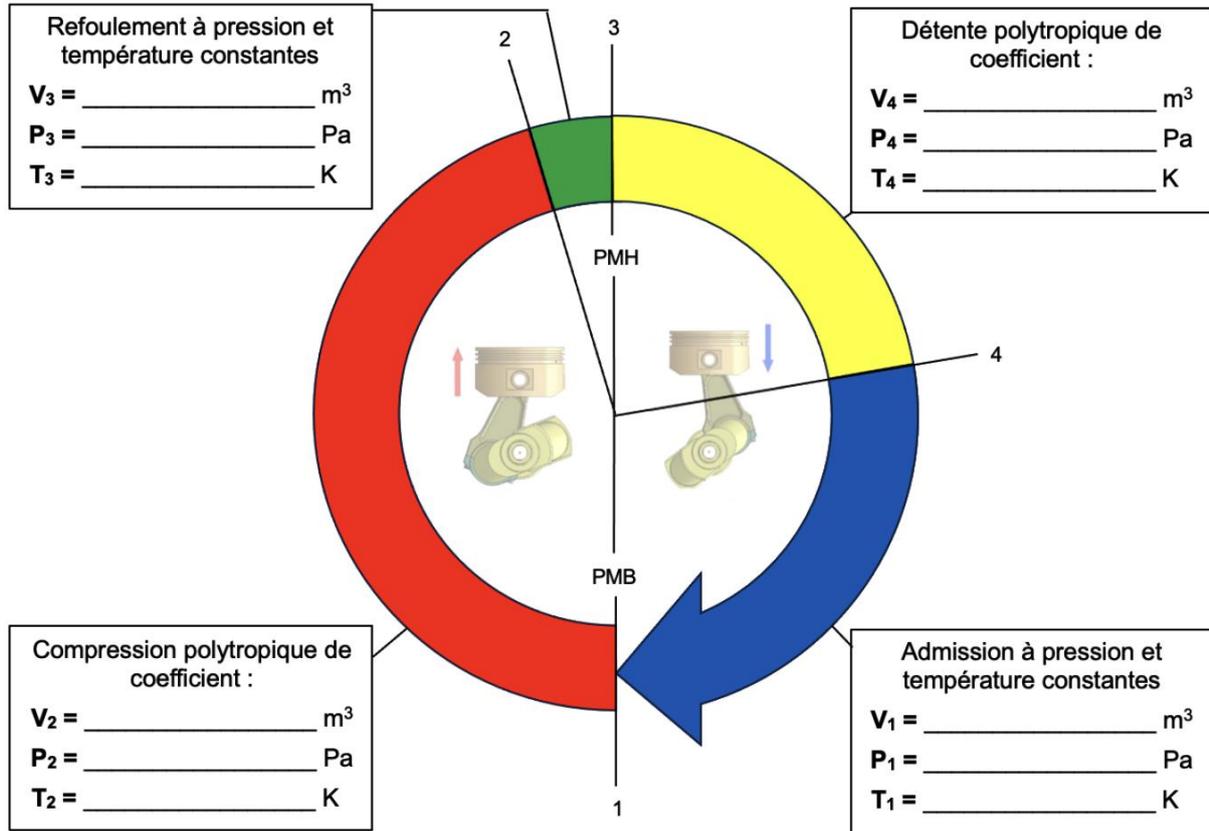


Mode sauvegarde :



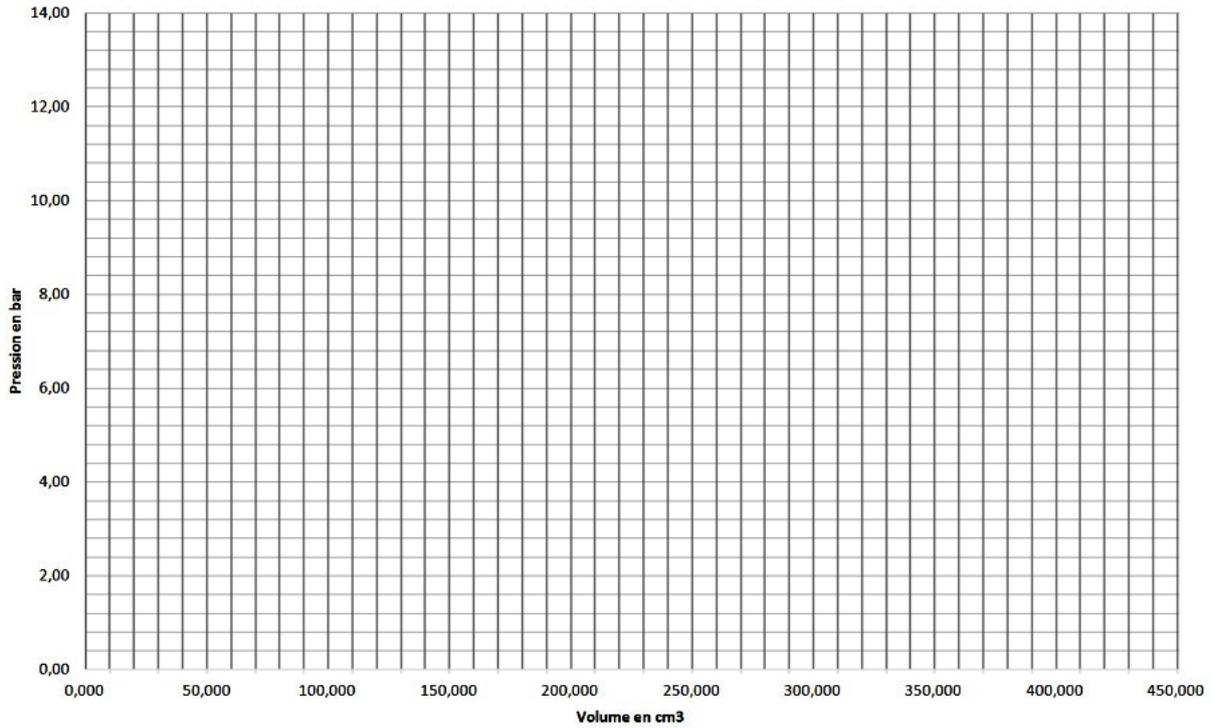
Document réponse DR11 (question 45)

Tableau de valeurs du cycle thermodynamique du compresseur d'air :



Document réponse DR12 (questions 45 et 46)

Diagramme de Clapeyron



Document réponse DR12 (question 55)

Appui sur la pédale de frein	Pression d'alimentation (bar)		Pression référence (bar)		Pression relevée (bar)	Pression interne modulateur arrière (bar)
	Référence	Relevée	Secours (voie 4)	Cylindres de frein (voie 21)	Cylindres de frein (voie 21)	
20%		9,50			0,00	Mode dégradé
40%					0,80	
60%					2,50	
80%					5,25	
100%					9,50	

Dossier technique

Renault Trucks C460



Le véhicule étudié dans ce sujet correspond à l'image présentée ci-dessus, les images contenues dans la suite du document peuvent différer du véhicule original, mais ne remettent pas en question l'exactitude des informations fournies, toujours applicable au véhicule original.

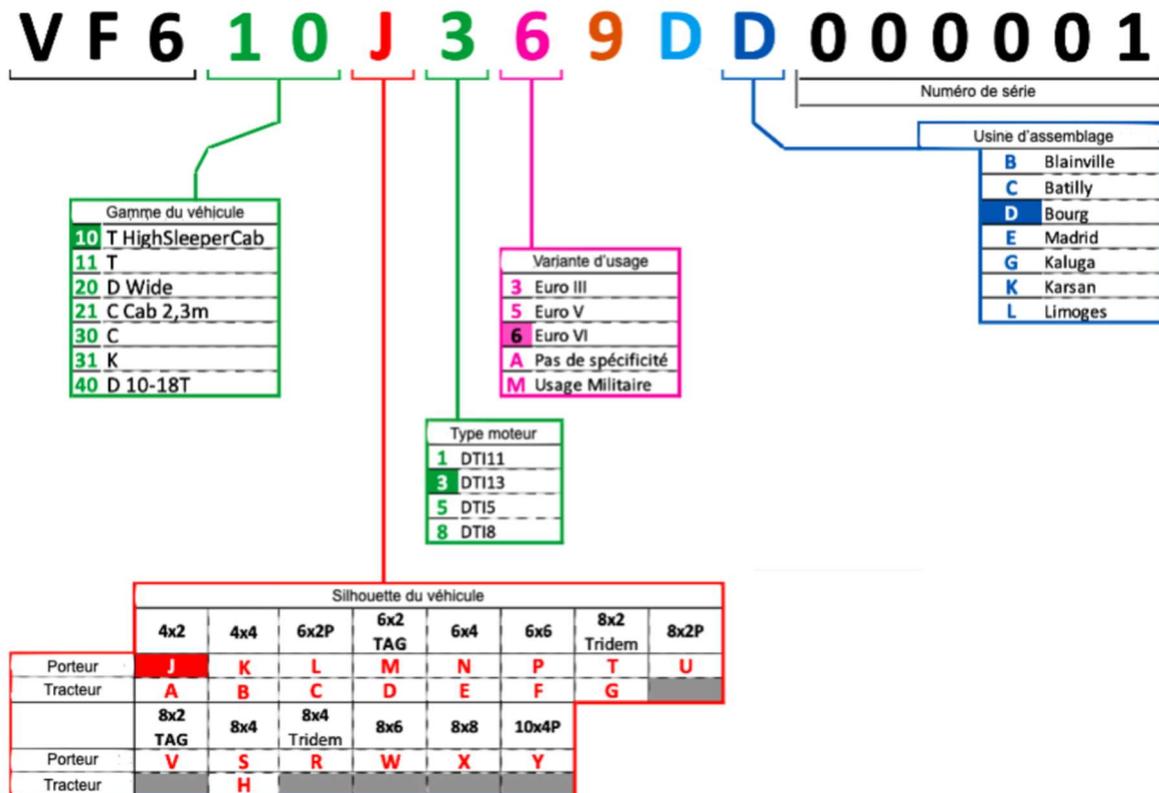
Ce véhicule Renault Trucks est un poids lourd de type *Construction* commercialisé depuis juin 2013, il peut être équipé de différentes cabines, motorisations et boîtes de vitesses. L'architecture de ce véhicule est entièrement modulable.

SOMMAIRE

1.	<i>Identification du véhicule</i>	3
2.	<i>Architecture multiplexée</i>	3
2.1.	CAN High Speed	6
2.2.	LIN	7
2.3.	Sous-réseaux multiplexés	7
2.4.	Schéma électrique de l'architecture multiplexée du véhicule étudié	9
2.5.	Codes et libellés de chaque calculateur	10
3.	<i>Système d'assistance de conduite</i>	11
3.1.	Fonctionnement du FLS	12
3.2.	Fonctionnement du LPOS	13
3.3.	Combinaison des données du FLS et du LPOS	13
3.4.	Fonctionnalité d'alerte de collision vers l'avant (FCW)	14
3.5.	Courbes de freinage théoriques du véhicule	16
3.6.	Forces verticales dynamiques du véhicule à vide	16
3.7.	Fonctionnalité d'assistance au maintien de la trajectoire (LKS)	17
3.8.	Schéma électrique du système d'assistance de conduite	18
3.9.	Codes et libellés de chaque calculateur	19
4.	<i>Système de production d'air</i>	19
4.1.	Fonctions principales des éléments du système	19
4.2.	Implantation des éléments	20
4.3.	Conditionnement de l'air	21
4.4.	Étapes de fonctionnement	21
4.5.	Pressions de fonctionnement	22
4.6.	Alerte de fonctionnement	22
4.7.	Réservoirs d'air	23
4.8.	Compresseur d'air à embrayage	24
4.9.	Cycle thermodynamique	25
5.	<i>Système de freinage pneumatique EBS 7</i>	25
5.1.	Implantation des éléments	26
5.2.	Modulateur de robinet de frein à pied	27
5.3.	Modulateur simple de frein AV	27
5.4.	Phases de fonctionnement	29
5.5.	Modulateur double de frein AR	30
5.6.	Électrovalve ABS	31

1. IDENTIFICATION DU VEHICULE

Le constructeur permet une identification précise de ses véhicules grâce à leur numéro de série :



Une datation plus précise du véhicule peut également être effectuée dans le cadre de l'exploitation des schémas électriques grâce à un nombre appelé : **Chiffre Application Modification**, sous le format JJMA.

- JJ : le jour
- M : le mois (A pour janvier, B pour février...)
- A : l'année (depuis 2010 les caractères utilisés sont : de A à Z, puis de 1 à 9 et cela recommence de A à Z...)

Pour éviter toutes erreurs, les caractères suivants ne sont pas utilisés : I, O, U, Q, Z.

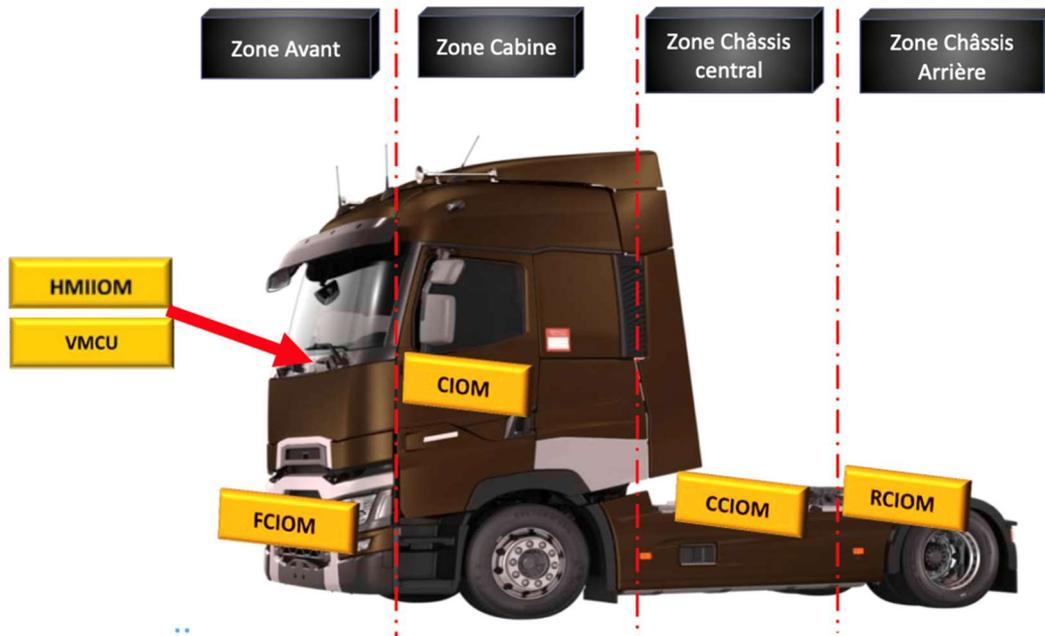
2. ARCHITECTURE MULTIPLEXEE

Ce véhicule est équipé d'une architecture multiplexée appelée : TEA2+. Le principe de multiplexage est le partage d'information. Pour arriver à ce résultat, les calculateurs sont reliés entre eux par un fil sur lequel transitent plusieurs informations.

Celle-ci répond à la norme AUTOSAR (**AUT**omotive **O**pen **S**ystem **AR**chitecture) qui demande que les logiciels soient écrits d'une manière standardisée pour qu'ils puissent fonctionner avec tous les calculateurs.

Cette nouvelle architecture a été construite de manière modulaire afin de permettre une augmentation du nombre de fonctions électriques et électroniques. Pour réduire la complexité de cette architecture, le choix de diviser le véhicule en zones et d'en affecter la gestion à des calculateurs dédiés a été retenu. Les limites de ces zones comportent des interfaces électriques (connecteurs) clairement définies et positionnées pour relier les différents faisceaux électriques visant à faciliter la maintenance.

Le découpage défini par le constructeur est le suivant :



On retrouve six calculateurs multirôles affectés chacun à une zone, mais gérant différentes fonctions :

- HMIOM : Calculateur de gestion des interfaces homme/machine
- VMCU : Calculateur principal de gestion du véhicule
- FCIOM : Calculateur de gestion des informations de la zone avant du châssis
- CIOM : Calculateur de gestion des informations de la cabine
- CCIOM : Calculateur de gestion des informations de la zone centrale du châssis
- RCIOM : Calculateur de gestion des informations de la zone arrière du châssis

Pour simplifier la maintenance à cause de la complexité du châssis dû aux différentes configurations possibles d'essieux et d'empattement, le constructeur a fait le choix de router sur le côté droit du châssis les faisceaux électriques et sur le côté gauche les conduits pneumatiques.

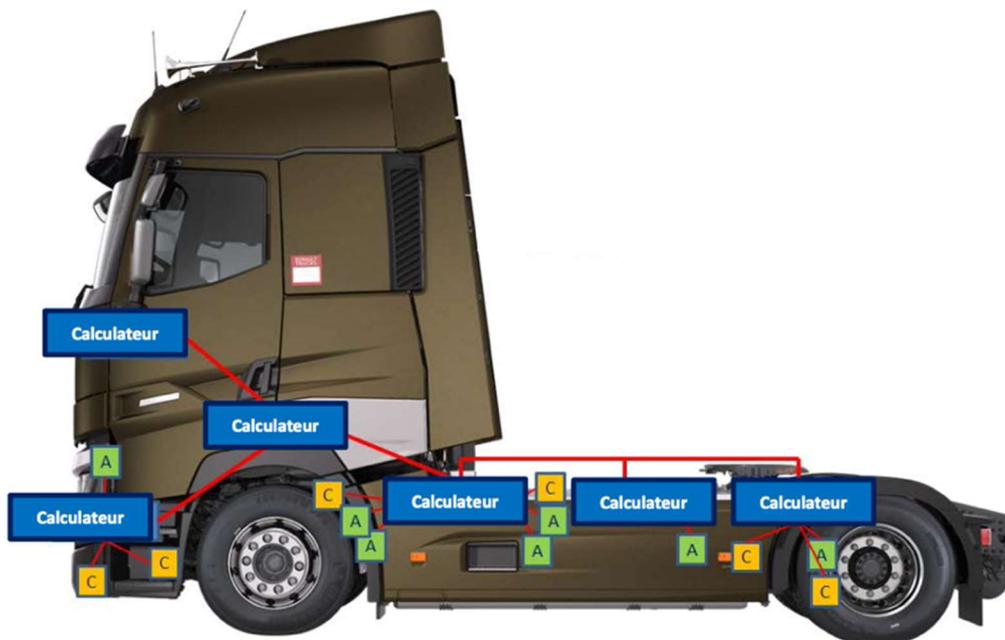
Toute cette nouvelle organisation aura permis d'augmenter l'espace en cabine et de faciliter l'implémentation des évolutions (ajout d'options).

Les deux images ci-dessous permettent de se rendre compte de l'évolution de la nouvelle architecture utilisée sur le véhicule étudié en comparaison de l'ancienne :

TEA2 :



TEA2+ :



Pour répondre au besoin de communication plus volumineux en raison de l'augmentation du nombre de prestations, l'introduction d'un nouveau protocole CAN High Speed (H/S) s'est avéré nécessaire. On retrouvera donc sur le véhicule étudié les protocoles et standards suivants : CAN H/S J1939, CAN H/S J2284 et LIN.

Ce protocole ne propose pas de mode dégradé en cas de défaut de ligne. Tout incident physique sur le support de communication (coupure, court-circuit) affecte le fonctionnement du réseau. Afin d'assurer une transmission des données sans perturbation, le réseau intègre des résistances de terminaisons (RT), celles-ci visent à éviter les phénomènes de résonances entre les deux fils du support de communication.

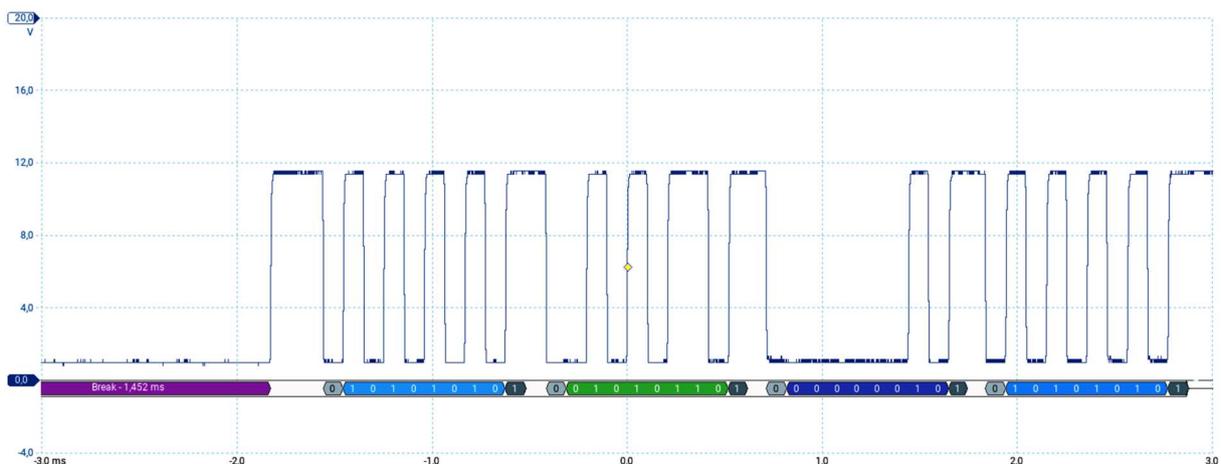
Les résistances de terminaison ($RT = 120$ ohms) se trouvent dans les calculateurs se trouvant aux extrémités des réseaux auxquels ils appartiennent. Elles sont toujours représentées sur les schémas électriques du véhicule.

2.2. LIN

Le LIN est un protocole de communication série qui a été conçu pour être fiable et économique. Il est utilisé comme sous-réseaux pour gérer des capteurs, des actionneurs ou des interrupteurs intelligents.

Il fonctionne sur le principe maître/esclave, le maître envoie une demande à l'esclave, l'esclave répond à la demande du maître. Il est composé d'un seul fil de cuivre de petite section identifiable par des numéros torsadé avec un fil de masse.

LIN :



Ce protocole ne propose pas de mode dégradé en cas de défaut de ligne. Tout incident physique sur le support de communication (coupure, court-circuit) affecte le fonctionnement du réseau.

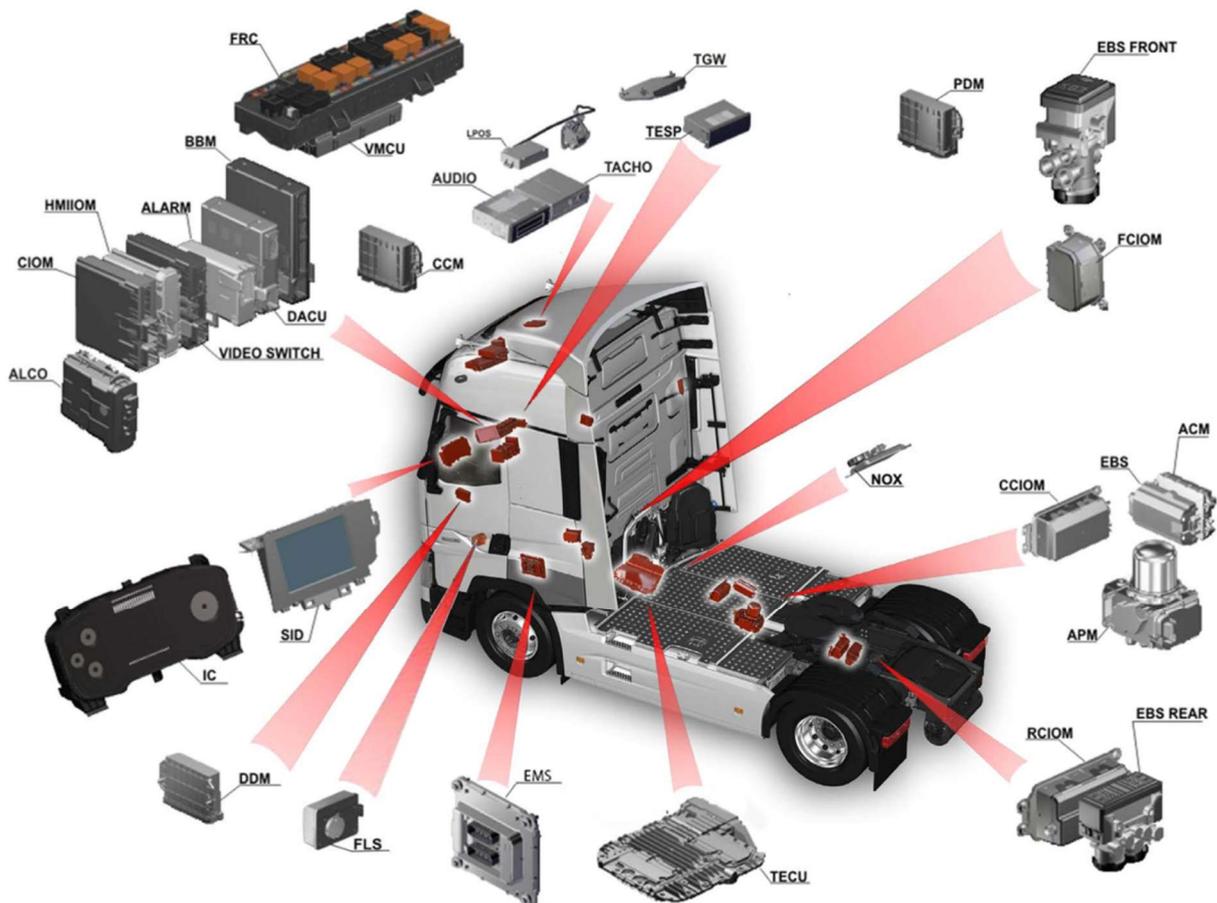
2.3. Sous-réseaux multiplexés

Pour gérer la complexité et atteindre les objectifs d'efficacité, les réseaux sont divisés en sous-réseaux regroupant les calculateurs qui échangent le plus d'informations entre eux. Sur le véhicule étudié, il existera douze sous-réseaux, chacun d'entre eux étant relié à un calculateur dit « passerelle » qui les relie au réseau principal.

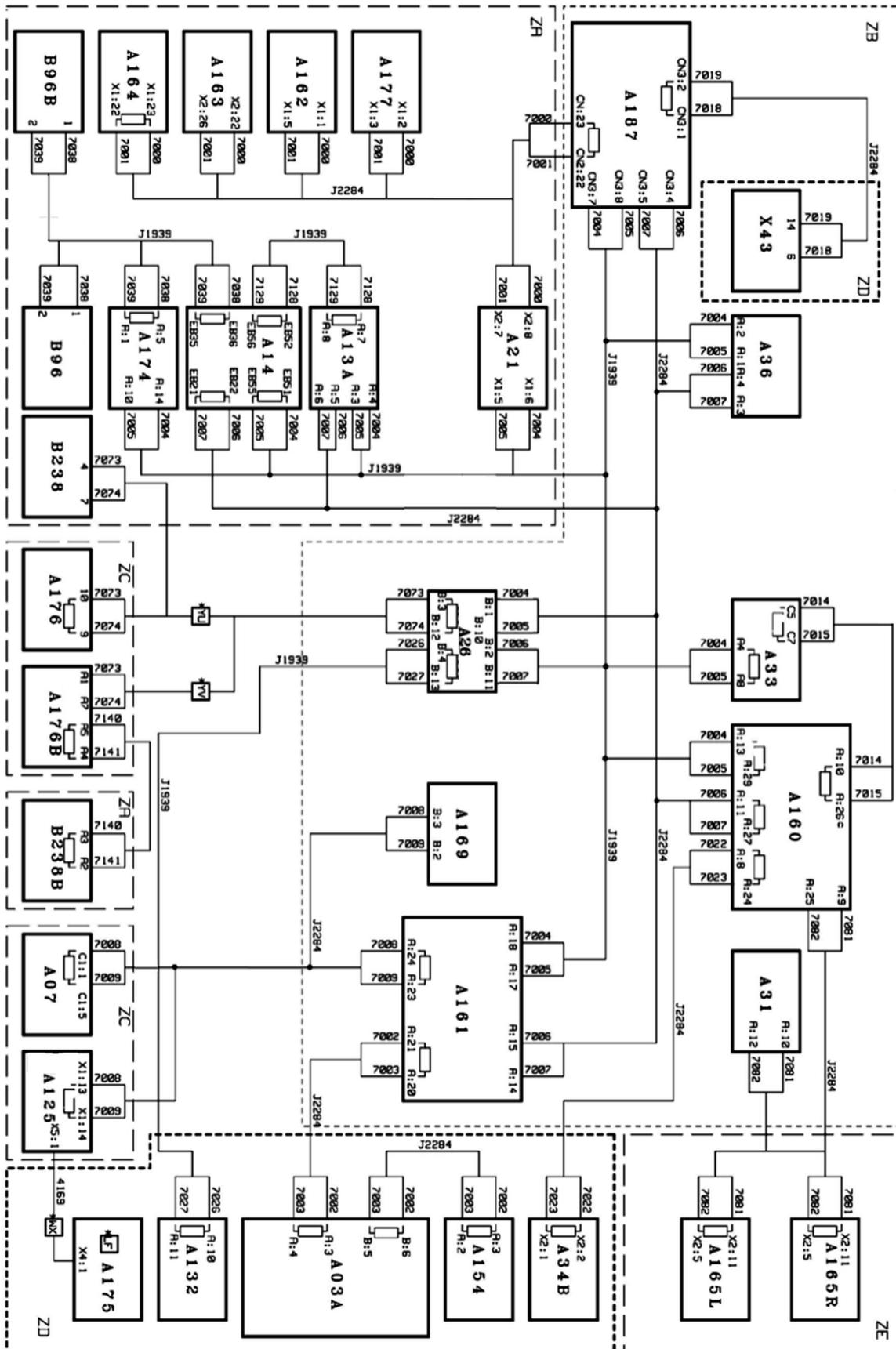
Ces sous-réseaux sont nommés comme suit :

- Cabine
- Sécurité
- Châssis
- Info-divertissement
- Affichage
- Gestion de flotte
- Sécurité active 1
- Sécurité active 2
- Sécurité active 3
- Chaîne cinématique Euro 6
- Moteur
- Diagnostic (OBD2)

L'implantation générale des différents calculateurs est représentée sur l'image ci-dessous :



2.4. Schéma électrique de l'architecture multiplexée du véhicule étudié



2.5. Codes et libellés de chaque calculateur

Code	Libellé calculateur	Code	Libellé calculateur
A03A	Afficheur principal (IC)	A162	Gestion informations zone avant châssis (FCIOM)
A07	Système audio (AUDIO)	A163	Gestion informations zone centrale du châssis (CCIOM)
A13A	Boite de vitesses robotisée (TECU)	A164	Gestion informations zone arrière du châssis (RCIOM)
A14	Moteur (EMS)	A165L	Gestion informations porte gauche (DDM)
A21	Freinage à commande électronique (EBS)	A165R	Gestion informations porte droite (PDM)
A26	Assistance de conduite (DACU)	A169	Commutateur vidéo (VS)
A31	Système antivol (ALARM)	A174	Post-traitement des gaz d'échappement (ACM)
A33	Chronotachygraphe (TACHO)	A175	Services télématiques (TESP)
A34B	Conditionnement d'air (CCM)	A176/A176B	Caméra plus capteurs de détection d'objet et de changement de voie (LPOS)
A36	Prédispositions carrossiers (BBM)	A177	Production d'air (APM)
A125	Gestion embarquée (TGW)	A187	Gestion principale du véhicule (VMCU)
A132	Éthylomètre d'antidémarrage (Alcolock)	B96	Capteur Nox amont catalyseur (NOX)
A154	Afficheur vidéo (SID)	B96B	Capteur Nox aval catalyseur (NOX)
A160	Gestion informations en cabine (CIOM)	B238/B238B	Capteur de détection d'objets et de radar de distance (FLS)
A161	Gestion interface homme/machine (HMIIOM)	X43	Prise diagnostic (OBD)

Variantes possibles sur ce véhicule :

- WX : pour les véhicules construits avant le 2021/09/13
- YU : pour les véhicules construits avant le 2018/06/04
- YV : pour les véhicules construits après le 2018/06/03

3. SYSTEME D'ASSISTANCE DE CONDUITE

Depuis novembre 2015, une exigence légale de l'Union européenne impose les systèmes de freinage automatique d'urgence et d'alerte de franchissement de ligne sur les véhicules poids lourds à deux ou trois essieux. Ces systèmes ont vocation à assurer une sécurité renforcée et une plus grande fluidité de conduite pour les conducteurs.

Pour fonctionner, le véhicule est équipé avec :

- Un capteur anticollision (FLS) situé dans la partie avant basse du camion. Ce capteur détecte les objets, identifie les véhicules et surveille la géométrie en 2D de la route devant le véhicule.
- Un ensemble caméra, appelé capteur de présence d'objet et de franchissement de ligne (LPOS), positionné au sommet du pare-brise. Cet ensemble détecte les objets, identifie les véhicules et repère les marquages devant le camion.



Ces capteurs sont reliés au calculateur d'assistance de conduite (DACU) situé dans la cabine qui sert de passerelle entre les réseaux CAN et les réseaux de sécurité active. Ce calculateur commande et alimente tous les systèmes d'assistance de conduite.

Il reçoit les informations suivantes sur l'environnement du véhicule :

- Objets, propriétés des cibles et géométrie de la route, identifiés par le FLS
- Objets, propriétés des cibles, véhicules stationnaires et propriétés de voie, identifiés par le LPOS

- Actions du conducteur ainsi que propriétés et comportement du camion observés par le calculateur de gestion principale du véhicule (VMCU) et le calculateur de freinage à commande électronique (EBS)

Tous les systèmes d'assistance de conduite ont également besoin d'informations sur l'accélération latérale du véhicule. L'accélération latérale correspond à la vitesse de rotation du véhicule par rapport à son axe vertical. Le véhicule tourne autour de son axe vertical dans les virages et en cas de dérapage. L'accélération latérale permet d'estimer la trajectoire à venir du véhicule et de déterminer la cible vers laquelle il se déplace. Puisque le calcul de la trajectoire à venir par rapport à l'accélération latérale prend du temps, le système peut également utiliser l'angle de braquage pour estimer la trajectoire à venir lorsqu'une réponse plus rapide est nécessaire. Le DACU a besoin des données du capteur d'accélération latérale et du capteur d'angle de braquage qui sont connectées au calculateur d'EBS.

En fonction de ces informations, le DACU décide si une action est nécessaire. Si tel est le cas, le DACU envoie des demandes pour activer les fonctions de commande de la chaîne cinématique, les avertissements ou les systèmes de freinage.

3.1. Fonctionnement du FLS



Le FLS situé à l'avant du camion, derrière la grille inférieure, identifie les véhicules en détectant le changement de doppler généré dans le signal radar renvoyé. Le FLS ne peut identifier que les véhicules stationnaires qui ont déjà été identifiés par le LPOS. Lorsqu'il reçoit les informations du LPOS sur un véhicule stationnaire identifié, le FLS apprend la signature radar correspondante pour ce véhicule.

Le FLS réalise deux balayages radar indépendants :

- Un balayage de courte portée de $\pm 45^\circ$ horizontalement avec une portée allant jusqu'à 60 mètres
- Un balayage de longue portée de $\pm 10^\circ$ horizontalement avec une portée allant jusqu'à 160 mètres

Le FLS est calibré pendant la fabrication, mais doit être recalibré dans différents cas de figure : en cas de remplacement, après une collision ou un impact mineur qui aurait pu affecter la zone autour du capteur, en cas de remplacement du LPOS, car les données de calibrage du FLS sont stockées dans le LPOS.

3.2. Fonctionnement du LPOS

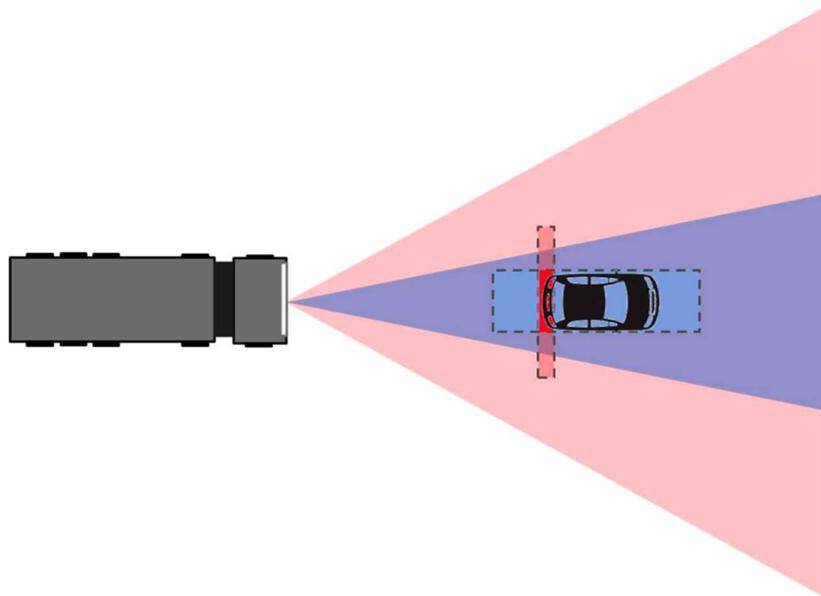


Le LPOS situé à l'avant du camion, au sommet du pare-brise, est composé d'un capteur de caméra intégré et d'un calculateur. Le calculateur traite les images de la caméra et envoie les différentes informations au DACU telles que : les objets détectés, les véhicules mobiles et stationnaires identifiés et la position du camion sur la voie. Le LPOS identifie les véhicules stationnaires en étudiant les détails comme la présence d'une ombre sous le véhicule ou des feux arrière symétriques. Le calculateur du LPOS traite également la communication et le transfert des données entre le FLS et le DACU.

Le LPOS peut détecter des objets à une distance de 70 mètres, pour un champ de vision vertical de 12° . Le premier point visible au sol se trouve à 7 mètres devant le camion, le champ de vision s'étend ensuite à environ 2° au-dessus de l'horizon. Le champ de vision horizontal est de 10° .

Le LPOS est calibré lors de la fabrication, mais doit être recalibré en cas de remplacement de la caméra ou du pare-brise.

3.3. Combinaison des données du FLS et du LPOS



Le FLS dispose d'une résolution élevée pour la mesure de distance jusqu'à un objet, mais d'une résolution faible pour la mesure de position latérale. Réciproquement, le LPOS présente une résolution faible pour la distance, mais une résolution élevée pour la position latérale.

L'association des données provenant du radar et de la caméra permet au système de déterminer à la fois la distance et la position latérale avec plus de précision que si un seul des deux capteurs avait été utilisé.

3.4. Fonctionnalité d'alerte de collision vers l'avant (FCW)



Cette fonctionnalité s'active automatiquement sur le véhicule étudié dès que celui-ci atteint la vitesse de $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, il présente deux niveaux d'alertes :

- Premier avertissement, ou avertissement de pré-collision, pour que le conducteur prête attention aux obstacles devant le camion
- Second avertissement, ou avertissement de collision, pour que le conducteur agisse de manière urgente en actionnant le volant ou en freinant

Le fonctionnement suit le scénario ci-dessous :

1. L'alerte de pré-collision provient du FLS et du LPOS qui signalent au DACU que la distance séparant le véhicule d'un obstacle en avant se réduit rapidement. Le DACU analyse ces informations en même temps que les informations relatives au capteur d'accélération latérale et au capteur d'angle de braquage. Si un risque de collision existe, l'alerte est donnée au conducteur par le biais du panneau de vitesse de l'afficheur (A03A) qui s'allume en rouge.



2. Si la distance avec le véhicule continue de se réduire, l'alerte de collision suit le même cheminement, elle est cette fois donnée au conducteur par le biais du panneau de vitesse de l'afficheur (A03A) qui clignote en rouge et par le système audio (A07) qui émet un son continu. Si un véhicule n'a pas de haut-parleurs, l'afficheur (A03A) gère l'avertissement sonore.



3. Si le conducteur ne réagit pas, le véhicule rentre dans une phase de freinage préliminaire. Dans ce cas, les alertes se poursuivent et le DACU envoie des demandes aux différents calculateurs :

- À l'EBS pour réaliser une phase de freinage préliminaire avec force de freinage faible.
- Au TECU pour un désengagement de la chaîne cinématique par le désengagement de l'embrayage et sélection du point mort
- À l'EMS pour un retrait du couple positif du moteur

Le freinage préliminaire est annulé dans les cas suivants :

- Le risque de collision disparaît
- Le conducteur prend le pas sur le système par un à-coup sur la pédale d'accélérateur
- Le conducteur freine suffisamment fort pour éviter la collision

Si un obstacle survient rapidement, le système peut passer directement à la phase de freinage suivante.

4. Si cela n'est toujours pas suffisant, le véhicule rentre dans une phase de freinage d'urgence complète. Cette phase permet une décélération maximale et est activée lorsqu'une collision est quasiment inévitable par la direction ou le freinage. Dans de bonnes conditions, une collision peut-être entièrement évitée. Dans des conditions plus difficiles, l'impact est atténué le plus possible. Si la vitesse du véhicule baisse à 15 km.h^{-1} sans que le système estime que la collision peut être évitée, le camion freine jusqu'à ce qu'il s'arrête, sinon le véhicule adapte sa vitesse au véhicule détecté devant lui ayant généré les alertes.

Dans le cas d'une phase de freinage d'urgence complète, le DACU maintient les précédentes demandes pour certains calculateurs :

- Au TECU pour un désengagement de la chaîne cinématique par le désengagement de l'embrayage et sélection du point mort
- À l'EMS pour un retrait du couple positif du moteur

Et en génère de nouvelles pour d'autres calculateurs :

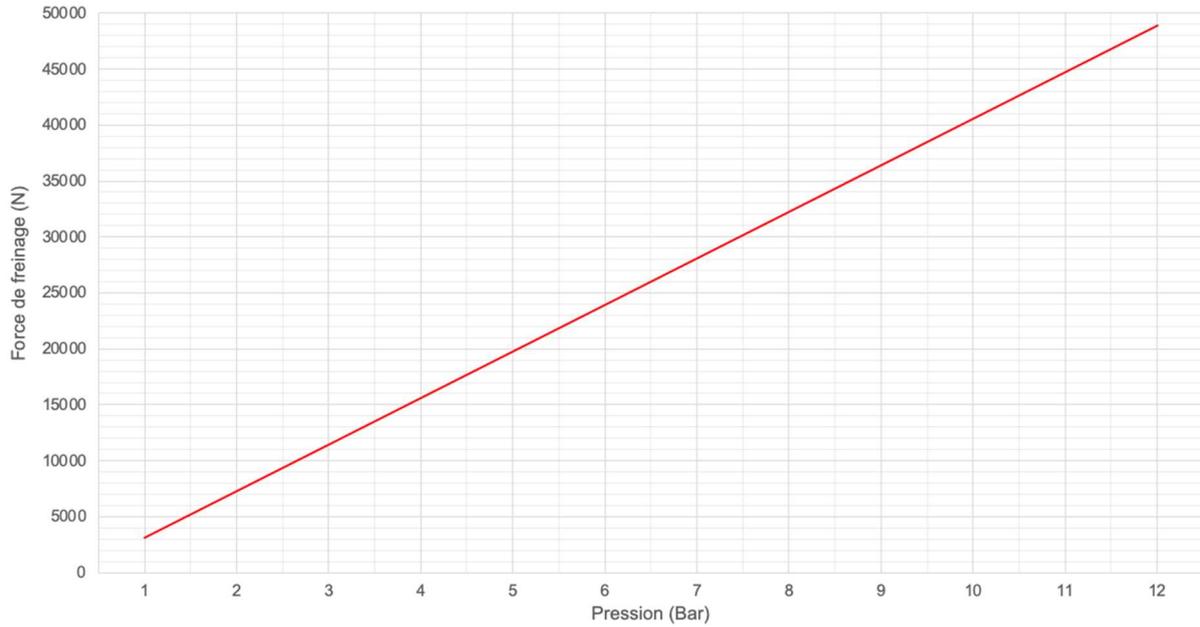
- À l'EBS de réaliser un freinage plus puissant afin d'éviter la collision
- À l'APM après l'arrêt du véhicule pour activer le frein à main.

Pendant les phases de freinage d'urgence, les feux de stop et les feux de détresse seront activés afin de prévenir les usagers qui entourent le véhicule.

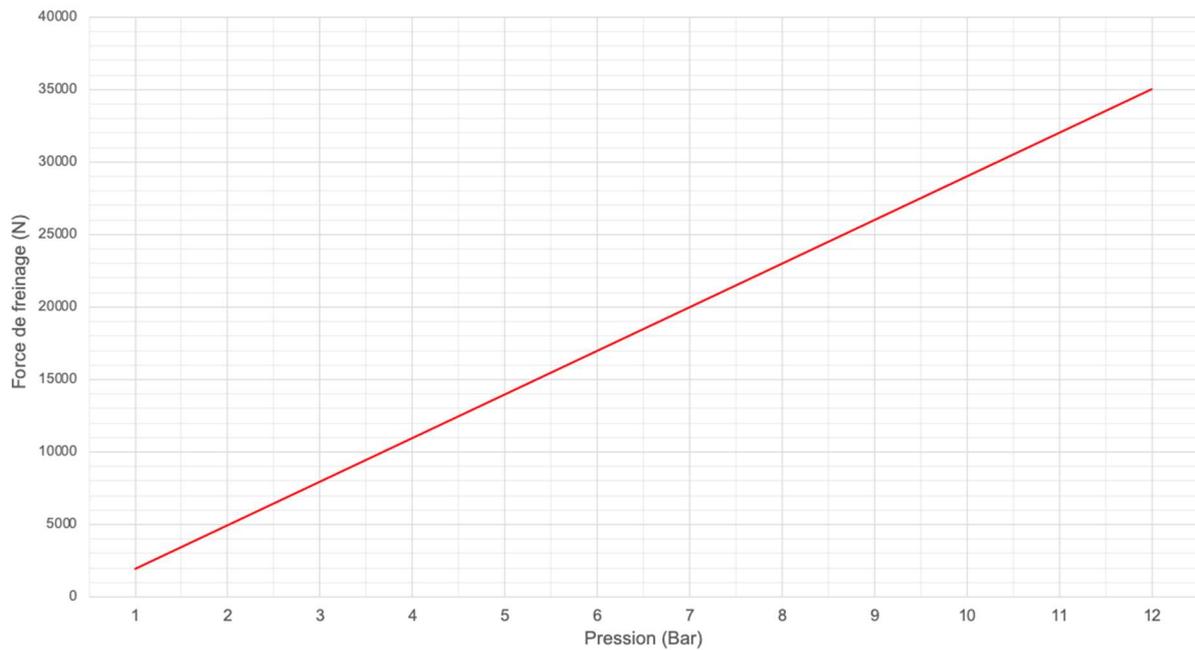
Un freinage doux n'a pas d'impact sur le freinage d'urgence, tandis qu'un freinage fort peut (si cela est possible) augmenter l'effet du freinage.

3.5. Courbes de freinage théoriques du véhicule

Force de freinage pour une roue essieu 1



Force de freinage pour une roue essieu 2 et 3



3.6. Forces verticales dynamiques du véhicule à vide

	Roue gauche (daN)	Roue droite (daN)
Essieu n°1	3029	3533
Essieu n°2	1142	1016
Essieu n°3	1009	887

3.7. Fonctionnalité d'assistance au maintien de la trajectoire (LKS)



Cette fonctionnalité émet une alerte si le camion franchit accidentellement un marquage routier. Elle utilise le LPOS pour suivre en continu les marquages routiers et estimer la position du camion sur la route. Si le camion franchit le marquage de droite ou de gauche, sans que le conducteur freine ou agisse sur la direction ou utilise les clignotants, un signal sonore est émis dans le haut-parleur droit ou gauche (en fonction de la ligne franchie) et un symbole clignotant sur l'afficheur multifonction avertissent le conducteur. Cette fonction n'actionne pas les freins, le volant ou les autres systèmes du camion. Il ne fait que transmettre l'alerte.

Cette fonction est activée automatiquement au démarrage du camion pour être disponible au-delà de $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Le système est désactivé pour toutes les vitesses inférieures à $55 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

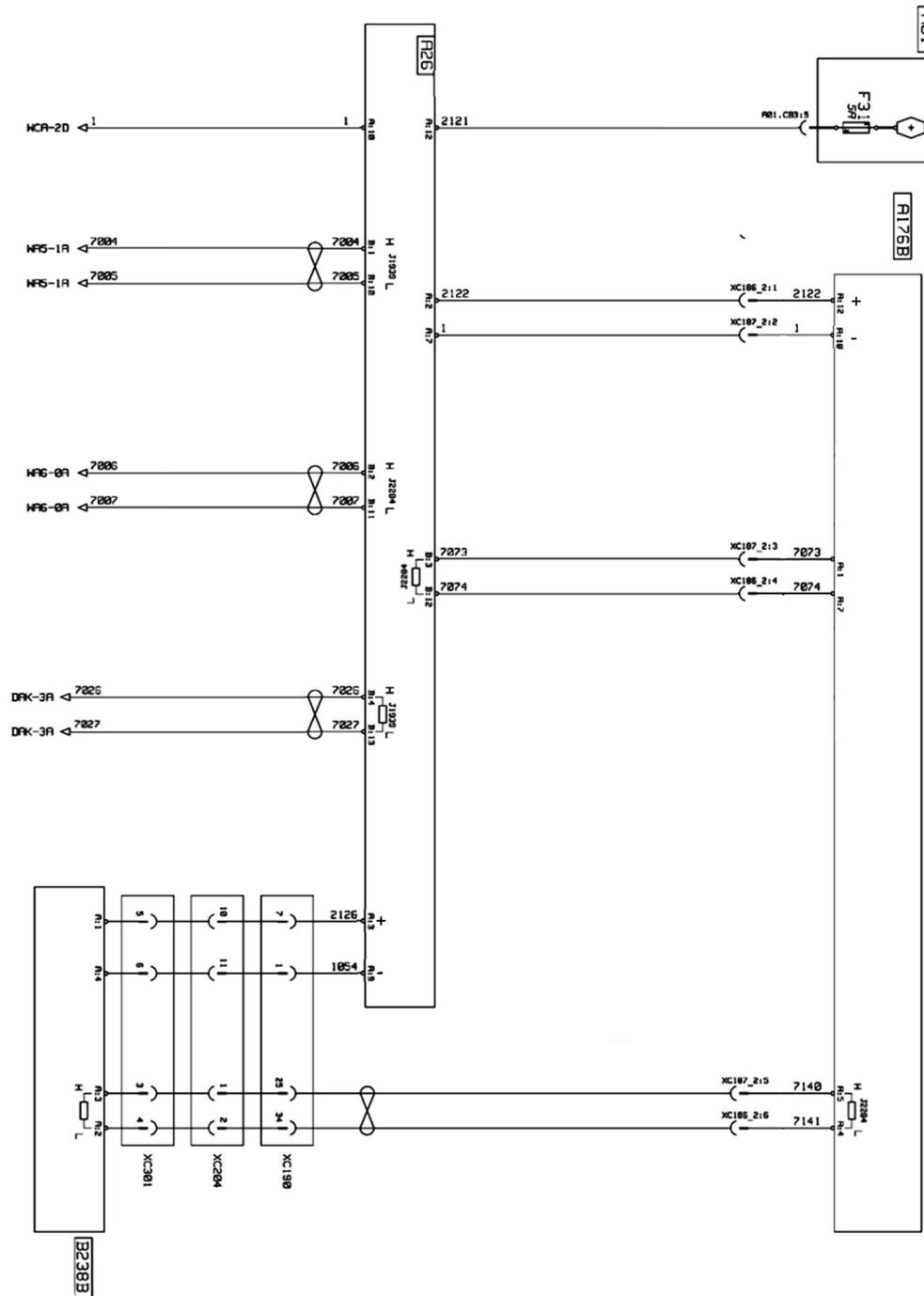
Le fonctionnement suit le scénario ci-dessous :

1. Lorsque le véhicule atteint la vitesse d'activation et que le LPOS détecte les marquages des voies, le DACU signale que la fonction est active.
2. Lorsque le véhicule approche des marquages des voies, le DACU demande les données suivantes aux différents calculateurs :
 - Au VMCU, état du clignotant, position pédale de frein et vitesse du véhicule
 - Au LPOS, distance par rapport aux marquages des voies
 - À l'EBS, taux de lacet ou angle de braquage
3. Si les conditions préalables sont réunies pour un avertissement du conducteur, le DACU envoie une demande d'avertissement sonore au système audio (A07) dans le haut-parleur droit ou gauche et demande le clignotement du symbole au niveau de l'afficheur (A03A). Si un véhicule n'a pas de haut-parleurs, l'afficheur (A03A) gère l'avertissement sonore.

Les conditions préalables pour que cette fonctionnalité s'active sont :

- Le camion a atteint une vitesse supérieure à $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$
- Les marquages routiers sont visibles
- La pédale de frein n'a pas été enfoncée au cours de la dernière seconde
- Les clignotants n'ont pas été utilisés durant les quatre dernières secondes
- Le conducteur ne s'éloigne pas des marquages routiers

3.8. Schéma électrique du système d'assistance de conduite

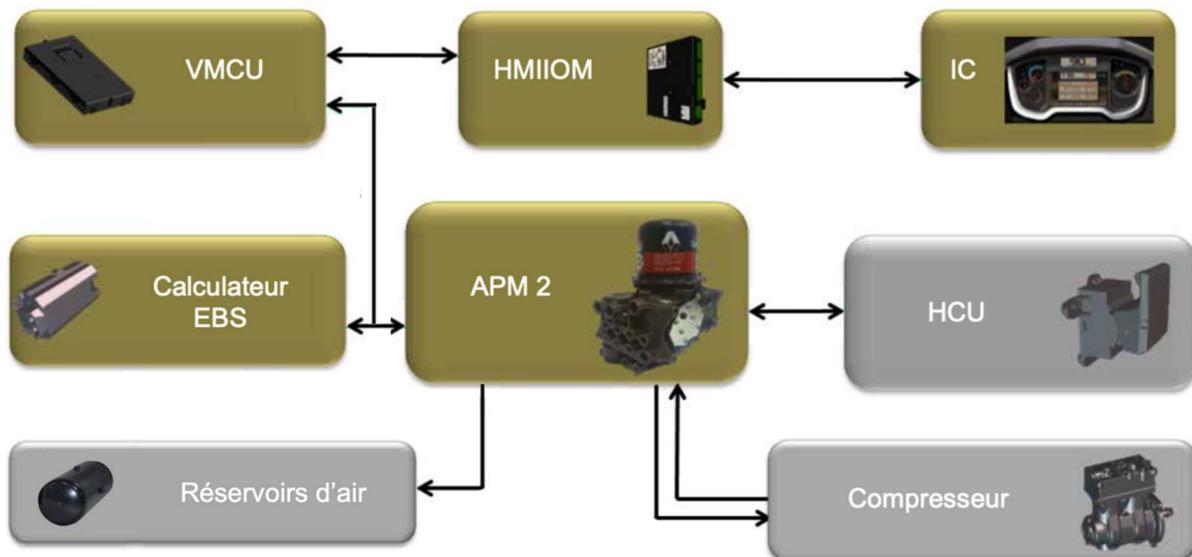


3.9. Codes et libellés de chaque calculateur

Code	Libellé
A01	Boitier de distribution électrique en cabine
A26	Calculateur assistance de conduite (DACU)
A176B	Caméra plus capteur de détection d'objets et de changement de voie (LPOS)
B238B	Capteur de détection d'objets et de radar de distance (FLS)
XC190/XC204/XC301	Interconnecteurs de cabine

4. SYSTEME DE PRODUCTION D'AIR

Le système de freinage pneumatique du véhicule utilise un système de gestion de la production d'air nouvelle génération appelé APM 2 (**A**ir **P**roduct **M**anagement). Ce système permet le traitement et la mise sous pression de l'air ainsi que l'indépendance des circuits de freinage.



4.1. Fonctions principales des éléments du système

VMCU :

- Assure la liaison entre le calculateur EBS, l'APM 2 et les autres calculateurs du véhicule.

HMI/OM :

- Traite les demandes d'affichage et les transmet à l'afficheur principal (IC).

IC :

- Affiche l'état du frein de parc et les défauts liés à la fonction

Calculateur EBS :

- Fournit l'information « position pédale de frein »
- Pilote les modulateurs EBS

APM 2 :

- Filtre, assèche, régule et distribue l'air dans les circuits pneumatiques
- Assure l'indépendance des circuits de freinage
- Assure la gestion du frein de parc électrique
- Pilote les cylindres de frein (frein de service et frein de parc)
- Pilote le compresseur d'air
- Informe les autres calculateurs de l'état du circuit d'air

HCU :

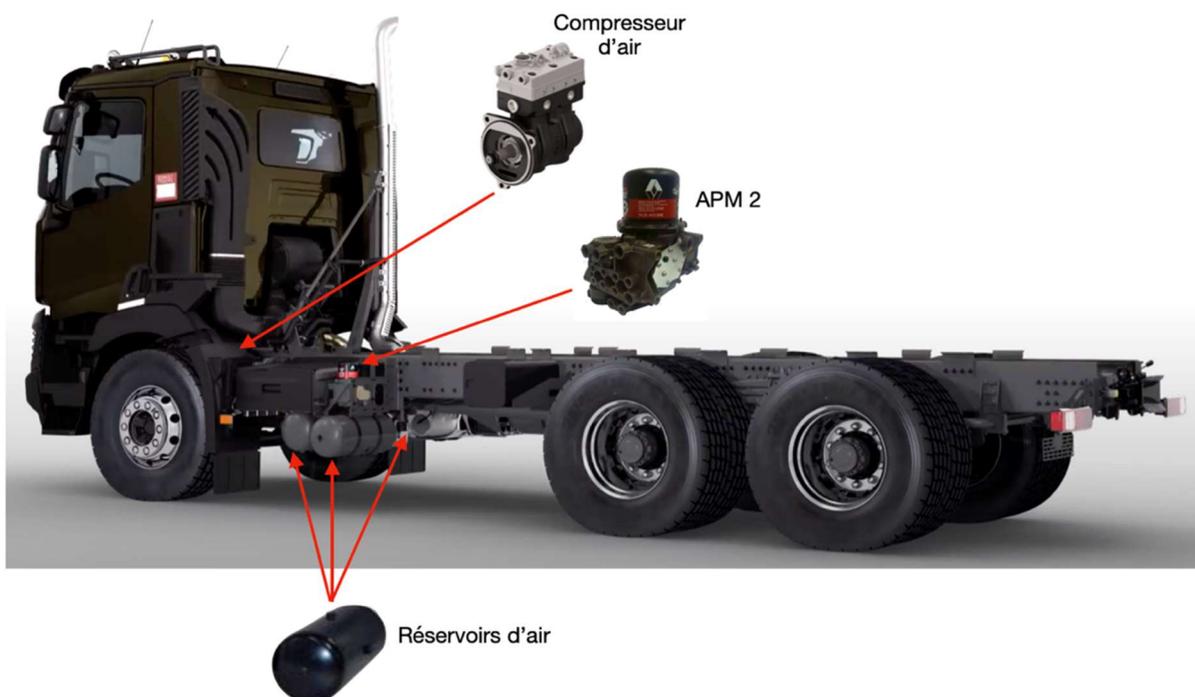
- Interface réseau LIN pour la commande manuelle du frein de parc électrique
- Commande pour les fonctions « test », « mode atelier » et « frein de secours »

Compresseur :

- Fournit l'air comprimé pour les systèmes pneumatiques

4.2. Implantation des éléments

On retrouve ci-dessous les éléments de conditionnement, mise sous pression et stockage de l'air :



4.3. Conditionnement de l'air

L'APM 2 est équipé d'un nouveau concept de cartouche filtrante permettant de ne remplacer que la partie interne de celle-ci.

Le principe de filtration est le suivant :

- Préfiltre pour les grosses particules
- Filtre à coalescence pour l'huile
- Dessiccante pour l'eau

L'APM 2 effectue une phase de régénération permettant de nettoyer la cartouche grâce à une recirculation de l'air à travers celle-ci une fois la pression de disjonction atteinte.

L'état du système et le débit d'air instantané sont visibles à l'aide de l'outil de diagnostic.

Pour les véhicules Euro 6, la durée de vie préconisée de la cartouche APM 2 est de 1 an ou 15 millions de litres d'air. L'APM 2 fournit au VMCU une estimation de l'usure de la cartouche d'air suivant l'utilisation, et le VMCU allume le voyant d'alerte jaune quand la cartouche est usée.



4.4. Étapes de fonctionnement

Gonflage :

L'air débité par le compresseur entre dans l'APM 2 et alimente les différents réservoirs (freinage AV, freinage AR, servitudes).

Disjonction – régénération :

Lorsque la pression de disjonction est atteinte, l'embrayage du compresseur est piloté afin de désaccoupler celui-ci et une recirculation d'air s'effectue à travers la cartouche filtrante.

Arrêt régénération :

La régénération d'une durée sensiblement équivalente au gonflage se termine.

Conjonction :

L'embrayage du compresseur n'est plus piloté, le compresseur est de nouveau accouplé et reprend sa phase de gonflage.

4.5. Pressions de fonctionnement

Pression	Freinage avant/arrière (bar)
Pression de disjonction	12,5 ^{+/-0,3}
Pression d'ouverture	7 ^{0/-0,4}
Pression de fermeture	4,5
Pression de conjonction	11 ^{+/-0,3}
Pression de disjonction secours	9,5 ^{0/+3,5}

Pression de disjonction :

Pression maximum des réservoirs, le compresseur n'alimente plus les réservoirs et la valve de régulation est ouverte.

Pression d'ouverture :

Pression d'ouverture des valves de barrage permettant le remplissage des réservoirs.

Pression de fermeture :

Pression de fermeture des valves de barrage afin d'isoler les différents circuits et d'assurer le freinage d'urgence en cas de défaillance de l'un d'entre eux.

Pression de conjonction :

Pression de réalimentation des réservoirs d'air.

Pression de disjonction de secours :

En cas de défaillance électronique de l'APM 2 ou du système de freinage pneumatique EBS, la pression d'air est limitée mécaniquement par une valve de régulation.

4.6. Alerte de fonctionnement

Perte de pression :

Une alerte « Pression faible » apparaît à l'afficheur lorsque la pression dans les réservoirs passe en dessous de 7,5 bars.

Une seconde alerte « Pression basse » apparaît à l'afficheur, associée au voyant rouge, lorsque la pression dans les réservoirs passe en dessous de 6 bars.

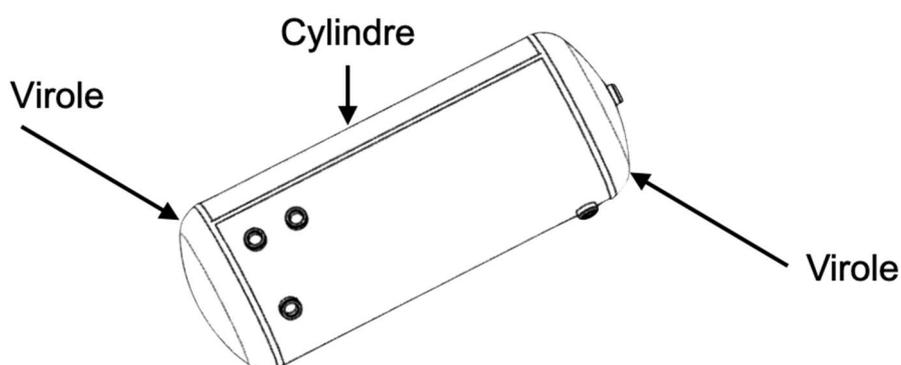
Surpression :

Un message à l'afficheur apparaît, associé au voyant jaune et d'un code défaut, si la pression dans les réservoirs > pression de disjonction + 0,5 bar.

Un message à l'afficheur apparaît, associé au voyant rouge et d'un code défaut, si la pression dans les réservoirs > pression de disjonction + 1,5 bar.

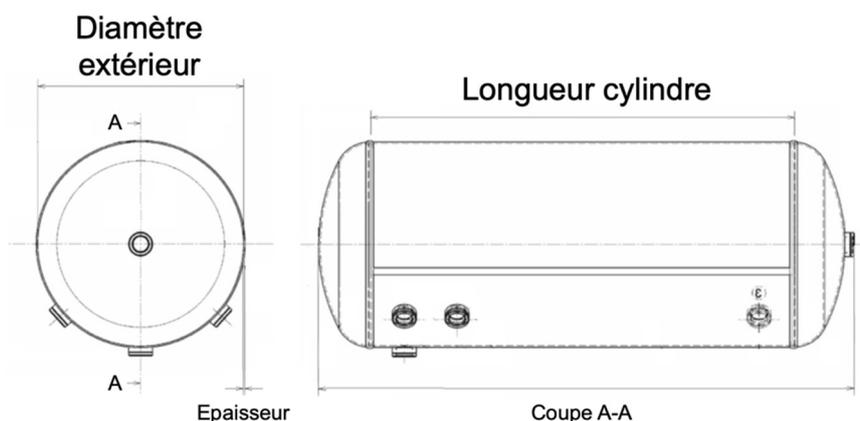
4.7. Réservoirs d'air

Les réservoirs d'air du véhicule sont composés de deux viroles disposées de chaque côté d'un cylindre.



Le véhicule possède deux réservoirs de service et un réservoir de servitude possédant les caractéristiques suivantes :

Caractéristique	Réservoir	
	Service	Servitudes
Volume des 2 viroles	4532 cm ³	4532 cm ³
Longueur	570 mm	350 mm
Diamètre extérieur	278 mm	278 mm
Épaisseur du cylindre	2 mm	2 mm

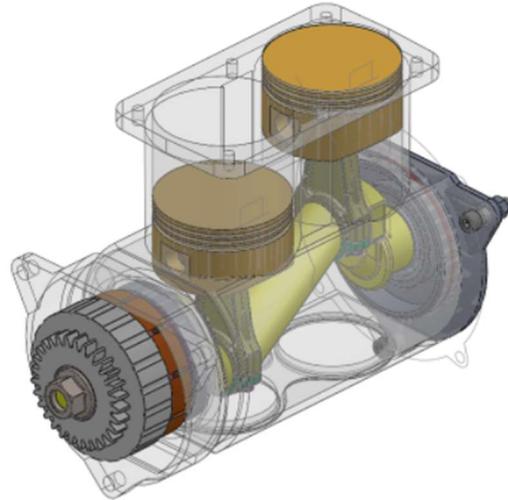


4.8. Compresseur d'air à embrayage

Le compresseur d'air d'environ 636 cm³ est équipé d'un embrayage multidisque, piloté par l'APM 2. Au repos, l'embrayage est accouplé. Cet embrayage permet de désaccoupler le compresseur lorsque les réservoirs d'air sont remplis à la pression de disjonction, cela entraîne une économie de l'ordre d'un demi-litre aux cent kilomètres.

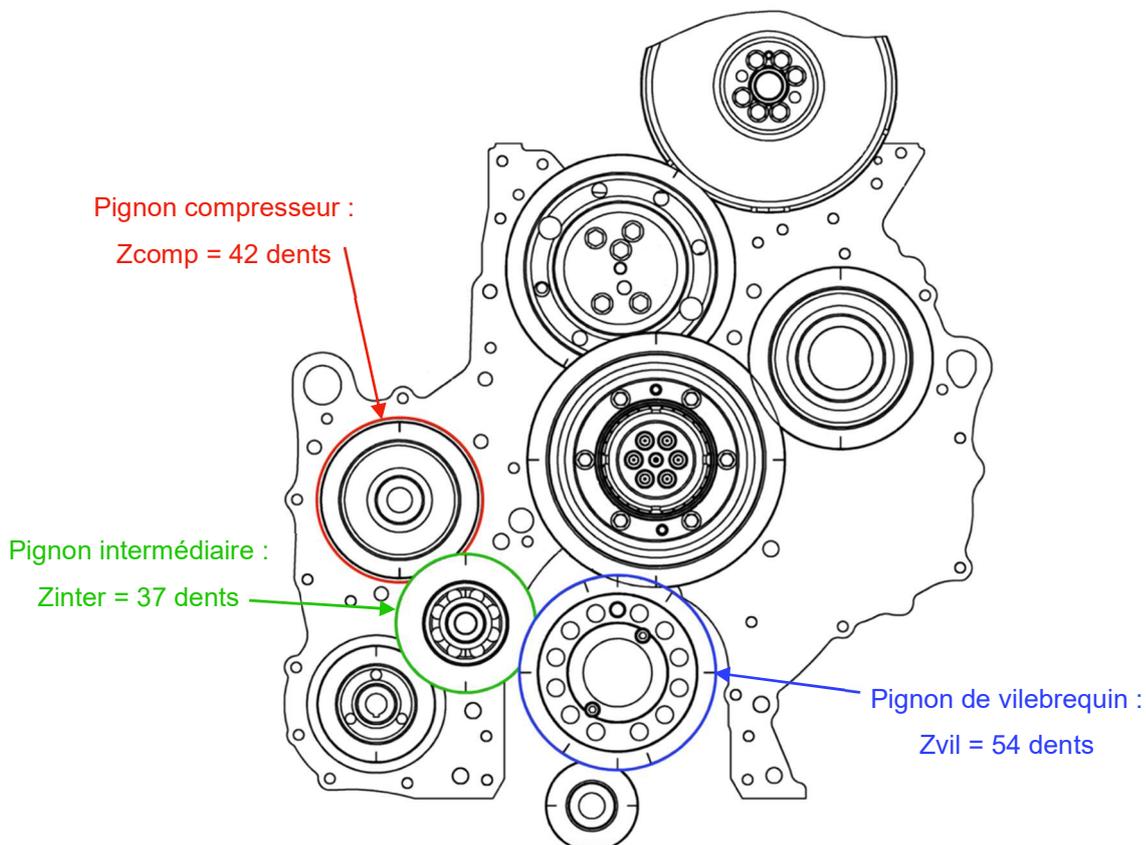
Caractéristiques du compresseur :

Nombre de cylindres	2
Alésage	85 mm
Course	56 mm
Pignon du compresseur	Zcomp = 42 dents



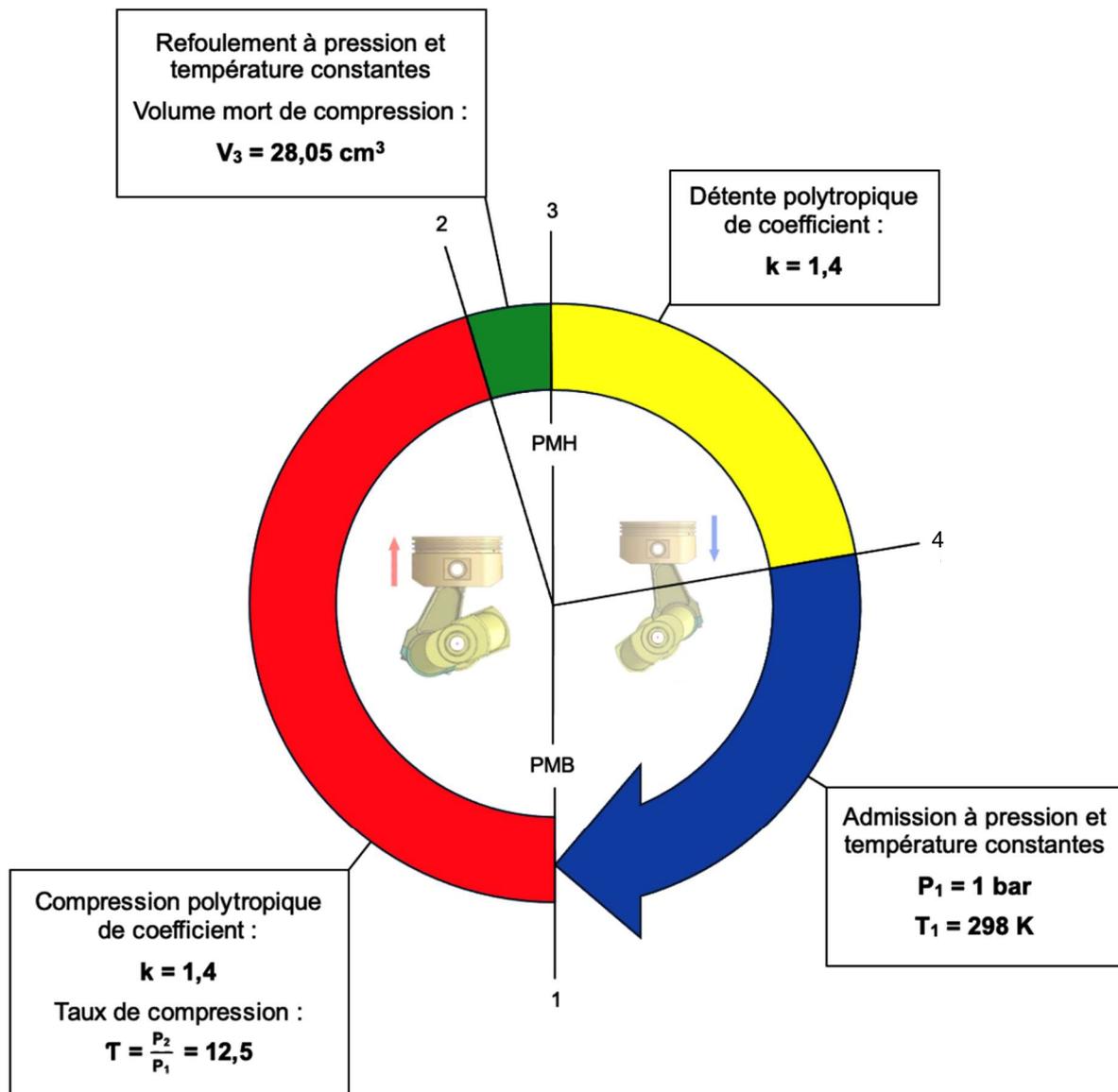
Entraînement du compresseur :

Le compresseur est entraîné par le vilebrequin par le biais de la cascade de pignon de la distribution située côté volant moteur.



4.9. Cycle thermodynamique

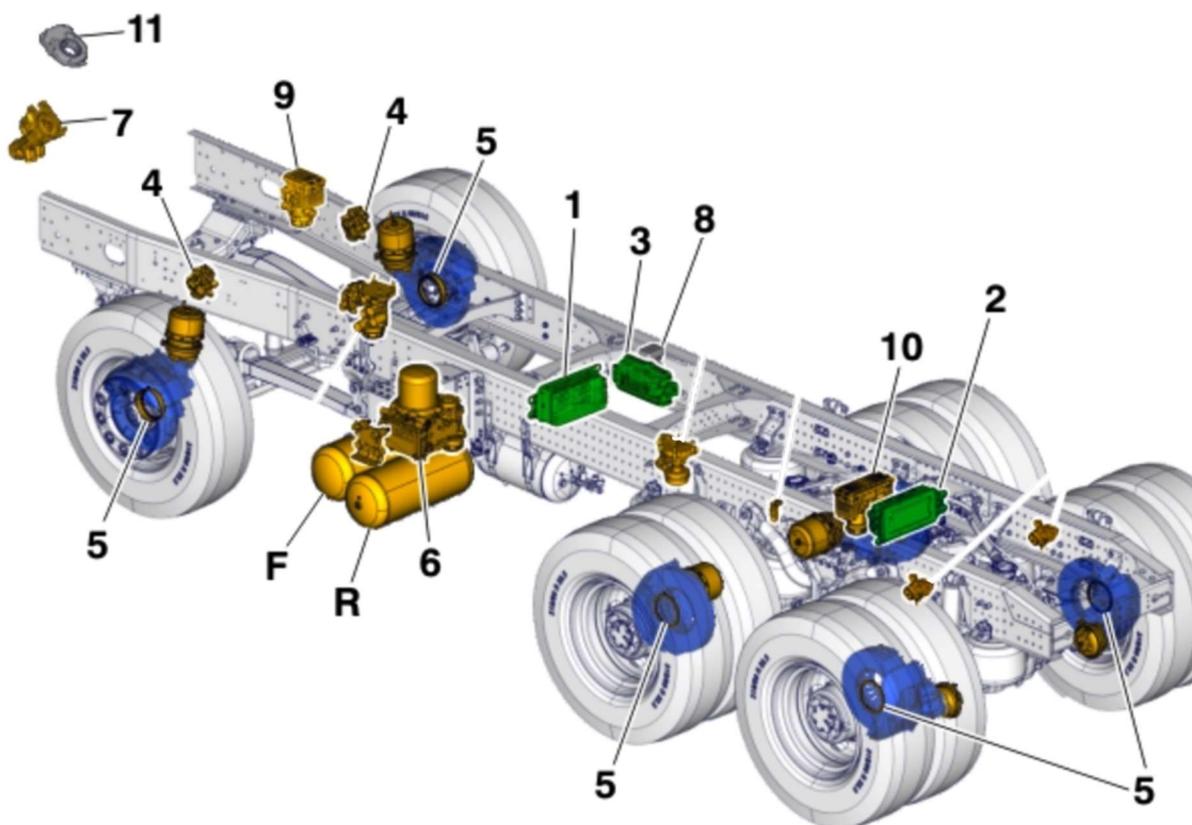
Le cycle thermodynamique du compresseur d'air est décrit par les phases de fonctionnement suivantes :



5. SYSTEME DE FREINAGE PNEUMATIQUE EBS 7

Le système EBS fonctionne avec des freins à disque qui sont actionnés par pression pneumatique. Le système EBS régule la pression sur les cylindres de frein par commande électronique des modulateurs. En cas de problème au niveau du système électrique, il dispose d'un système de sauvegarde pneumatique pour assurer le freinage pneumatique de secours. Plusieurs fonctions connexes telles que l'ABS (système de freinage antiblocage), le TCS (système d'antipatinage à l'accélération) complètent le système.

5.1. Implantation des éléments

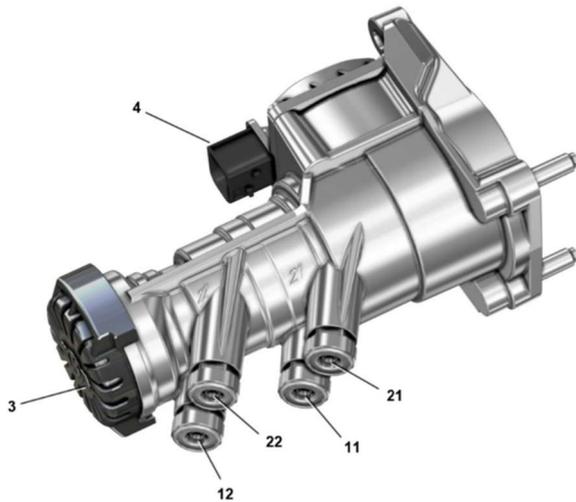


Numéro	Libellé élément	Numéro	Libellé élément
1	Calculateur CCIOM	8	Capteur angle embardée
2	Calculateur RCIOM	9	Modulateur simple de frein AV
3	Calculateur EBS	10	Modulateur double de frein AR
4	Électrovannes ABS	11	Capteur angle de braquage
5	Capteurs de vitesse de roue	F	Réservoir d'air frein AV
	Capteurs usure des garnitures	R	Réservoir d'air frein AR
6	APM 2		
7	Modulateur de robinet de frein à pied		

Le système de freinage pneumatique EBS est constitué d'un certain nombre de composants disposés autour du calculateur. Le calculateur traite les signaux d'entrée provenant de capteurs, y compris les capteurs du modulateur de la pédale de frein, les capteurs de vitesses de roue et les capteurs d'usure des garnitures de frein.

C'est un système à trois canaux qui comporte un modulateur à canal unique pour le circuit des roues avant, il y a également deux modulateurs à canal unique interconnectés pour le circuit des roues arrière. Ces trois canaux (3 modulateurs), contrôlent la fonction de freinage du véhicule. Ils sont reliés au calculateur via une liaison CAN interne, dans laquelle les informations circulent dans les deux sens.

5.2. Modulateur de robinet de frein à pied



Numéro	Libellé
11	Alimentation d'air, réservoir frein AV
12	Alimentation d'air, réservoir frein AR
21	Sortie d'air, circuit AV
22	Sortie d'air, circuit AR
3	Échappement d'air
4	Connecteur pour alimentation et signal de commande

Le but du modulateur de frein à pied est de commander les freins de service. Il possède un nouveau type de capteur de position de pédale de frein. Ce capteur est relié à un circuit électronique interne. Le signal de position de la pédale est ensuite converti en un message numérique, qui est envoyé au calculateur EBS via une liaison multiplexée CAN. Le capteur lui-même est sans contact, et comporte une interface série et un commutateur intégré pour le signal de réveil.

Il est également constitué d'une valve pneumatique à deux circuits, les deux circuits étant indépendants l'un de l'autre, utilisés en tant que signaux pneumatiques de secours.

5.3. Modulateur simple de frein AV

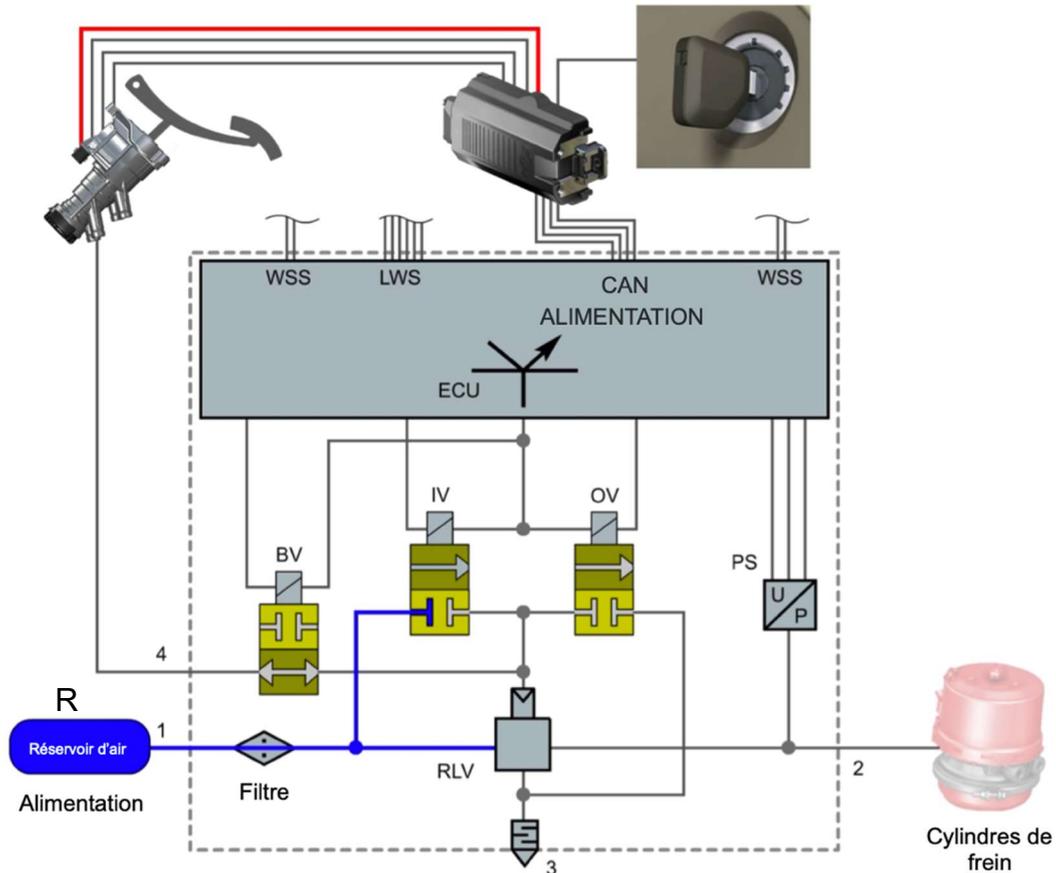
Le modulateur convertit les signaux électriques fournis par le calculateur EBS en pression d'air correspondante dans les cylindres de frein. Lorsque la pression requise est atteinte, le modulateur maintient la pression à un niveau constant.

Des capteurs de vitesse de roue et des capteurs d'usure des garnitures de frein sont reliés au modulateur. Les signaux des capteurs sont mesurés, provenant à la fois de capteurs internes et externes, sont traités dans le modulateur, puis transmis au calculateur de l'EBS par une liaison multiplexée CAN.



Si le système de freinage perd sa commande électronique, le système pneumatique de secours, commandé par le modulateur de robinet de frein à pied, prend la relève. En cas de défaillance, un modulateur ne peut pas être réparé et doit être remplacé.

Systeme au repos :



Identifiant	Libellé	Identifiant	Libellé
1	Alimentation d'air, réservoir frein AV	BV	Électrovalve de secours
2	Sortie d'air, cylindres de frein	IV	Électrovalve d'admission
3	Échappement d'air	OV	Électrovalve d'échappement
4	Alimentation d'air, robinet de frein à pied, circuit AV	WSS	Capteurs de vitesse de roue
PS	Capteur de pression	LWS	Capteurs d'usure des garnitures de frein
RLV	Valve relais	R	Réservoir d'air frein AV

5.4. Phases de fonctionnement

Pas d'action sur la pédale de frein :

Le modulateur est alimenté électriquement et pneumatiquement. La pédale de frein est au repos. Pas de pilotage électrique ou pneumatique.

L'électrovalve de secours est au repos, normalement ouverte. Les électrovalves d'admission et d'échappement sont normalement fermées. La valve relais est au repos, les cylindres de frein sont sans pression, à l'échappement par la valve relais.

Action sur la pédale de frein :

1^{er} temps : L'électrovalve de secours est pilotée et donc se ferme. Le circuit pneumatique du modulateur de robinet de frein de pied est donc isolé.

2^{ème} temps : L'électrovalve d'admission est pilotée et passe en position ouverte. La valve relais est donc pilotée et délivre une pression vers les cylindres de frein.

3^{ème} temps : Lorsque la valeur de pression délivrée (mesure capteur de pression interne) correspond à la pression demandée par le calculateur EBS (consigne) l'électrovalve d'admission n'est plus pilotée et se trouve à nouveau en position fermée.

La pression délivrée est alors constante tant que l'action sur la pédale de frein reste constante. L'électrovalve d'échappement n'est pas pilotée et reste en position fermée.

Relâchement partiel de la pédale de frein :

L'électrovalve de secours est toujours fermée.

La valeur de pression délivrée (mesure capteur de pression interne) est devenue supérieure à la consigne, donc l'électrovalve d'échappement est pilotée afin de diminuer la pression de pilotage de la valve relais et donc la pression délivrée. Ceci jusqu'à ce que « mesure » et « consigne » soient identiques.

Relâchement complet de la pédale de frein :

Pendant le relâchement continu de la pédale de frein, l'électrovalve d'échappement est pilotée. Lorsque la pédale atteint la position repos, le calculateur EBS informe le modulateur de ne plus piloter les électrovalves.

La chute de pression dans les cylindres se fait par la mise à la pression atmosphérique via la valve relais et l'échappement d'air.

Régulation ABS :

Les phases de régulation sont déclenchées en fonction des informations transmises par les capteurs de vitesse de roue et en fonction des lois internes au calculateur EBS (glissement, accélération). Les électrovalves d'admission et d'échappement sont

pilotées pour faire évoluer la pression dans les cylindres de frein afin de respecter les lois de régulation.

Mode sauvegarde :

Si un défaut est détecté par le calculateur EBS, celui-ci désengage complètement ou partiellement l'ABS en fonction de l'endroit où le défaut s'est produit, en coupant l'alimentation électrique du modulateur correspondant.

Dans ce cas, l'électrovalve de secours n'est pas pilotée et reste ouverte. Les électrovalves d'admission et d'échappement sont fermées. La pression délivrée par le robinet de frein agit donc directement sur la valve relais. La pression dans les cylindres de frein est égale à la pression de pilotage du robinet. Le modulateur fonctionne alors comme une valve relais simple. La répartition des pressions entre l'avant et l'arrière n'est plus en fonction de la charge sur l'essieu arrière.

L'utilisation du véhicule, des fonctions ABS, ASR sont restreintes ou interdites.

5.5. Modulateur double de frein AR

Le modulateur double pour circuit de frein AR se compose de deux modulateurs à canal unique interconnectés, il fonctionne donc de manière identique qu'un modulateur simple. Ce modulateur a la particularité de pouvoir faire varier la pression de freinage pour chaque sortie indépendamment.

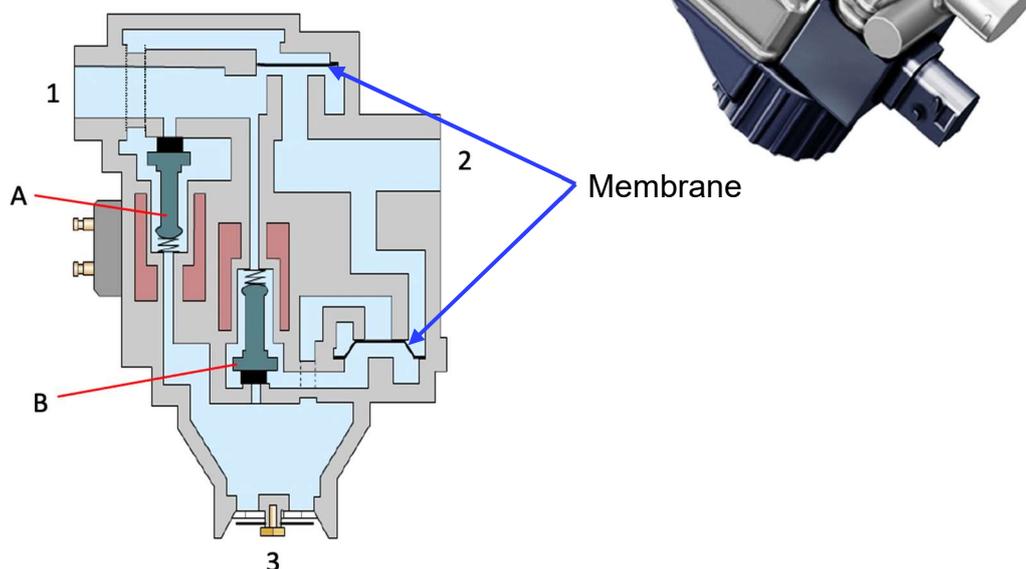


Courbe d'évolution des pressions de fonctionnement du modulateur de frein AR (pression de disjonction correcte) :



5.6. Électrovalve ABS

Les électrovalves ABS permettent à chaque roue du circuit de frein AV de bénéficier d'un ABS et d'un ESP individuels. Elles sont placées entre le modulateur simple et les cylindres de frein AV.



Les électrovalves ABS disposent d'une entrée (1), d'une sortie (2) et d'une mise à l'échappement (3). Elles sont équipées de deux électrovalves (A et B) permettant d'effectuer les différentes phases de fonctionnement suivantes :

Action sur la pédale de frein :

La pression de freinage provenant du modulateur entre par l'alimentation (1), soulève la membrane et sort par la sortie (2) pour actionner le cylindre de frein. Dans le même temps, la pression de freinage passe à travers la valve (B) et passe dans l'espace situé sous la membrane inférieure, afin de maintenir la mise à l'échappement (3) fermée. Dans les situations de freinage normales, les électrovalves ne sont pas pilotées, de sorte que l'air comprimé peut circuler librement de l'entrée (1) vers la sortie (2) et inversement.

Maintien de la pression :

Dans ce cas, seule l'électrovalve d'admission (A) est pilotée. La pression délivrée est alors constante tant que l'action sur la pédale de frein reste constante. L'électrovalve d'échappement (B) n'est pas pilotée afin de maintenir la mise à l'échappement (3) fermée.

Régulation ABS :

Si l'une des roues se met à tourner plus lentement que les autres lorsque le frein est appuyé, le calculateur EBS détecte cette différence par le biais du signal de capteur de vitesse de roue. Les deux électrovalves (A et B) seront alors pilotées, ce qui

provoquera la fermeture de l'alimentation (1) par déformation de la membrane supérieure et l'ouverture de l'orifice de sortie (2) par déformation de la membrane inférieure. Alors la pression chutera dans les cylindres de frein.

Capteur de vitesse de roue :



Les capteurs de vitesse de roue sont de type « inductif », sous l'effet d'une roue dentée en rotation, le capteur génère un courant alternatif, à une fréquence proportionnelle à la vitesse de la roue. Les signaux sont transmis au modulateur.

Capteur d'usure des garnitures :

Le capteur d'usure des garnitures fonctionne comme un potentiomètre classique, mais la valeur est amplifiée par un circuit électronique interne, avant d'être envoyée au modulateur. La résistance change lorsque le plongeur se déplace, correspondant à une modification de l'épaisseur des garnitures.

