

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR MAINTENANCE DES VÉHICULES

Option A : Voitures particulières  
Option B : Véhicules de transport routier  
Option C : Motocycles

## E4 – ANALYSE DES SYSTÈMES ET CONTRÔLE DES PERFORMANCES

SESSION 2025

—————  
Durée : 6 heures

Coefficient : 5  
—————

### **Matériel autorisé :**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.  
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé.  
Aucun document n'est autorisé.

Ce sujet se compose de 3 dossiers :

Dossier technique : DT1 à DT31  
Dossier questions : DQ1 à DQ13  
Dossier réponses : DR1 à DR8

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

***Le dossier réponses est à compléter et à joindre intégralement à la copie.***

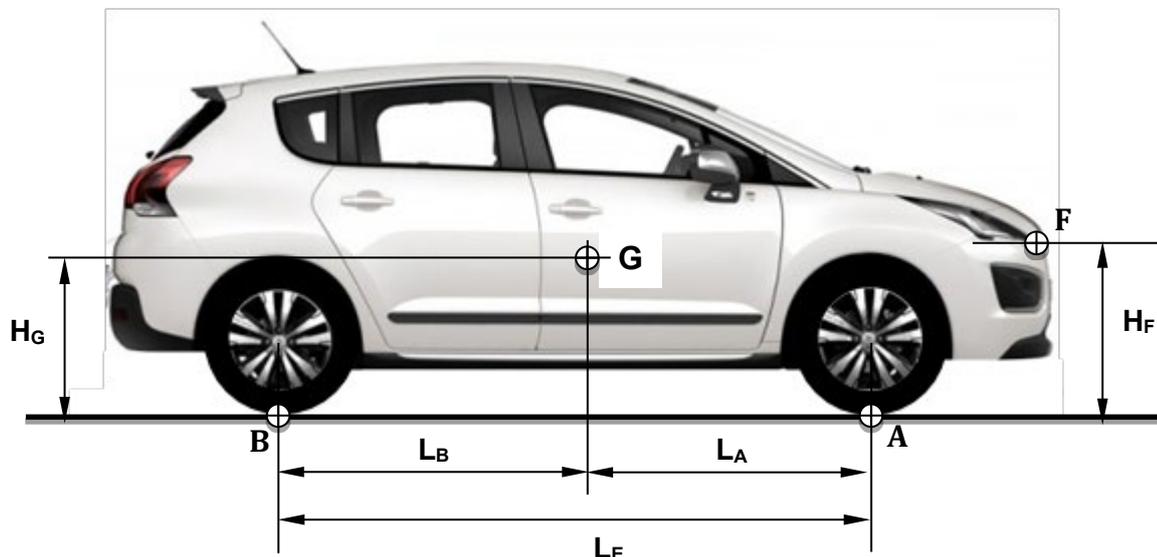
BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page de garde



## DOSSIER TECHNIQUE

Peugeot 3008 HYbrid4 I phase 2 (2013), le crossover compact innovant qui associe un moteur Diesel 2.0 HDi FAP de 163 ch et un moteur électrique de 37 ch, permettant une véritable rupture en termes de gains de consommation et d'émissions de CO<sub>2</sub> mais aussi une motricité intégrale.

### Caractéristiques :



### Dimensions :

$L_A$	$L_B$	$L_E$	$H_G$	$H_F$
1213 mm	1400 mm	2613 mm	650 mm	700 mm

### Masse :

**Masse à vide** : 1 660 kg

**Masse maximum** : 2 245 kg valeur utilisée

**Masse tractée freinée et non freinée** 500 kg

Pour le calcul des poids on prendra  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

### Motorisation :

Thermique		Électrique	
Moteur 4 en ligne 1997 cm <sup>3</sup>		Moteur Synchrone	
Puissance	163 CH à 3850 Trs.min <sup>-1</sup>	Puissance	37 CH à 2500 Trs.min <sup>-1</sup>
Couple maximum	300 Nm à 1750 Trs.min <sup>-1</sup>	Couple maximum	200 Nm à 1250 Trs.min <sup>-1</sup>
Disposition	Transversal avant	Disposition	Transversal arrière
Ralenti	750 tr / min	Batterie capacité	5,5 A·h
Cycle urbain	3 litres / 100 kms		<b>À calculer</b>
Cycle extra-urbain	3,4 litres / 100 kms	Puissance de régénération maxi	11 kW
Cycle mixte	3,3 litres / 100 kms	Autonomie	2 km

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT1 sur 31

## PRÉSENTATION DE LA CHAÎNE HYBRIDE

La technologie hybride permet d'associer 2 sources d'énergie :

- L'énergie du moteur thermique qui entraîne les roues avant ;
- L'énergie de la machine électrique qui entraîne les roues arrière.

Ces 2 sources d'énergie peuvent fonctionner de manière alternée ou simultanée, en fonction du mode Hybride sélectionné et des conditions de roulage du véhicule.

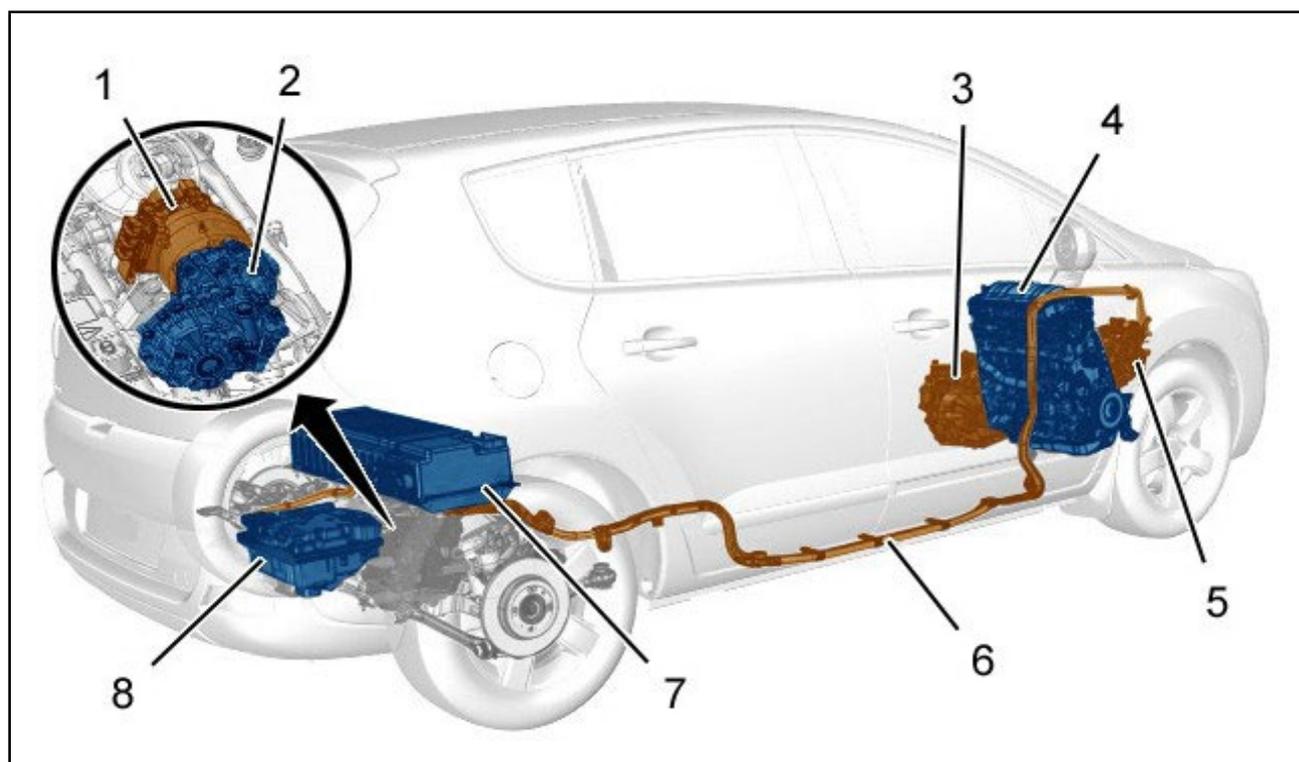
La machine électrique entraîne le véhicule dans les phases de roulage à basse vitesse, sous sollicitation modérée dans l'un des modes suivants :

- Mode ZEV (Zéro Emission Vehicle)
- Mode AUTO

La machine électrique assiste également le moteur thermique lors des phases de fonctionnement suivantes :

- Démarrage
- Accélération
- Passage de vitesses

La batterie qui alimente la machine électrique se recharge dans les phases de décélération et stocke l'énergie pour pouvoir la restituer. La chaîne de traction hybride correspond à l'ensemble des éléments qui participent à la traction du véhicule et à la gestion de son fonctionnement.



1	Machine électrique de traction	5	Alternateur réversible
2	Réducteur	6	Câbles haute tension
3	Boîte de vitesse manuelle pilotée	7	Ensemble calculateur et batterie de traction
4	Moteur thermique	8	Calculateur contrôle hybride

## Architecture principale de la chaîne de traction hybride

Particularités :

- Machine électrique de traction synchrone triphasée à aimants permanents
- Un résolveur, intégré à la machine électrique de traction
- Alternateur réversible synchrone triphasé à aimants permanents
- Des capteurs de position, intégrés à l'alternateur réversible
- Calculateur de contrôle hybride
- Calculateur de la batterie de traction
- Batterie de traction au Nickel Métal Hydrure (Courant continu 200 V)
- Un coupe-circuit
- Réducteur composé d'un solénoïde de crabot et d'un capteur de position crabot
- Pompe à vide électrique
- 2 Capteurs de dépression de freinage (Capteur de pression de vide)
- Capteur de la pédale de frein (secondaire)
- Sélecteur mode hybride

## Système de refroidissement

Particularités :

- Pompe à eau électrique basse température
- Radiateur basse température
- Pulseur de refroidissement de la batterie de traction
- Pompe à eau électrique aérotherme

## Les différents modes de fonctionnement

### ➤ Mode ZEV

Le véhicule utilise uniquement de l'énergie électrique pour se déplacer, le moteur thermique reste inactif.

Lorsque les conditions ne sont plus réunies pour entraîner le véhicule en mode ZEV (zero emission vehicle), le calculateur de contrôle Hybride désactive le mode "ZEV" et active le mode AUTO.

**NOTA** : Seul le mode " ZEV" (zero emission vehicle) n'inclut pas la fonction Stop and Start.

### ➤ Mode AUTO

Le véhicule peut utiliser l'énergie du moteur thermique et de la machine électrique de manière alternée ou simultanée.

Ce mode privilégie l'utilisation de l'énergie électrique, dans l'optique d'optimiser la consommation de carburant.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT3 sur 31

### ➤ Mode sport

Ce mode permet une conduite plus dynamique en apportant un surcroît de performance. Les accélérations et les reprises sont maximales en utilisant toute l'énergie de la machine électrique en parallèle à l'énergie du moteur thermique.

### ➤ Mode 4WD

Le mode 4WD utilise le moteur thermique pour la traction et la machine électrique pour la propulsion afin d'obtenir une motricité sur les 4 roues.

**NOTA** : L'un des 3 derniers modes ne peut être désactivé que par l'action du conducteur sur le sélecteur mode hybride.

## Calculateurs de la chaîne de traction hybride

Éléments du circuit électronique :

- Combiné
- Afficheur matriciel combiné
- Sélecteur mode hybride
- Boîtier de servitude intelligent (BSI)
- Platine de servitude-boite fusibles compartiment moteur (PSF1)
- Calculateur contrôle moteur
- Calculateur de climatisation
- Boîtier coussins gonflables et prétensionneurs
- Calculateur boîte de vitesses manuelles pilotée
- Calculateur contrôle de stabilité
- Écran multifonction NG4, RD4

## PRÉSENTATION DE LA BATTERIE DE TRACTION

La batterie est placée dans le coffre du véhicule.



BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT4 sur 31

La batterie de traction est composée de 168 cellules (tension nominale :1,2 V chacune) connectées en série.

La batterie est de type : Ni-MH\* (de l'anglais *nickel - métal hybride* ou *nickel métal hydrure*)

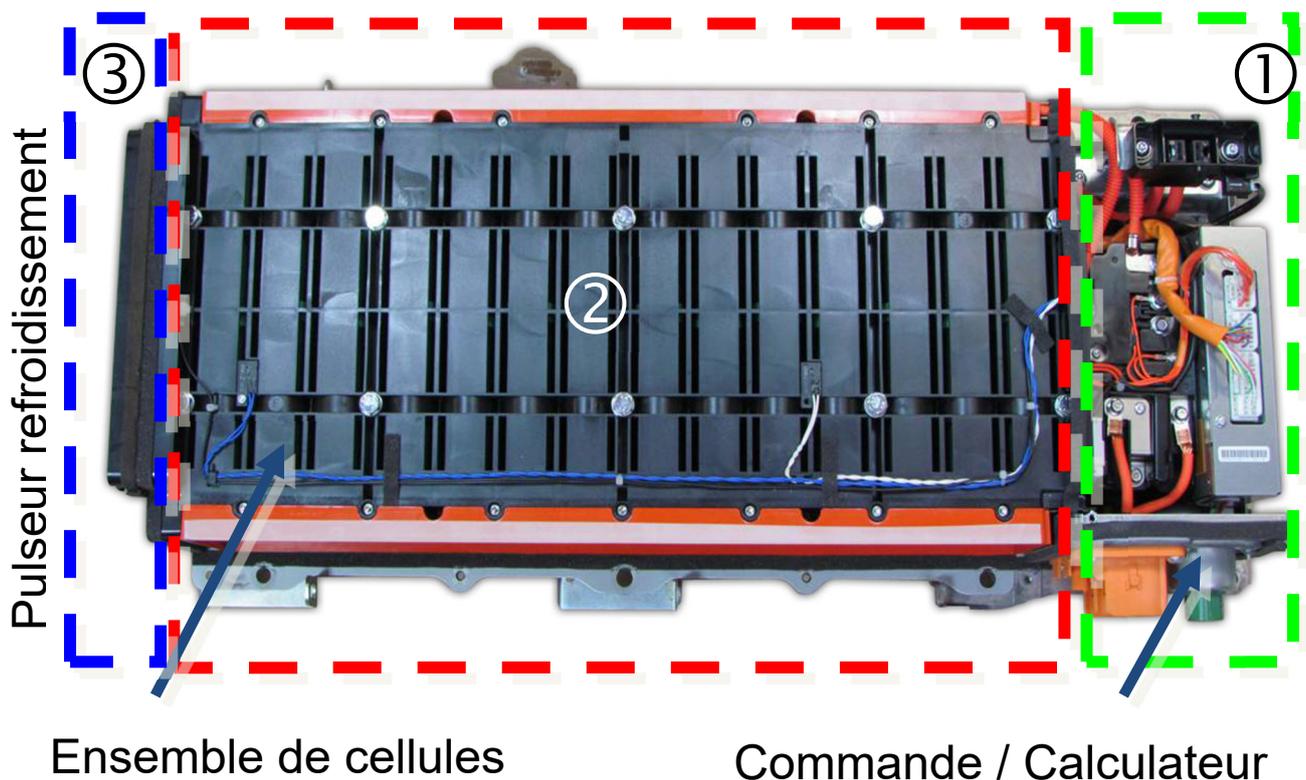
Le niveau de charge batterie est indiqué par 8 barrettes horizontales ou verticales.

On le visualise sur :

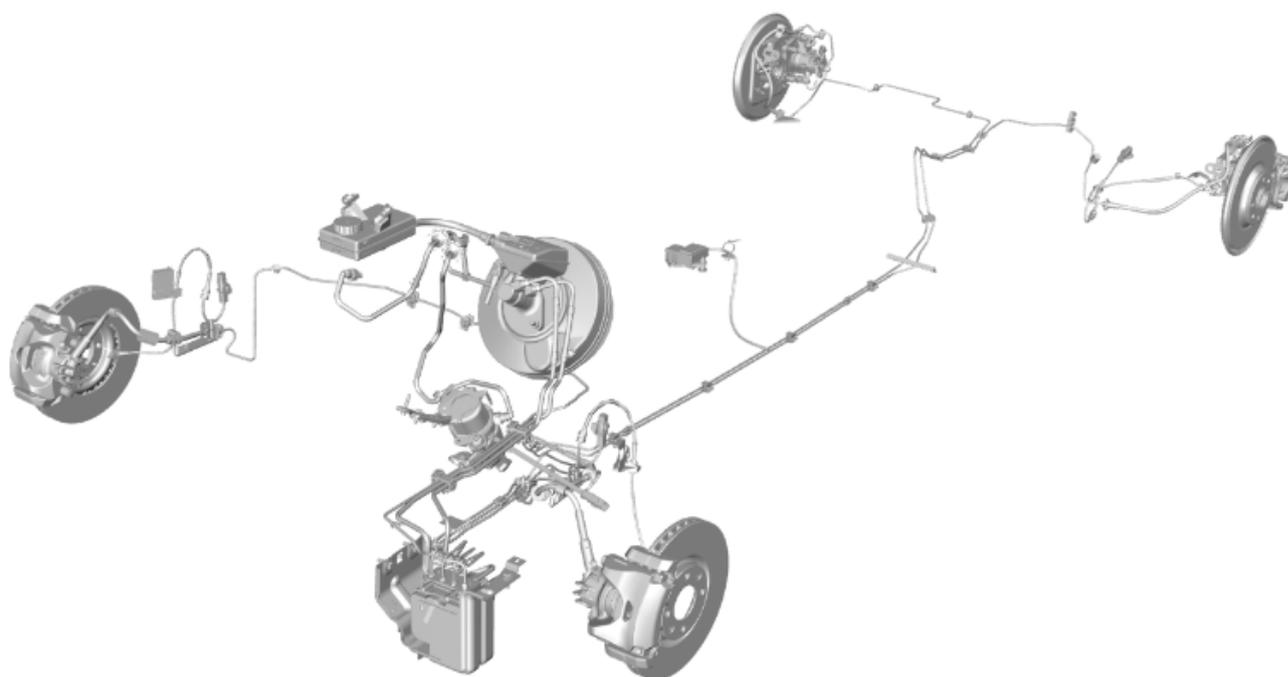
- la matrice du combiné (monochrome / couleur)
- l'écran multifonctions (DG4 uniquement).



La batterie de traction permet de stocker l'énergie électrique nécessaire à alimenter la machine électrique de traction, l'alternateur réversible et le réseau de bord via le convertisseur DC/DC (calculateur de contrôle hybride).



BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT5 sur 31



La composition du circuit de freinage est identique au circuit traditionnel de freinage des véhicules de la gamme actuelle, auquel on a ajouté des éléments spécifiques pour l'hybride. Ces évolutions sont nécessaires pour conserver les prestations de freinage lorsque le moteur thermique est arrêté (ex : mode ZEV).

### La pompe à vide électrique

La pompe à vide électrique fournit de la **dépression** au circuit de **freinage** en mode ZEV ou auto lorsque le moteur **thermique** est **arrêté**, lorsque le fonctionnement du moteur **thermique** est actif, la pompe à vide mécanique, montée sur le moteur, prend le relais lors des phases de freinage.

### Les capteurs de dépression

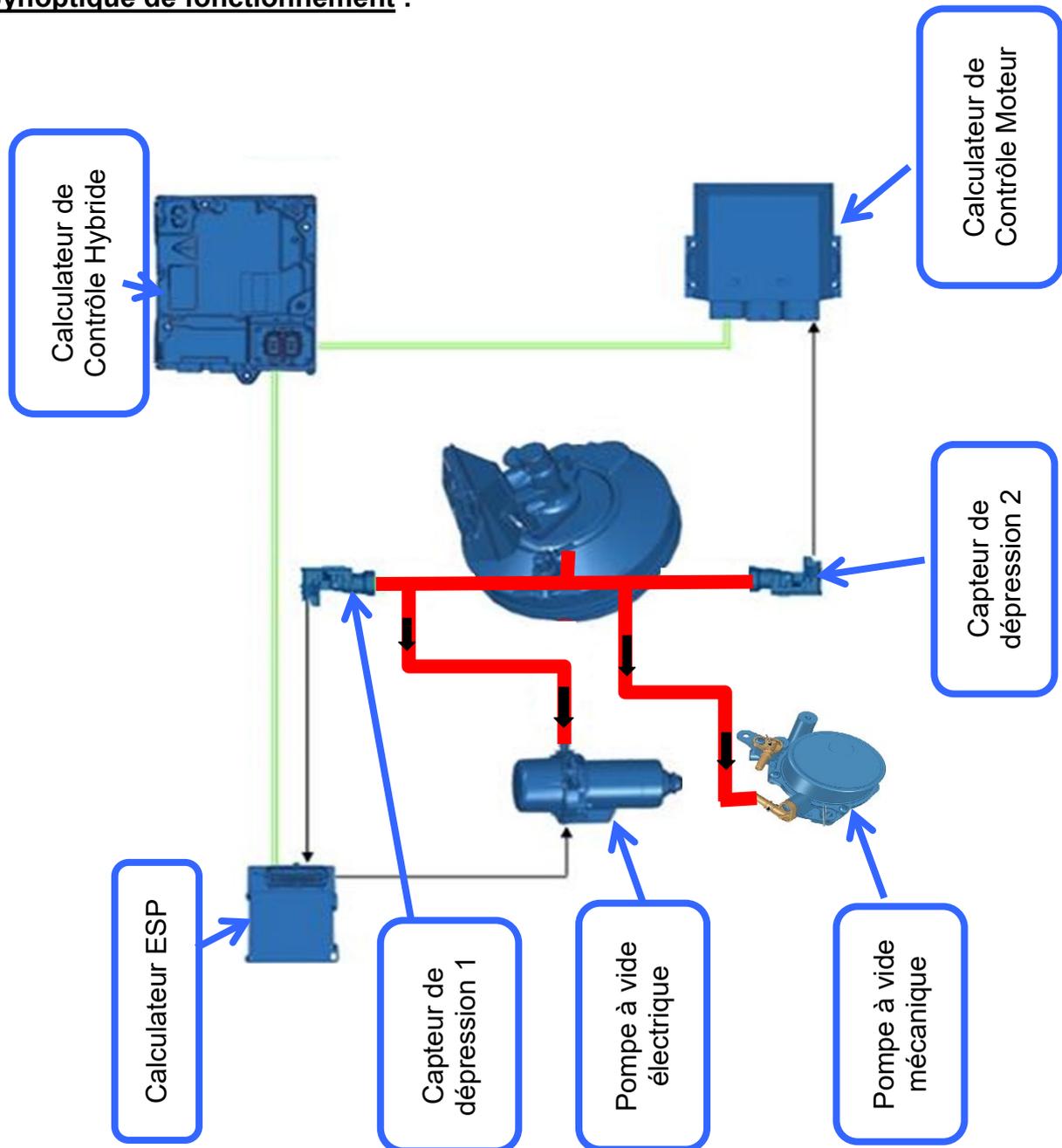
Les capteurs de dépression transmettent la valeur de la dépression du circuit de freinage en mode ZEV ou lorsque le moteur **thermique** est **arrêté**, ils sont au nombre de 2. L'un est relié au calculateur de **contrôle moteur** et l'autre au calculateur de **contrôle de stabilité**.

### Le relais de pompe à vide

C'est un **relais double** dont une partie commande la pompe à vide électrique et l'autre partie commande la **pompe aérotherme**. Ce relais est situé sur la face avant de la boîte à fusibles du compartiment moteur.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT6 sur 31

## Synoptique de fonctionnement :



### Points à retenir

- Système classique enrichi de 4 nouvelles pièces :
  - 2 capteurs de dépression ;
  - un relais de pompe à vide électrique ;
  - une pompe à vide électrique.
- Un défaut sur le système de freinage peut être à l'origine d'un refus de passage en mode ZEV.
- L'ESP double ses fonctions en gérant à la fois le couple à l'avant (moteur thermique) et à l'arrière (machine électrique de traction).

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT7 sur 31

### Situation de gestion de l'énergie électrique

La gestion de l'énergie électrique est gérée selon 2 phases :

- Phase de roulage à vitesse stabilisée ou en accélération
- Phase de lever de pied du conducteur ou freinage

Ces 2 phases sont régies par deux facteurs significatifs :

- Moteur thermique en fonctionnement
- Moteur thermique à l'arrêt

En fonction de ces différents paramètres, le calculateur de contrôle hybride est à même de piloter les machines électriques, pour la traction du véhicule (machine électrique de traction) ou pour la régénération de courant (alternateur réversible et machine électrique de traction).

### ROULAGE À VITESSE STABILISÉE OU EN ACCÉLÉRATION MOTEUR THERMIQUE NON FONCTIONNEL

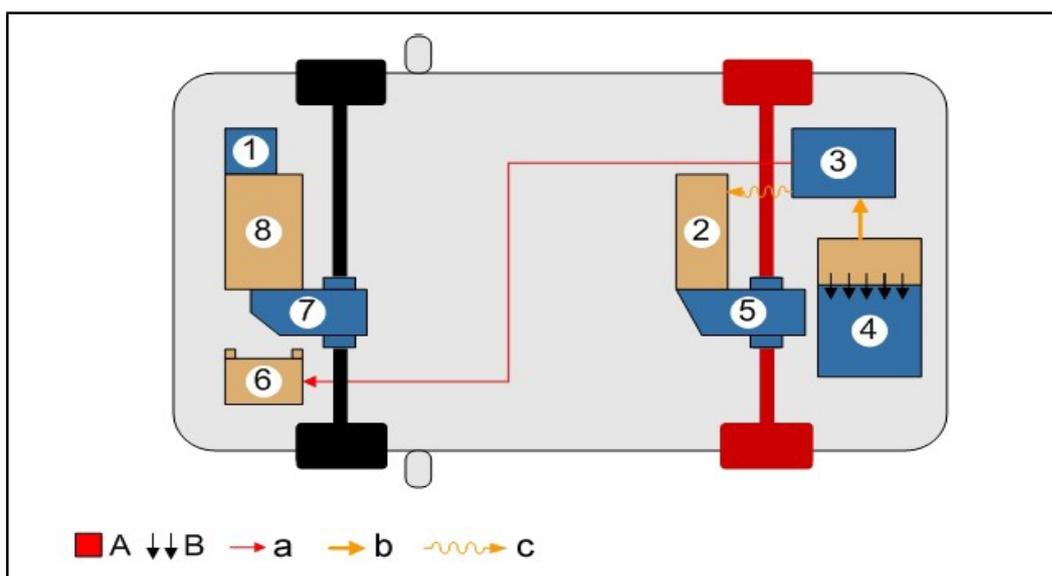


Figure : D4EA5PBD

Légende :

- "A" Consommation d'énergie électrique
- "B" Décharge de la batterie de traction
- "a" Alimentation basse tension
- "b" Alimentation haute tension
- "c" Alimentation haute tension alternatif

1	Alternateur réversible	5	Réducteur
2	Machine électrique de traction	6	Batterie de servitude
3	Calculateur de contrôle hybride	7	Boîte de vitesse mécanique pilotée
4	Batterie de traction	8	Moteur Thermique

Lors de roulage à vitesse constante ou d'accélération, moteur thermique à l'arrêt, le calculateur de contrôle hybride transforme l'énergie électrique de la batterie de traction (courant continu haute tension monophasé) pour piloter la machine électrique de traction (courant alternatif haute tension triphasé).

La machine électrique de traction transforme l'énergie électrique en énergie cinétique qui entraîne les roues arrière du véhicule via le réducteur.

Le mode tout électrique se désactive lorsque le véhicule atteint une vitesse de 60 km.h<sup>-1</sup>.

## ROULAGE À VITESSE STABILISÉE OU EN ACCÉLÉRATION MOTEUR THERMIQUE FONCTIONNEL

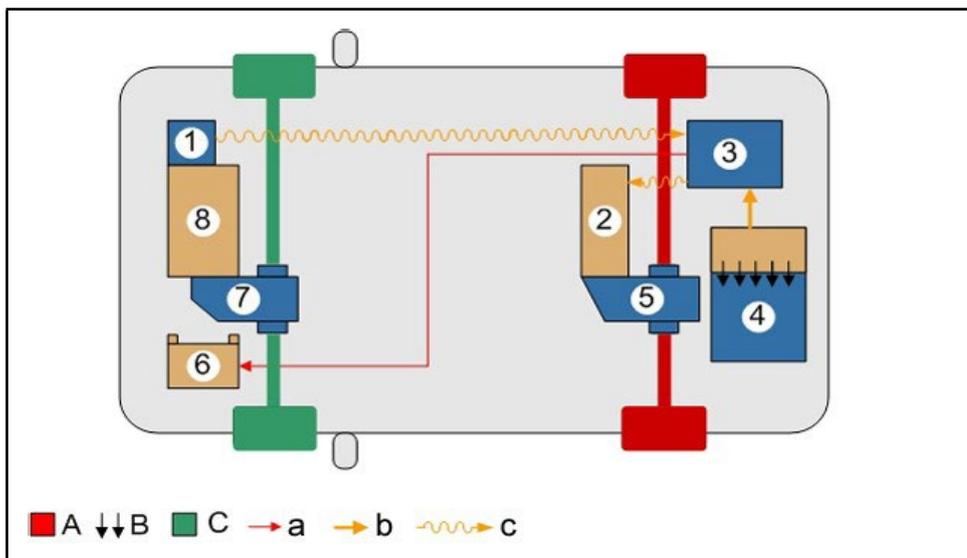


FIGURE : D4EA5PCD

Lors des phases de roulage à vitesse constante ou d'accélération, moteur thermique en fonctionnement, le calculateur de contrôle hybride gère l'alternateur réversible en plus de la machine électrique de traction.

Lors de cette phase, le moteur thermique étant en fonctionnement, l'alternateur réversible est en rotation.

Pour réguler le courant produit, le calculateur contrôle hybride agit sur le décalage de phase d'alimentation des bobinages du stator de l'alternateur réversible.

Le courant alternatif triphasé produit est directement acheminé vers l'onduleur au travers des six transistors de puissance du calculateur de contrôle hybride.

Le calculateur de contrôle hybride redistribue le courant produit de différentes manières :

- Le courant alternatif généré circule de l'alternateur réversible vers les transistors de puissance, qui redressent la tension alternative pour la transformer en tension continue redressée, puis vers la batterie de service via le convertisseur DC/DC.
- Le courant alternatif généré circule de l'alternateur réversible vers les transistors de puissance, puis vers la batterie de traction. Cette phase de fonctionnement intervient jusqu'à ce que le niveau de charge optimal soit atteint.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT9 sur 31

## LEVER DE PIED OU FREINAGE, MOTEUR THERMIQUE NON FONCTIONNEL

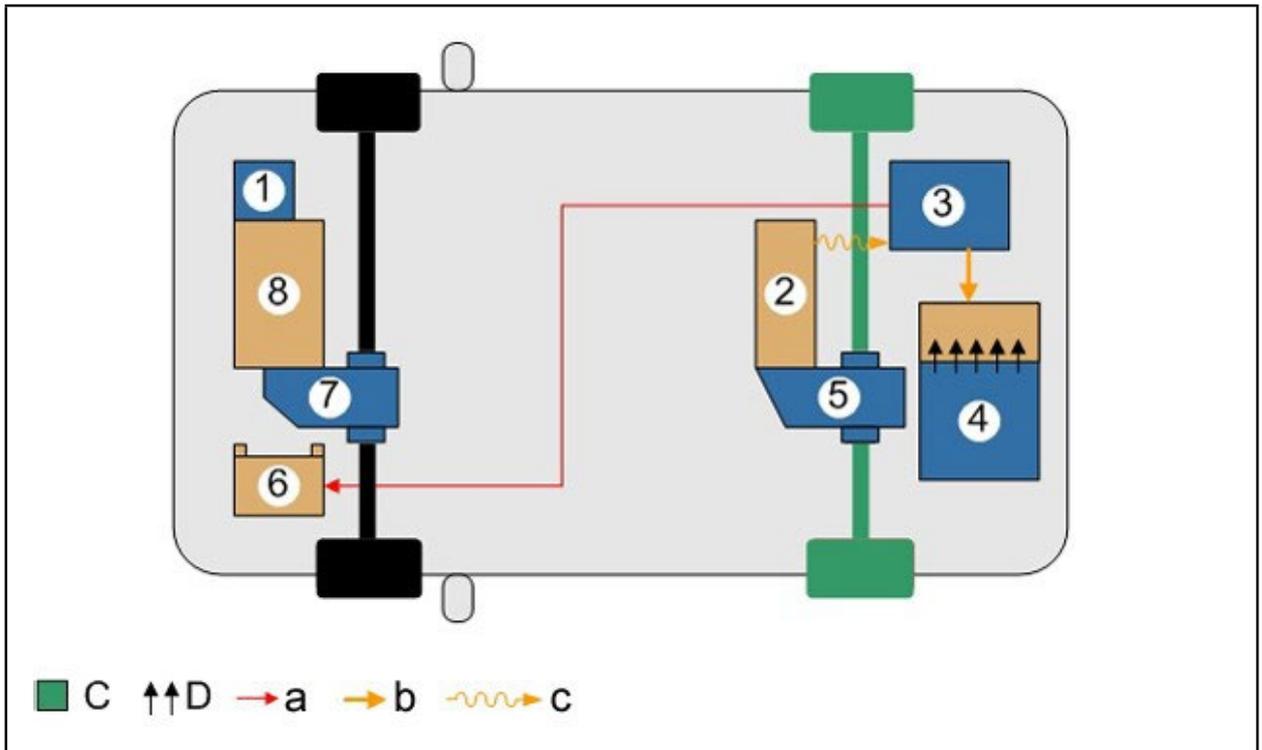


Figure : D4EA5PDD

Lors des phases de lever de pied ou de freinage, le calculateur contrôle hybride n'alimente plus la machine électrique de traction. Les roues du véhicule entraînent le rotor de la machine électrique de traction via le réducteur.

La variation du flux magnétique due à la rotation du rotor crée un courant alternatif induit aux bornes des bobines du stator de la machine électrique de traction.

Le courant alternatif triphasé produit est directement acheminé vers l'onduleur au travers des six transistors de puissance du calculateur de contrôle hybride.

Le calculateur de contrôle hybride redistribue le courant produit de différentes manières :

- Le courant alternatif généré circule de la machine électrique de traction vers les transistors de puissance, qui redressent la tension alternative pour la transformer en tension continue redressée, puis vers la batterie de service via le convertisseur DC/DC.
- Le courant alternatif généré circule de la machine électrique de traction vers les transistors de puissance, puis vers la batterie de traction. Cette phase de fonctionnement intervient jusqu'à ce que le niveau de charge optimal soit atteint.

**NOTA :** Cette phase de fonctionnement s'applique également sur un simple allumage des feux stop du véhicule par effleurement de la pédale de frein sans action réelle sur les freins.

Un couple résistant est généré par la machine électrique de traction semblable à un frein moteur.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT10 sur 31

## LEVER DE PIED OU FREINAGE, MOTEUR THERMIQUE FONCTIONNEL

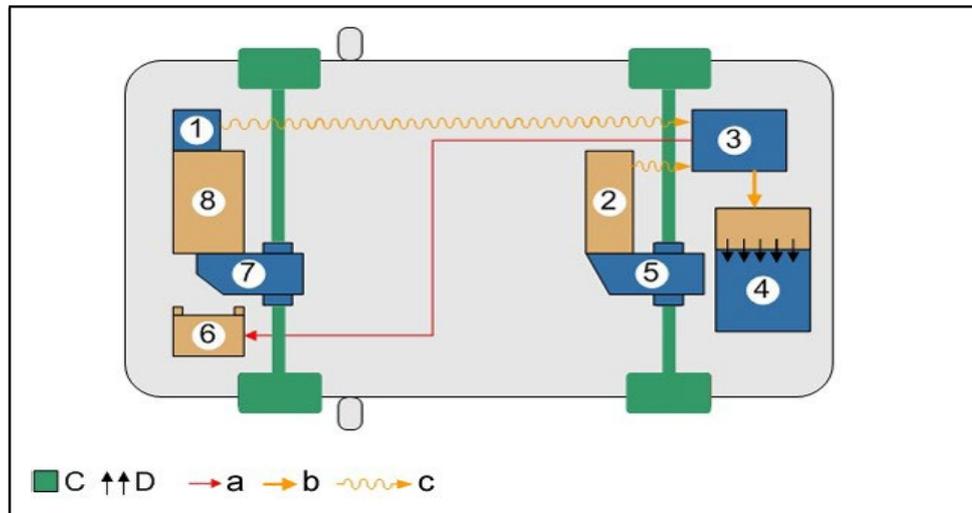


Figure : D4EA5PED

Légende :

- "A" Consommation d'énergie électrique
- "B" Décharge de la batterie de traction
- "a" Alimentation basse tension
- "b" Alimentation haute tension
- "c" Alimentation haute tension alternatif

1	Alternateur réversible	5	Réducteur
2	Machine électrique de traction	6	Batterie de servitude
3	Calculateur de contrôle hybride	7	Boite de vitesse mécanique pilotée
4	Batterie de traction	8	Moteur Thermique

Le calculateur de contrôle hybride n'alimente pas la machine électrique de traction.

Le moteur thermique étant fonctionnel, l'alternateur réversible est en rotation.

Le calculateur de contrôle hybride dispose de 2 sources de récupération d'énergie.

**NOTA :** Le calculateur de contrôle hybride a pour principale fonction de maintenir le réseau de bord fonctionnel.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT11 sur 31

## TRANSFORMATION DE COURANT

La batterie de traction permet de stocker l'énergie électrique nécessaire à la traction du véhicule et fournit une tension continue de 200 V à la chaîne de traction électrique.

La machine électrique de traction est alimentée avec une tension alternative triphasée.

Pour fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement de la machine électrique de traction, le calculateur contrôle hybride transforme la tension continue fournie par la batterie de traction en tension alternative triphasée via l'onduleur.

Pendant les phases de régénération permettant de recharger la batterie de traction, le calculateur contrôle hybride transforme la tension alternative générée par la machine électrique de traction en tension continue lissée à l'aide de l'onduleur et du condensateur de lissage. Le rôle du condensateur de lissage est d'absorber, en complément de la batterie de traction, les fluctuations de tension résultantes, après redressement du courant.

L'alternateur réversible, permet de recharger la batterie de service, à l'aide de l'onduleur et du convertisseur DC/DC.

L'alternateur réversible, peut également alimenter directement la machine électrique de traction par l'intermédiaire du calculateur de contrôle hybride et de l'onduleur.

## SPÉCIFICITÉS

Le résolveur, intégré à la machine électrique de traction, transmet la position angulaire et le sens de rotation de la machine électrique de traction au calculateur contrôle hybride, pour permettre un phasage précis de l'alimentation, cela pour garantir une stabilité de fonctionnement parfaite essentiellement lors des basses vitesses de rotation.

La modulation des tensions de pilotage est réalisée par une gestion précise des 6 transistors de puissance dédiés intégrés à l'onduleur du calculateur contrôle hybride.

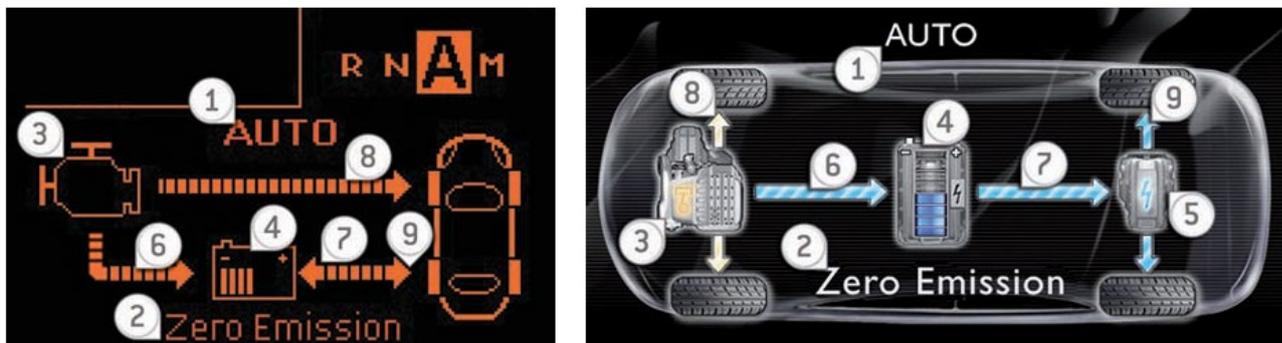
L'alternateur réversible n'étant pas utilisé à de faibles régimes de rotation, le contrôle de position angulaire de son rotor est assuré par trois capteurs à effet hall d'une précision inférieure à celle d'un résolveur.

Les capteurs de position disposés à 120°, transmettent la position angulaire de l'alternateur réversible au calculateur contrôle hybride pour permettre le phasage de l'alimentation.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT12 sur 31

## VISUALISATION DES INFOS DE FLUX HYBRIDE

Les informations concernant le mode hybride sélectionné, les flèches de flux d'énergie et le niveau de charge de la batterie s'affichent en temps réel sur l'afficheur du combiné ou sur l'écran.



### Modes hybrides

1. Mode Hybride sélectionné (AUTO, ZEV, SPORT, 4WD).
2. Messages, ex. : « Zéro Emission » si le moteur Diesel est coupé (0 g/km de CO<sub>2</sub>).

### Infrastructure du véhicule

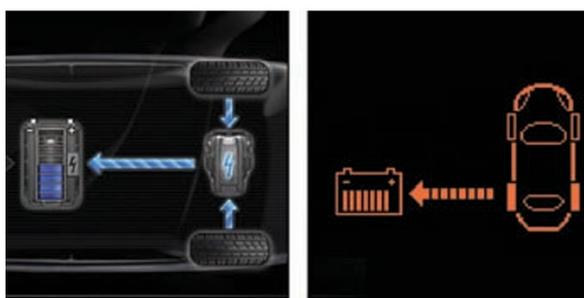
3. Moteur Diesel.
4. Niveau de charge batterie de traction.
5. Moteur/Générateur électrique

### Fonctionnement / Flux d'énergie

6. Le moteur Diesel alimente la batterie (selon besoins).
7. Flèche de gauche à droite : la batterie alimente le moteur électrique (lorsque le moteur électrique fonctionne). Flèche de droite à gauche : le moteur/générateur électrique recharge la batterie (phases de récupération d'énergie).
8. Le moteur Diesel entraîne les roues avant.
9. Le moteur électrique entraîne les roues arrière.

### Charge

La batterie se charge lorsque le véhicule décélère, le moteur électrique devient alors générateur et transforme l'énergie cinétique en énergie électrique (sauf si le véhicule est à plus de 120 km·h<sup>-1</sup>). La batterie ne se recharge pas sur le secteur. La batterie peut aussi se charger automatiquement en cas de besoin à l'aide du système Stop & Start du moteur diesel.



BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT13 sur 31

Cette récupération permet ainsi d'utiliser une énergie « gratuite ». Le temps de chargement de la batterie est très rapide et continu. Une batterie déchargée (par exemple suite à un roulage ZEV ou une forte sollicitation) retrouvera rapidement un niveau de charge suffisant pour retrouver les pleines capacités d'utilisation des différents modes hybrides. La recharge se fera automatiquement en roulage. La récupération pourra être plus rapide lors des décélérations.



Pour préserver la durée de vie de la batterie, le niveau de charge ne descend jamais en dessous d'un seuil de 20% de charge, même si le niveau est affiché à 0 barrette après un roulage ZEV.

### Exemple d'affichage

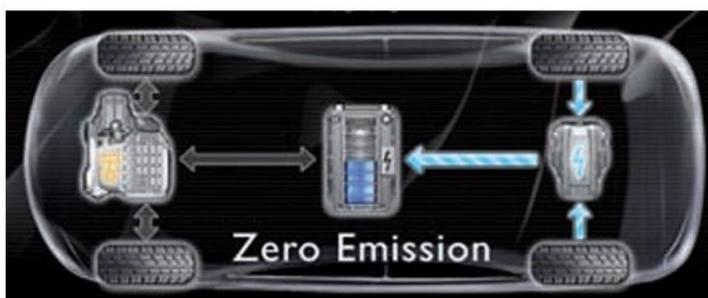
#### Au démarrage et à l'arrêt

Aucun flux d'énergie n'est transmis (le Stop & Start arrête et démarre le moteur Diesel automatiquement).



#### Récupération d'énergie

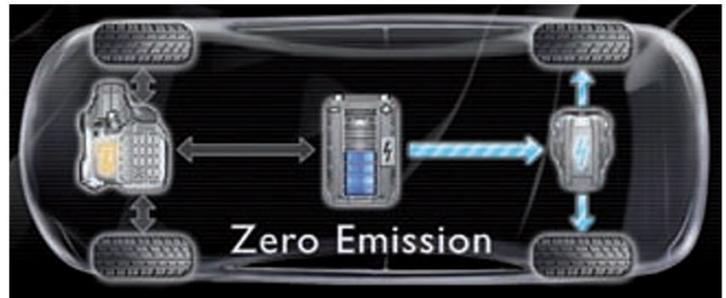
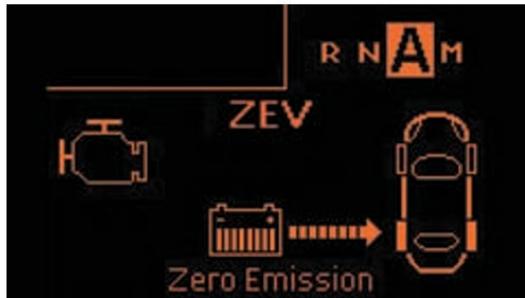
Lors de cette phase (décélération, freinage, lever de pied, tous modes), la batterie est rechargée par le moteur/générateur électrique, lui-même entraîné par les roues arrière (jusqu'à 120 km·h<sup>-1</sup>).



BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT14 sur 31

## 100% électrique

En roulage tout électrique (modes AUTO ou ZEV), seul le moteur électrique, alimenté par la batterie, entraîne les roues arrière. L'affichage « Zéro Emission » indique que le moteur Diesel est arrêté et que le véhicule n'émet pas de CO<sub>2</sub>.



### Conditions mode redémarrage moteur thermique :

Certaines conditions nécessitent de maintenir le fonctionnement du moteur thermique.

- Lors d'une demande du conducteur d'accélération soutenue et importante :  
La priorité est donnée à la demande de couple fourni par le moteur thermique.
- Pour le maintien du confort thermique dans l'habitacle :
  - En cas d'utilisation de la fonction désembuage ;
  - Température extérieure sous les -5°C ;
  - Climatisation activée et écart entre température habitacle et température extérieure important ;
  - Lorsque la température habitacle est différente de  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  par rapport à la température intérieure demandée par le conducteur.
- Si la batterie de traction a un état de charge inférieur à 4 barrettes :  
Le souhait est de garantir une autonomie minimale.
- Lorsque l'altitude est supérieure à 1500 m :  
La pompe à vide électrique est inefficace à cette altitude pour conserver les prestations habituelles de freinage.
- Si la température d'eau moteur est hors tolérance :  
Si la température d'eau moteur atteint les 110°C (problème de refroidissement), le redémarrage moteur thermique permet de le protéger.

Le calculateur de contrôle hybride prend en compte la température de liquide de refroidissement du moteur et la température d'air d'admission pour autoriser ou non l'arrêt automatique du moteur thermique.

La prise en compte des températures permet d'assurer le bon fonctionnement et la durée de vie des composants du moteur thermique.

D'autres conditions nécessitent de maintenir le fonctionnement du moteur thermique.

- Lors de l'utilisation du véhicule après un stationnement prolongé dans une zone ensoleillée :

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT15 sur 31

On considère qu'après ce type de stationnement, la température habitacle est importante et donc ne permet pas un refroidissement optimal de la batterie de traction.

- Lors de l'utilisation du véhicule en forte pente (montante d'environ 10%) :

Le mode *Zéro Emission Vehicle* n'est pas actif car il y a potentiellement un risque de destruction de la machine électrique de traction et du calculateur de contrôle hybride. (Faible vitesse avec une demande de couple importante et une accélération faible).

- Lors de la régénération du filtre à particules :

La priorité est de faire monter en température le filtre à particules.

- Si le niveau de carburant est trop faible (plus d'un litre et demi consommé dans la réserve) :

Lors de l'allumage du voyant au combiné et du message « niveau carburant faible »

- Une température du carburant supérieure à 60°C :

Il s'agit d'une stratégie protégeant certains équipements du moteur thermique (pompe haute pression par exemple).

- Manque de vide dans le circuit de vide :

Il s'agit d'assurer l'assistance nécessaire au freinage du véhicule.

## COMMANDE DE FREINAGE SELON LA RÉGLEMENTATION ECE R13H

Extrait :

### « III.5 Commande de freinage selon la réglementation ECE R13H

#### III.5.1 Introduction

Avant d'avoir l'approbation de rouler, tout véhicule doit se conformer aux standards et normes internationaux. La réglementation ECE n°13 « disposition uniforme concernant l'approbation des véhicules des catégories M, N et O en matière de freinage » détermine la performance de freinage légal minimal pour les véhicules routiers neufs au moment de l'approbation par type. *Cette performance de freinage est spécifiée en termes de distance d'arrêt et en termes de décélération moyenne en régime.*

Cette réglementation contient tous les essais-types nécessaires pour les systèmes de freinage pour différentes catégories de véhicules (M pour les véhicules motorisés pour le transport des passagers, N pour les véhicules motorisés pour le transport des marchandises et O pour les remorques ou semi-remorques). Afin d'avoir l'approbation, les essais de simulation sont performés sur un véhicule de catégorie M décrit dans ECE R13H. Dans la réglementation, le système de freinage régénératif est considéré comme faisant partie du système de freinage. Selon l'essai type 0 (essai de performance ordinaire pour des freins à froid) de la réglementation ECE R13H, ayant le moteur débrayé et sur une surface de route à bonne adhérence, *la décélération doit être supérieure ou égale à 5,8 m · s<sup>-2</sup>, et la distance d'arrêt doit respecter l'inégalité :*

$$d \leq 0,1 \cdot V + \frac{V^2}{150}$$

»

Distance d'arrêt : d m  
Vitesse initiale : V km · h<sup>-1</sup>

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT16 sur 31

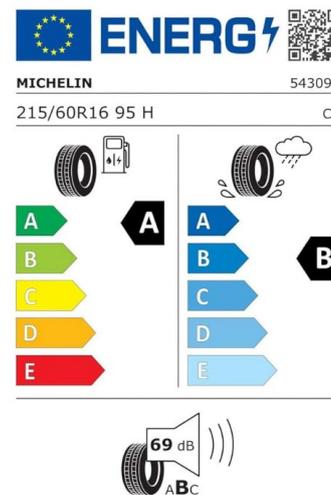
# RÉGÉNÉRATION AUX ROUES ARRIÈRE PNEUMATIQUES MICHELIN 215/60 R 16 ÉQUIPANT LA 3008

## Le détail des nouvelles étiquettes

Plusieurs éléments nouveaux apparaissent sur les étiquettes (voir détails ci-contre) :

Le nom commercial du fournisseur, la référence de type de pneu et les dimensions, indice de charge et de vitesse ainsi que la classe (C1, C2 ou C3) sont désormais mentionnés. Un **QR code** est imprimé sur la partie supérieure de l'étiquette et renvoie sur la fiche d'information.

Les classes d'efficacité en carburant, coefficient de résistance au roulement et d'efficacité d'adhérence sur sol mouillé sont en apparence identiques sur l'ancienne et sur la nouvelle version. Les seuils sont néanmoins modifiés sur les classes inférieures D et E. **Les classes F et G sont supprimées** car inférieures au seuil minimum de performance exigé en Europe.



**La classe de bruit de roulement externe**, anciennement illustrée par 3 ondes, le sera désormais par une notation à BC en conservant la valeur en décibel (dB).

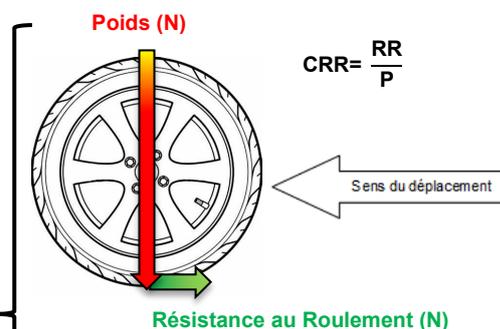
Les informations **d'adhérence sur neige ou verglas** font leur apparition s'il y a lieu, sous forme de pictogrammes (3PMSF ou glace).

### Pneus concernés :

- Voiture particulière (C1)
- Véhicule utilitaire léger (C2)
- Poids lourds (C3)

**Le coefficient de frottement** :  $f = 0,8$  sur route sèche

### Les Coefficients de Résistance au Roulement (CRR)

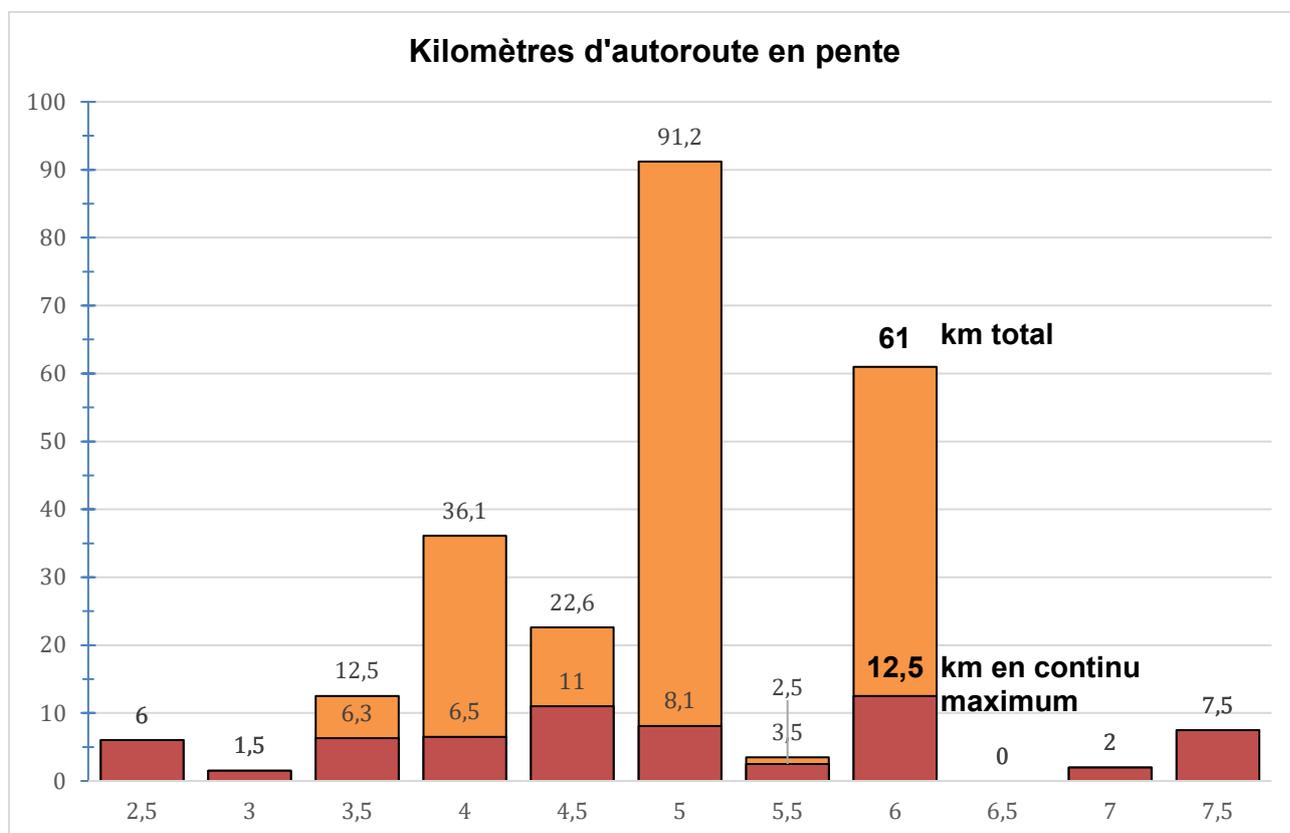
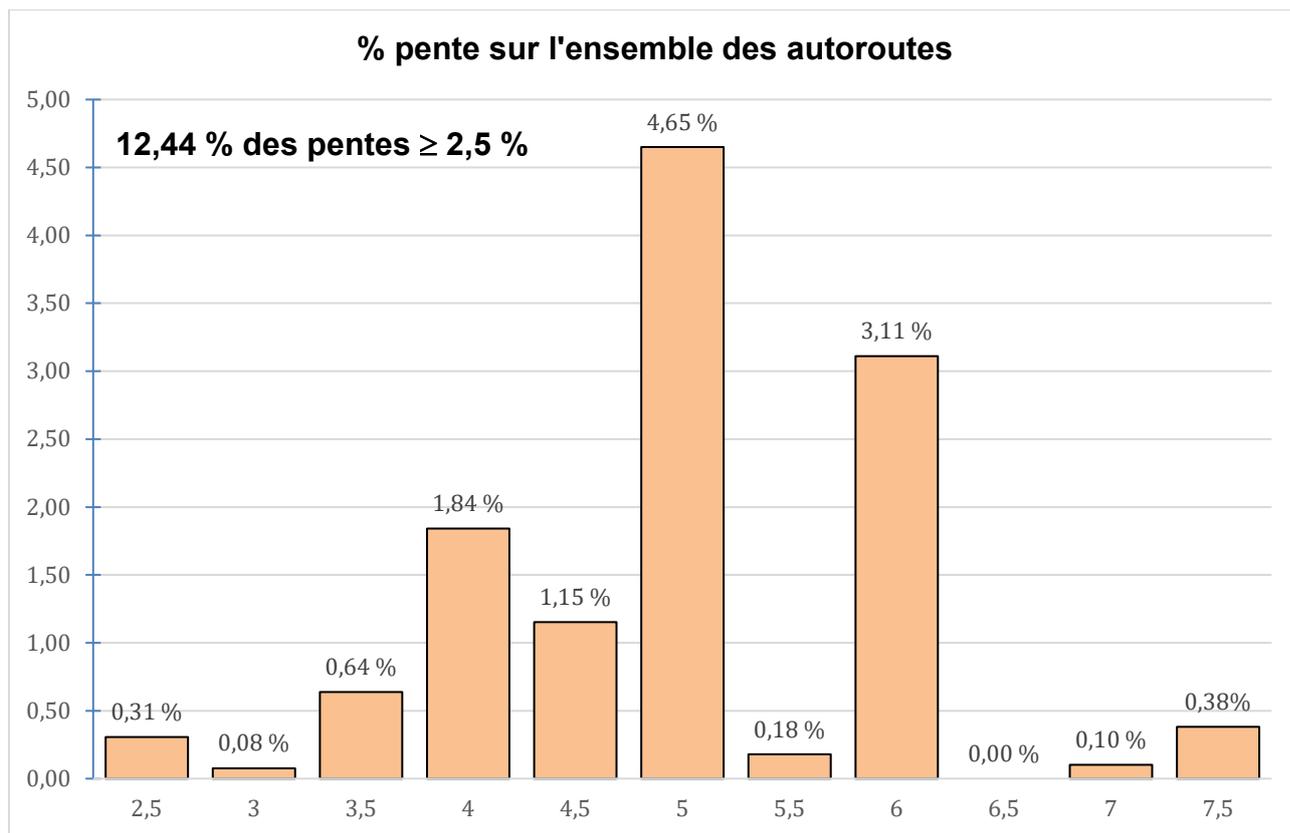


Les coefficients de résistance au roulement sont alignés et classés selon les classes de résistance au roulement du règlement (CE) no 1222/2009.

Classes d'efficacité énergétique des coefficients de résistance au roulement (CRR) pour les catégories de pneumatiques C1, C2 et C3,

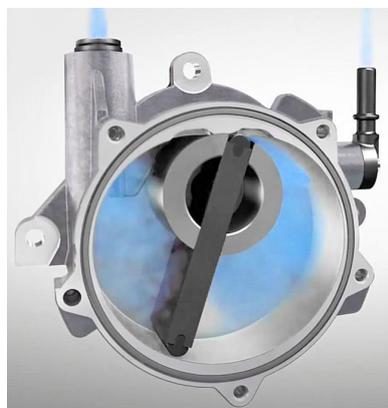
Classe d'efficacité énergétique	Valeur de la classe C1	Valeur de la classe C2	Valeur de la classe C3
<b>A</b>	$CRR = 5,9 \times 10^{-3}$	$CRR = 4,9$	$CRR = 3,5$
<b>B</b>	$CRR = 7,1$	$CRR = 6,1$	$CRR = 4,5$
<b>C</b>	$CRR = 8,4$	$CRR = 7,4$	$CRR = 5,5$
<b>D</b>	Vide	Vide	$CRR = 6,5$
<b>E</b>	$CRR = 9,8$	$CRR = 8,6$	$CRR = 7,5$
<b>F</b>	$CRR = 11,3$	$CRR = 9,9$	$CRR = 8,5$
<b>G</b>	$RRC = 12,9$	$CRR = 11,2$	Vide

## PENTES SUR AUTOROUTE



## LA POMPE À VIDE

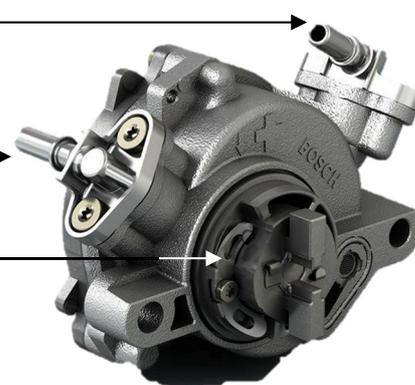
Les pompes à vide étaient principalement utilisées dans les moteurs diesel. Les moteurs diesel fonctionnent avec un excès d'air et n'ont pas de dépression suffisante à l'admission pour les commandes pneumatiques. Mais les moteurs modernes nécessitent souvent une pompe à vide supplémentaire. En effet, la dépression générée par l'admission ne suffit plus pour toutes les applications pneumatiques en raison de la complexité croissante des systèmes assistés et pilotés.



Clapet anti-retour admission d'air principale

Clapet anti-retour admission d'air secondaire

Lamelle anti-retour refoulement huile + air



Arrivée air secondaire

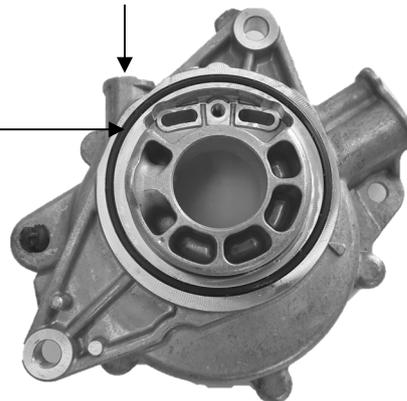
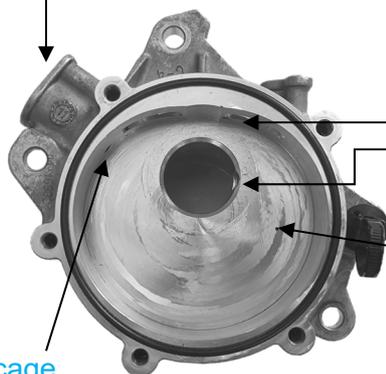
Lumières refoulement huile + air

Arrivée air principale

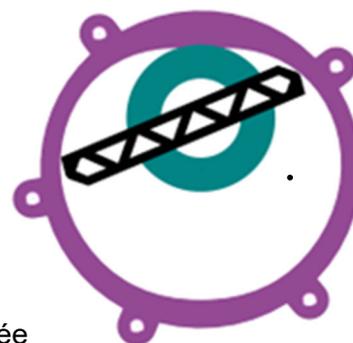
Gouttière entrée huile

Perçage admission air principale

Perçage admission air secondaire



Corps



Palette Percée

Axe d'entraînement



Ici, la pompe à vide fonctionne en créant, dans un circuit fermé, une dépression de **0.7 bar**. L'axe de la pompe à vide mécanique est entraîné par l'arbre à cames du moteur, qui **tourne 2 fois moins vite que le vilebrequin**. La rotation de l'axe entraîne une palette qui permet le cycle de pompage – refoulement : admission – échappement.

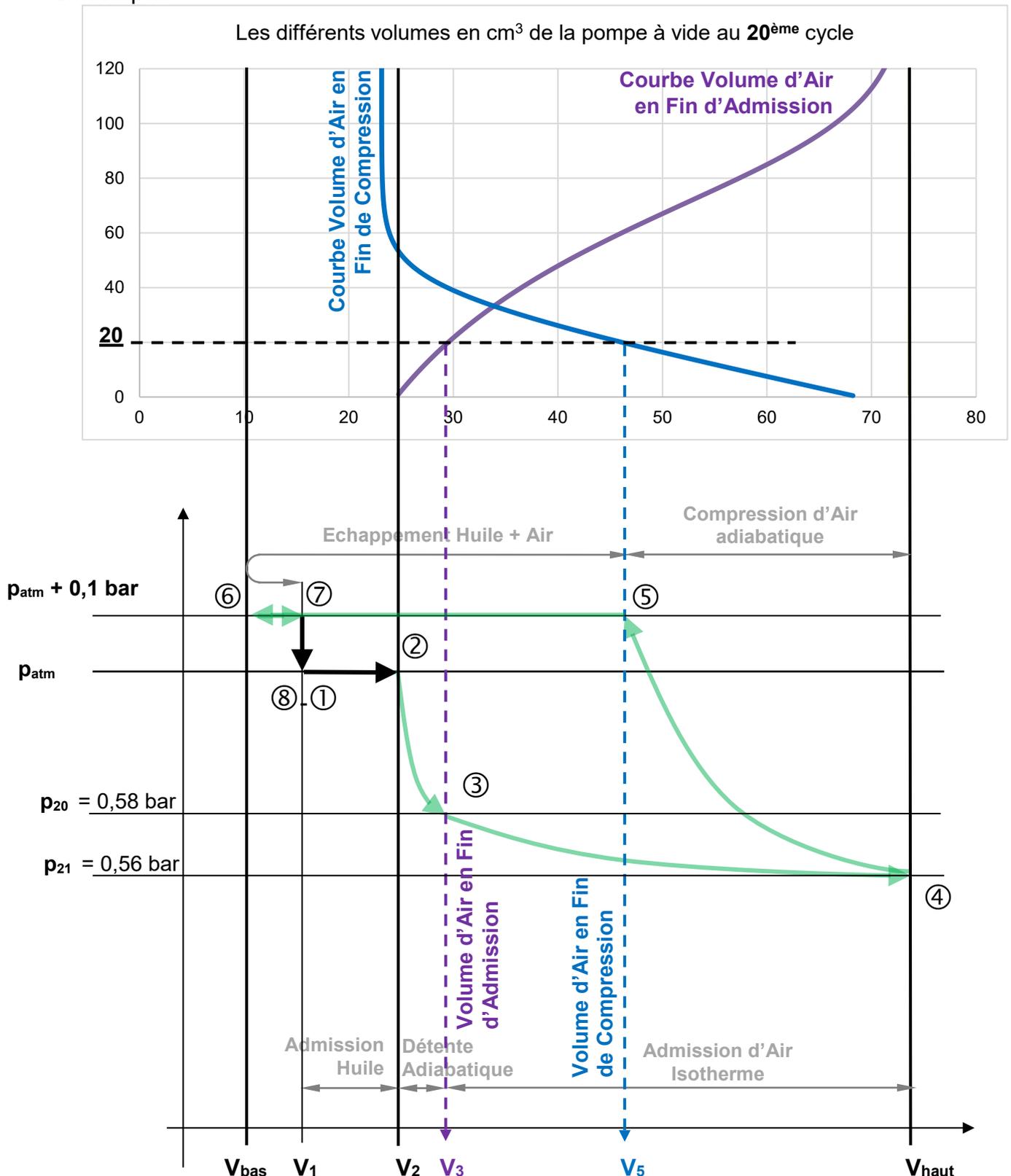
BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT19 sur 31

## Les Volumes d'Air en Fin d'Admission $V_3$ et de Compression $V_5$

### Cycle thermodynamique de la pompe à vide BOSCH : 20<sup>ème</sup> Cycle

Le graphe et le diagramme, ci-dessous, représentent l'évolution de la pression dans la pompe, égale à la pression théorique dans le servo-frein :  $p_{n+1}$  bar (ici sans échelle) en fonction du nombre  $n$  de cycles effectués par la pompe.

Les variations de pression dues à l'admission d'huile et d'air secondaire ne sont pas prises en compte.



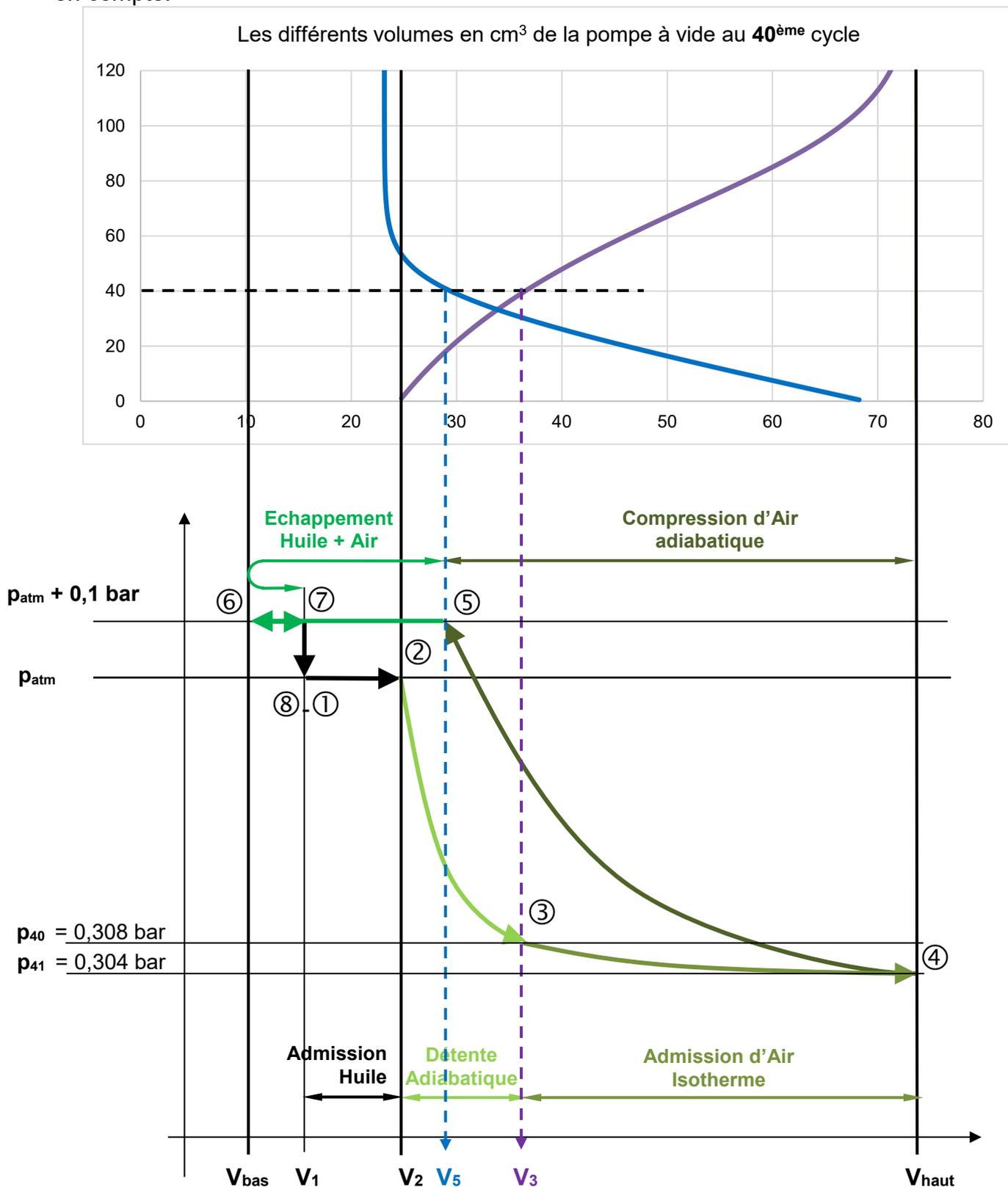
BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT20 sur 31

## Les Différentes Transformations Thermodynamiques de ① à ⑧

### Cycle thermodynamique de la pompe à vide BOSCH : 40<sup>ème</sup> Cycle

Le graphe et le diagramme, ci-dessous, représentent l'évolution de la pression dans la pompe, égale à la pression théorique dans le servo-frein :  $p_{n+1}$  bar (ici sans échelle) en fonction du nombre  $n$  de cycles effectués par la pompe.

Les variations de pression dues à l'admission d'huile et d'air secondaire ne sont pas prises en compte.



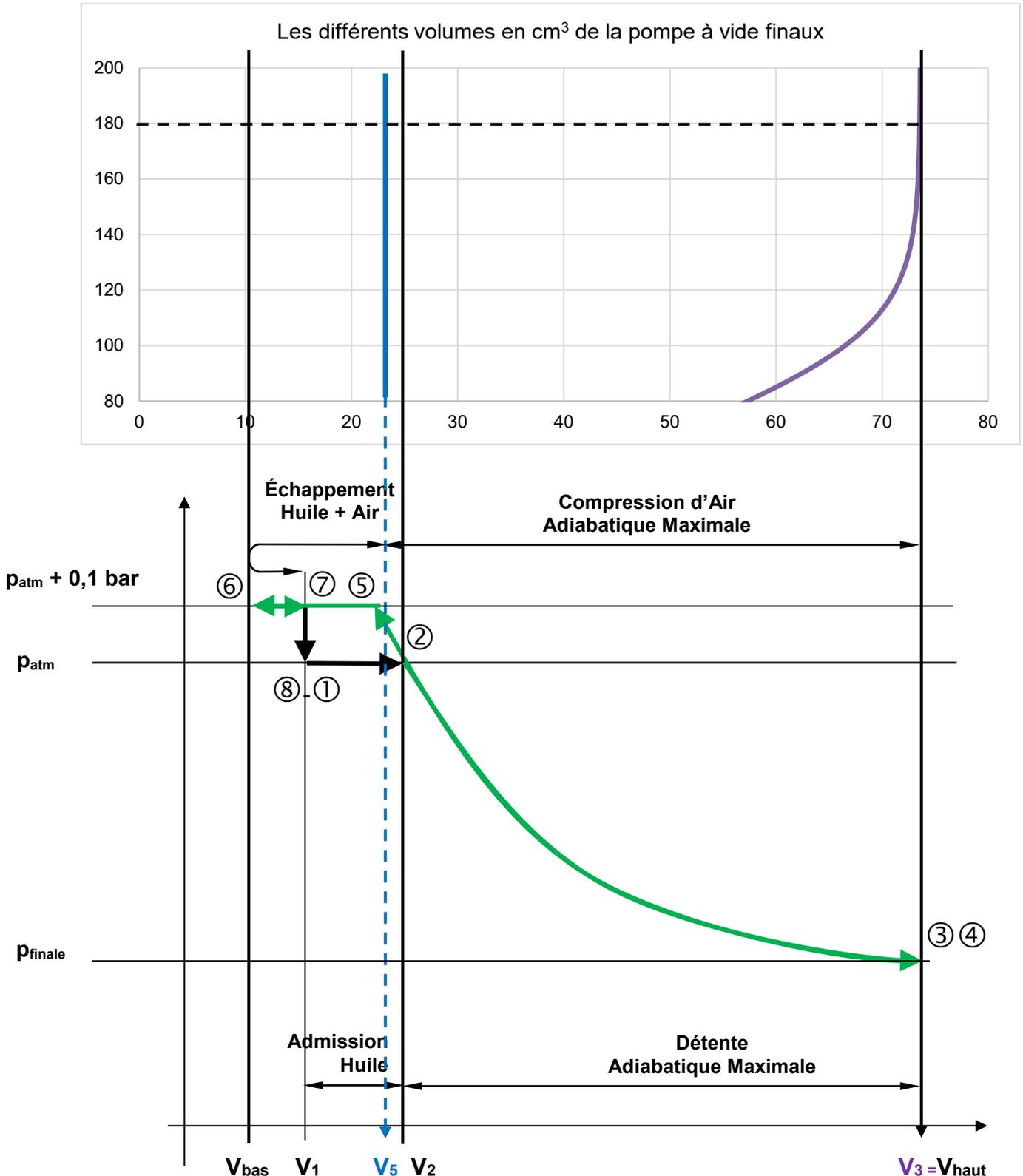
BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT21 sur 31

## La Détente et Compression Maximale

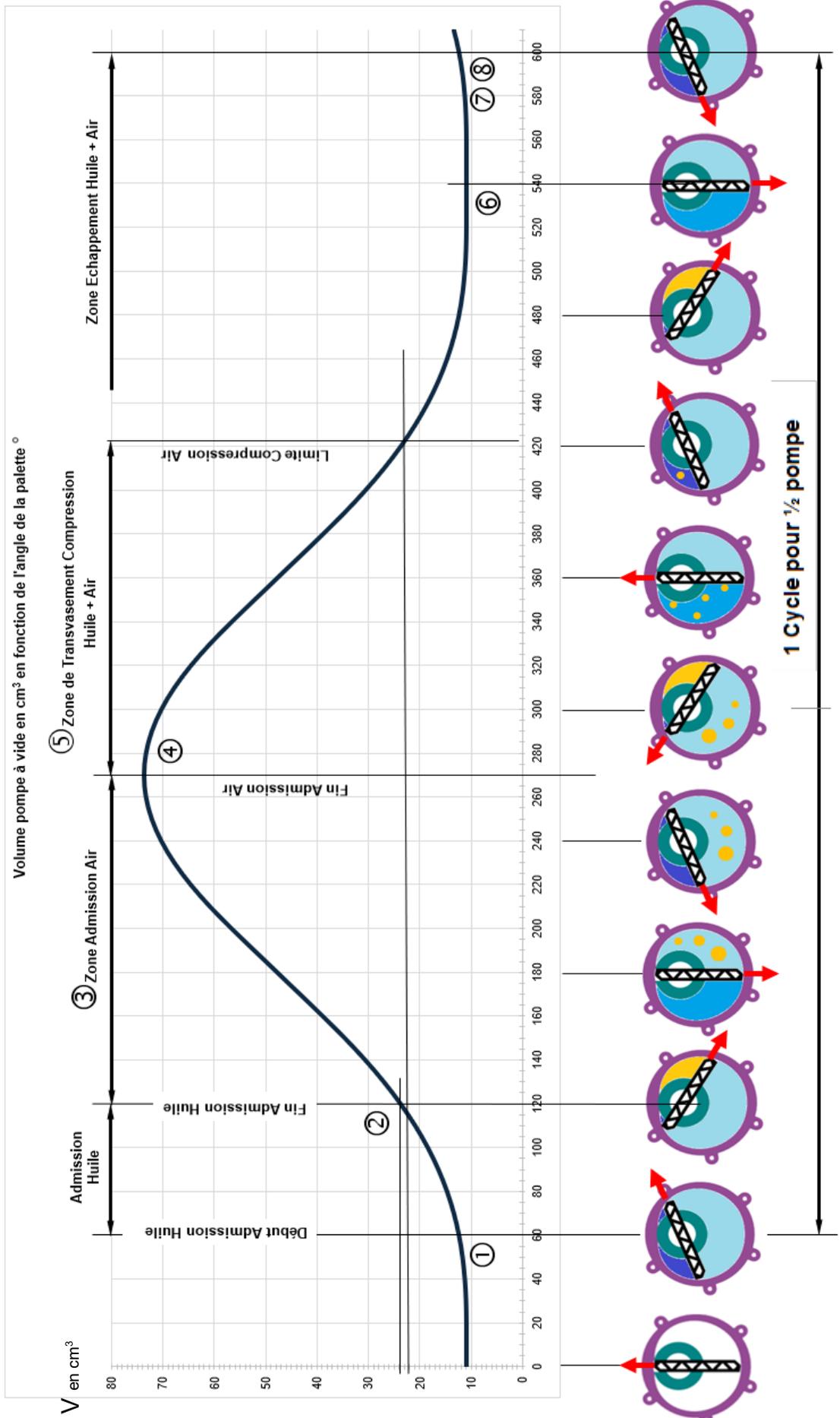
### Cycle thermodynamique de la pompe à vide BOSCH : 180<sup>ème</sup> Cycle

Le graphe et le diagramme, ci-dessous, représentent l'évolution de la pression dans la pompe, égale à la pression théorique dans le servo-frein :  $p_{n+1}$  bar (ici sans échelle) en fonction du nombre  $n$  de cycles effectués par la pompe.

Les variations de pression dues à l'admission d'huile et d'air secondaire ne sont pas prises en compte.



BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT22 sur 31



## RELEVÉS DES PARAMÈTRES

Les paramètres ont été relevés dans les conditions suivantes :

### Mode roulage à 50km/h

The screenshot shows a diagnostic software interface with a top navigation bar containing 'Accueil', 'Expert', 'Documentation', 'Mesures', and 'Rapports'. A warning message at the top reads: 'Ne pas débrancher la pile du BSRF et son fusible sauf à la demande de l'assistance technique'. The main title is 'ESP81? INFORMATION VÉHICULES HYBRIDES ET ÉLECTRIQUES'. Below this is a table of parameters:

Libellé	Valeur	Unité
Etat moteur thermique	Moteur thermique tournant	
Etat du relais de la pompe à vide	Inactif	
Pression de l'amplificateur de freinage 1 (ESP)	245	mbar
Pression de l'amplificateur de freinage 2 (calculateur contrôle moteur)	995	mbar
Tension alimentation 5 V du capteur de dépression du circuit de freinage	4.96	Volts
Information de la pression atmosphérique	985	mbar
Mode d'utilisation du groupe motopropulseur hybride	Hybride	
Couple réel de la machine électrique arrière	72	N.m
Régime de la machine électrique arrière	656	Tr/min
Compteur de défaillance sur la gestion de la dépression de l'amplificateur de freinage	0	???

The interface also shows a search bar, a taskbar with the Windows logo and search icon, and system tray icons including volume, network, and battery status. The date and time are 08/10/2024 17:09.

### Mode roulage 30km/h

The screenshot shows the same diagnostic software interface as above, but with a different warning message: 'Campagne eVCU : Consommation de courant de 30A pendant l'opération, risque de chute de tension. Utiliser un chargeur de batterie adapté'. The main title remains 'ESP81? INFORMATION VÉHICULES HYBRIDES ET ÉLECTRIQUES'. The table of parameters is as follows:

Libellé	Valeur	Unité
Etat moteur thermique	Moteur thermique tournant	
Etat du relais de la pompe à vide	Inactif	
Pression de l'amplificateur de freinage 1 (ESP)	190	mbar
Pression de l'amplificateur de freinage 2 (calculateur contrôle moteur)	995	mbar
Tension alimentation 5 V du capteur de dépression du circuit de freinage	4.96	Volts
Information de la pression atmosphérique	985	mbar
Mode d'utilisation du groupe motopropulseur hybride	Hybride	
Couple réel de la machine électrique arrière	10	N.m
Régime de la machine électrique arrière	378	Tr/min
Compteur de défaillance sur la gestion de la dépression de l'amplificateur de freinage	0	

The interface also shows a search bar, a taskbar with the Windows logo and search icon, and system tray icons including volume, network, and battery status. The date and time are 08/10/2024 17:04.

## RELEVÉS DES PARAMÈTRES (SUITE)

### Mode roulage en Marche arrière

! Pour diagnostiquer les nouveaux calculateurs, sélectionner le véhicule MCA24 dans Diagbox. Les seules sondes compatibles sont la PSA interface, la Bosch MDI2 et la

12,20V VF3HURHC8DS245256 v09.195

Accueil Expert Documentation Mesures Rapports

**ESP81? INFORMATION VÉHICULES HYBRIDES ET ÉLECTRIQUES**

Libellé	Valeur	Unité
Etat moteur thermique	Moteur thermique tournant	
Etat du relais de la pompe à vide	Inactif	
Pression de l'amplificateur de freinage 1 (ESP)	180	mbar
Pression de l'amplificateur de freinage 2 (calculateur contrôle moteur)	995	mbar
Tension alimentation 5 V du capteur de dépression du circuit de freinage	4.96	Volts
Information de la pression atmosphérique	985	mbar
Mode d'utilisation du groupe motopropulseur hybride	Hybride	
Couple réel de la machine électrique arrière	0	N.m
Régime de la machine électrique arrière	-5	Tr/min
Compteur de défaillance sur la gestion de la dépression de l'amplificateur de freinage	0	???

VehiculeT84VABRASRIESP81T84\_ESP81\_mesures\_parametres.s : 1292\_01

Taper ici pour rechercher 17:09 08/10/2024

### Mode arrêt Moteur thermique au ralenti

! M ou BSRF : Ouvrir un DID-A et attendre l'accord de l'assistance avant le remplacement de ces calculateurs

11,60V VF3HURHC8DS245256 v09.195

Accueil Expert Documentation Mesures Rapports

**ESP81? INFORMATION VÉHICULES HYBRIDES ET ÉLECTRIQUES**

Libellé	Valeur	Unité
Etat moteur thermique	Moteur thermique tournant	
Etat du relais de la pompe à vide	Inactif	
Pression de l'amplificateur de freinage 1 (ESP)	310	mbar
Pression de l'amplificateur de freinage 2 (calculateur contrôle moteur)	995	mbar
Tension alimentation 5 V du capteur de dépression du circuit de freinage	4.96	Volts
Information de la pression atmosphérique	985	mbar
Mode d'utilisation du groupe motopropulseur hybride	Hybride	
Couple réel de la machine électrique arrière	0	N.m
Régime de la machine électrique arrière	0	Tr/min
Compteur de défaillance sur la gestion de la dépression de l'amplificateur de freinage	0	

VehiculeT84VABRASRIESP81T84\_ESP81\_mesures\_parametres.s : 1292\_01

Taper ici pour rechercher 16:47 08/10/2024

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT25 sur 31

## VALEURS DE CONTRÔLE ET DE RÉGLAGE DU SYSTÈME DE FREINAGE

**IMPÉRATIF** : [Respecter les consignes de sécurité et de propreté](#) .

**IMPÉRATIF** : Tout personnel intervenant sur un véhicule équipé de batteries de traction doit avoir reçu une formation spécifique aux véhicules électriques et être habilité à intervenir sur ces véhicules (respecter la réglementation en vigueur dans le pays concerné).

**IMPÉRATIF** : Tout personnel intervenant sur un véhicule équipé de pile à combustible assemblée doit avoir reçu les formations STELLANTIS préconisées pour intervenir sur ce véhicule (respecter la réglementation en vigueur dans le pays concerné).

### 1. Disque de frein - Tambour de frein - Plaquettes de frein - Segments de frein

Se reporter à la méthode : [Contrôle du système de freinage](#) .

### 2. Pompe à vide

NOTA : Moteur au ralenti.

Critères de performance concernant les pompes à vide :

- La dépression minimale doit être de 850 mbars.
- La dépression de 800 mbars doit être atteinte en 30 secondes au maximum.

### 3. Contrôle: Liquide de frein

ATTENTION : Le liquide de frein est très corrosif pour les peintures. En cas de projection sur la carrosserie, nettoyer immédiatement la surface.

#### 3.1. Outillage

Testeur de liquide de frein (*)		
Marque	Référence	Type
SURETEST	TLF	Mesure du point d'ébullition du liquide de frein
DOW AUTOMOTIVE	BETATEST	
FACOM OUTILLAGE	DF.16	
EBT	06.1	Mesure du taux d'hydrométrie du liquide de frein

(\*) Liste non exhaustive, se reporter au catalogue "Équipements et Matériels".

#### 3.2. Contrôle

Déposer le filtre du réservoir de liquide de frein.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT26 sur 31

**IMPÉRATIF** : Toute pollution du liquide de frein est prohibée. Le liquide de frein doit être limpide et exempt de matières en suspension ou de sédiments.

Contrôler le liquide de frein, suivant la méthode préconisée par le constructeur de l'appareil.

**IMPÉRATIF** : Utiliser exclusivement les fluides hydrauliques homologués et recommandés.

ATTENTION : Le liquide DOT5 n'est pas compatible avec DOT3, DOT4, DOT4 + et DOT5.1.

NOTA : Les liquides DOT3, DOT4, DOT4+ et DOT5.1 sont compatibles.

NOTA : Le liquide de frein DOT4+ (faible viscosité) est particulièrement adapté pour les véhicules équipés d'un bloc hydraulique ABS / ESP.

### Valeurs de contrôle

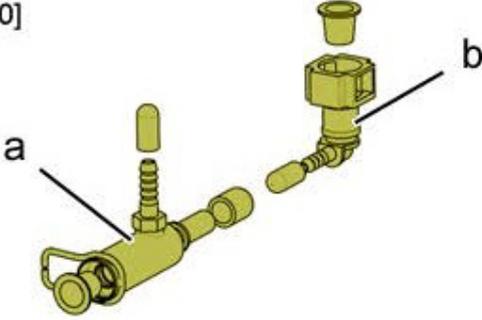
Liquide de frein	Point d'ébullition minimum "humide"
DOT3	140°C
DOT4	155°C
DOT4 + (*)	170°C
DOT5	180°C
DOT5.1	190°C
(*) Liquide basse viscosité	

NOTA : Si la valeur contrôlée est inférieure à la valeur du point d'ébullition minimum "humide" ou dans une tolérance de + 10 % à cette valeur, remplacer le liquide de frein (Voir opération correspondante).

**CONTRÔLE : POMPE À VIDE**

**IMPERATIF** : Respecter les consignes de sécurité et de propreté ⓘ.

**1. Outillage**

outil	Référence	Désignation
<p>[1602]</p>  <p>Figure : ESABOGET</p>	[1602]	Contrôleur de pression
<p>[0820]</p>  <p>Figure : ESAD01YT</p>	[0820]	<p>"a" : Raccord encliquetable</p> <p>"b" : Raccord encliquetable</p>

**2. Contrôle**

Déposer le cache-style moteur .

**2.1. Circuit primaire (Freinage)**

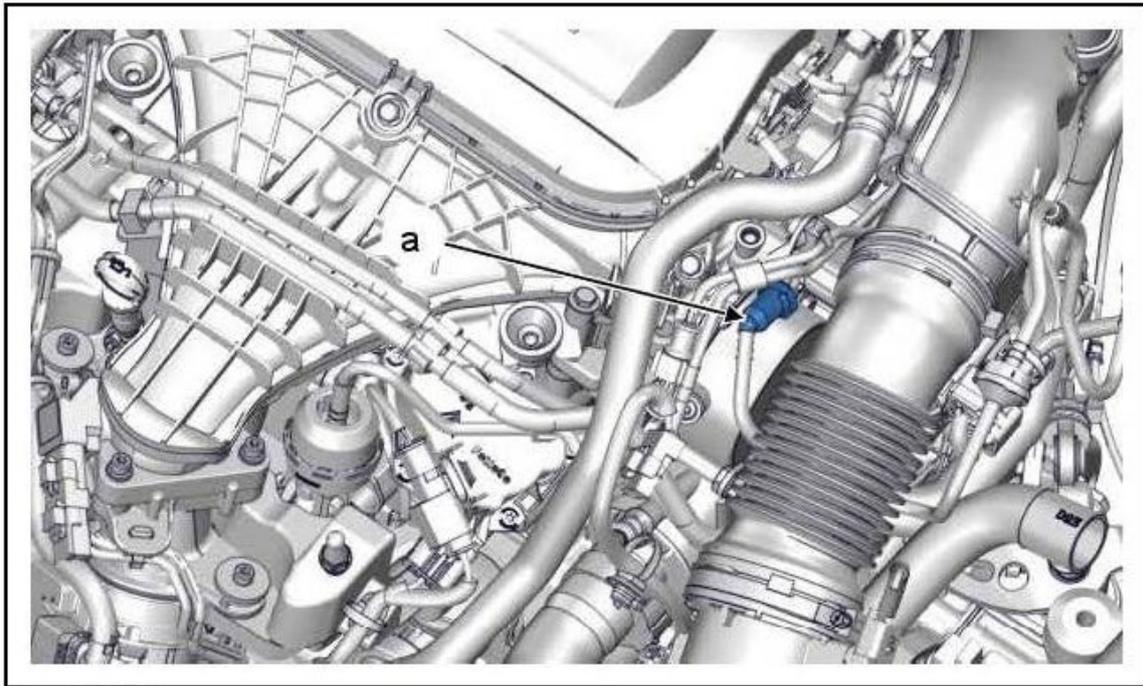


Figure : B1BD01DD

Désaccoupler le tuyau de dépression (en "a").



Figure : B3FD03WD

Raccorder les outils [1602] et le raccord encliquetable "a" de l'outil [0820] (en "a").

Mettre le moteur en marche au ralenti.

Contrôler la valeur de dépression.

**NOTA :** Si la valeur est hors tolérance ; Contrôler la pompe à vide en direct ; À l'aide des outils [1602] et [0820] (en "a").

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DT29 sur 31

Déposer les outils [1602] et [0820].  
Raccorder le tube de dépression (en "a").

## 2.2. Circuit secondaire (moteur)

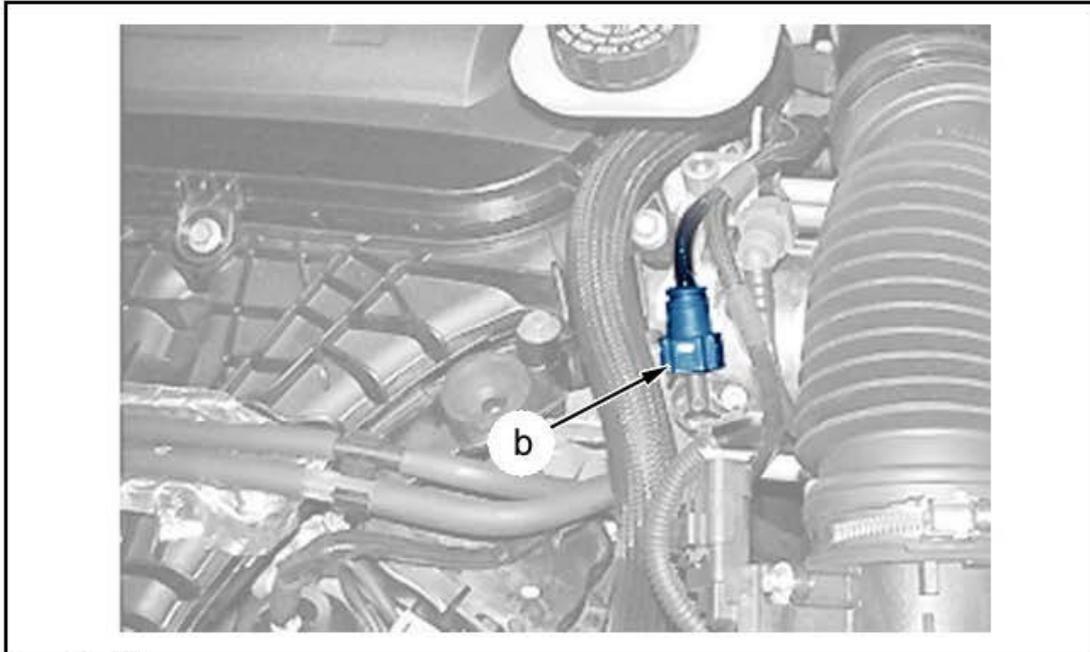


Figure : B3FD021D

Désaccoupler le tuyau de dépression (en "b").

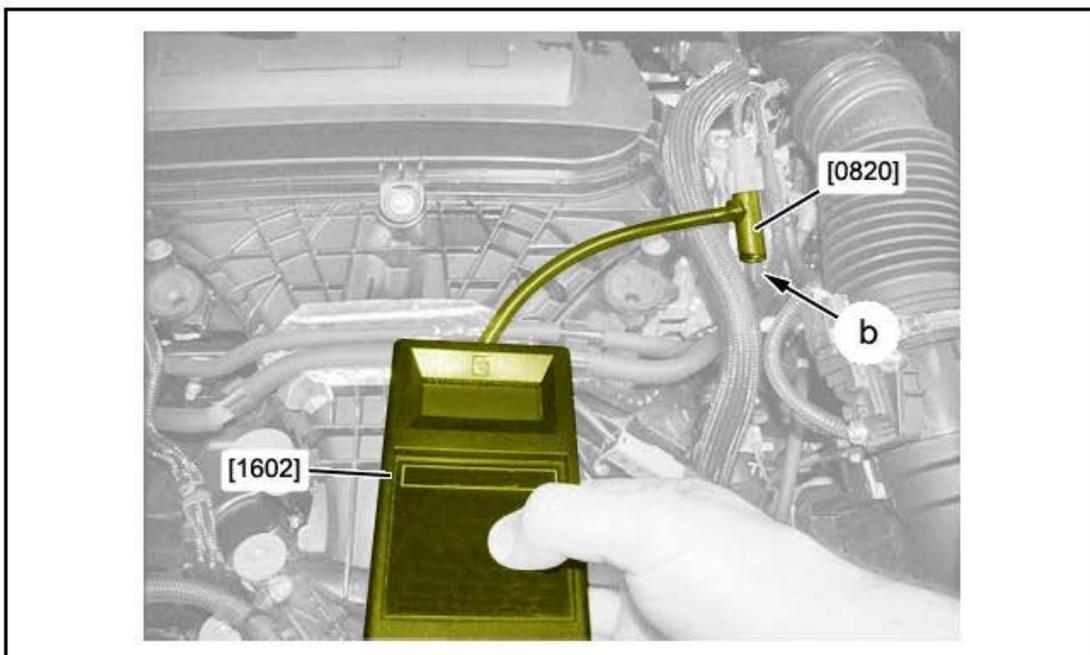


Figure : B3FD03UD

Raccorder les outils [1602] et le raccord encliquetable "b" de l'outil [0820] (en "b").

Mettre le moteur en marche au ralenti.  
Contrôler la valeur de dépression.

**NOTA** : La mesure s'effectue circuit primaire accouplé.

**NOTA** : Si la valeur est hors tolérance ; Contrôler la pompe à vide en direct ; À l'aide des outils [1602] et [0820] (en "b").

Déposer les outils [1602] et [0820].  
Raccorder le tube de dépression (en "b").

### **2.3. Opération complémentaire**

Reposer le cache-style moteur .



Problématique :

Possesseur d'une 3008 hybrid4 depuis peu, monsieur X constate un soir l'apparition du message suivant : « Système électrique momentanément indisponible ».

La voiture ne fonctionne plus en électrique. Les batteries sont pleines. Aucun voyant n'est allumé. Le ralentissement par freinage régénératif ne fonctionne plus.

Il précise : « je n'ai aucun voyant allumé uniquement le message système électrique momentanément indisponible ». Il questionne son garagiste : « Si c'est la pompe à vide qui est hors service, est-ce que je ne devrais pas avoir un voyant allumé ? ».

Pour permettre de trouver le dysfonctionnement sur le véhicule, et de mieux appréhender les limites de la régénération en freinage, l'étude va vous faire aborder successivement :

**Partie 1 – Étude du système hybride**

**Partie 2 – Étude du freinage régénératif en ville : « étude dynamique »**

**Partie 3 – Étude du freinage régénératif en descente hors agglomération :  
« approche énergétique »**

**Partie 4 – Étude de la pompe à vide**

**Partie 5 – Diagnostic**



Les différentes parties du sujet sont indépendantes, mais il est préférable de suivre la progression proposée.

Le détail de vos calculs et de vos démarches figurera impérativement sur votre copie. Les résultats seront arrondis à 4 chiffres significatifs.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DQ 1 sur 13

## Partie 1 : ÉTUDE DU SYSTÈME HYBRIDE

*L'objectif de cette partie est d'analyser la structure d'un système hybride.*

<b>Question 1-1</b>	À partir des données du constructeur, identifier les éléments manquant du système Hybride monté sur la 3008 Hybride 4 et les relier avec les liaisons correspondantes en respectant le code couleur défini sur le document réponse DR1.
<b>DT 2 et DT 8 DR1</b>	
<b>Question 1-2</b>	À partir des données du constructeur, calculer la capacité de la batterie en $W \cdot h$ .
<b>DT 1 et DT 4 Copie</b>	
<b>Question 1-3</b>	Relever l'autonomie maximum en mode tout électrique.
<b>DT 1 Copie</b>	
<b>Question 1-4</b>	En mode sélection ZEV relever la vitesse à partir de laquelle le système se désactive.
<b>DT 9 Copie</b>	
<b>Question 1-5</b>	Citer 3 conditions du maintien du moteur thermique.
<b>DT 15 et DT 16 Copie</b>	
<b>Question 1-6</b>	Donner les noms des systèmes qui permettent de faire de la régénération et de recharger la batterie.
<b>DT 9 et DT 13 Copie</b>	
<b>Question 1-7</b>	Donner le nombre et la nature des pompes à vides présentes dans la 3008.
<b>DT 6 et DT 7 Copie</b>	

**Partie 2 : ÉTUDE DU FREINAGE RÉGÉNÉRATIF EN VILLE : « ÉTUDE DYNAMIQUE »**

L'objectif de cette partie est de vérifier la conformité à la réglementation **ECE R13 H**.

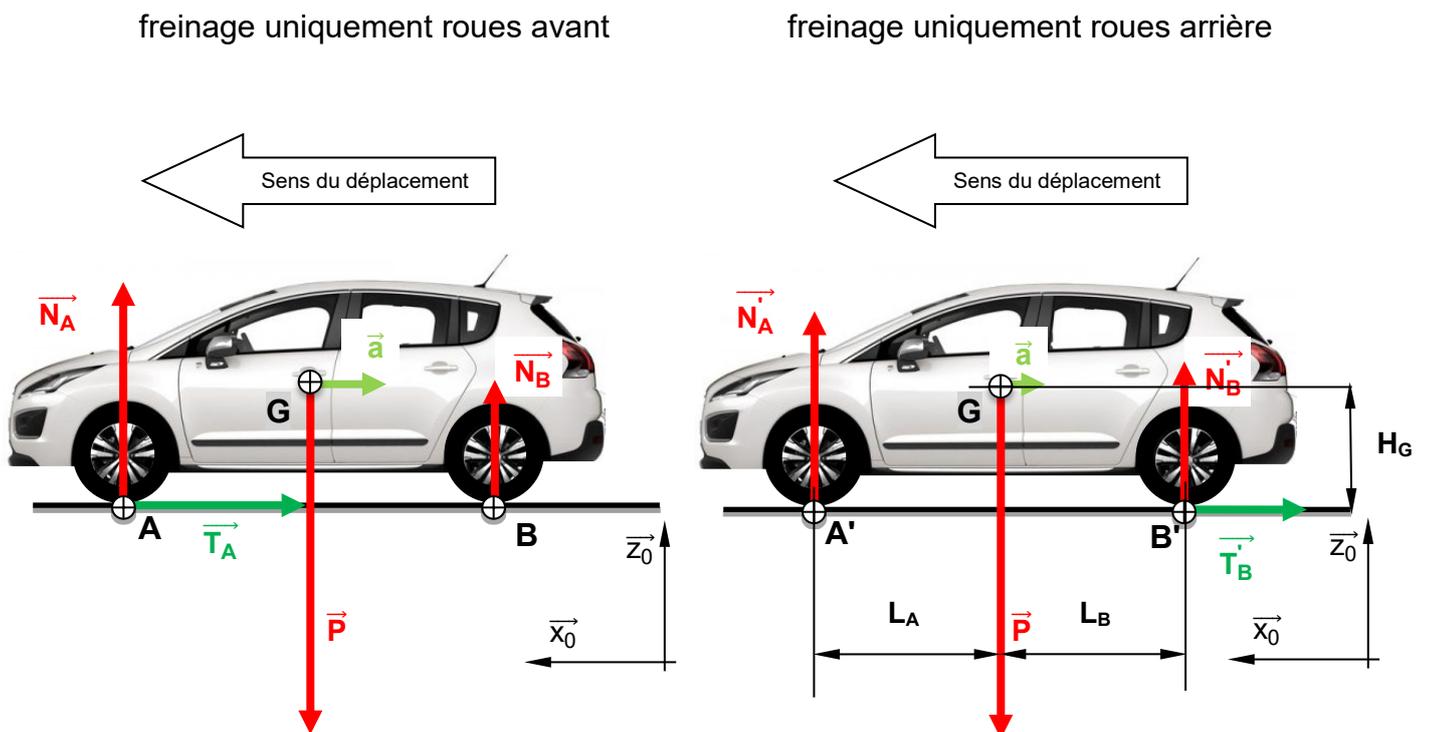
<b>Question 2-1</b>	À partir des informations du constructeur, relever 3 actions du conducteur permettant la récupération d'énergie.
<b>DT 14 Copie</b>	

<b>Question 2-2</b>	À partir des données du constructeur, expliquer en quelques mots si une limite à la régénération, en mode récupération d'énergie, existe en ville ou sur autoroute.
<b>DT 14 Copie</b>	

**Calcul de la décélération en fonction des roues freinées**

On isole le véhicule.

On réalise l'inventaire des Actions Mécaniques Extérieures qui agissent sur le véhicule.



<b>Question 2-3</b>	À partir du principe fondamental de la dynamique du véhicule en décélération :
<b>DR1</b>	

$$\sum \{ \tau_{\text{extérieur} \rightarrow \text{véhicule}} \}_{G,R} = \left\{ \begin{matrix} m \cdot a \cdot \vec{x}_0 \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_{G,R}$$

Exprimer les équations du théorème de la résultante dynamique suivant  $\vec{x}_0$  et  $\vec{z}_0$

<b>Question 2-4</b>	À partir du principe fondamental de la dynamique du véhicule en décélération, déterminer l'équation du théorème du moment dynamique en <b>G</b> dans le cas du freinage aux roues arrière.
<b>DT1 DR2</b>	

<b>Question 2-5</b>	Loi de Coulomb : Rappeler la relation reliant : $T'_B, N'_B$ et $f$ , rappel $f = \tan \varphi$
<b>DR2</b>	

<b>Question 2-6</b>	La résolution du système d'équations (1), (2), (3) et (4) donne :
<b>DT 1 et DT 17 DR2</b>	

$$a = \frac{f \cdot L_B \cdot g}{-f \cdot H_G + L_E} \quad \text{Equation (5)}$$

Calculer la valeur de la décélération **a** lors du freinage aux roues avant à partir des valeurs numériques données.

<b>Question 2-7</b>	La résolution du système d'équations (1'), (2'), (3') et (4') donne :
<b>DT 1 et DT 17 DR2</b>	

$$f \cdot m \cdot g \cdot L_A + f \cdot H_G \cdot m \cdot a + L_E \cdot m \cdot a = 0 \quad \text{Equation (5')}$$

en déduire l'expression et la valeur de la décélération **a** à partir de (5').

On prendra pour la suite :

$$a_{\text{roues avant}} = -5,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_{\text{roues arrière}} = -3,04 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

### Calcul de la distance de freinage

Équations de mouvement uniformément décéléré

Décélération  $a = a(t) = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} \leq 0$

Vitesse  $v(t) = a \cdot (t - t_i) + v_i$

Position  $x(t) = \frac{a}{2} \cdot (t - t_i)^2 + v_i \cdot (t - t_i) + x_i$

Notations :

décélération :  $a$

vitesse finale :  $v_f$

temps final :  $t_f$

Position finale :  $x_f = x(t_f) = \text{Distance parcourue}$

vitesse initiale :  $v_i$

Temps initial :  $t_i = 0 \text{ s}$

Position initiale :  $x_i = 0 \text{ m}$

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DQ 4 sur 13

<b>Question 2-8</b>	
<b>DR3</b>	Pour chacune des 2 décélérations : <b>a</b> roues avant <b>et a</b> roues arrière Calculer la durée du freinage : $\Delta t = t_f - t_i$ pour passer de 50 à 0 km · h <sup>-1</sup>

<b>Question 2-9</b>	
<b>DR3</b>	Pour chacune des 2 décélérations <b>a</b> Roues Arrière <b>et a</b> Roues Avant Déduire la distance parcourue ( $D_f$ ) pour passer de 50 à 0 km · h <sup>-1</sup> .

On prendra pour la suite :

$$D_f \text{ roues avant} = 18,4 \text{ m}$$

$$D_f \text{ roues arrière} = 24,8 \text{ m}$$

Le freinage traditionnel sur les 4 roues donne une décélération  $a = f \cdot g = - 7,85 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

$$50 \text{ à } 0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1} : \Delta t = t_f - t_i = 1,76 \text{ s}$$

$$D_f = 12,2 \text{ m}$$

<b>Question 2-10</b>	
<b>DR4</b>	Tracer sur le graphe les différentes distances d'arrêt total à partir de 50 km · h <sup>-1</sup> pour les cas de freinage aux roues avant et freinage aux 4 roues à partir de la position d'arrêt.

<b>Question 2-11</b>	
<b>DT 16 Copie</b>	Pour chacun des 3 cas de freinage, vérifier si les 2 critères de la norme <b>ECE R13 H</b> sont respectés.

<b>Question 2-12</b>	
<b>DT 16 Copie</b>	Selon la norme <b>ECE R13 H</b> conclure quant au terme « freinage » en mode régénératif uniquement aux roues arrière.

## Partie 3 : ÉTUDE DU FREINAGE RÉGÉNÉRATIF EN DESCENTE HORS AGGLOMÉRATION : « APPROCHE ÉNERGÉTIQUE »

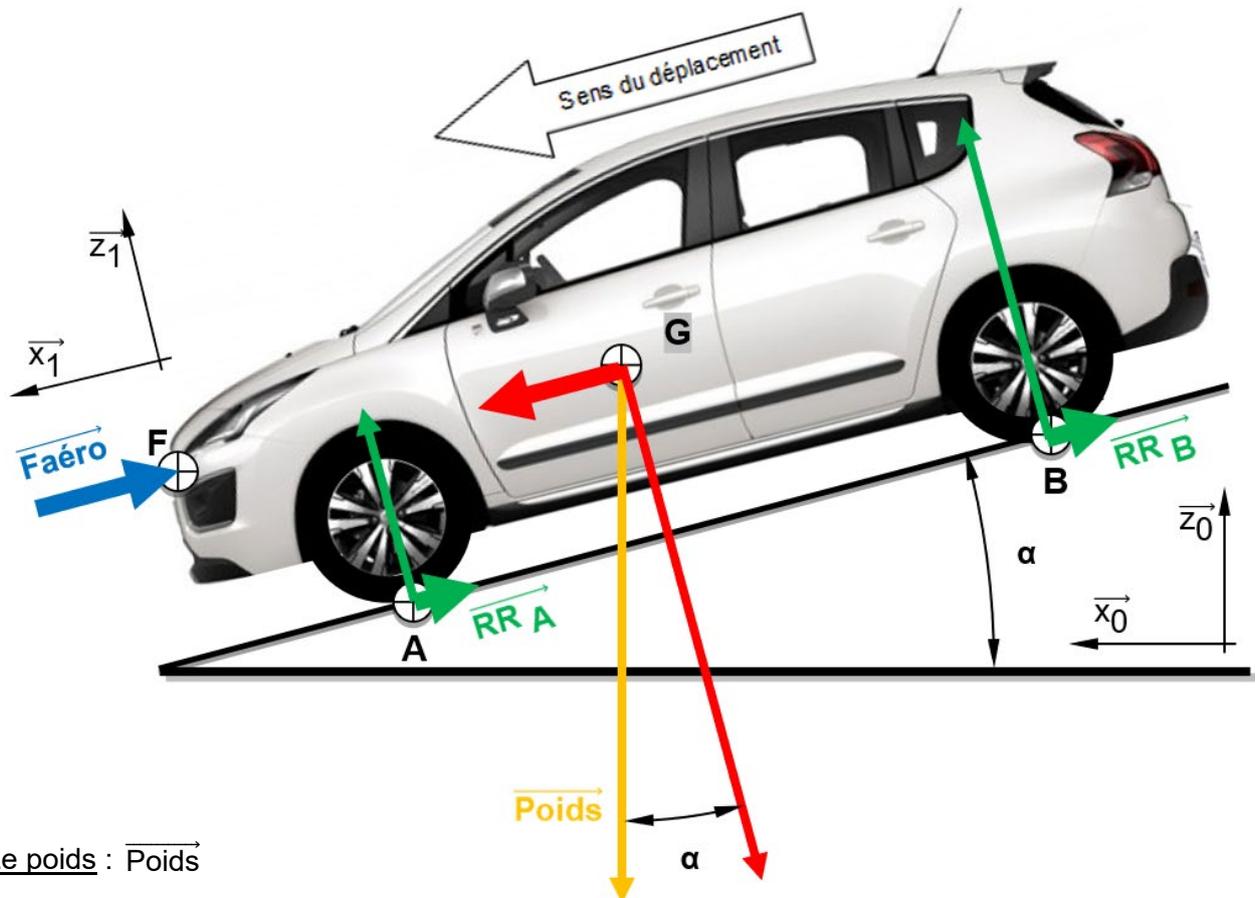
L'objectif de cette partie est d'appréhender la régénération sur route en pente.

Tous les calculs sont optimisés, aucune perte énergétique n'est prise en compte pour la recharge.

**Étude préliminaire** : Calcul de la vitesse maximale du véhicule :  $v_{\text{Maximale}}$ , en fonction de la pente.

On isole le véhicule.

On fait l'inventaire des Actions Mécaniques Extérieures au Véhicule.



Le poids :  $\vec{Poids}$

<b>Question 3-1</b> <b>DR4</b>	Exprimer les composantes du torseur de l'action de la pesanteur (Poids) en G en fonction de $m$ , $g$ et $\alpha$ , dans les 2 repères $R_0$ et $R_1$ .
-----------------------------------	---

Pour une pente de 5%, on prend pour la composante du poids maximal :

$$\text{suivant } z_1: \quad Z_{\text{Poids}} = -21995,97 \text{ (N)}$$

<b>Question 3-2</b>  <b>DT 1 et DT 17</b> <b>Copie</b>	<p>À partir des données figurant sur l'étiquette du pneumatique, relever le Coefficient de <b>Résistance au Roulement (CRR)</b> du véhicule sur route sèche en <math>\text{kg} \cdot \text{tonne}^{-1}</math>.</p> <p>À partir du poids du véhicule en Newton (N) pour une pente de 5% en déduire la <b>Résistance au Roulement (RR)</b> en Newton (N).</p>
---	---

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DQ 6 sur 13

Pour la question 3.6 on prendra  $RR = RR_A + RR_B = 130 \text{ N}$

Expression de la vitesse maximale (descente en roue libre)

En appliquant le Principe fondamental de la Statique, on obtient la relation suivante :

Suivant  $x_1$ :  $X_{\text{Poids}} - F_{\text{aéro}} - RR = 0$

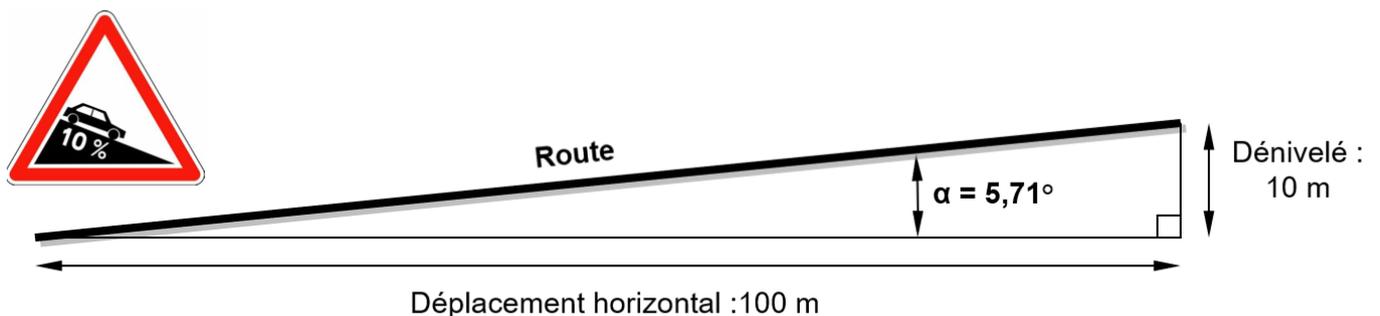
La Force aérodynamique s'exprime :  $F_{\text{aéro}} = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^2$

avec  $\rho = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  et  $S \cdot C_x = 0,82 \text{ m}^2$

<b>Question 3-3</b>	
<b>Copie</b>	Démontrer que $V_{\text{max}} = \sqrt{\frac{m \cdot g \cdot \sin(\alpha) - RR}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x}}$

Expression de l'angle  $\alpha$  en fonction de la pente de la route

Rappel : définition et exemple d'une pente à 10 %



<b>Question 3-4</b>	
<b>Copie</b>	Dans le cas général, exprimer l'angle $\alpha$ en fonction de la pente $p$ .

<b>Question 3-5</b>	
<b>DR4</b>	Déterminer la valeur de l'angle $\alpha$ en degré pour une pente de 5%, par le calcul, <u>ou</u> par le tracé et le relevé de la valeur sur la courbe.

<b>Question 3-6</b>	
<b>DT1 et DQ10</b>	Calculer la vitesse maximale du véhicule en roue libre pour une pente d'angle $2,86^\circ$ .
<b>Copie</b>	

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DQ 7 sur 13

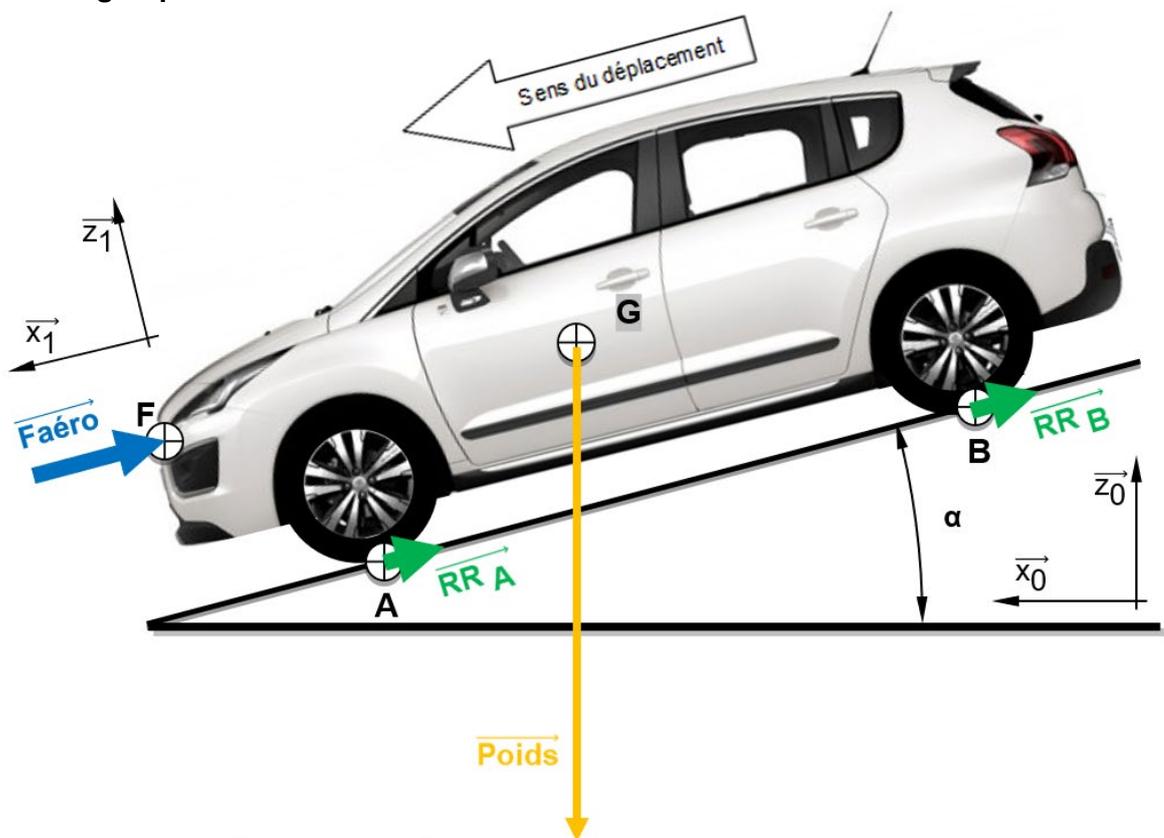
**Conclusions :**

On admettra que la vitesse maximale de régénération sur autoroute est égale à  $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

<b>Question 3-7</b>	
<b>DR5</b>	Tracer et relever la valeur de la pente à partir de laquelle le véhicule peut atteindre une vitesse de $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ en roue libre (sans frein moteur, ni régénération).

Afin de respecter le principe de conservation de l'énergie cinétique en descente : vitesse constante, nous allons voir par la suite que la régénération de la batterie nécessite une pente plus importante si l'on veut garder une vitesse de  $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

**Approche énergétique :**

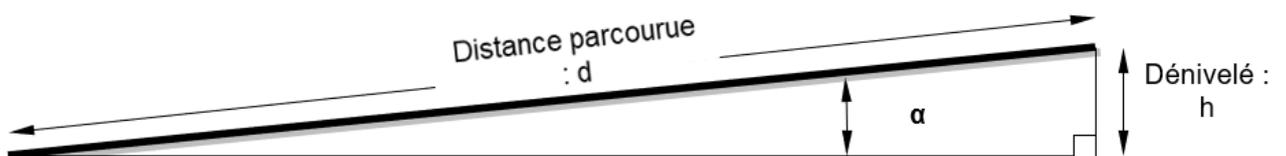


$$E_{\text{freinage régénératif}} = E_{\text{potentielle}} - E_{\text{pertes}}$$

$$E_{\text{potentielle}} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{\text{pertes}} = \overline{\text{Forces Résistantes}} \cdot \overline{\text{distance parcourue}}$$

$$E_{\text{pertes}} = (F_{\text{aéro}} + RR) \cdot d$$

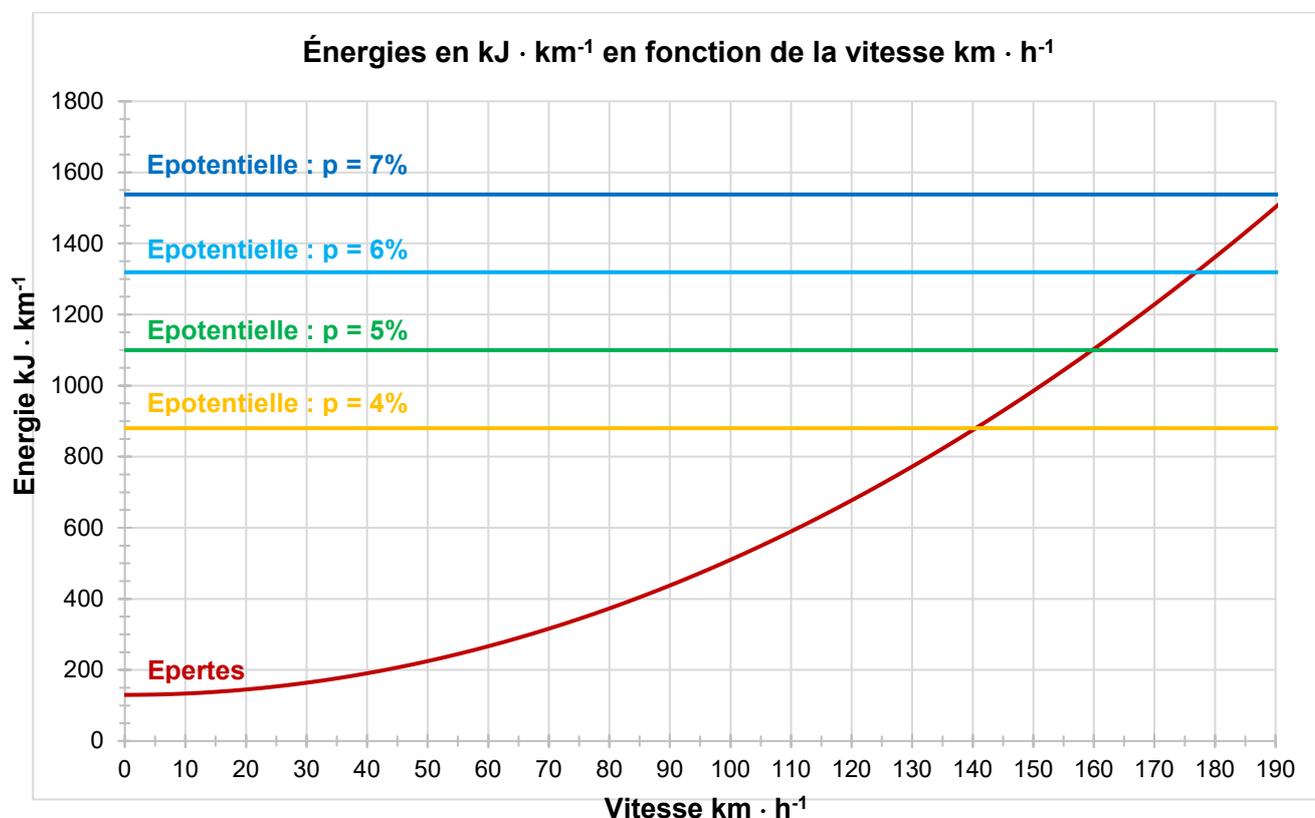


BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2025
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : 25ML4ASCPPO	Page DQ 8 sur 13

<b>Question 3-8</b>	Exprimer le dénivelé $h$ en fonction de la distance $d$ parcourue par le véhicule et $\alpha$ .
<b>Copie</b>	

Rappel : Pente :  $p = 5 \%$  donc  $\alpha = 2,86^\circ$

<b>Question 3-9</b>	En déduire l'expression de l'énergie potentielle en fonction de $m$ , $g$ et $d$ et $\alpha$ . Calculer l'énergie potentielle générée pour un déplacement $d = 1$ km sur une pente de 5%.
<b>Copie</b>	



<b>Question 3-10</b>	À partir de la courbe ci-dessus, relever la valeur de l'Énergie régénérative récupérable par kilomètre pour une pente de 5% si on souhaite rouler à 120 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Expliquer votre démarche.
<b>Copie</b>	

<b>Question 3-11</b>	À partir des documents constructeur donner la puissance de charge maximale de la batterie en kW en mode régénératif.
<b>DT 1</b>	
<b>Copie</b>	

Données pour une pente de 5% à 120 km · h<sup>-1</sup> :  
 l'énergie régénérative théorique par kilomètre = 422,58 kJ · km<sup>-1</sup>

<b>Question 3-12</b>	
<b>DT 1 Copie</b>	<p>Calculer la puissance régénérative théorique obtenue sur une pente à 5% si on roule à 120 km · h<sup>-1</sup>.</p> <p>Conclure quant à la possibilité de la batterie à récupérer toute cette puissance.</p>

<b>Question 3-13</b>	
<b>DR5</b>	<p>Hachurer <b>la zone de charge de la batterie</b> sur autoroute. (vitesse minimum autorisée : 80 km · h<sup>-1</sup>)</p> <p>Placer les points correspondant à la charge maximale pour les pentes de 2% à 7% sur autoroute.</p>

Afin de continuer à rouler en pente, le véhicule doit respecter au minimum l'équilibre suivant :

$$E_{\text{potentiel}} = E_{\text{régénérative maximale}} + E_{\text{pertes}}$$

<b>Question 3-14</b>	
<b>DR6</b>	<p>À partir de la courbe (Pente/Vitesse) pour les cas de vitesses de déplacement du véhicule de 50, 80 et 120 km · h<sup>-1</sup> tracer, relever puis compléter le tableau avec la valeur de la pente minimale permettant au véhicule de rouler tout en régénérant.</p> <p><u>On arrondira la valeur au 0,5 près supérieur afin de coller à la signalisation routière.</u></p>

**Conclusions :**

<b>Question 3-15</b>	
<b>DT 18 Copie</b>	Calculer le pourcentage de voies autoroutières permettant de rouler à 120 km · h <sup>-1</sup> tout en régénérant.

<b>Question 3-16</b>	
<b>DT 1 Copie</b>	La batterie est donnée pour une capacité de 1,1 kW·h, convertir la capacité de la batterie en kilo Joule ( <b>kJ</b> ).

<b>Question 3-17</b>	
<b>DR6</b>	Calculer la distance en kilomètre, en fonction de la pente, que devrait parcourir le véhicule afin de recharger 80% de la batterie soit une capacité de 3168 kJ.

## Partie 4 : ÉTUDE DE LA POMPE À VIDE

Préambule : On assimile la pompe à une pompe idéale à 2 palettes.

Données :  $P_{atm} = 1,013 \text{ bar}$       Volume servo-frein =  $4 \text{ dm}^3$

<b>Question 4-1</b>	Calculer la pression absolue attendue dans le circuit de dépression.
<b>DT 19</b> <b>Copie</b>	

On donne :

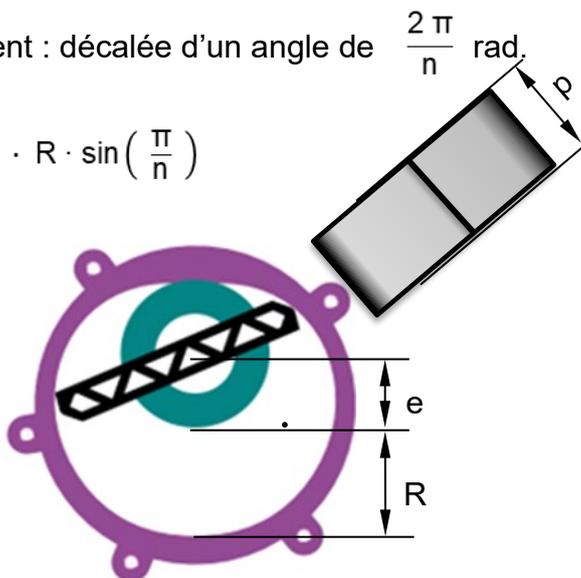
Pour une pompe à n palettes disposées régulièrement : décalée d'un angle de  $\frac{2\pi}{n} \text{ rad.}$

Une approximation de la cylindrée :  $Cy \approx 4 \cdot b \cdot e \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\pi}{n}\right)$

b : profondeur des palettes = 24 mm

e : excentrique = 18 mm

R : rayon du stator = 38 mm



On néglige l'épaisseur de la palette.

<b>Question 4-2</b>	Calculer, en première approximation, la cylindrée de la pompe à vide en $\text{cm}^3$ .
<b>Copie</b>	

On donne  $V_{\text{servofrein}} = 4 \text{ dm}^3$

<b>Question 4-3</b>	Déterminer le % d'air restant dans le servo frein après le premier cycle de la pompe.
<b>Copie</b>	

La pression dans le servo frein est régie par la relation :  $p_n = 1,013 \cdot (0,9835)^n$

n : nombre de cycles de la pompe.

En raison des pertes, la pression réelle attendue est de 0,27 bar.

<b>Question 4-4</b>	Vérifier, en première approximation, que la pression de 0,27 bar est atteinte au bout du 80 <sup>ème</sup> cycle.
<b>Copie</b>	

Courbes d'état au cycle **80**

<b>Question 4-5</b>	Placer le volume V5. Placer les points ②③④⑤. Tracer l'allure des courbes des différentes phases entre les points 2 et 3, 4 et 5. Donner le nom des différentes phases de détente, compression et échappement.
<b>DT 20 à DT 22</b> <b>DR7</b>	

On considère que la pression finale est atteinte au **80<sup>ème</sup> cycle**.

<b>Question 4-6</b>	Déterminer à partir de la courbe « volume pompe à vide en cm <sup>3</sup> en fonction de l'angle de la palette » la cylindrée d'une ½ pompe par cycle.
<b>DT 23 DR8</b>	

<b>Question 4-7</b>	Relever sur la courbe « volume pompe à vide en cm <sup>3</sup> en fonction de l'angle de la palette » le nombre de tour nécessaire à un demi pompe pour faire 1 cycle.
<b>DT 23 DR8</b>	

<b>Question 4-8</b>	Déduire le nombre de tour nécessaire pour la pompe afin d'atteindre le cycle 80.
<b>Copie</b>	

<b>Question 4-9</b>	Déduire le temps mis par la pompe pour atteindre le cycle 80, moteur au ralenti.
<b>DT1 Copie</b>	

**Données :**

Pression atmosphérique :  $p_{atm} = 1,013 \text{ bar}$

**Caractéristique du mélange :** Exposant adiabatique :  $\gamma = 1,4$

Le mélange air + huile est considéré assimilé à un gaz parfait.  
Les évolutions sont supposées réversibles.

**Rappel :** transformation adiabatique :  $p_i \cdot V_i^\gamma = p_j \cdot V_j^\gamma$

On prendra  $p_2 = p_{atm}$  ,  $V_2 = 23,82 \text{ cm}^3$  et  $V_3 = 73,61 \text{ cm}^3$ .

<b>Question 4-10</b>	Calculer $p_3$ en détente adiabatique pour $V_3$ .
<b>Copie</b>	

<b>Question 4-11</b>	Déterminer alors $p_4$ et $V_4$ (par relevé sur courbe).
<b>DT 22 Copie</b>	

<b>Question 4-12</b>	Déterminer $p_5$ .
<b>Copie</b>	

<b>Question 4-13</b>	Calculer $V_5$ en compression adiabatique pour $p_5$ .
<b>Copie</b>	

<b>Question 4-14</b>	Compléter le tableau de lecture du manomètre avec les termes suivants : <b>Pression atmosphérique</b> ou <b>Pression irrégulière</b> pour les cas à l'étude.
<b>DT 29 à DT 31 DR8</b>	

### Partie 5 : DIAGNOSTIC

*L'objectif de cette partie est de déterminer l'élément en cause du dysfonctionnement.*

<b>Question 5-1</b>	Citer les 2 critères de performance concernant les 2 pompes à vide.
<b>DT 26 Copie</b>	

<b>Question 5-2</b>	Donner la condition de mesure pour la prise de valeur de la pompe mécanique.
<b>DT 26 Copie</b>	

<b>Question 5-3</b>	En vous aidant des relevés constructeurs, indiquer la ou les valeurs de dépression incorrectes.
<b>DT 24 et DT 25 Copie</b>	

<b>Question 5-4</b>	En vous aidant des relevés constructeurs, faire votre diagnostic en nommant l'élément en cause. Justifier votre réponse.
<b>DT7, DT 24 et DT 25 Copie</b>	

<b>Question 5-5</b>	Afin d'éclairer le propriétaire de la 3008, citer 3 causes possibles de détérioration de la pompe à vide mécanique.
<b>Copie</b>	



## DOSSIER RÉPONSES

### Partie1 : ÉTUDE DU SYSTÈME HYBRIDE

*L'objectif de cette partie est d'analyser la structure d'un système hybride.*

<b>Question 1-1 :</b>	À partir des données du constructeur, identifier les éléments manquant du système Hybride monté sur la 3008 Hybride 4 et les relier avec les liaisons correspondantes en respectant le code couleur ci-dessous.		
<b>DT 2 et DT 8</b>			
<b>Carburant</b>	<b>Liaison mécanique</b>	<b>Réseau 12 Volts</b>	<b>Énergie de puissance</b>

### Partie 2 : ÉTUDE DU FREINAGE RÉGÉNÉRATIF EN VILLE : « ÉTUDE DYNAMIQUE »

*L'objectif de cette partie est de vérifier la conformité à la réglementation ECE R13 H.*

<b>Question 2-3 :</b>	<p>À partir du principe fondamental de la dynamique du véhicule en décélération :</p> $\sum \{ \tau_{\text{extérieur} \rightarrow \text{véhicule}} \}_{G,R} = \begin{Bmatrix} m \cdot a \cdot \vec{x}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_{G,R}$ <p>Exprimer les équations du théorème de la résultante dynamique suivant <math>\vec{x}_0</math> et <math>\vec{z}_0</math></p>	
<u>Freinage aux roues avant</u>	<u>Freinage aux roues arrière</u>	
Projection suivant $\vec{x}_0$ : $-T_A = m \cdot a$ (1)	Projection suivant $\vec{x}_0$ :	(1')
Projection suivant $\vec{z}_0$ : $N_A + N_B - m \cdot g = 0$ (2)	Projection suivant $\vec{z}_0$ :	(2')



<b>Question 2-4 :</b>	À partir du principe fondamental de la dynamique du véhicule en décélération, déterminer l'équation du théorème du moment dynamique en <b>G</b> dans le cas du freinage au roues arrière.	
	Freinage aux roues avant en <b>G</b> Projection suivant $\vec{y}_0$ :	Freinage aux roues arrière en <b>G</b> Projection suivant $\vec{y}_0$ :
	$-N_A \cdot L_A + T_A \cdot H_G + N_B \cdot L_B = 0$	
	Equation (3)	Equation (3')

<b>Question 2-5 :</b>	Loi de Coulomb : Rappeler la relation reliant : $T'_B$ , $N'_B$ et $f$ , rappel $f = \tan \varphi$
	Equation (4')

<b>Question 2-6 :</b>	Calculer la valeur de la décélération <b>a</b> lors du <u>freinage aux roues avant</u> à partir des valeurs numériques données.
	Equation (5)

<b>Question 2-7 :</b>	La résolution du système d'équations (1'), (2'), (3') et (4') donne :
	$f \cdot m \cdot g \cdot L_A + f \cdot H_G \cdot m \cdot a + L_E \cdot m \cdot a = 0 \quad \text{Equation (5')}$
	en déduire l'expression et la valeur de la décélération <b>a</b> à partir de (5').
	Equation (5')



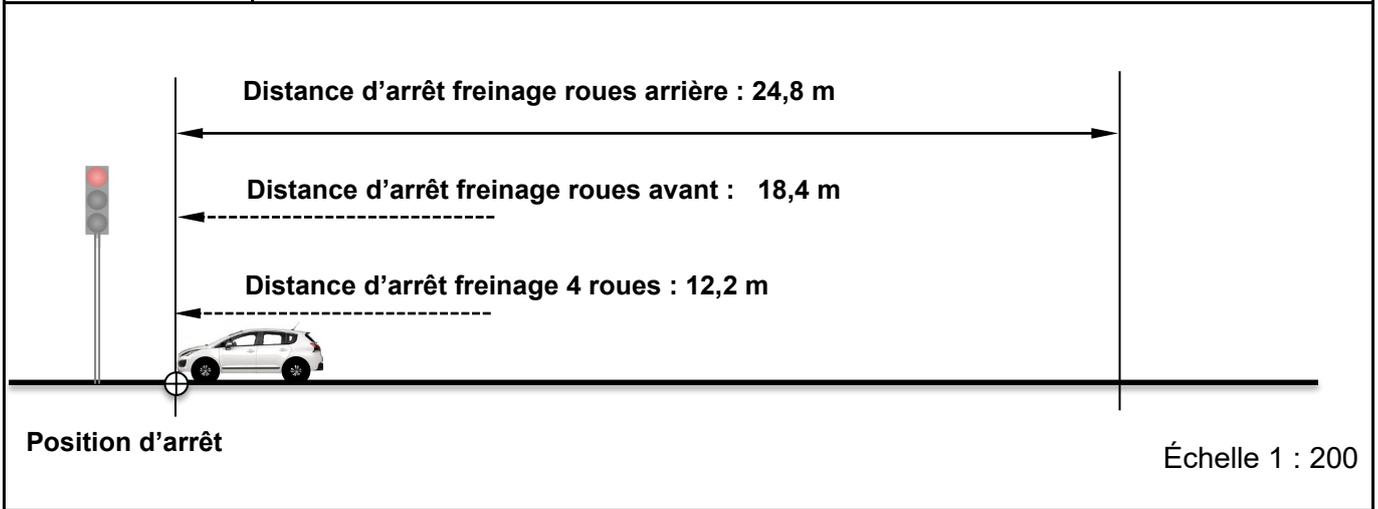
<b>Question 2-8 :</b>	Pour chacune des 2 décélérations : $a_{\text{roues avant}}$ et $a_{\text{roues arrière}}$ Calculer la durée du freinage : $\Delta t = t_f - t_i$ pour passer de 50 à 0 km · h <sup>-1</sup>	
	Freinage aux roues avant	Freinage aux roues arrière

<b>Question 2-9 :</b>	Pour chacune des 2 décélérations $a_{\text{Roues Arrière}}$ et $a_{\text{Roues Avant}}$ Déduire la distance parcourue ( $D_f$ ) pour passer de 50 à 0 km · h <sup>-1</sup> .	
	Freinage aux roues avant	Freinage aux roues arrière



**Question 2-10 :**

Tracer, ci-dessous, les distances d'arrêt total à partir de 50 km · h<sup>-1</sup> pour les cas de freinage aux roues avant et freinage aux 4 roues à partir de la position d'arrêt.



**Partie 3 : ÉTUDE DU FREINAGE RÉGÉNÉRATIF EN DESCENTE HORS AGGLOMÉRATION : « APPROCHE ÉNERGÉTIQUE »**

L'objectif de cette partie est d'appréhender la régénération sur route en pente.

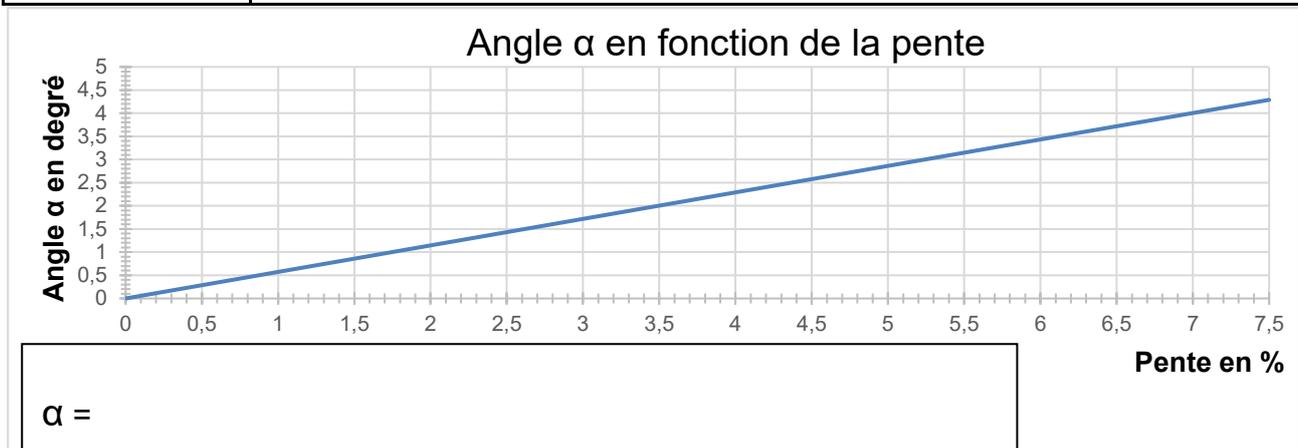
**Question 3-1 :**

Exprimer les composantes du torseur de l'action de la pesanteur (Poids) en G en fonction de m, g et α, dans les 2 repères **R<sub>0</sub>** et **R<sub>1</sub>**.

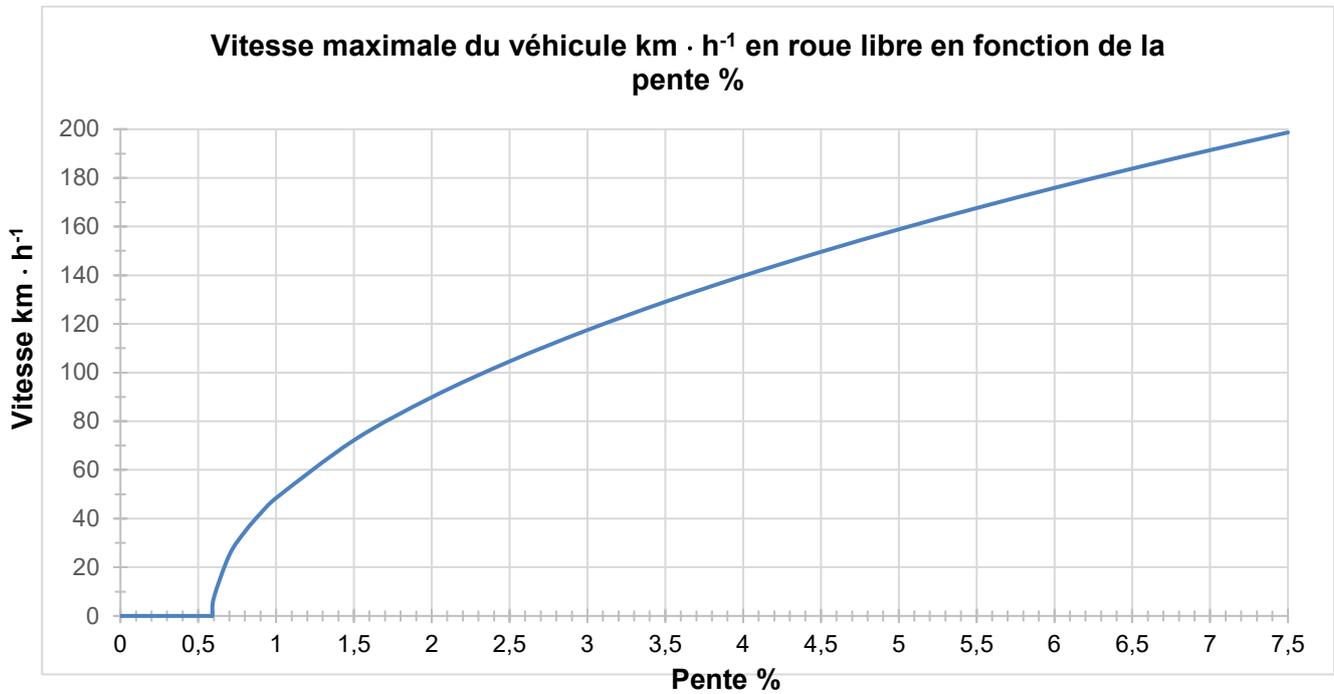
$$\{\tau \text{ Poids}\}_{G, R_0} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \dots & 0 \end{Bmatrix}_{G, R_0(X_0, Y_0, Z_0)} \quad \{\tau \text{ Poids}\}_{G, R_1} = \begin{Bmatrix} \dots & 0 \\ 0 & 0 \\ \dots & 0 \end{Bmatrix}_{G, R_1(X_1, Y_1, Z_1)}$$

**Question 3-5 :**

Déterminer la valeur de l'angle α en degré pour une pente de 5%, par le calcul, ou par le tracé et le relevé de la valeur sur la courbe ci-dessous.







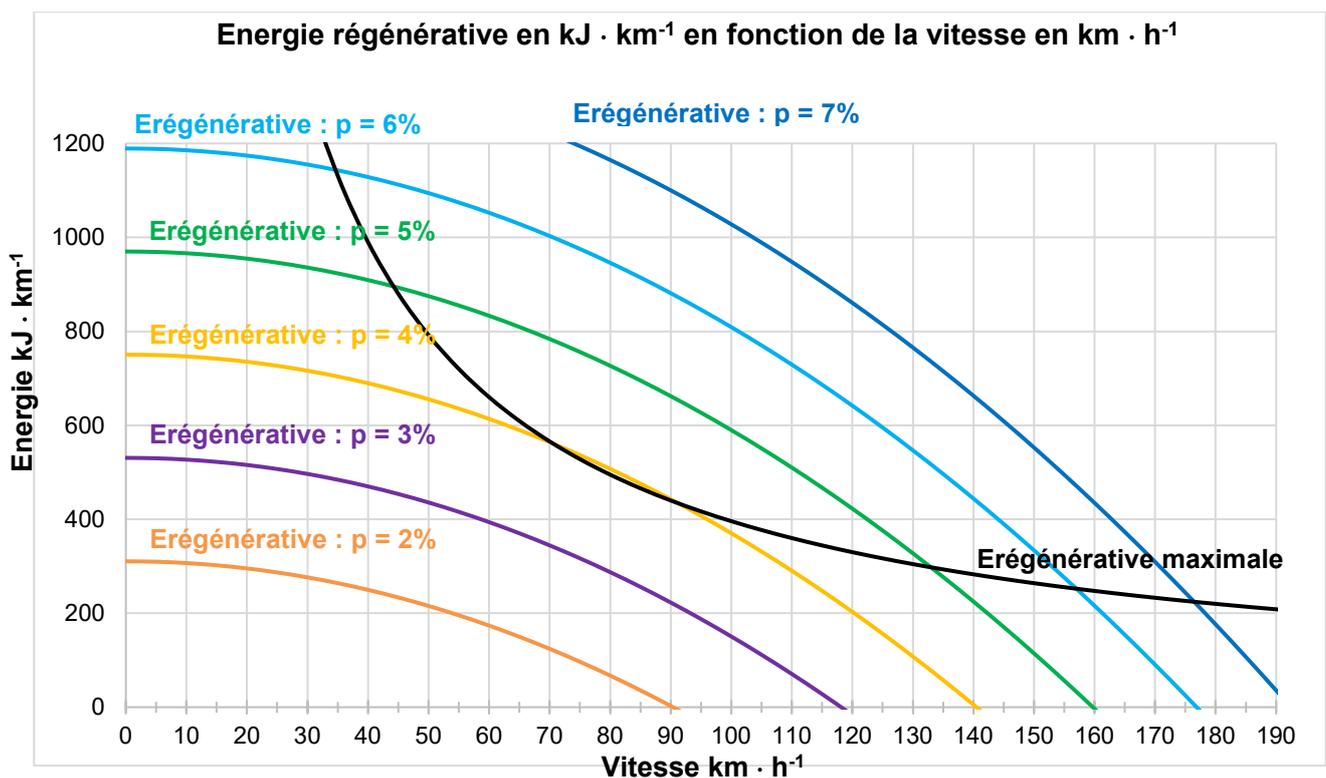
**Question 3-7 :**

Sur la courbe ci-dessus, déterminer par tracé et relever la valeur de la pente à partir de laquelle le véhicule peut atteindre une vitesse de  $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  en roue libre (sans frein moteur, ni régénération).

Pente =

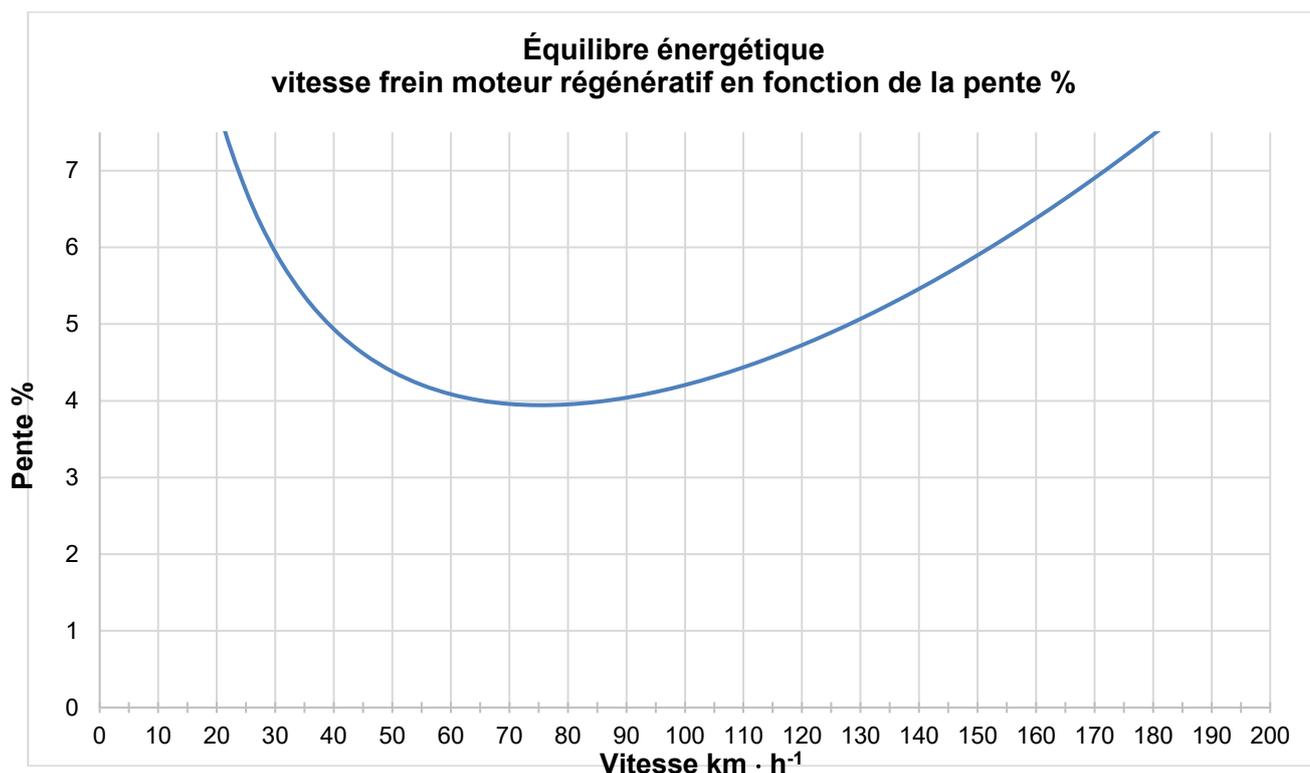
**Question 3-13 :**

Hachurer la zone de charge de la batterie sur autoroute. (vitesse minimum autorisée :  $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ). Placer les points correspondant à la charge maximale pour les pentes de 2% à 7% sur autoroute.





<b>Question 3-14 :</b>	À partir de la courbe (Pente/Vitesse) pour les cas de vitesses de déplacement du véhicule de 50, 80 et 120 km · h <sup>-1</sup> tracer, relever puis compléter le tableau avec la valeur de la pente minimale permettant au véhicule de rouler tout en régénérant. <u>On arrondira la valeur au 0,5 près supérieur afin de coller à la signalisation routière.</u>		
Vitesse du véhicule	<b>50 km · h<sup>-1</sup></b>	<b>80 km · h<sup>-1</sup></b>	<b>120 km · h<sup>-1</sup></b>
Pente minimale			



<b>Question 3-17 :</b>	Calculer la distance en kilomètre, en fonction de la pente, que devrait parcourir le véhicule afin de recharger 80% de la batterie.		
	Ville 50 km · h <sup>-1</sup>	Nationale 80 km · h <sup>-1</sup>	Autoroute 120 km · h <sup>-1</sup>
Pente	<b>5 %</b>	<b>4 %</b>	<b>5 %</b>
Érégénérative kJ · km <sup>-1</sup>	<b>792</b>	<b>495</b>	<b>330</b>
km à parcourir pour recharger 100 % de la batterie 2 km d'autonomie	<b>5 km</b>	<b>8 km</b>	<b>12km</b>
km à parcourir pour recharger 80 % de la batterie			



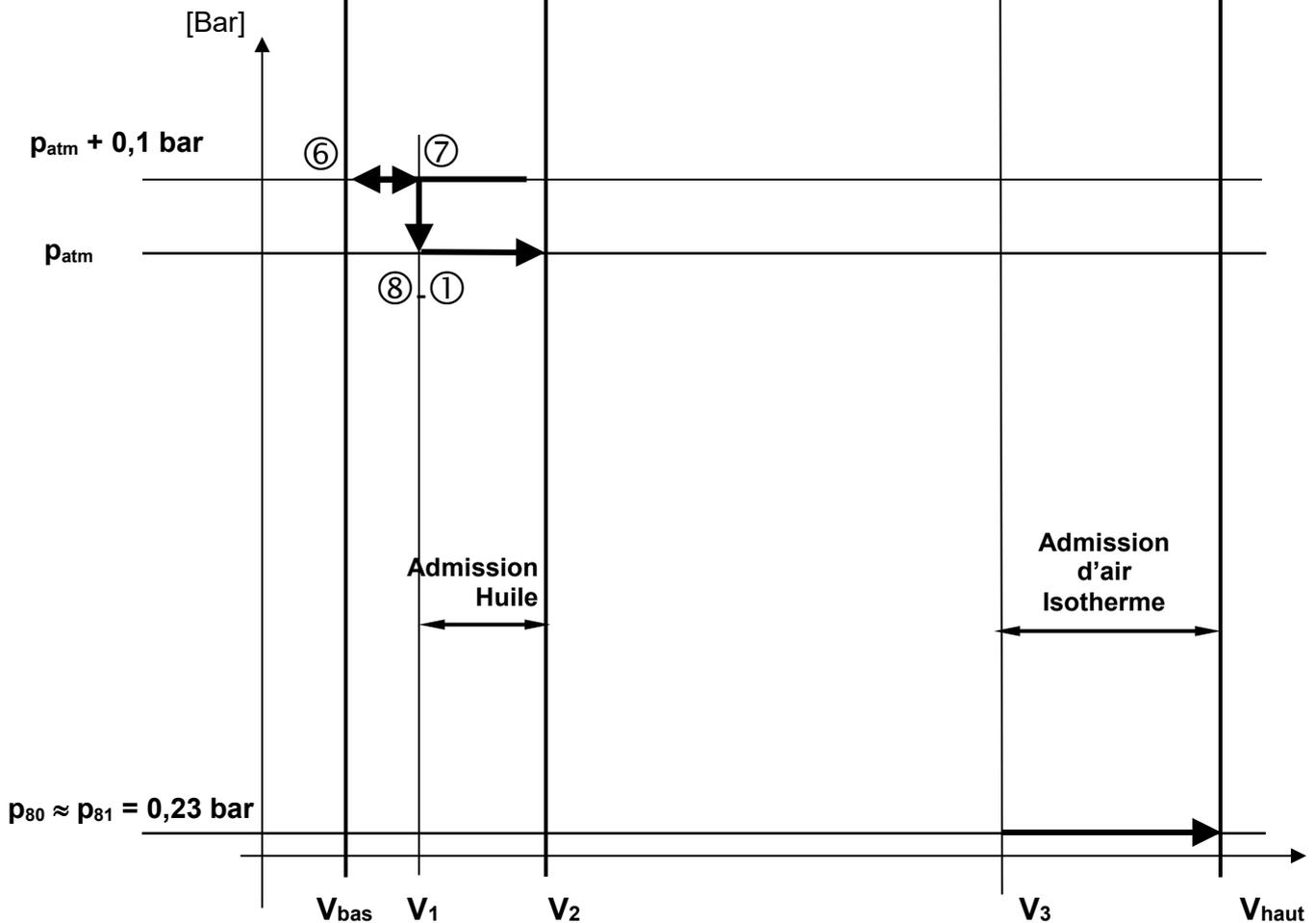
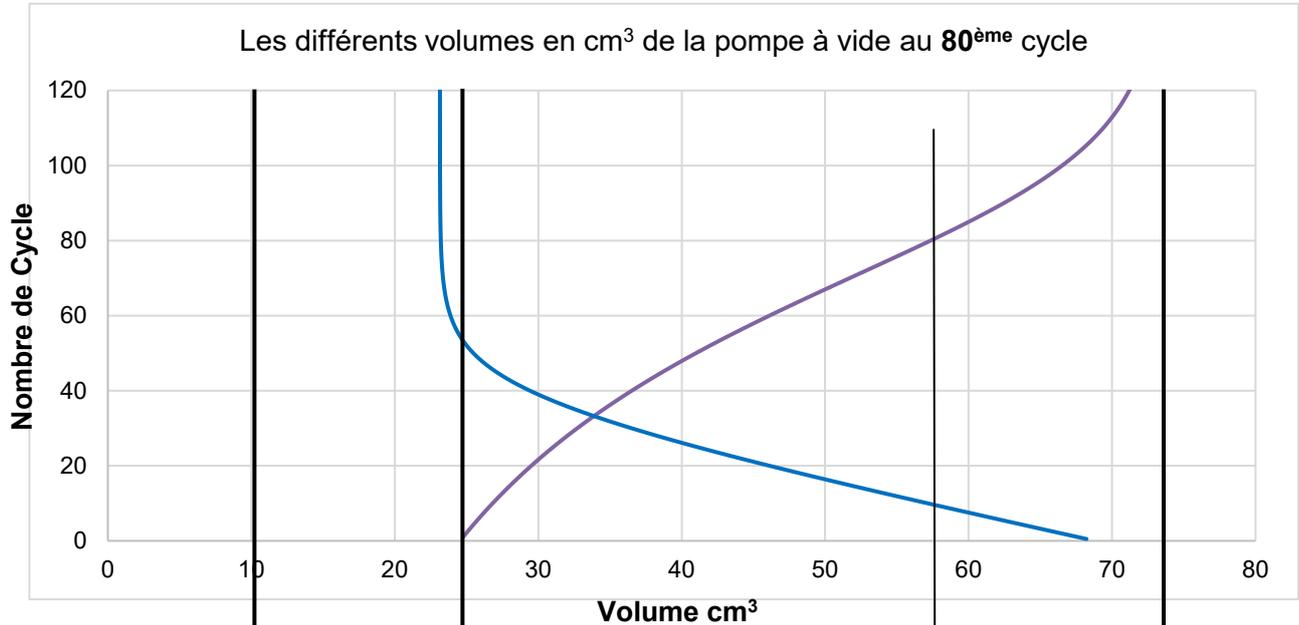
## Partie 4 : ÉTUDE DE LA POMPE À VIDE

**Question 4-5 :**

Placer le volume  $V_5$ . Placer les points ②③④⑤.

**DT 20 à DT 22**

Tracer l'allure des courbes des différentes phases entre les points 2 et 3, 4 et 5. Donner le nom des différentes phases de détente, compression et échappement.





On considère que la pression finale est atteinte au **80<sup>ème</sup> cycle**.

<b>Question 4-6 :</b>	Déterminer à partir de la courbe « volume pompe à vide en cm <sup>3</sup> en fonction de l'angle de la palette » la cylindrée d'une ½ pompe par cycle.
<b>DT 23</b>	
Cyl =	

<b>Question 4-7 :</b>	Relever sur la courbe « volume pompe à vide en cm <sup>3</sup> en fonction de l'angle de la palette » le nombre de tour nécessaire à une demi pompe pour 1 cycle.
<b>DT 23</b>	

<b>Question 4-14 :</b>	Compléter le tableau de lecture du manomètre avec les termes <b>Pression atmosphérique</b> ou <b>Pression irrégulière</b> dans les cas suivants :	
<b>DT 29 à DT 31</b>		
Fuite tuyau admission	<b>Pression atmosphérique</b>	
Clapet admission grippé ouvert		
Clapet admission grippé fermé		
Lamelle anti-retour bloquée ouverte		
Lamelle anti-retour bloquée fermée	Descente pression (casse) puis pression atmosphérique	

