

SESSION 2022

---

**CAPLP**  
**CONCOURS EXTERNE ET CAFEP**  
**3<sup>ème</sup> CONCOURS**

**Section : GÉNIE MÉCANIQUE**

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

**EPREUVE ECRITE 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.*

*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.**

**Tournez la page S.V.P.**

A

## **Conseils pour l'épreuve**

Documents constituant le sujet :

- un dossier travail demandé, page 1 à 13) organisé en six parties qui peuvent être traitées dans un ordre différent de celui proposé ;
- un dossier technique (DT1 à DT24, page 14 à 37) ;
- un dossier documents réponses (DR1 à DR6) sur lequel sera traité une partie des réponses aux questions posées, l'autre partie des réponses sera rédigée sur feuille de copie. Ce dossier sera rendu dans son intégralité, même si certaines feuilles sont restées vierges.

Conseils aux candidats :

- il est conseillé aux candidats de consacrer un temps à la lecture du dossier technique et ensuite de répondre aux questions du dossier de travail demandé en se reportant au dossier technique chaque fois que cela est nécessaire ;
- les réponses sont à rédiger sur feuille de copie sauf mention particulière faisant référence à un document réponse. Le numéro des questions sera systématiquement indiqué sur la feuille de copie, même si la question n'est pas traitée ;
- tous les calculs menant à un résultat devront être détaillés sur la copie.

## 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
E F E	4 5 0 0 J	1 0 1	9 3 1 1

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

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
E F F	4 5 0 0 J	1 0 1	9 3 1 1

► **3<sup>ème</sup> Concours du CAPLP de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
E F V	4 5 0 0 J	1 0 1	9 3 1 1



## Travail demandé

### Constat

La COP21 a fixé des objectifs ambitieux en termes de réduction des gaz à effet de serre. L'Europe s'engage actuellement vers la neutralité carbone pour 2050.

En Europe, les transports sont avec 27 % le premier poste d'émissions de gaz à effet de serre et les voitures particulières représentent 30 % de ce total, les véhicules utilitaires 15 %, les bus 2 %.

On constate que de plus en plus de conducteurs européens optent pour une motorisation électrique. La part de marché de véhicule électrique est en évolution depuis quelques années mais a franchi un cap en 2020. La barre des 110 000 véhicules électriques vendus sur 12 mois a été franchie en France.

Avec une augmentation des ventes de 159 % par rapport à 2019, le véhicule électrique s'octroie 6,7 % des parts de marché sur l'ensemble de l'année 2020.

Cette évolution va entraîner un changement dans l'enseignement de la maintenance des véhicules.

Le sujet traite d'une Renault Zoé ainsi que la borne de charge dont un lycée vient d'être doté pour la formation des élèves.



## Partie 1 – Intérêt de la motorisation électrique

L'objectif de cette partie est de comprendre les enjeux climatiques et de quantifier la quantité de  $\text{CO}_2 \cdot \text{km}^{-1}$  d'un moteur thermique en utilisation et de comparer la quantité de  $\text{CO}_2$  rejeté entre un véhicule électrique et un véhicule thermique de la fabrication à l'utilisation (le recyclage des véhicules n'est pas pris en compte).

Les documents techniques relatifs à cette partie sont les DT2 et DT3.

### Question 1

Citer au moins trois gaz contribuant à augmenter l'effet de serre.

### Question 2

Qu'est-ce que l'effet albedo ?

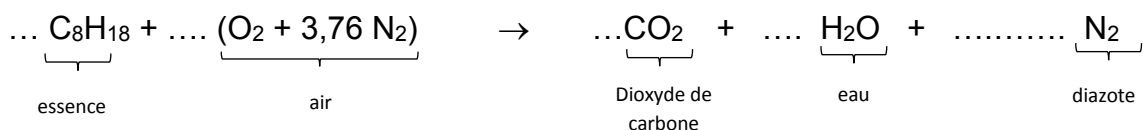
### Question 3

Qu'est-ce qui différencie le  $\text{CO}_2$  des autres gaz à effet de serre ?

### Question 4

Équilibrer l'équation de combustion complète d'un moteur thermique si ce dernier utilise de l'essence de type  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  (octane).

Rappel :



### Question 5

Déterminer la masse d'une mole d'octane.

### Question 6

Déduire la masse de  $\text{CO}_2$  rejeté pour une mole d'octane.

### Question 7

En utilisant la masse volumique de l'essence ( $703 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), donner la masse de  $\text{CO}_2$  rejeté pour un litre de carburant.

### Question 8

Pour une distance de 150 000 km, calculer la masse de  $\text{CO}_2$  rejeté par un véhicule qui a une consommation moyenne de 5 litres aux 100 km.

### Question 9

À partir du tableau des quantités de  $\text{CO}_2$  rejetés, calculer la différence en pourcentage de consommation de  $\text{CO}_2$  sur le bilan (construction et utilisation) entre un véhicule thermique et un véhicule électrique.

### Question 10

Conclure quant à l'intérêt écologique des véhicules électriques par rapport aux véhicules thermiques.

## Partie 2 – Autonomie et performances

---

L'objectif de cette partie est de quantifier les différences d'autonomie et de performances entre deux véhicules de gamme identique (Clio IV et Zoé) mais de motorisation différente (essence et électrique).

---

### 2.1 - Autonomie

L'objectif de cette sous partie est de comparer le ratio énergie transportée / distance parcourue entre un véhicule thermique et un véhicule électrique.

Les documents techniques relatifs à cette partie sont les DT1 et DT3.

#### Question 11

Déterminer l'énergie disponible dans un réservoir essence de 45 litres (unité attendue en MJ).

#### Question 12

Déterminer l'énergie disponible dans la batterie de traction de la Zoé (unité attendue en MJ).

#### Question 13

Sachant que la Clio IV consomme 5,5 litres pour 100 km (mixte urbain / extra urbain), calculer la distance parcourue avec le plein de carburant.

#### Question 14

Sachant que la Zoé consomme 13 kW·h pour 100 km et que sa batterie de traction est chargée, calculer la distance parcourue sur sol horizontal.

#### Question 15

Calculer pour chaque véhicule le ratio entre l'énergie embarquée et la distance parcourue et conclure.

## 2.2 - Performances au démarrage

Cette partie concerne un véhicule au démarrage sur sol horizontal. L'objectif est de déterminer le couple moteur maximum acceptable par le pneumatique, par un moteur électrique et de le comparer à un moteur thermique.

Le document technique relatif à cette partie est le DT4.

On donne les hypothèses suivantes :

- le véhicule se déplace suivant x : vecteur accélération  $\overrightarrow{a_{G \in V/R}} = a \cdot \vec{x}$  avec  $a > 0$  ;
- la route est horizontale et droite ;
- les forces aérodynamiques et les résistances aux roulements sont négligées ;
- les moments d'inertie de la transmission et des roues sont également négligés ;
- les roues avant sont à la limite du glissement :  $T_A = \mu \cdot N_A$  avec  $\mu$  : coefficient d'adhérence entre les roues avant et le sol.

On donne les torseurs des actions mécaniques extérieures appliquées sur le véhicule :

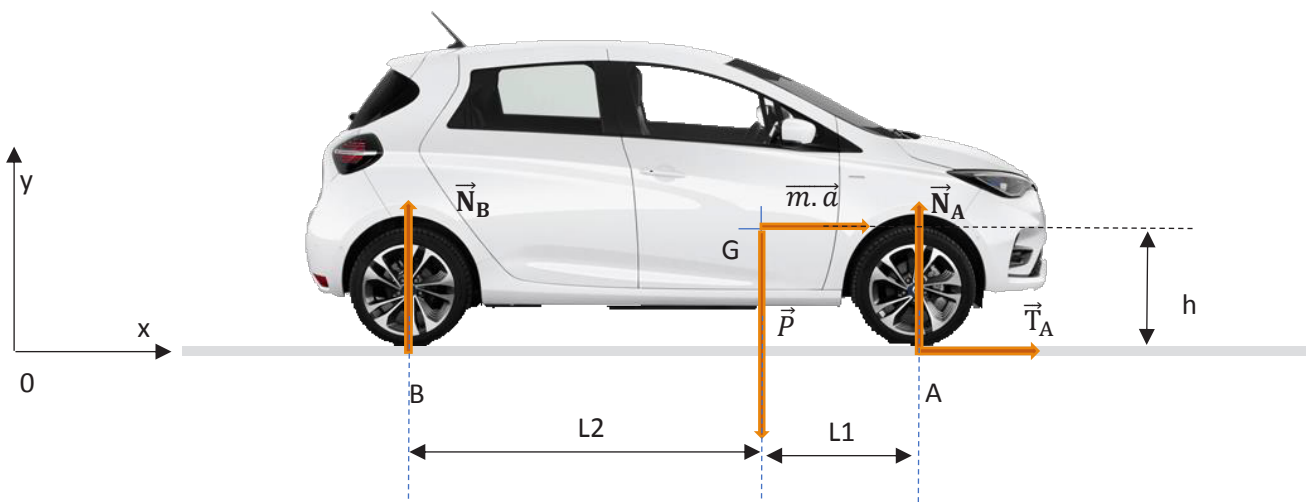
$$\{T_{sol \rightarrow \text{essieu AR}}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ N_B & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_{B, R(x,y,z)} ; \{T_{sol \rightarrow \text{essieu AV}}\} = \begin{Bmatrix} T_A & 0 \\ N_A & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_A$$

$$\{T_{\text{pesanteur}}\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -P & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_G$$

Les données sont les suivantes :

- masse : 1570 kg avec un conducteur ;
- $L_1 = 1000$  mm,  $L_2 = 1600$  mm et  $h = 550$  mm ;
- accélération du champ de pesanteur terrestre :  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

Ci-dessous, le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées sur le véhicule.





**Question 16**

En appliquant le principe fondamental de la dynamique (PFD) au véhicule, déterminer de manière littérale les actions du sol sur les essieux en fonction de  $a$ ,  $m$ ,  $P$ ,  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $h$  et  $\mu$  (pour  $T_A$ ).

Effectuer les calculs de moments au point A.

(Rappel du PFD :  $\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \vec{a}$  et  $\Sigma M_A(\vec{F}_{\text{ext}}) = \vec{AG} \wedge m \cdot \vec{a}$ )

**Question 17**

À partir des expressions précédentes montrer que l'accélération maximale avant patinage peut s'écrire sous la forme :  $a = \mu \cdot \frac{g \cdot L_2}{L_1 + L_2 + \mu \cdot h}$

**Question 18**

Cette étude dynamique se déroule sur béton sec, relever la valeur du coefficient d'adhérence maximum du contact pneu / sol sur béton sec.

**Question 19**

Calculer l'accélération maximum sur béton sec.

**Question 20**

Sachant que le véhicule passe de 0 à 100 km·h<sup>-1</sup> en 10,5 s, calculer l'accélération réelle du véhicule.

**Question 21**

Comparer l'accélération réelle et l'accélération maximum.

**Question 22**

Le véhicule étant équipé de pneumatiques de dimension 195/55 R 16, calculer le rayon de la roue (1 pouce = 0,0254 m).

**Question 23**

En déduire le couple aux roues maximum transmissible par les pneumatiques si  $N_A = 810$  daN.

**Question 24**

La liaison entre le moteur et la couronne de différentiel est assurée par un réducteur dont le rapport de réduction est  $r = 0,11$ . Sachant que le rendement de transmission est de 0,9, calculer le couple moteur nécessaire pour avoir ce couple maximum transmissible.

**Question 25**

Le couple fourni par le moteur est-il suffisant pour avoir l'accélération maximum du véhicule ? Justifier.

**Question 26**

À partir des courbes de puissance, donner pour chaque moteur :

- la valeur du couple maxi et le régime ;
- la valeur de la puissance maxi et le régime.

**Question 27**

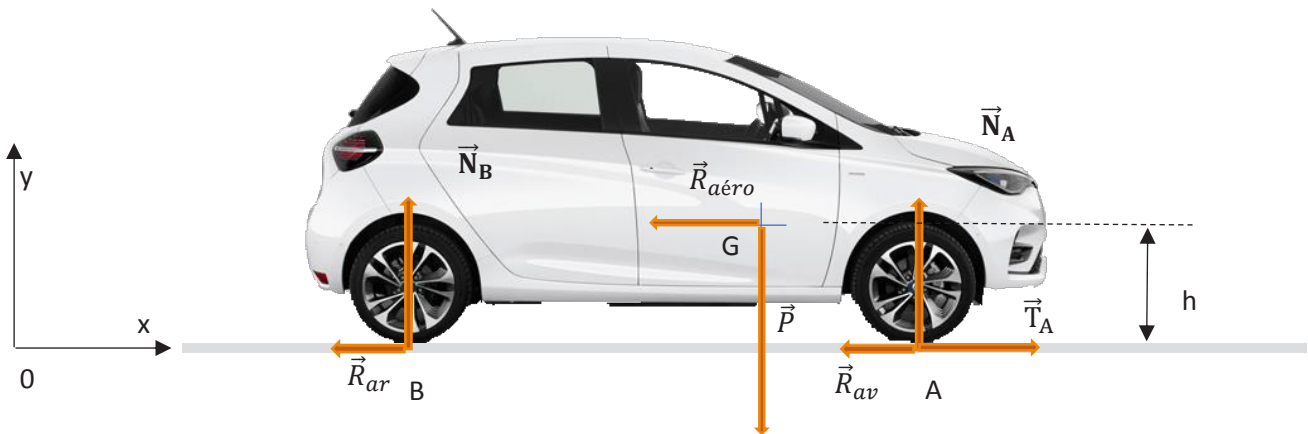
Expliquer pourquoi un véhicule électrique a une accélération plus importante qu'un véhicule à moteur thermique.

## 2.3 - Performances à vitesse stabilisée

Cette partie concerne un véhicule roulant à  $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  sur sol horizontal. L'objectif est de déterminer la puissance moteur nécessaire avec une personne dans l'habitacle.

Les documents techniques relatifs à cette partie sont les DT1 et DT3.

Le schéma ci-dessous représente le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées sur le véhicule.



On donne l'hypothèse suivante :

- l'ensemble isolé comporte un plan de symétrie  $(0, x, y)$ .

Pour la suite de l'exercice, on considère  $N_{av} = 950 \text{ daN}$  et  $N_{ar} = 590 \text{ daN}$ .

### Question 28

Calculer la résistance au roulement ( $R_r$ ) des roues avant et arrière sachant qu'expérimentalement selon Hoerner :  $R_r = P \times K_r$  avec

-  $P$  : Poids

-  $K_r$  : coefficient de résistance

$$K_r = 0,005 + \frac{0,01055}{p_r} + \frac{9,53 \cdot 10^{-7} \times v^2}{p_r}$$

avec  $p_r$  pression du pneu en bar et  $v$  la vitesse du véhicule en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### Question 29

Calculer l'effort issu de la résistance aérodynamique pour une vitesse de  $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

$$\text{Rappel : } R_{aéro} = \frac{\rho_{air} \times S C_x \times v^2}{2}$$

### Question 30

Calculer la puissance à la roue nécessaire pour que le véhicule soit à cette vitesse.

### Question 31

Démontrer que la puissance moteur nécessaire est d'environ  $13 \text{ kW}$  (pour un rendement global de  $0,85$ ).

## Partie 3 – Architecture et éléments de la Renault Zoé

---

L'objectif de cette partie est d'étudier les éléments principaux d'une Renault Zoé :

- la batterie de servitude (questions 32 à 34) ;
  - la batterie de traction (questions 35 à 42) ;
  - l'ensemble électronique de puissance (questions 43 à 46) ;
  - le moteur de traction (questions 47 à 50) ;
  - le réducteur différentiel (questions 51 à 57).
- 

Les documents techniques relatifs à cette partie sont les DT1, DT5 à DT11 et DT14.

### Question 32

Donner la signification de chaque caractéristique 12V - 60Ah - 620A.

### Question 33

Quelle est l'autonomie de la batterie si celle-ci alimente une ampoule de 20 W ?

### Question 34

Pour tester la batterie, sa tension est mesurée lorsqu'elle fournit un courant de 80A.

Cette tension relevée ne doit pas être inférieure à 11 V.

Calculer la résistance interne maximum de la batterie pour que cette dernière soit considérée « en bon état » (tension à vide : 12,6 V).

### Question 35

Donner les caractéristiques électriques de la batterie HT.

### Question 36

Déterminer la tension et la capacité de chaque cellule.

### Question 37

Donner la tension et la capacité de deux cellules si elles sont montées dans un cas en série et dans l'autre cas en dérivation.

### Question 38

Pourquoi est-il nécessaire de prendre l'information tension sur chaque cellule ?

### Question 39

Quelle est la section de passage du courant du BUS BAR sachant que l'épaisseur est de 2 mm et la largeur 10 mm.

### Question 40

Calculer la surface d'échange thermique entre le BUS BAR et l'air dans la batterie pour une longueur de 100 mm.

### Question 41

Pour un fil de section identique, soit 20 mm<sup>2</sup>, calculer le diamètre.

### Question 42

En déduire pour ce fil de longueur de 100 mm, la surface d'échange avec l'air dans la batterie et conclure.

**Question 43**

Compléter le document réponse DR1 en indiquant sous le nom de chaque élément du PEC le code organe RENAULT.

**Question 44**

Sur le document réponse DR1, représenter le signal électrique en sortie de chaque élément de la partie redressement de la tension.

**Question 45**

Représenter sur le document réponse DR2, la circulation du courant lorsque le véhicule est en charge.

**Question 46**

Représenter sur le document réponse DR2, la circulation du courant lorsque le véhicule roule à vitesse constante sur une route horizontale.

**Question 47**

Énumérer les différents éléments de la chaîne électrique de puissance.

**Question 48**

Citer les éléments de la chaîne de traction.

**Question 49**

Compléter sur le document réponse DR2 l'actigramme du moteur électrique.

**Question 50**

Par rapport à une condition de roulage de  $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  sur sol horizontal, compléter le document réponse DR3 en fonction des différentes propositions.

**Question 51**

Calculer le rapport global du réducteur.

**Question 52**

Le rayon de la roue étant de 310 mm et le rapport de réduction connu, calculer le régime du moteur électrique (en  $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$ ) à une vitesse de  $110 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  en ligne droite.

**Question 53**

Sur le document réponse DR3, indiquer les noms des différents éléments qui composent le différentiel.

**Question 54**

Indiquer le rôle du différentiel.

**Question 55**

Dans un virage à droite, si la vitesse de rotation du boîtier différentiel est de  $14 \text{ tr}\cdot\text{s}^{-1}$  et que la vitesse de rotation de la roue droite est de  $12 \text{ tr}\cdot\text{s}^{-1}$ , calculer la vitesse de rotation de la roue gauche.

**Question 56**

À partir de la photo du différentiel DT14, donner le type de roulement qui assure la liaison entre le différentiel et son carter ainsi que son type de montage (O ou X).

**Question 57**

Pourquoi faut-il, sur ce différentiel, monter ce type de roulement ?

## Partie 4 – Le freinage

---

L'objectif de cette partie est d'étudier le fonctionnement de la pédale à commande découplée et voir son influence sur un relevé de freinage au banc.

---

Les documents techniques relatifs à cette partie sont les DT15 à DT17.

### Question 58

Sur le schéma du document réponse DR3, entourer :

- en bleu, les 3 vannes de d'admission ;
- en noir, les 3 vannes de sortie ;
- en vert, les 2 vannes de simulation ;
- en rouge, la vanne de découplage.

### Question 59

Sur le schéma du document réponse DR4, représenter l'état des différentes électrovannes lors d'un freinage.

Surligner en bleu la partie du circuit sous pression générée par le PFS et en rouge la partie du circuit sous pression générée par la pompe.

### Question 60

Sur le schéma du document réponse DR4, représenter l'état des différentes électrovannes lors du freinage avec une panne électrique.

Surligner en bleu la partie du circuit sous pression générée par le conducteur.

### Question 61

En analysant la courbe de répartition de freinage hydraulique / électrique figurant dans le document technique, dans la zone de 14 à 18 secondes, expliquer comment est compensé l'écart entre la consigne couple électrique et le couple électrique appliqué.

### Question 62

Toujours à partir de la même courbe, que se passe-t-il à la vitesse de 7 km·h<sup>-1</sup> et pourquoi ?

### Question 63

Pourquoi le passage au banc de freinage de la Renault Zoé permet-il de vérifier uniquement le frein hydraulique (pas d'intervention du frein électrique) ?

### Question 64

À partir du relevé du banc de freinage, retrouver par le calcul la valeur de l'efficacité du frein de stationnement ainsi que le déséquilibre de freinage de l'essieu arrière.

## Partie 5 – La charge du véhicule

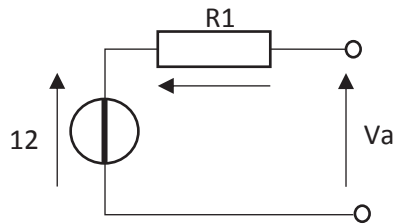
L'objectif de cette partie est d'étudier le fonctionnement de la borne de charge pendant le processus du branchement du connecteur au véhicule.

Les documents techniques relatifs à cette partie sont les DT18 et DT19.

### Question 65

État A : le véhicule électrique n'est pas connecté.

Le schéma équivalent du circuit fil pilote est donné ci-dessous.

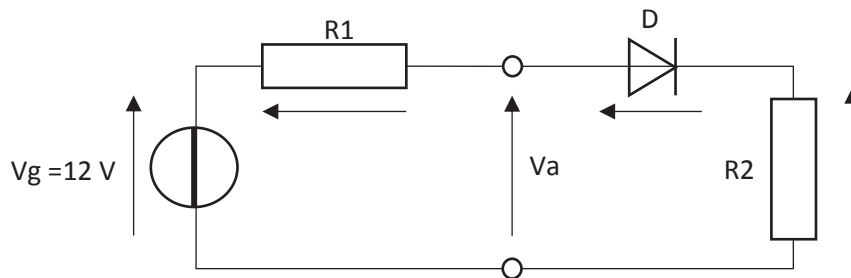


Donner la valeur de l'intensité  $I$ . En déduire la tension  $V_a$ .

### Question 66

État B : le véhicule électrique est connecté.

Le schéma électrique équivalent du circuit fil pilote est le suivant :



Calculer la valeur de la tension  $V_a$ .

### Question 67

État C : le véhicule électrique est connecté et le système d'alimentation est disponible.

Le générateur SAVE fournit une tension de  $+12\text{ V} / -12\text{ V}$  de fréquence  $1\text{ kHz}$ .

1<sup>er</sup> cas :  $V_g = 12\text{ V}$

Calculer la valeur de la tension de  $V_a$ .

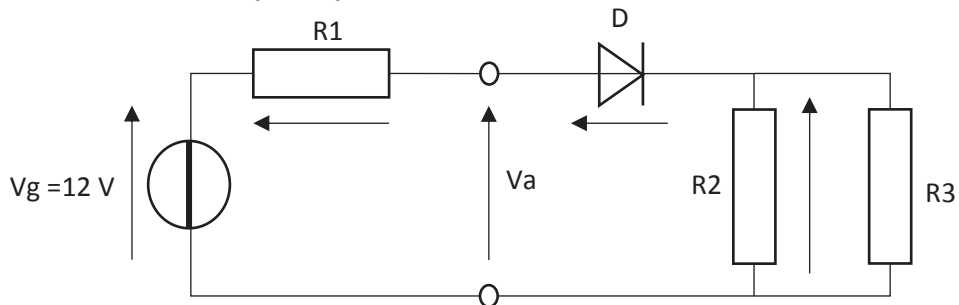
2<sup>ème</sup> cas :  $V_g = -12\text{ V}$

En déduire la valeur de la tension de  $V_a$ .

**Question 68**

État D : le véhicule électrique est connecté et le système d'alimentation est disponible, S2 est fermé.

Le schéma électrique équivalent est le suivant :



1<sup>er</sup> cas :  $V_g = 12 \text{ V}$

Calculer la résistance équivalente  $R_{eq}$  à R2 et R3 en parallèle.

Calculer la tension  $V_a$ .

2<sup>ème</sup> cas :  $V_g = -12 \text{ V}$

Calculer la valeur de la tension  $V_a$ .

**Question 69**

À partir des résultats des questions précédentes, compléter le document DR5 avec les différentes valeurs de  $V_a$  et la lettre (A, B, C ou D) à associer à chaque état.

**Question 70**

Que signifie l'état D pour la borne de charge ?

## Partie 6 – La climatisation réversible

L'objectif de cette partie est d'étudier le fonctionnement de la pompe à chaleur, et réaliser le diagnostic.

Les documents techniques relatifs à cette partie sont les DT20 à DT24.

### Question 71

Sur les schémas de production des boucles froides et chaudes du système de chauffage et climatisation du document réponse DR5, indiquer le passage du fluide en utilisant deux couleurs différentes pour les parties HP et BP (surligner uniquement les canalisations utiles pour chaque mode de fonctionnement).

### Question 72

Comment est positionnée la bouteille déshydratante (accumulateur) dans ce circuit par rapport à un système conventionnel ?

### Question 73

Tracer la courbe enthalpique du système de climatisation sur le DR6.

### Question 74

Énumérer les différentes phases d'un circuit de climatisation et replacer les sur le diagramme du document réponse DR6.

### Question 75

À l'aide du tableau ci-dessous, en se basant sur un régime de rotation du compresseur de 1 000 et 8 600 tr·min<sup>-1</sup>, calculer le débit massique mini et maxi correspondant à ces deux valeurs.

Pression absolue (bar)	Temp. Changement d'état (°C)	LIQUIDE			GAZ		
		Vol. mass (dm <sup>3</sup> /kg)	Masse.vol (Kg/dm <sup>3</sup> )	Enthalpie (KJ/Kg)	Vol.mass (m <sup>3</sup> /Kg)	Masse vol. (Kg/m <sup>3</sup> )	Enthalpie (KJ/Kg)
0,371	-50	0,758	1,318	139,63	0,4247	2,355	329,85
0,493	-45	0,766	1,305	145,31	0,3326	3,007	333,21
0,627	-40	0,774	1,292	151,07	0,2635	3,795	336,58
0,792	-35	0,782	1,278	156,9	0,2111	4,737	339,95
0,996	-30	0,791	1,265	162,81	0,1708	5,855	343,32
1,013	-29,49	0,792	1,263	163,42	0,1672	5,98	343,67
1,234	-25	0,801	1,251	168,8	0,1394	7,171	346,69
1,517	-20	0,809	1,236	174,87	0,1148	8,709	350,05
1,843	-15	0,818	1,222	181,02	0,0953	10,496	353,4
2,229	-10	0,829	1,207	187,26	0,0796	12,559	356,72
2,665	-5	0,839	1,192	193,59	0,067	14,931	360,02
3,501	0	0,851	1,176	200,1	0,0567	18,001	363,29
3,734	5	0,862	1,16	206,5	0,0482	20,744	366,52
4,386	10	0,874	1,144	213,1	0,0412	24,267	369,7
5,102	15	0,887	1,227	219,8	0,0354	28,266	372,83
5,927	20	0,901	1,11	226,6	0,0305	32,796	375,89
6,835	25	0,916	1,092	233,5	0,0264	37,925	378,87
7,846	30	0,932	1,073	240,51	0,0229	43,729	381,75
8,951	35	0,949	1,054	247,64	0,0199	50,301	384,52
10,187	40	0,967	1,034	254,9	0,0173	57,753	387,17
11,546	45	0,988	1,013	262,3	0,0151	66,223	389,66
13,024	50	1,01	0,99	269,85	0,0132	75,884	391,98
14,657	55	1,034	0,907	277,58	0,0115	86,961	394,08



**Question 76**

La puissance pneumatique du fluide frigorigène se calcule par le produit du débit volumique par le différentiel de pression. Calculer les puissances pneumatiques mini et maxi restituées par le système de climatisation

On rappelle que :  $P_p = \Delta P \times Q_V$

**Question 77**

En intégrant les rendements, calculer les puissances électriques mini et maxi nécessaires pour faire circuler le fluide convenablement.

**Question 78**

La lecture des paramètres à l'aide de l'outil de diagnostic informe d'un régime de  $7000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$  alors que l'écart de température est de 3 degrés. Placer un repère de ces valeurs sur le DR6 et conclure.

**Question 79**

Donner les hypothèses permettant de continuer le diagnostic.

**Question 80**

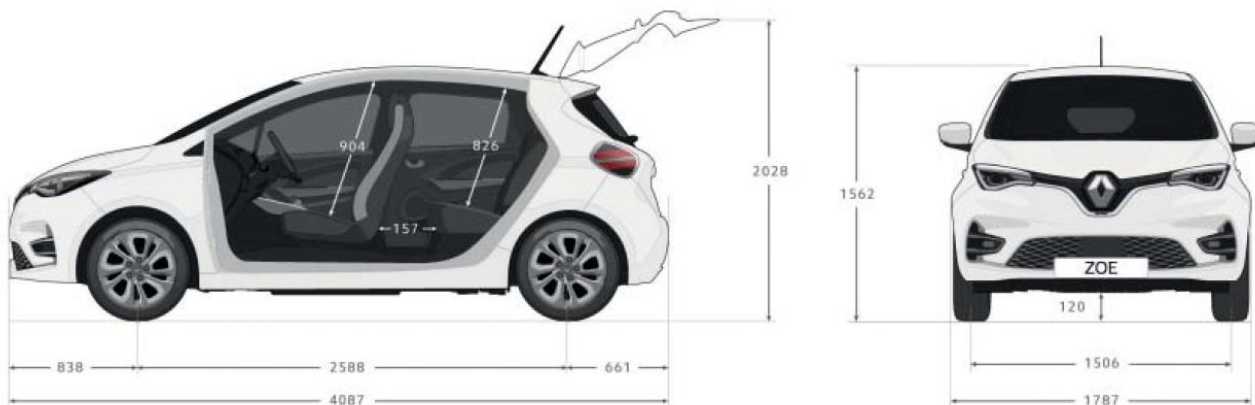
Un défaut de charge du fluide frigorigène peut-il être responsable de ce dysfonctionnement ?

Indiquer des contrôles ou des mesures complémentaires à réaliser.

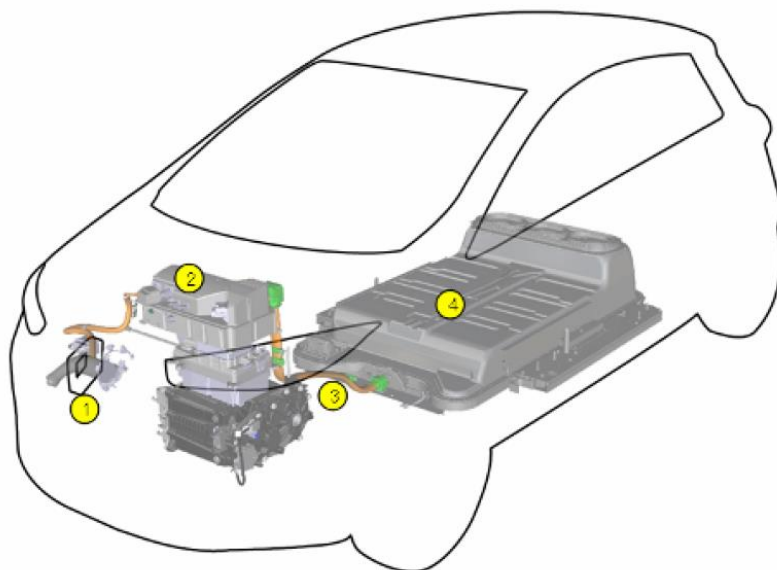
## Dossier technique

DT1 / 24

### Caractéristiques Renault ZOÉ



- 1- Prise de charge électrique derrière le logo
- 2- Moteur électrique
- 3- Câbles haute tension orange et la zone de connexion entre les câbles et la batterie de traction
- 4- Batterie de traction



Masse du véhicule : 1 500 kg  
 Dimension des pneumatiques : 195/55 R 16  
 Pression des pneumatiques : 2,5 bars avant et arrière  
 SCx : 0,75

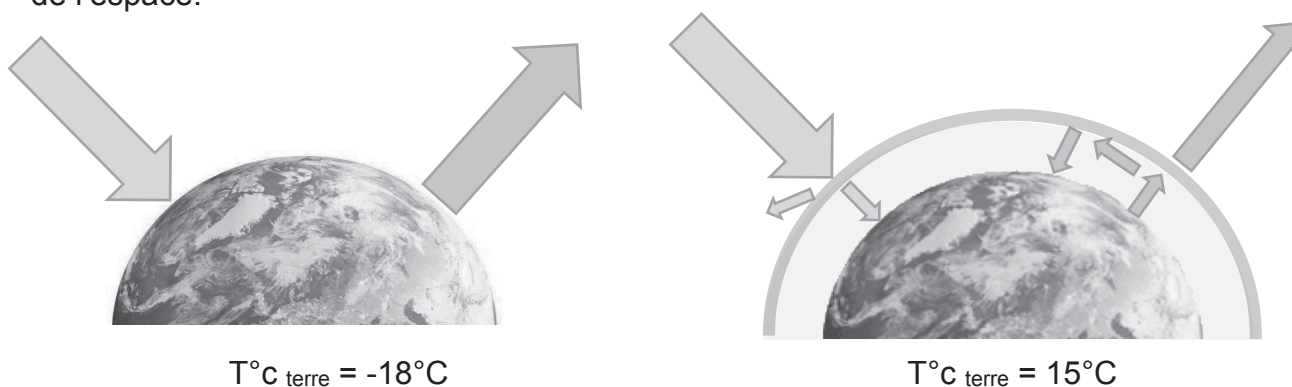
Moteur électrique synchrone

Batterie Haute tension :  
 - 41 kW·h  
 - tension : 360 V  
 - masse : 326 kg  
 - énergie massique : 126 Wh·kg<sup>-1</sup>



## Principe de l'effet de serre

L'effet de serre est le phénomène naturel permettant à la Terre de retenir la chaleur du Soleil à l'intérieur de l'atmosphère. Lorsque le rayonnement solaire touche la surface, la chaleur qui s'en dégage est piégée sous l'atmosphère. Au même titre qu'une couverture retient la chaleur corporelle, l'atmosphère terrestre est composée de différents gaz qui retiennent la chaleur à la surface de la Terre en l'isolant du froid de l'espace.



$T^{\circ}\text{C}_{\text{terre}} = -18^{\circ}\text{C}$

$T^{\circ}\text{C}_{\text{terre}} = 15^{\circ}\text{C}$

L'air, les océans, et les différents sols (neige, terre, etc.) absorbent l'énergie de ces rayons. Plus la surface est sombre, plus elle retient l'énergie des rayons solaires. A l'inverse, plus une surface est claire, plus elle réfléchit le rayonnement. Ainsi, la quantité d'énergie solaire réfléchi dépend du facteur de réflexion d'une surface, c'est l'effet albédo (par exemple, on dit que la neige a un « albédo élevé », c'est-à-dire qu'elle renvoie 80 à 95% des rayons vers l'espace).

L'énergie absorbée par les sols, air et océans est ensuite restituée sous forme de chaleur, ce sont les rayons infrarouges. Les gaz à effet de serre retiennent et repoussent ces infrarouges vers la surface de la Terre. Ce phénomène contribue à réchauffer la planète naturellement.

## Le rôle des gaz à effet de serre

Les gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère interceptent les infrarouges (la chaleur) émis par les surfaces terrestres. C'est grâce à l'effet de serre de ces gaz que la Terre bénéficie d'une température moyenne « confortable » de  $15^{\circ}\text{C}$ . Sans eux, la température de la Terre serait de  $-18^{\circ}\text{C}$ , et la vie n'existerait peut-être pas. Cependant, ils n'ont pas tous la même efficacité pour retenir la chaleur renvoyée, et ont des durées de vie différentes.

Heureusement, ceux qui ont un fort pouvoir de rétention de la chaleur, comme le méthane ou protoxyde d'azote, ne sont pas les plus abondants mais restent très longtemps dans l'atmosphère. Le dioxyde de carbone est peut-être le plus connu et le plus médiatisé des gaz à effet de serre. Présent à moins de 1%, sa rareté est trompeuse car c'est celui qui contribue le plus à l'effet de serre, après la vapeur. Sa faible présence est largement compensée par son efficacité à intercepter les infrarouges, c'est-à-dire à garder la chaleur renvoyée par la surface dans l'atmosphère.

### DT3 / 24

**Quantité de CO<sub>2</sub> rejeté par un véhicule en tonnes équivalent CO<sub>2</sub> sur une distance de 150 000 km.**

		Voiture électrique	Voiture thermique
Fabrication		6,57 tonnes éq CO <sub>2</sub>	3,74 tonnes éq CO <sub>2</sub>
	Assemblage	0,36	0,44
	Fabrication des composants	6,21 dont 3,15 pour la fabrication des batteries	3,3
Utilisation		2,34 tonnes éq CO <sub>2</sub>	18,26 tonnes éq CO <sub>2</sub>
	Émissions en phase d'usage	0	15,84
	Production d'énergie	2,34 batteries	2,42 carburant
<b>Bilan</b>		9 tonnes éq CO <sub>2</sub>	22 tonnes éq CO <sub>2</sub>

#### L'essence (octane)

C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>

Masse volumique : 703 g·dm<sup>-3</sup> à 25 °C

Point éclair : -38 °C en coupe fermée

Température d'auto-inflammation : 456 °C

PCI essence = 42,5 MJ·kg<sup>-1</sup>

Capacité du réservoir de la Clio IV : 45 litres

#### L'air

L'air sec au voisinage du sol est un mélange gazeux homogène. Il est approximativement composé en fraction molaire ou en volume de :

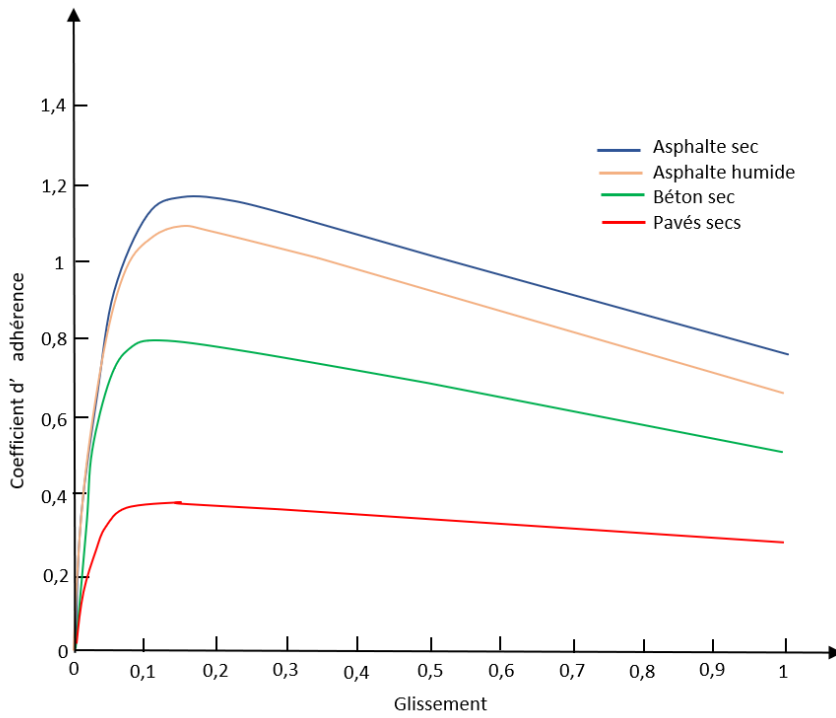
- 78,08 % de diazote ;
- 20,95 % de dioxygène ;
- moins de 1 % d'autres gaz.

$\rho_{\text{air}} = 1,225 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  à 15 °C

#### Masse molaire (en g·mol<sup>-1</sup>) :

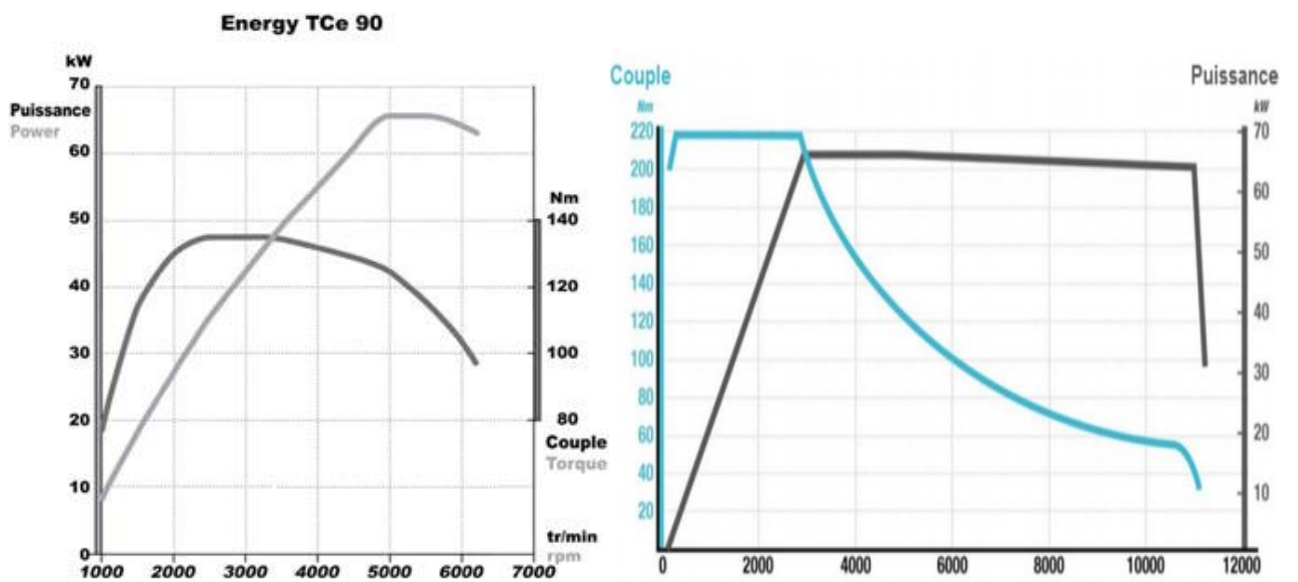
hydrogène	M(H) = 1
oxygène	M(O) = 16
azote	M(N) = 14
carbone	M(C) = 12

**Adhérence du pneumatique**



Courbes d'adhérence du pneumatique en fonction du glissement et des revêtements

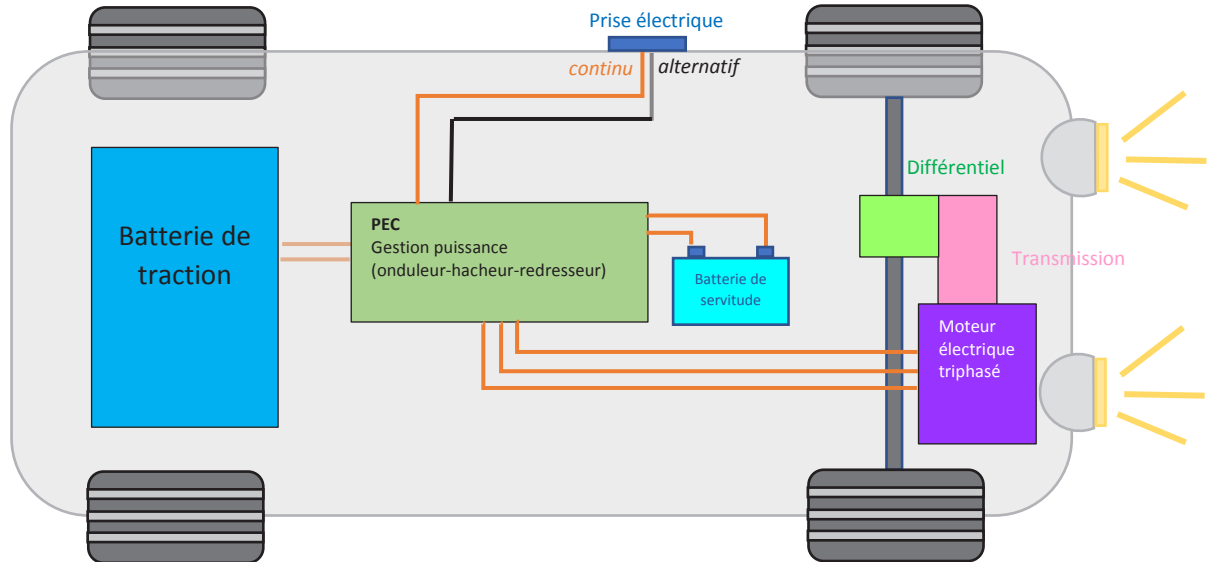
**Courbes de couple - puissance**



Clio IV  
Moteur essence

ZOÉ  
Moteur électrique

## Principe d'architecture d'une Renault Zoé



La Renault Zoé se compose :

- d'un réseau de servitude ;
- d'un calculateur EVC ;
- d'un réseau Haute tension.

Le réseau de servitude est un réseau classique comme sur les autres véhicules, il est composé de :

- une batterie de servitude ;
- un boîtier fusibles et relais moteur ;
- un boîtier fusibles et relais habitacle ;
- des réseaux multiplexés.

Le réseau Haute tension se compose de :

- une batterie de traction ;
- un réseau haute tension (Toute tension supérieure à la tension de servitude est distribuée par des câbles de couleur orange) ;
- une machine électrique ;
- un ensemble chargeur de batterie, convertisseur DC/DC, onduleur qui se nomme PEC (module de Contrôle Électronique de Puissance).

Le calculateur EVC gère principalement:

- la charge batterie ;
- la batterie haute tension ;
- le réseau de servitude ;
- le convertisseur DC/DC ;
- le niveau d'isolement.

## La batterie de servitude

Comme sur un véhicule classique, elle alimente le réseau basse tension du véhicule. Elle est rechargée par la batterie haute tension en roulage via un convertisseur.

Caractéristiques : 12 V, 60 Ah, 620 A



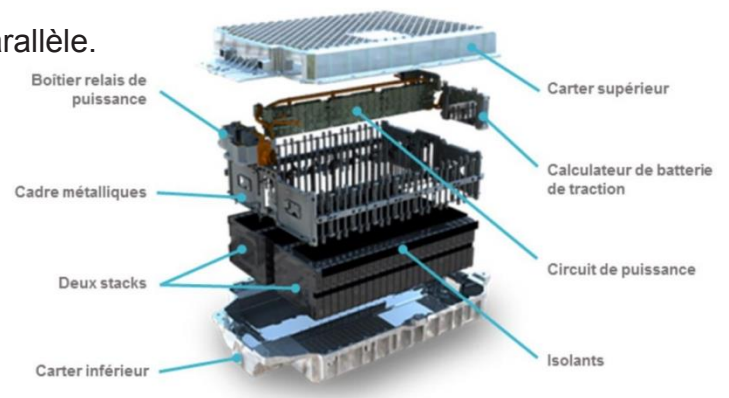
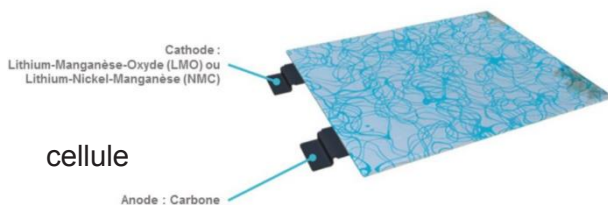
## La batterie de traction

Masse : 326 kg

Tension 360 V

Elle est composée de 2 stacks montés en parallèle.

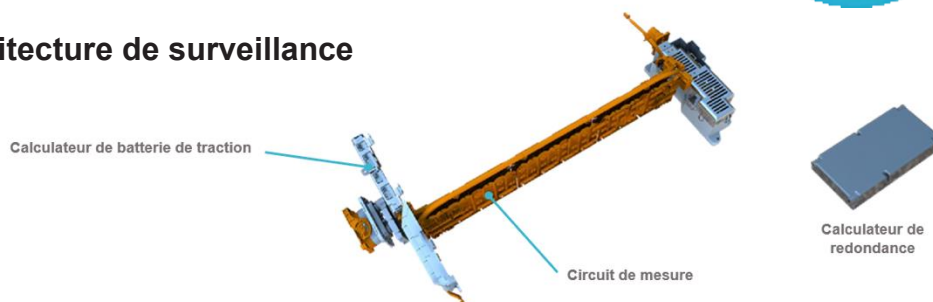
Chaque stack contient 96 cellules.



Les « Bus bar » permettent de connecter les modules entre eux et d'amener la tension vers les relais de puissance.



## Architecture de surveillance



L'architecture électrique de surveillance est composée :

- d'un circuit de mesure qui collecte la tension et la température de chaque cellule ;
- d'un calculateur de batterie de traction LBC « Lithium Battery Controller » (également nommé BMS) ;
- d'un calculateur de redondance.

Le calculateur de batterie de traction permet :

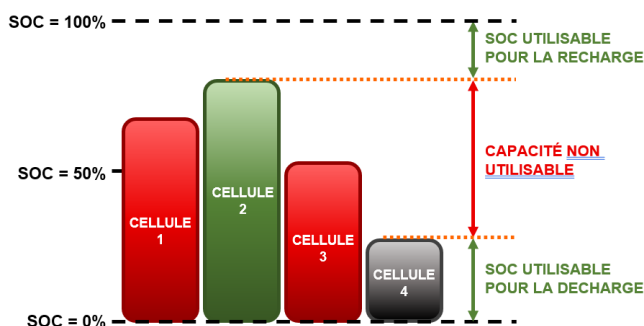
- de contrôler et d'assurer le maintien de la tension des modules en charge ou en décharge ;
- de déduire l'état et l'intégrité de chaque module au travers des informations traitées ;
- de remonter des défauts (DTC) en fonction des dysfonctionnements de la batterie.

### Équilibrage des cellules

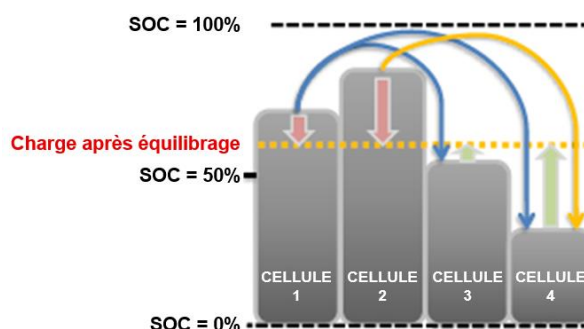
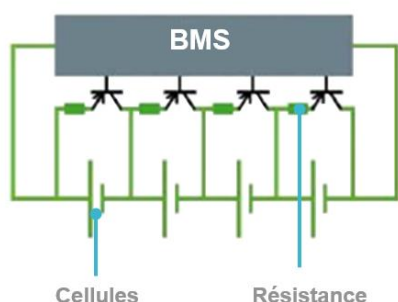
Les cellules ayant des caractéristiques différentes (capacité, résistance interne, autodécharge...), les niveaux de tension des cellules de la batterie se déséquilibrent. Ceci engendre une différence de SOC (état de charge) entre la cellule la plus chargée et la cellule la moins chargée.

Cette différence de SOC correspond à une perte de capacité disponible de la batterie et à une limitation du niveau maximum de charge.

Un système d'équilibrage des cellules est nécessaire dans le but d'équilibrer les niveaux de SOC des cellules.



Une des solutions est l'équilibrage redistributif. Il consiste à transférer l'énergie de la cellule la plus chargée vers la cellule la moins chargée par l'intermédiaire de condensateurs ou d'un montage inductif complexe.



Le principe de l'équilibrage capacitif est de connecter un condensateur à une cellule pendant un court instant puis ensuite de le connecter à une cellule voisine avant de recommencer l'opération autant de fois que nécessaire.

### Plage de fonctionnement d'un module

Lorsque la tension d'une cellule atteint le seuil minimum, elle entre dans une phase de dégradation irréversible

Lors de la charge, la tension ne doit pas dépasser une certaine valeur, sinon il y a un risque d'emballement thermique.



## Le Module de contrôle électrique de puissance

Le chargeur, l'onduleur et le convertisseur DC / DC peuvent être regroupés en un seul élément.

Cet élément regroupe l'ensemble de l'électronique de puissance (PEC).

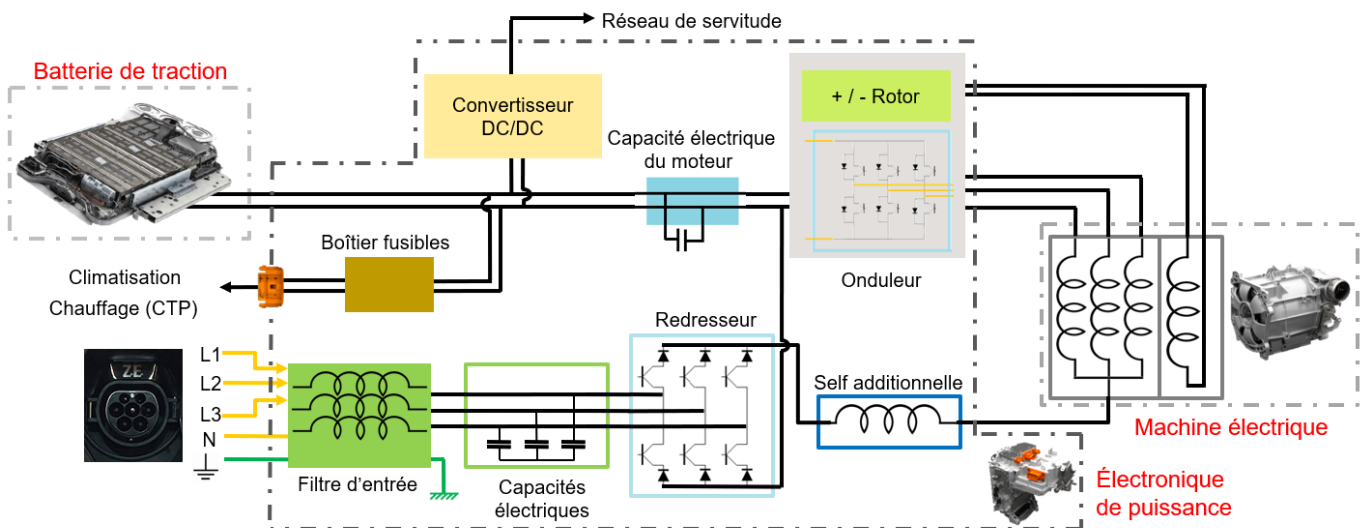
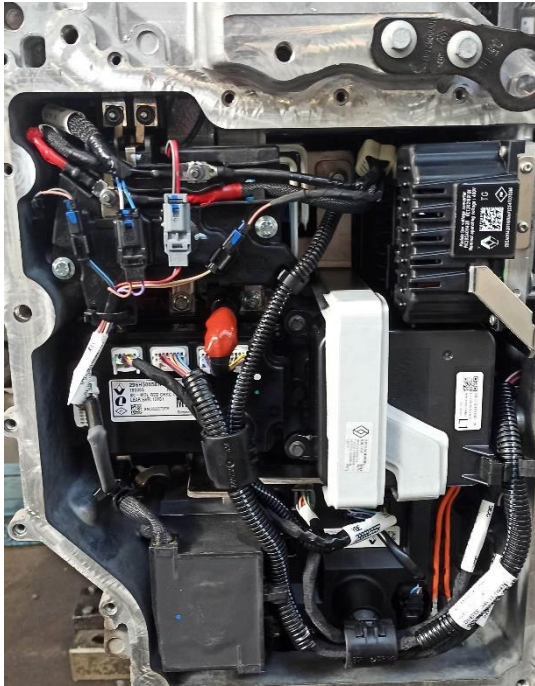
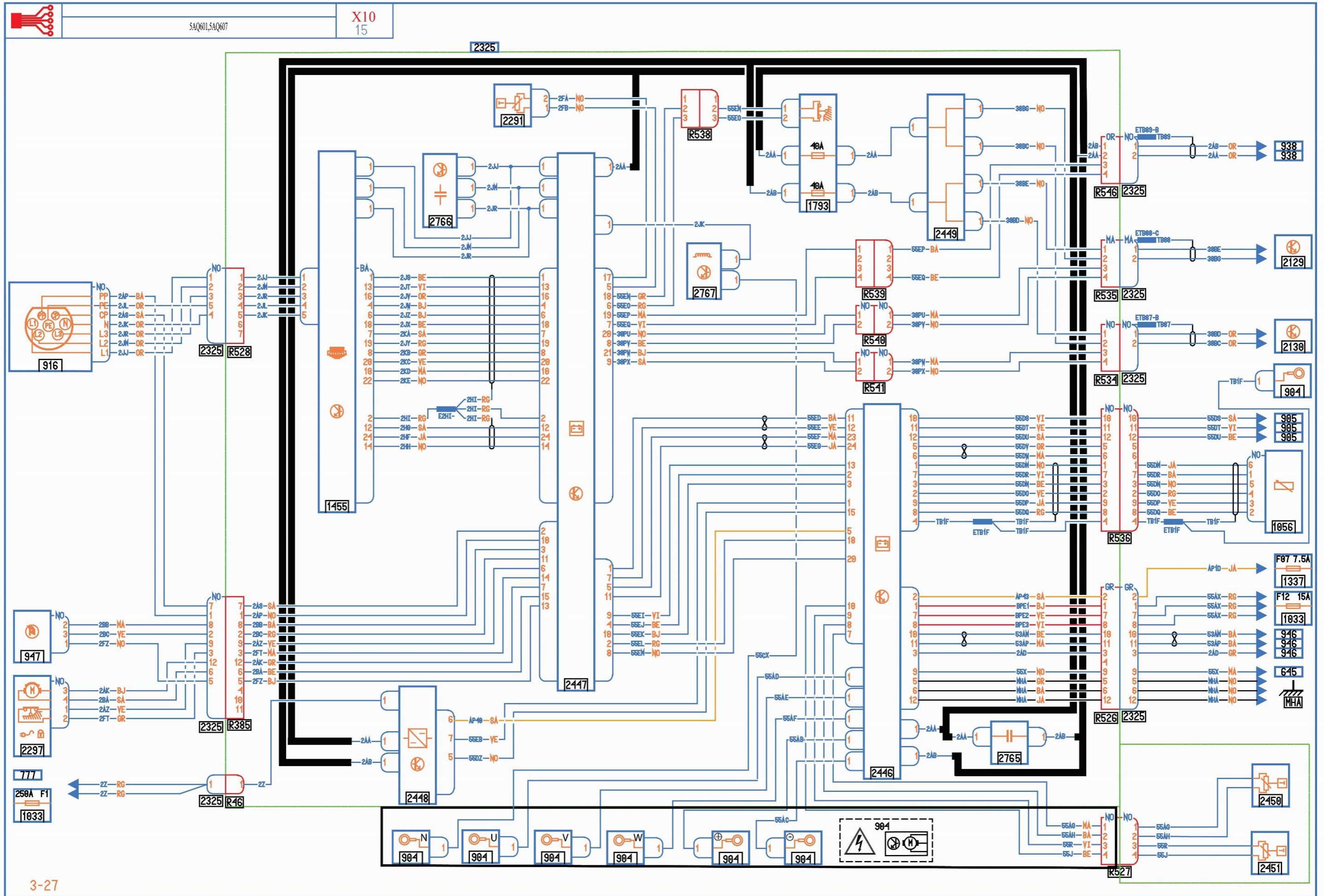


Schéma de principe du PEC

## Les éléments du PEC

- Le filtre d'entrée :
  - filtre le courant du réseau électrique alternatif, triphasé ou monophasé, en fonction de type de charge ;
- Capacité électriques :
  - emmagasine l'énergie électrique et la restitue par des phases de charge et de décharge ;
  - participe aussi au filtrage du courant.
- Le redresseur :
  - assure le redressement du courant pour passer du courant alternatif en courant continu ;
  - régule le niveau de puissance de charge sur la base de la consigne fournie par la borne de charge ou le cordon EVSE.
- La self :
  - permet de lisser le courant de la charge.
- L'onduleur :
  - transforme la tension continue en tension alternative et inversement.
  - gère la fréquence et l'intensité d'alimentation et moteur afin de s'adapter à la volonté du conducteur. La fréquence d'alimentation influe le régime moteur alors que l'intensité influe sur le couple moteur.
  - permet l'inversion de sens de rotation du moteur (pour la marche arrière).
- Convertisseur DC/DC :
  - transforme la Haute tension en tension de servitude.



## Répertoire des organes

CODÉS ORGANES	ORGANES
904	MOTEUR DE TRACTION
905	GROUPE MOTO VENTILATEUR DU MOTEUR DE TRACTION
916	PRISE DE CHARGE
938	BATTERIE DE TRACTION
946	UNITÉ CONTRÔLE ÉLECTRIQUE VÉHICULE ÉLECTRIQUE
947	TÉMOIN DÉROULEMENT CHARGE
1033	BATTERIE POSITIVE PROTÉGÉE
1056	CAPTEUR POSITION SÉLECTION
1337	UNITÉ DE PROTECTION COMMUTATION
1455	FILTRE DE L'UNITÉ DE CONTRÔLE ÉLECTRIQUE DU VÉHICULE ÉLECTRIQUE
1793	MODULE 2 PORTE FUSIBLE
2129	UNITÉ DE CONTRÔLE ÉLECTRIQUE CHAUFFAGE HABITACLE
2130	COMPRESSEUR CONDITIONNEMENT D'AIR
2291	CAPTEUR TEMPÉRATURE BATTERIE TRACTION 1
2297	VERROU PRISE DE CHARGE
2325	MODULE DE CONTRÔLE ÉLECTRIQUE DE PUISSANCE
2446	CONTRÔLEUR D'ÉNERGIE
2447	REDRESSEUR
2448	CONVERTISSEUR DE TENSION
2449	PLATINE D'INTERCONNEXION
2450	CAPTEUR TEMPÉRATURE MOTEUR TRACTION 1
2451	CAPTEUR TEMPÉRATURE MOTEUR TRACTION 2
2765	MODULE CAPACITÉ DC
2766	MODULE CAPACITÉ AC
2767	MODULE INDUCTANCE LISSAGE HACHEUR (SELF)

## Répertoire des liaisons

CODÉS LIAISONS	LIBELLÉS LIAISONS
2AA	+ HAUTE TENSION BATTERIE DE TRACTION
2AB	- HAUTE TENSION BATTERIE DE TRACTION
2AD	COMMANDE RELAIS 1 BATTERIE DE TRACTION
2FA	SIGNAL+ CAPTEUR TEMPÉRATURE MODULE 1 BATTERIE TRACTION
2FB	SIGNAL- CAPTEUR TEMPÉRATURE MODULE 1 BATTERIE TRACTION
2HI	MASSE 2 FILTRE UNITÉ CENTRALE VÉHICULE ÉLECTRIQUE
2HF	SIGNAL TYPE PRISE DE CHARGE
2HG	SIGNAL RETOUR TYPE PRISE DE CHARGE
2HH	MASSE 1 FILTRE UNITÉ CENTRALE VÉHICULE ÉLECTRIQUE
2JJ	PHASE SECTEUR 1
2JK	NEUTRE SECTEUR 1
2JL	TERRE SECTEUR 1
2JM	PHASE SECTEUR 2
2JR	PHASE SECTEUR 3

2JS	SIGNAL VERROUILLAGE FILTRE
2JT	SIGNAL RETOUR VERROUILLAGE FILTRE
2JV	ALIMENTATION 1 FILTRE
2JW	ALIMENTATION 2 FILTRE
2JX	SIGNAL SÉRIE POSITIF 1 SPI
2JY	SIGNAL SÉRIE POSITIF 2 SPI
2JZ	SIGNAL SÉRIE NEGATIF 1 SPI
2KA	SIGNAL SÉRIE NEGATIF 2 SPI
2KB	SIGNAL 1 HORLOGE SPI
2KC	SIGNAL 2 HORLOGE SPI
2KD	SIGNAL 1 SYNCHRONISATION SPI
2KE	SIGNAL 2 SYNCHRONISATION SPI
38BC	+ HAUTE TENSION CONDITIONNEMENT AIR
38BD	- HAUTE TENSION CONDITIONNEMENT AIR
38BE	- HAUTE TENSION CHAUFFAGE
38BG	+ HAUTE TENSION CHAUFFAGE
38PU	SIGNAL VERROUILLAGE CHAUFFAGE
38PV	SIGNAL RETOUR VERROUILLAGE CHAUFFAGE
38PW	SIGNAL VERROUILLAGE CONDITIONNEMENT D'AIR
38PX	SIGNAL RETOUR VERROUILLAGE CONDITIONNEMENT D'AIR
53AM	SIGNAL CAN H
53AP	SIGNAL CAN L
55AB	+ EXCITATION HAUTE TENSION
55AC	- EXCITATION HAUTE TENSION
55AD	ALIMENTATION PHASE U HAUTE TENSION
55AE	ALIMENTATION PHASE V HAUTE TENSION
55AF	ALIMENTATION PHASE W HAUTE TENSION
55AG	SIGNAL CAPTEUR TEMPÉRATURE MOTEUR DE TRACTION
55AH	MASSE CAPTEUR TEMPÉRATURE MOTEUR DE TRACTION
55AX	ALIMENTATION + BLOC CHARGEUR BATTERIE
55CX	ALIMENTATION NEUTRE MOTEUR TRACTION
55DM	ALIMENTATION CAPTEUR POSITION MOTEUR DE TRACTION
55DN	SIGNAL 1 CAPTEUR POSITION MOTEUR DE TRACTION
55DO	SIGNAL 2 CAPTEUR POSITION MOTEUR DE TRACTION
55DP	SIGNAL 3 CAPTEUR POSITION MOTEUR DE TRACTION
55DQ	SIGNAL 4 CAPTEUR POSITION MOTEUR DE TRACTION
55DR	MASSE CAPTEUR POSITION MOTEUR DE TRACTION
55DS	COMMANDE VENTILATEUR MOTEUR DE TRACTION
55DT	COMMANDE - VENTILATEUR MOTEUR DE TRACTION
55DU	SIGNAL DIAGNOSTIC VENTILATEUR MOTEUR DE TRACTION
55DV	SIGNAL CANH CONTROLEUR ÉNERGIE
55DW	SIGNAL CANL CONTROLEUR ÉNERGIE
55DZ	ALIMENTATION CONVERTISSEUR TENSION
55EB	SIGNAL LIN CONTROLEUR ÉLECTRIQUE DE LA PUISSANCE
55ED	SIGNAL CANH DU CONTROLE ÉLECTRIQUE DE PUISSANCE
55EE	SIGNAL CANL DU CONTROLE ÉLECTRIQUE DE PUISSANCE
55EF	SIGNAL 1 PILOTAGE CONTROLEUR ÉNERGIE
55EG	SIGNAL 2 PILOTAGE CONTROLEUR ÉNERGIE
55EI	SIGNAL 2 REVEIL CONTROLE ÉLECTRIQUE PUISSANCE

55EJ	ALIMENTATION 1 REDRESSEUR
55EK	ALIMENTATION 2 REDRESSEUR
55EL	MASSE 1 REDRESSEUR
55EM	MASSE 2 REDRESSEUR
55EN	SIGNAL VERROUILLAGE CAPOT DU MODULE FUSIBLE
55EO	SIGNAL RETOUR VERROUILLAGE CAPOT DU MODULE FUSIBLE
55EP	SIGNAL VERROUILLAGE BATTERIE DE TRACTION
55EQ	SIGNAL RETOUR VERROUILLAGE BATTERIE DE TRACTION
55J	SIGNAL - TEMPÉRATURE MOTEUR
55R	SIGNAL +TEMPÉRATURE MOTEUR
55X	SIGNAL REVEIL EXTERNE UNITE CENTRALE HABITACLE
AP1D	+ APRES CONTACT PROTEGE BLOC ELETRONIQUE DE PUISSANCE
AP40	+ APRÈS CONTACT PROTEGE FUSIBLE ACCESSOIRE
AP43	+ APRÈS CONTACT FUSIBLE PROTEGE
BPE1	+ BATTERIE PROTÉGÉ > VÉHICULE ÉLECTRIQUE 1
BPE2	+BATTERIE PROTÉGÉ > VÉHICULE ÉLECTRIQUE 2
BPE3	+ BATTERIE PROTÉGÉ > VÉHICULE ÉLECTRIQUE 3
MHA	MASSE ÉLECTRIQUE GÉNÉRALE MOTEUR
TB1F	TRESSE BLINDAGE CAPTEUR POSITION MOTEUR DE TRACTION
TB87	TRESSE BLINDAGE COMPRESSEUR
TB88	TRESSE BLINDAGE RÉSISTANCE CHAUFFAGE HABITACLE
TB89	TRESSE BLINDAGE BATTERIE DE TRACTION

### Le moteur synchrone

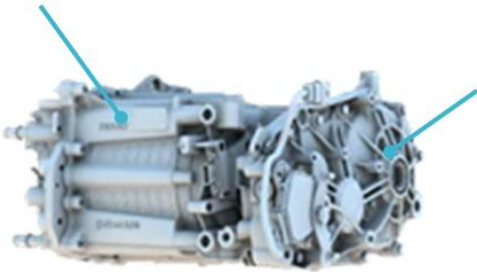
Le stator est alimenté en tension alternative.

Le rotor est alimenté en tension continue.

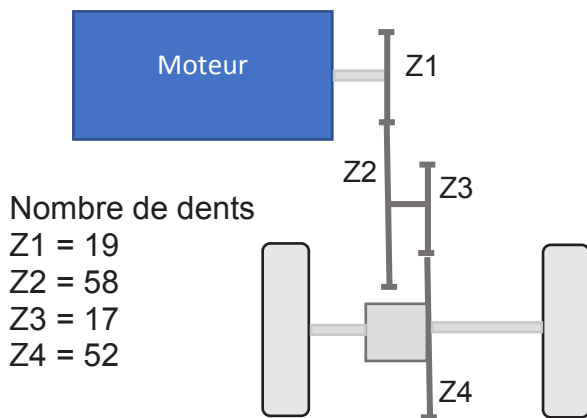
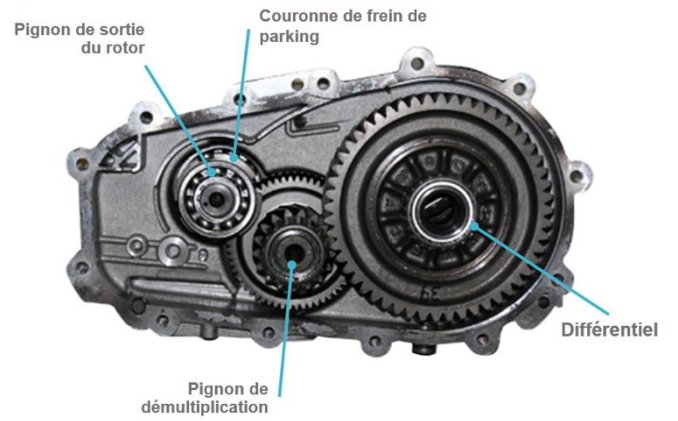


### Le réducteur

Moteur électrique



Réducteur



## Le freinage à pédale découplée

Le système de freinage découplé reçoit :

- un maître-cylindre ;
- un module d'amplification hydraulique avec accumulateur ;
- un bocal de liquide de frein ;
- un capteur de course de pédale (PWG Pedalwertgeber - Capteur de position de pédale).

Le moteur électrique et son calculateur de gestion (EVC) complètent le système de freinage.

Le module de contrôle de stabilité (ESC) est indispensable lorsque l'on utilise un système de freinage à pédale découplée, il est identique au véhicule thermique.

Le système de freinage à pédale découplée dissocie l'action du conducteur sur la pédale de frein de l'action de freinage du véhicule.

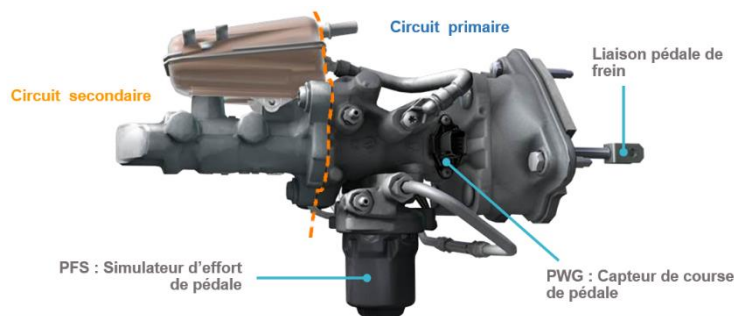
La volonté du conducteur est traduite grâce à un capteur de course de pédale et un capteur de pression hydraulique.

Pendant la phase active, le système divise la volonté du conducteur donnée par la pédale de frein, entre d'un côté le moteur électrique en utilisant un couple naturel et résistif et de l'autre côté le système de freinage hydraulique.

Ce système permet une gestion intelligente du freinage en utilisant le couple résistif du moteur électrique, complété par le système de freinage hydraulique.

### Principes :

- couper la liaison mécanique entre le conducteur et le système de freinage ;
- permettre de ralentir et arrêter le véhicule en combinant le freinage régénératif et le freinage hydraulique.



Le maître-cylindre assure la distribution du fluide vers les freins, la simulation d'effort de pédale et la lecture de la course de pédale.

Il est directement lié à la pédale de frein et est composé de deux circuits indépendants hydrauliquement.

Un premier circuit qui comprend :

- un capteur qui mesure la demande de freinage du conducteur (PWG : capteur de course de pédale) ;
- un simulateur de sensation de pédale de frein (PFS : Pedal Feel Simulator - Simulateur de sensation de pédale) qui reproduit la sensation de fonctionnement d'une pédale de frein "classique".



## DT16 / 24

Un second circuit qui comprend deux chambres principales qui sont liées au calculateur de gestion d'adhérence (ESC) et aux récepteurs de freins, correspondant au circuit de freinage classique.

Le dispositif de freinage à pédale découplée se compose de :

- une pompe hydraulique ;
- un accumulateur haute pression dont le rôle est de stocker et de délivrer la pression hydraulique au maître-cylindre ;
- trois capteurs de pression hydraulique (pression accumulateur, pression de freinage vers maître-cylindre, pression de chambre « SP ») ;
- trois vannes d'admission (BIV) qui assurent le transfert de la pression de vers le maître-cylindre. Fermées au repos, une est contrôlée en « tout ou rien » (BIVs) et deux sont progressives (BIVc) afin d'affiner le débit ;
- trois vannes de sortie (BOV) sont responsables de décharger la pression du maître-cylindre dans le réservoir. Fermées au repos, une est contrôlée en « tout ou rien » (BOVs) et deux sont progressives (BOVc) afin d'affiner le débit ;
- deux vannes de simulation (SSV et SSVs) fermées au repos, gèrent le simulateur de sensation de pédale et la lutte contre l'enfoncement de la pédale (inclus dans le maître-cylindre) ;
- une vanne de découplage (BSV) ouverte au repos mais fermée en fonctionnement, assure la transmission de pression sur la pédale directement au maître-cylindre en cas de défaillance du système.

### Freinage normal

Au cours d'un freinage, cette action peut selon les cas et les circonstances être décomposée en trois étapes :

- détection de la volonté du conducteur à partir des capteurs de course de pédale et pression ;
- découplage et simulation de sensation pédale de manière à ce que la sensation de pédale soit identique à celle d'un véhicule thermique ;
- répartition freinage régénératif et freinage hydraulique selon les besoins.

=> Vanne de découplage BSV alimentée donc fermée,

=> Alimentation vanne d'admission BIVS puis BIVC si besoin,

### Défaillance électrique

En cas de panne électrique, si le module d'amplification hydraulique et l'ESC ne sont plus alimentés, il ne sera plus possible :

- d'amplifier la pression de freinage ;
- d'avoir l'information position et pression pédale de frein.

Ceci entraîne le non fonctionnement de L'ESC.

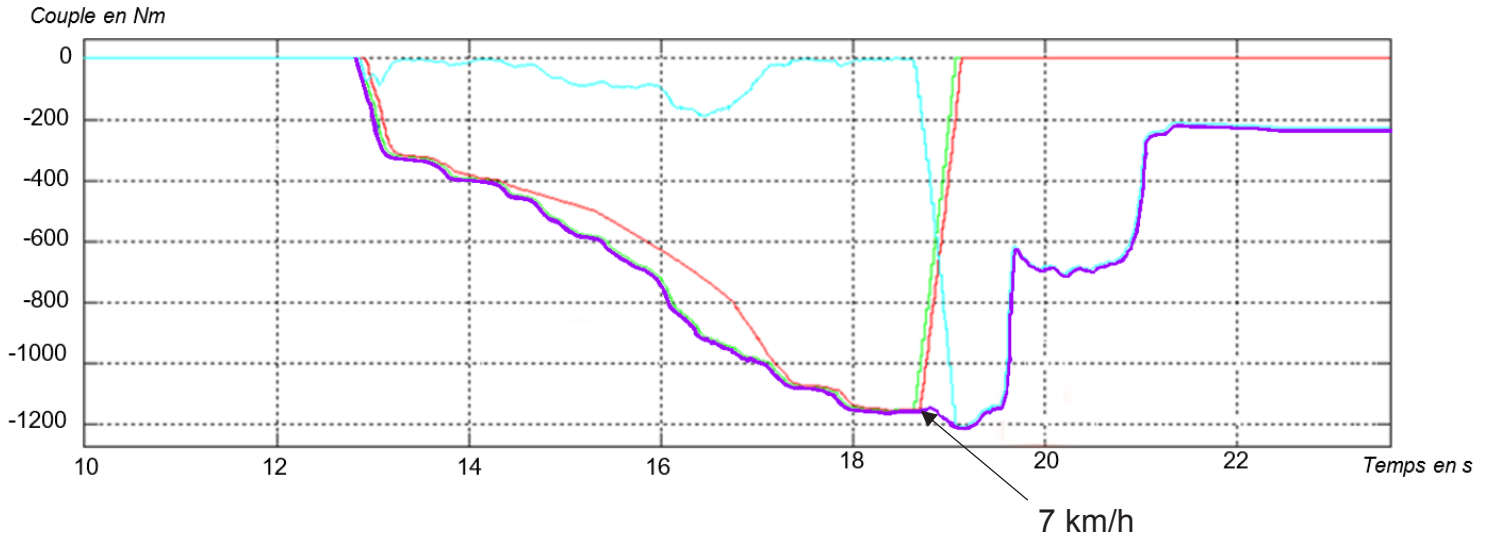
Dans ce cas, la pression exercée par le conducteur sera transmise au MC1 et MC2 par l'intermédiaire du piston (1).

La pression exercée sur MC1 est transmise à MC2 grâce à la chemise flottante 2, assurant ainsi l'action du conducteur directement aux récepteurs hydrauliques afin de conserver la puissance de freinage réglementaire.

Il n'y a pas d'assistance de freinage et pas de freinage régénératif.

**Attention :** à l'usage la pédale de frein est dure.

**Courbe de répartition freinage hydraulique/électrique**



- Couple freinage conducteur
- Couple électrique appliqué
- Consigne couple hydraulique
- Consigne couple électrique

**Relevé d'une Zoé sur banc de freinage SPX**



Propriétaire					
Adresse 1					
Adresse 2					
Code Postal		Ville			
Immatriculation	zoé	Constructeur		Modèle	
kilométrage		n°Série		Date de mise en circulation	
Moteur		Catégorie			

**Résultat Banc (12:56 - 10/05/2021)**

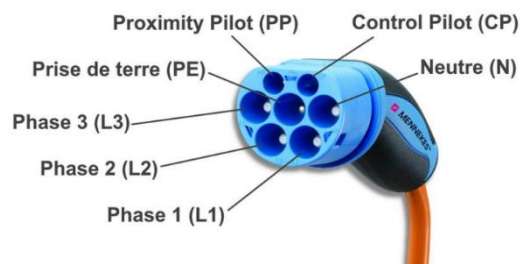
	Essieu Avant			Essieu Arrière			Global
	Gauche	Essieu	Droite	Gauche	Essieu	Droite	
<b>Ripage</b> Ripage		0 m/km					
<b>Suspension</b> Efficacité Poids dynamique Déséquilibre	76 % 453 daN		73 % 431 daN	82 % 326 daN		79 % 304 daN	
<b>Poids</b> Poids	454 daN	887 daN	433 daN	319 daN	631 daN	312 daN	1518 daN
<b>Frein de Service</b> Force Max E/E Déséquilibre Efficacité Progressivité Préchauffage Condition de fin	349 daN	687 daN 3 % 77 % OK OK Ejection Gauche	338 daN	210 daN	397 daN 10 % 62 % OK OK Blocage Roue Droite	187 daN	1084 daN 71 %
<b>Frein stationnement</b> Force Max E/E Déséquilibre Efficacité Progressivité Condition de fin				163 daN	323 daN 1 % OK Blocage Roue Gauche	160 daN	323 daN 21 %
<b>Force Residuelle</b> Force Residuelle	0 daN	2 daN	2 daN	0 daN	0 daN	0 daN	

## Recharge de la Zoé

### Prise type 2

La prise de type 2 est considérée comme le format standard pour la recharge « normale » mais aussi pour la recharge rapide puisqu'elle distribue une puissance allant de 3 à 43 kW et fonctionne sur un courant alternatif triphasé (les précédents connecteurs étaient en monophasés).

Né en Europe, on retrouve le type 2 sur les véhicules et sur les infrastructures de recharge. D'ailleurs, le décret IRVE précise que désormais, toutes les bornes de recharge doivent en être équipées.



### Les prises « côté infrastructure »

Borne	Courant AC					
	de 3 à 22kVA		de 3 à 43kVA		2kVA	
Type	Type-3		Type-2		Type-E	
Phase	Mono	Tri	Mono	Tri	Mono	
Courant maxi.	32 A	32 A	70A	63A	8A	
Tension maxi.	500 V AC		500 V AC		250 V AC	
Nbre broches	7		7		3	
Prises						

**AC** Courant alternatif

### Présentation

Le véhicule est branché directement sur le réseau électrique via un socle et une prise spécifiques et un circuit dédié. Une fonction de contrôle et de protection est également installée de façon permanente dans l'installation.



(dispositif de protection dans l'installation)

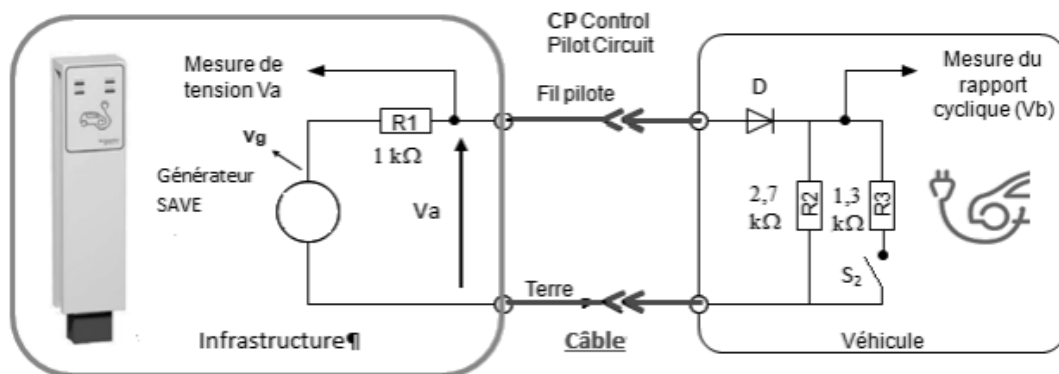
Au regard des impératifs de sécurité et des contraintes d'utilisation, le dispositif de recharge des véhicules électriques doit être conçu selon un standard véhicule électrique spécifique afin de pleinement garantir la sécurité des biens et des personnes.

## DT19 / 24

Un contrôleur de recharge, coté infrastructure, vérifie les éléments suivants avant d'enclencher la recharge :

- vérification que le véhicule est bien connecté au système ;
- vérification que la masse du véhicule est bien reliée au circuit de protection de l'installation ;
- vérification de la cohérence des puissances entre le câble, le véhicule et le circuit de recharge ;
- détermination de la puissance maximale de recharge qui sera allouée au véhicule.

Le schéma électrique du circuit Fil Pilote est donné ci-dessous :



La borne de recharge (ou infrastructure) contient le générateur SAVE1\* qui alimente le circuit Fil Pilote. La tension fournie par ce générateur change de valeur en fonction des différents états du système. Pour information la tension de la diode s'établit à 600 mV à ses bornes, c'est environ sa tension de seuil. La diode est passante.

État A : véhicule électrique non connecté, le générateur SAVE fournit une tension de + 12 V.

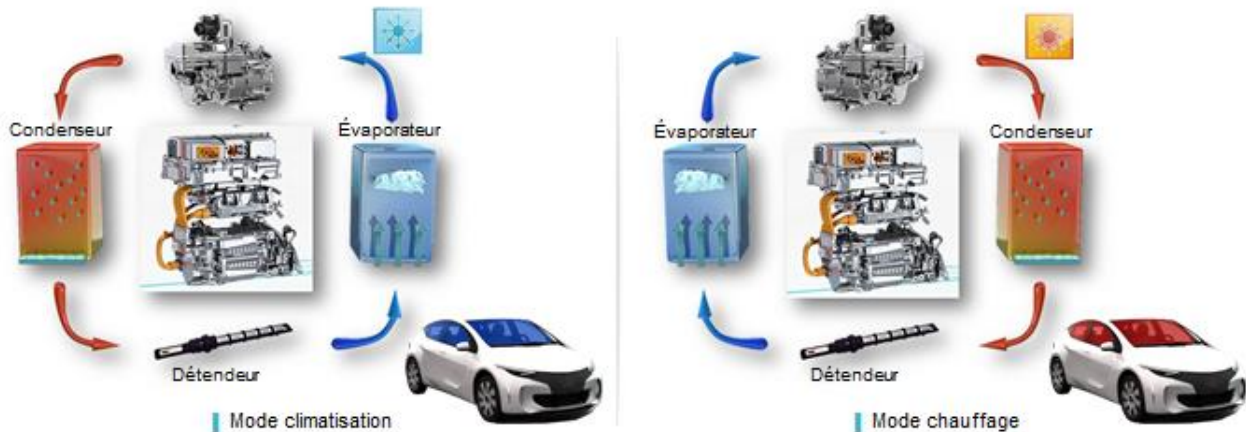
État B : véhicule électrique connecté et système d'alimentation non disponible, le générateur SAVE fournit une tension de + 12 V. S2 est ouvert.

État C : véhicule électrique connecté et système d'alimentation disponible, le générateur SAVE fournit une tension carrée +12 V / -12 V de fréquence 1 kHz à rapport cyclique variable (signal PWM : Pulse Width Modulation : modulation en largeur d'impulsion). Ce rapport cyclique indique la puissance que la borne peut fournir au chargeur. S2 est toujours ouvert.

État D : S2 est fermé, le générateur SAVE fournit toujours une tension +12 V / -12 V de fréquence 1 kHz à rapport cyclique variable. La position fermée de S2 indique que le chargeur du véhicule électrique peut recevoir de l'énergie. La fermeture de S2 entraîne la fermeture du contacteur du circuit puissance de la borne de recharge.

\*SAVE 1 : Système D'alimentation Véhicule Électrique.

## Le système de climatisation réversible

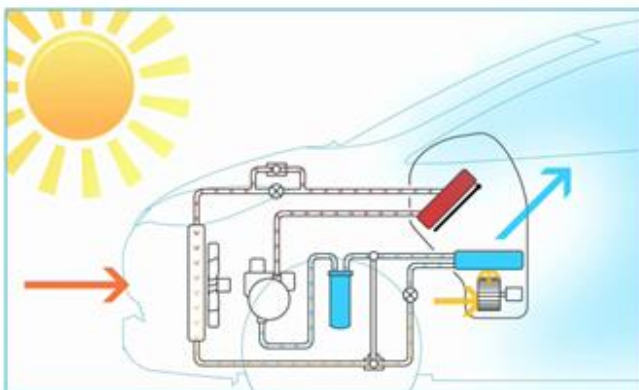


Le terme « climatisation réversible » désigne un équipement qui peut indifféremment rafraîchir ou chauffer.

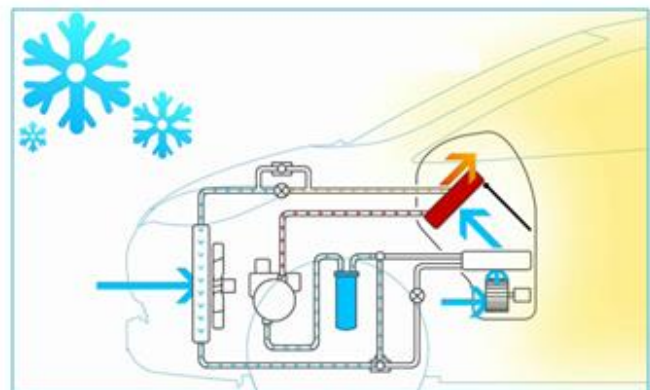
La climatisation réversible utilise le principe de la pompe à chaleur en inversant le cycle de compression / détente qui permet de transférer des calories d'un point à un autre d'un circuit frigorifique.

En théorie, ce type de boucle fonctionne mais en pratique il existe quelques aménagements :

- le compresseur ne sait pas tourner dans les deux sens ;
- le détendeur (orifice calibré) n'est pas adaptable dans les deux sens ;
- le dimensionnement des échangeurs sont différents.



■ Fonction climatisation



■ Fonction chauffage

En mode « climatisation », la boucle froide est identique au circuit connu sur les autres véhicules de la gamme.

En mode « chauffage », l'air externe entrant dans le bloc de conditionnement d'air est chauffé par l'échangeur thermique (le condenseur intérieur). Le cycle est inversé.

## DT21 - 22 / 24

Les composants du système sont décrits ci-dessous :

<p><b>Électrovanne AC pompe à chaleur 2319</b> : c'est une électrovanne de type 2 voies du circuit rafraîchissement. Sa position est ouverte lorsqu'elle est non alimentée. Elle est en liaison avec le calculateur de climatisation.</p>
<p><b>Orifice calibré AC rafraîchissement habitacle1</b> : il assure la détente pour rafraîchir l'habitacle.</p>
<p><b>Valve de remplissage</b> : elle permet le remplissage du circuit en fluide frigorigène 1234 yf. Elles sont au nombre de 2 (1 basse pression et 1 haute pression).</p>
<p><b>Le capteur de pression 1202</b> : Le capteur de pression est un élément de sécurité de la boucle froide. Il a pour rôle d'informer en permanence le calculateur EVC.</p>
<p><b>La sonde de température de décharge</b> : elle mesure la température du fluide à l'entrée du condenseur intérieur. Elle informe en permanence le calculateur de pompe à chaleur.</p>
<p><b>Électrovanne HP 2311</b> : c'est une électrovanne de type 2 voies. Elle est ouverte lorsqu'elle n'est pas alimentée. Elle est gérée par le calculateur de pompe à chaleur.</p>
<p><b>Orifice calibré HP</b> : en mode chauffage habitacle, il assure la détente dans le condenseur AV situé dans le compartiment moteur. Le fluide réfrigérant traverse le filtre d'entrée, se vaporise partiellement dans le tube calibré et ressort par le filtre de sortie. En sortie de l'orifice calibré le fluide est très froid à basse pression.</p>
<p><b>Le condenseur externe</b> : il a pour rôle de dissiper la chaleur pendant la compression du gaz. Il est situé après l'échangeur interne (bloc de ventilation habitacle). Le fluide est refroidi et condensé lors de son passage dans les canaux. En sortie de condenseur le fluide est chaud et sous pression en mode refroidissement habitacle.</p>
<p><b>Le compresseur 2130</b> : le compresseur à spirale a une cylindrée de 27 cm<sup>3</sup>, un rendement de 0,90 et sa rotation est assuré par un moteur électrique intégré dont le rendement est de 0,80. Il aspire le gaz 1234yf et le pulse vers le condenseur tout en élevant sa pression. C'est l'élément qui assure la circulation du fluide dans le circuit.</p>
<p><b>Électrovanne 3 voies 2349</b> : L'électrovanne du circuit de rafraîchissement est de type 3 voies. Elle est pilotée par le calculateur de climatisation.</p>
<p><b>L'accumulateur</b> : il filtre les impuretés dans le circuit, déshydrate le fluide et sert également de réservoir tampon. En sortie d'accumulateur, le fluide est gazeux et froid à basse pression. Dans le circuit, il est situé juste en amont du compresseur.</p>
<p><b>Sonde de température de charge</b> : elle contrôle l'état de givrage de l'échangeur extérieur. Elle permet d'indiquer si un mode dégivrage est nécessaire et d'aider au pilotage de celui-ci. Elle informe en permanence le calculateur de pompe à chaleur.</p>
<p><b>Calculateur EVC 946 (unité de contrôle électrique véhicule électrique)</b> : ce calculateur pilote le compresseur AC ainsi que le GMV situé en face AV du compartiment moteur .Il gère également le système de propulsion électrique.</p>
<p><b>Le calculateur de climatisation 419</b> : Il intègre la stratégie classique des fonctions liées à la climatisation.</p>

**Le calculateur de pompe à chaleur 2295 :** Cet élément est accolé au bloc de conditionnement d'air habitacle. Il intègre la boucle chaude qui calcule le pilotage du compresseur AC et du GMV face avant moteur.

**L'échangeur interne 1236 :** c'est l'élément clés du dispositif de production de chaleur dans l'habitacle. En mode chauffage Il a pour rôle de dissiper la chaleur pendant la compression du gaz.

À la sortie de L'échangeur en mode chauffage le fluide est sous haute pression  $P=20$  bars et haute température  $T= 100$  °C.

**Sonde de température air soufflé 480 :** La sonde est située sur le bloc conditionnement d'air à la sortie de l'échangeur Air chaud. Elle informe en permanence le calculateur de climatisation 419 pour la régulation du chauffage habitacle.

**L'évaporateur 409 :** c'est l'élément clé du dispositif de production de froid. Il assure l'évaporation du fluide relâché.

La soufflerie du moto-ventilateur habitacle aspire l'air intérieur (fonction recyclage) ou extérieur du véhicule à travers l'évaporateur.

En s'évaporant le fluide absorbe les calories de l'air aspiré dans l'habitacle.

L'air refroidi est pulsé dans l'habitacle par les bouches de distribution.

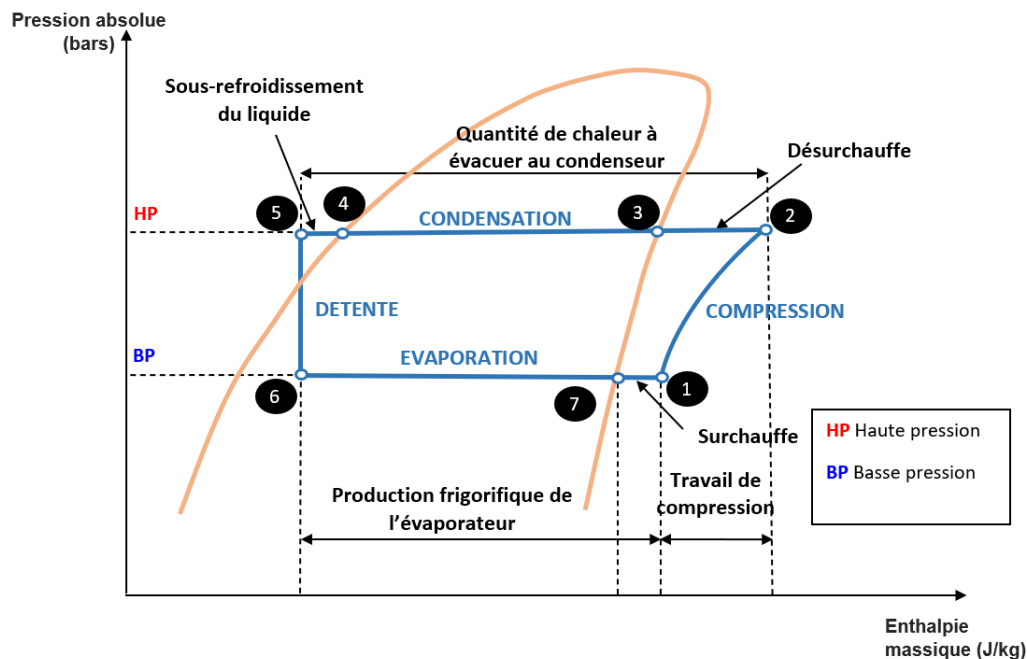
En Sortie de l'évaporateur le fluide frigorigène est froid à basse température.

Pression  $p = 3$  bars    Température  $t = 2$  °C    État fluide: gazeux

**La sonde évaporateur 408 :** la sonde est fixée sur les ailettes au point le plus froid de l'évaporateur. Elle mesure la température de l'air pulsé au travers de l'évaporateur afin d'éviter son givrage. Elle informe en permanence le calculateur qui agit sur la coupure alimentation compresseur.

**Moto-ventilateur habitacle 1156 :** il assure le débit d'air pulsé au travers de l'échangeur mode Chauffage. Il assure le débit d'air aspiré au travers de l'évaporateur en mode rafraîchissement.

Il pulse l'air refroidi ou réchauffé dans l'habitacle par les bouches de distribution. Il est piloté par le calculateur de climatisation.

**Description du cycle de climatisation :**

Le cycle de fonctionnement de climatisation peut être représenté sur le diagramme de Mollier ci-dessus. Les pertes ne sont pas représentées.

**Phase 1 à 2 : Compression**

Le réfrigérant à l'état gazeux est comprimé (dans le compresseur). La température augmente également (compression isentropique).

**Phase 2 à 5 : Condensation**

De 2 à 3 : le fluide passe dans le condenseur situé sur la face avant du véhicule. Entre les points 2 et 3, le fluide gazeux subit une désurchauffe (abaissement de la température de 10 à 20 °C).

De 3 à 4 : le fluide passe de l'état gazeux à l'état liquide à pression et température constantes.

De 4 à 5 : le liquide subit un abaissement de température de 10 à 15 °C à pression constante (sous-refroidissement).

La condensation s'effectue sur la totalité de la transformation 2-5 et le fluide a échangé avec le milieu extérieur une quantité de chaleur.

**Phase 5 à 6 : Détente**

Le fluide à l'état liquide traverse le détendeur placé en entrée de l'évaporateur. La pression chute brusquement à environ 2 bars (pression relative). La température du fluide descend à environ 0 °C.

**Phase 6 à 1 : Évaporation**

De 6 à 7 : le fluide passe dans l'évaporateur, traversé par l'air entrant dans l'habitacle et en absorbe ainsi la chaleur. La température de cet air est abaissée. Le fluide absorbe cette chaleur, à pression et température constantes. Au point 7, le fluide est à l'état gazeux.

De 7 à 1 : la température du fluide augmente, garantissant la compression du fluide à l'état gazeux.



## **Processus du fluide frigorigène**

### **En mode rafraîchissement :**

- il est d'abord porté à l'état gazeux à haute température (60 °C) et à haute pression (10 bars) par le compresseur électrique alimenté en haute tension ;
- via une électrovanne, il traverse ensuite un condenseur situé à l'avant du véhicule, dans cette phase le fluide est refroidi par le flux d'air qui passe au travers des alvéoles du condenseur, sa température chute (45 °C) ce qui provoque son passage de l'état gazeux à l'état liquide. Sa pression quant à elle reste constante (10 bars). Cette opération dégage de la chaleur dans son environnement qui n'est pas exploitée ;
- le fluide poursuit son chemin jusqu'à un détendeur (orifice calibré) où il passe brusquement de l'état liquide à l'état gazeux. Sa température et sa pression chute pour atteindre respectivement (- 1 °C et 3 bars). Il est ensuite dirigé vers un évaporateur situé dans le bloc de ventilation habitacle ;
- c'est dans cet organe (évaporateur) que le fluide frigorigène s'évapore et passe totalement à l'état gazeux, ce phénomène lui faisant absorber comme une véritable « éponge à énergie » toutes les calories qu'il croise sur son chemin. C'est en faisant traverser cet évaporateur par l'air pulsé par le moto-ventilateur habitacle que l'on rafraîchit l'habitacle ;
- à la sortie de l'évaporateur le liquide est passé totalement à l'état gazeux sa température est remontée de façon insignifiante pour atteindre (3 °C) et sa pression est constante (3 bars) ;
- il est ensuite dirigé vers un accumulateur qui permet de filtrer les impuretés dans le circuit, déshydrater le fluide et de servir de réservoir tampon.

### **En mode chauffage :**

- le compresseur pulse sous pression le fluide frigorigène (à l'état gazeux au travers du condenseur intérieur habitacle) ;
- condensation dans le condenseur intérieur habitacle ;
- détente (passage à l'état liquide / Gaz) dans l'orifice calibré HP ;
- évaporation dans l'échangeur extérieur situé à l'avant du compartiment moteur.

En sortie de l'échangeur extérieur le fluide reprend sa forme gazeuse :

- l'électrovanne 3 Voies dirige le fluide vers l'accumulateur ;
- à la sortie de l'accumulateur le fluide retourne au compresseur électrique AC.

## **Gestion et régulation**

Sur Zoé, le système de climatisation réversible est géré par 3 calculateurs :

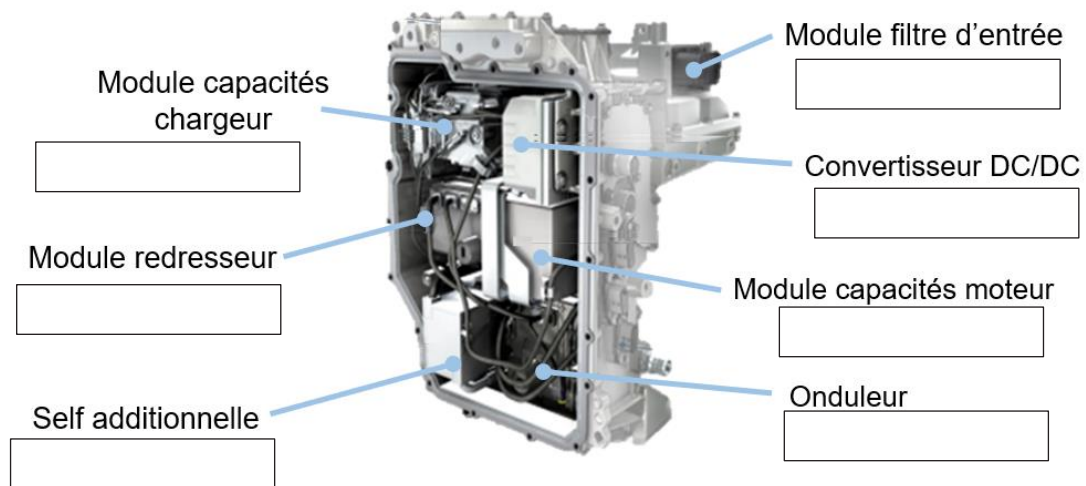
- le calculateur de climatisation 419 ;
- le calculateur de pompe à chaleur 2295 ;
- l'unité de contrôle électrique véhicule électrique (EVC) 946.



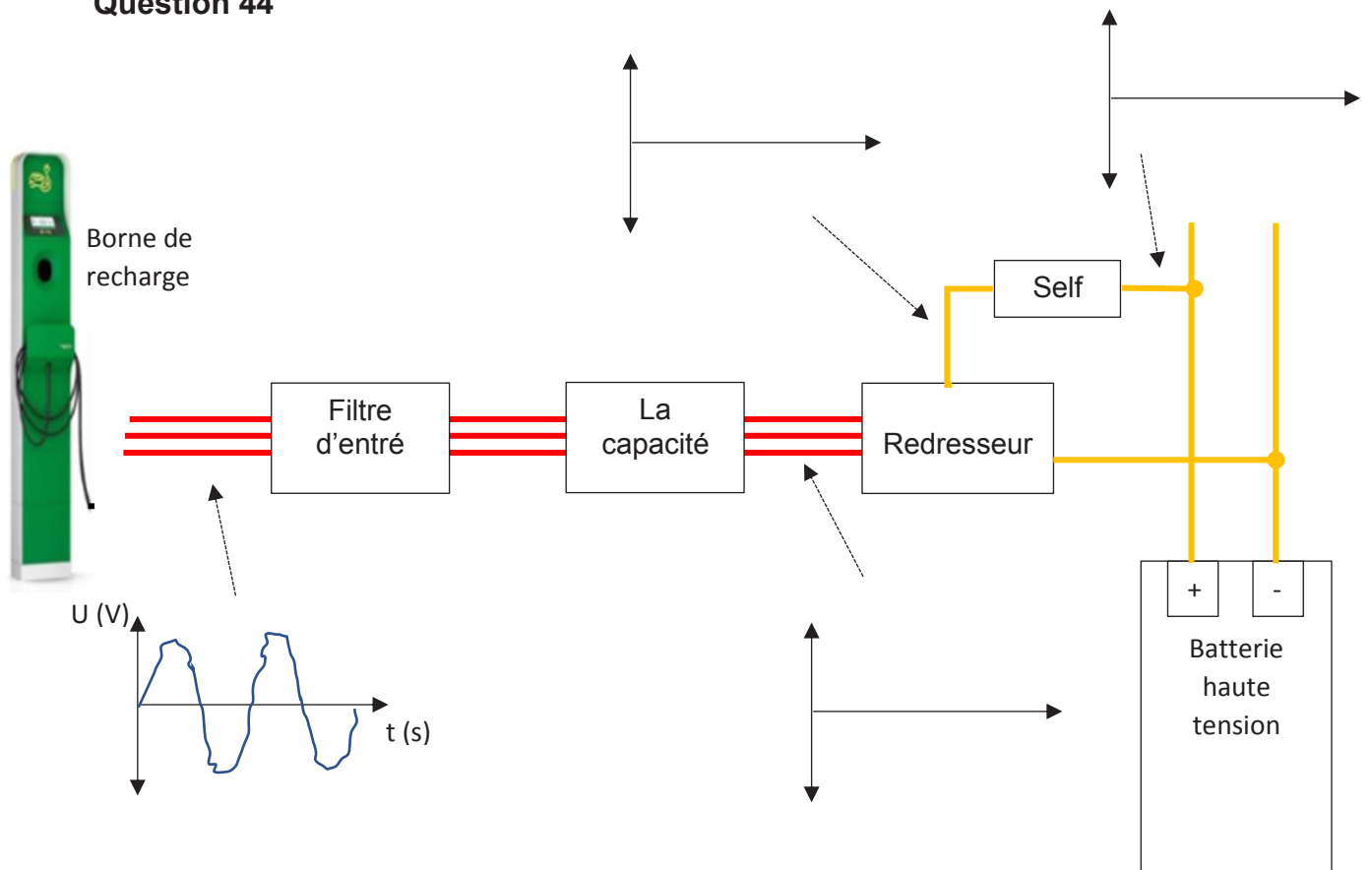
NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR1

Question 43

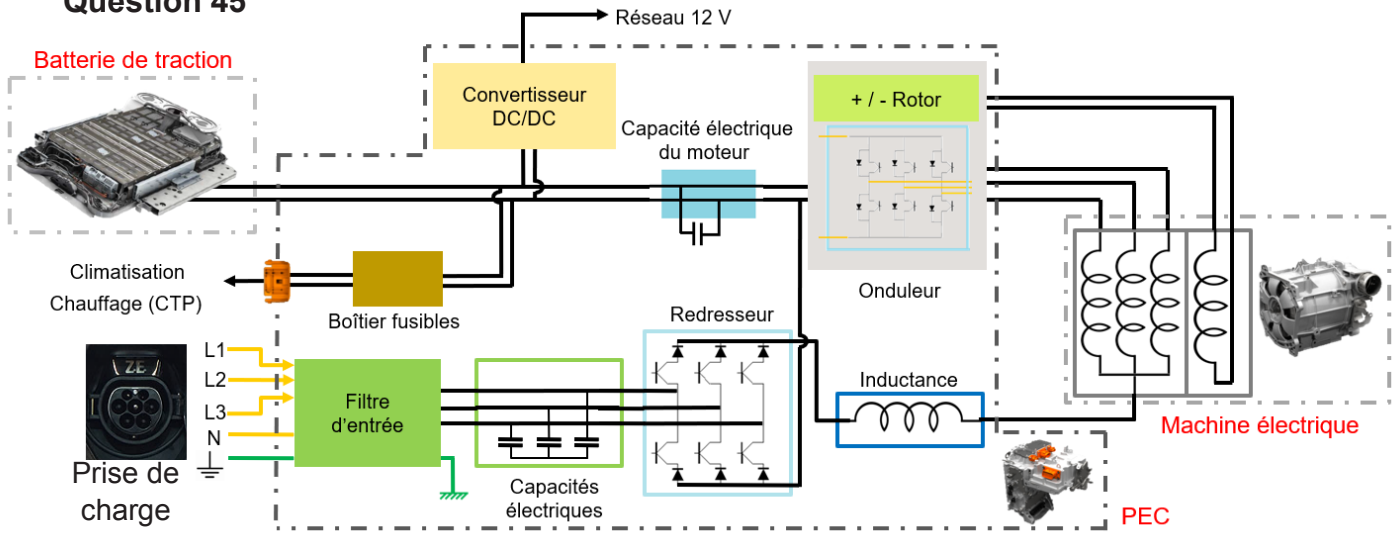


Question 44

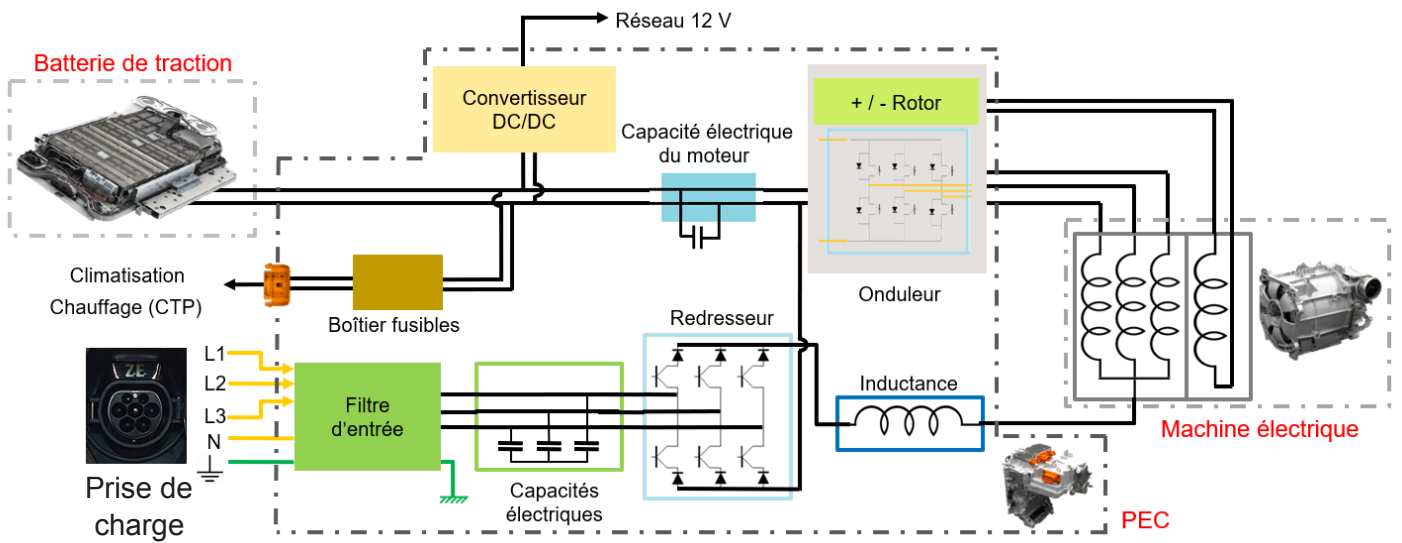


# DR2

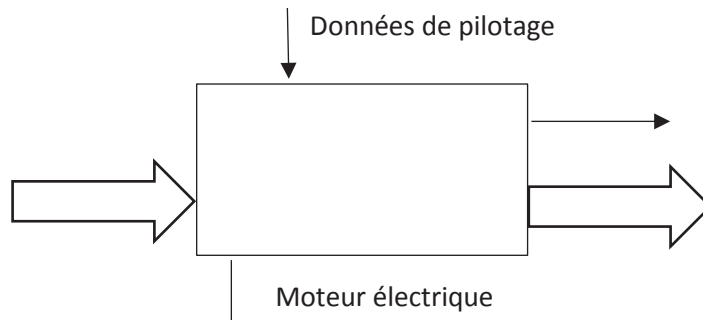
## Question 45



## Question 46



## Question 49

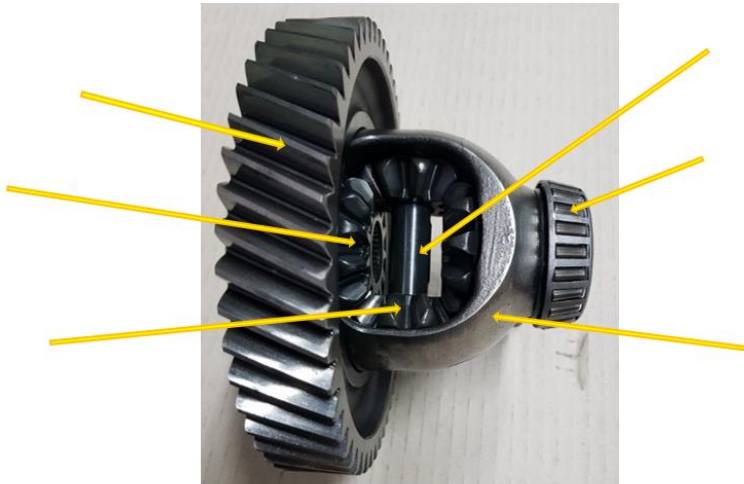


# DR3

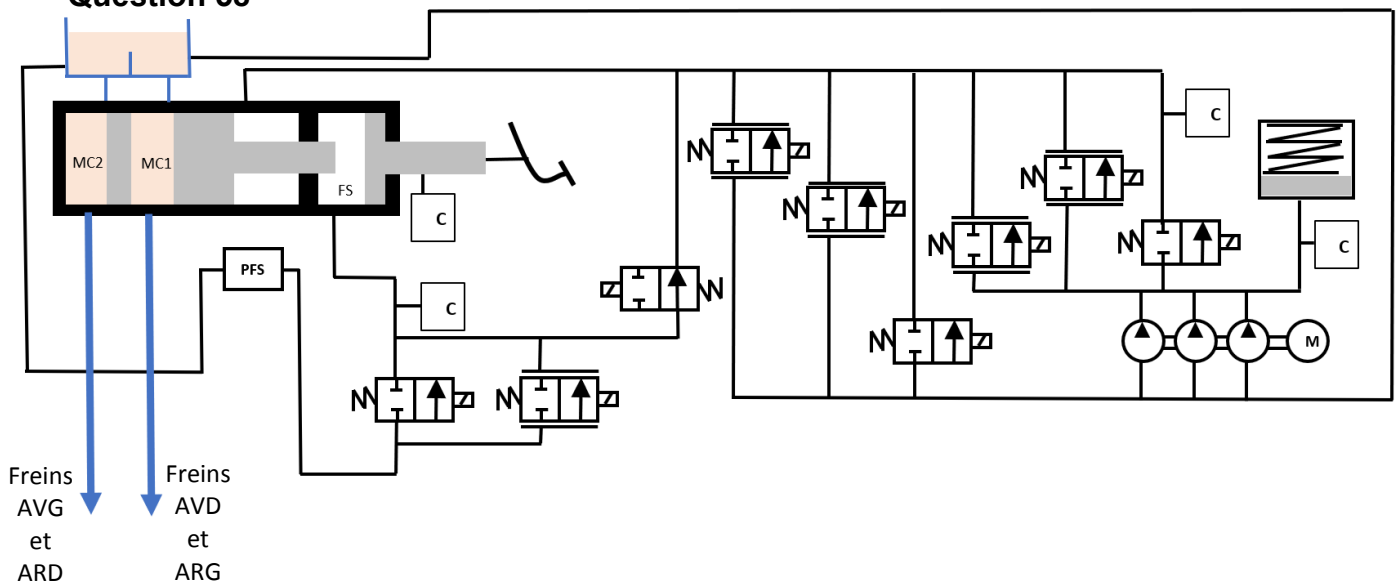
## Question 50

Condition de roulage	Intensité	Fréquence	Sens de circulation de l'intensité (batterie HT vers moteur ou moteur vers batterie HT)
50 km.h <sup>-1</sup> en cote			
50 km.h <sup>-1</sup> en descente (pédale accélérateur non relâchée)			
30 km.h <sup>-1</sup> sur le plat			
Ralentissement de 50 km.h <sup>-1</sup> à 10 km.h <sup>-1</sup>			

## Question 53



## Question 58

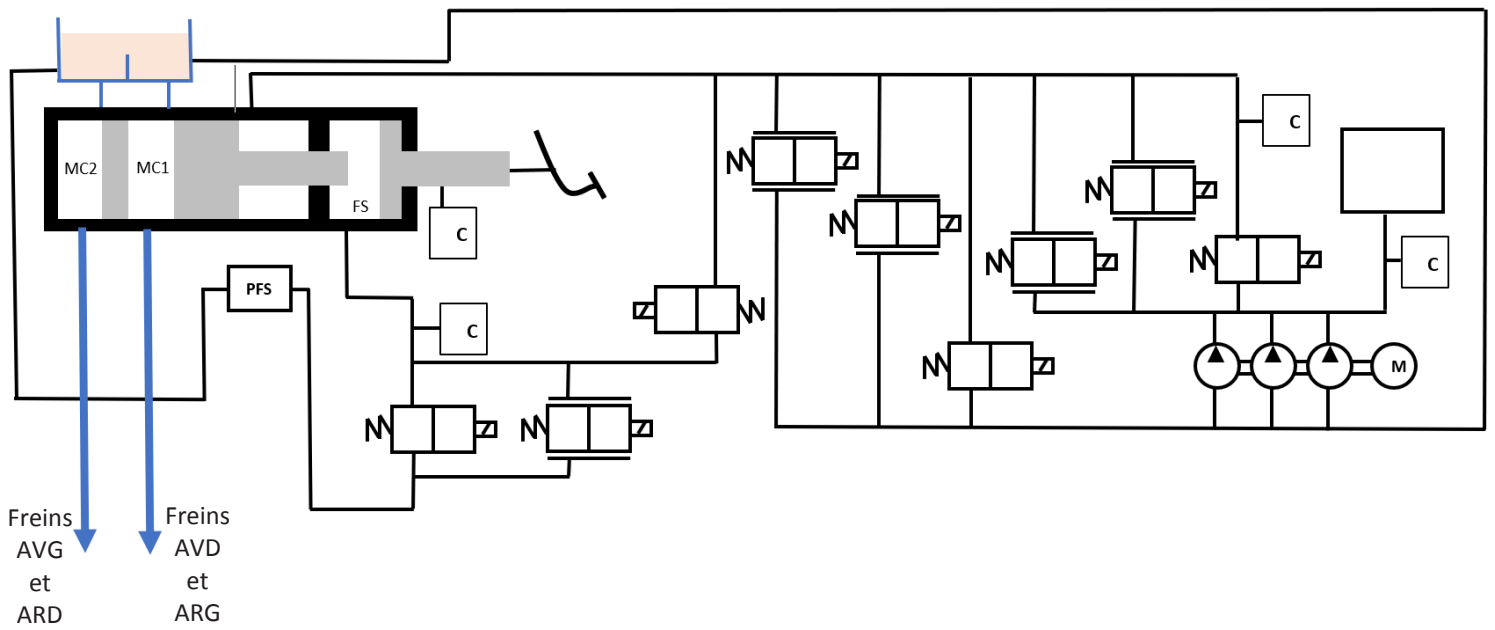




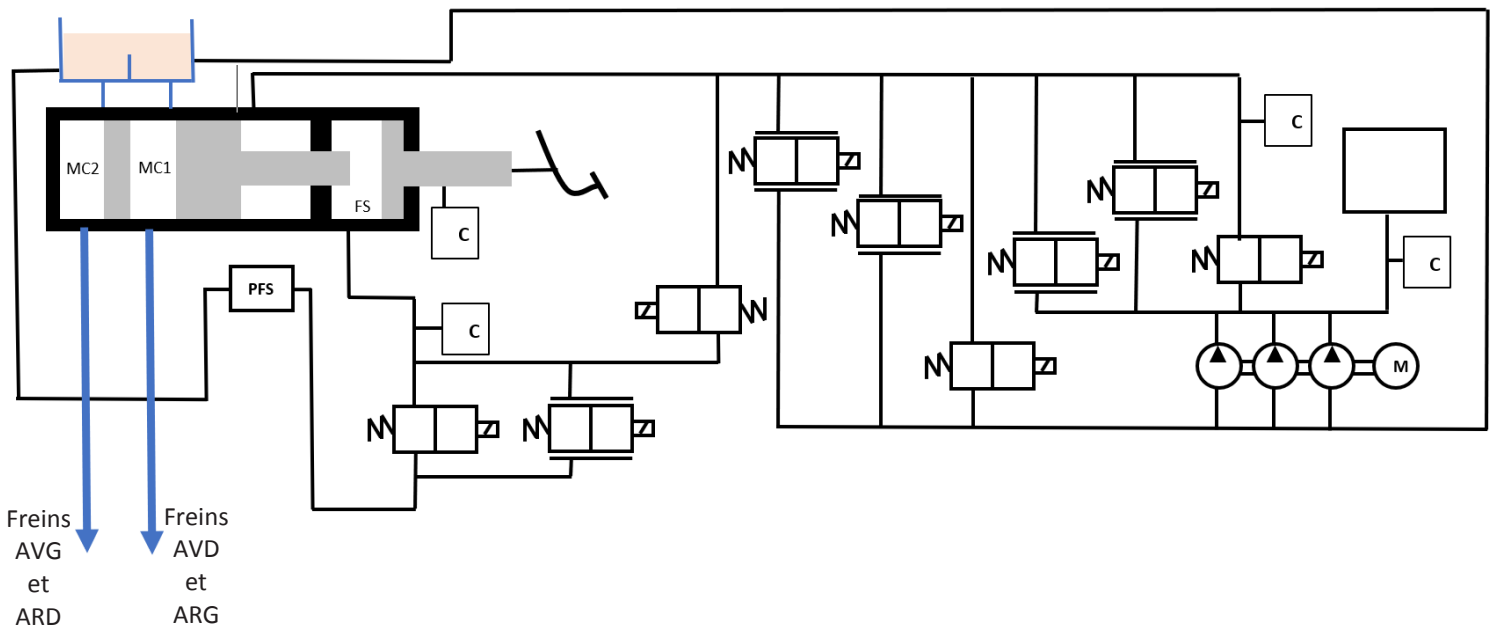
NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DR4

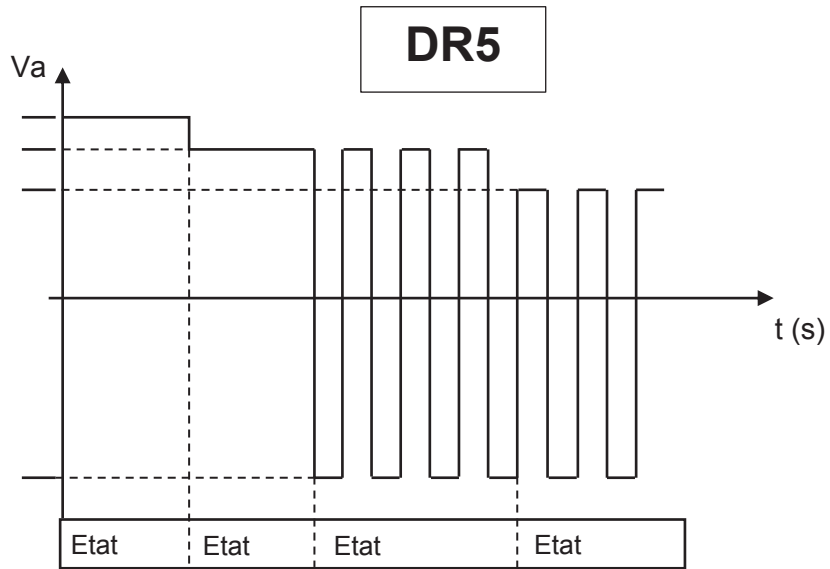
Question 59



Question 60

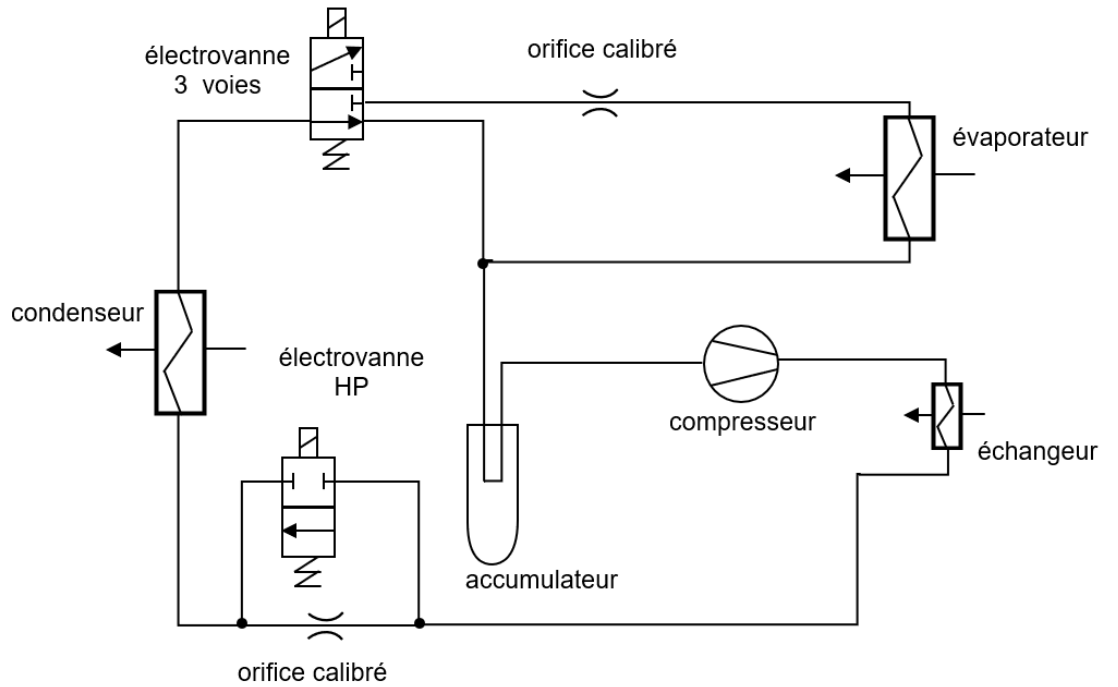


**Question 69**

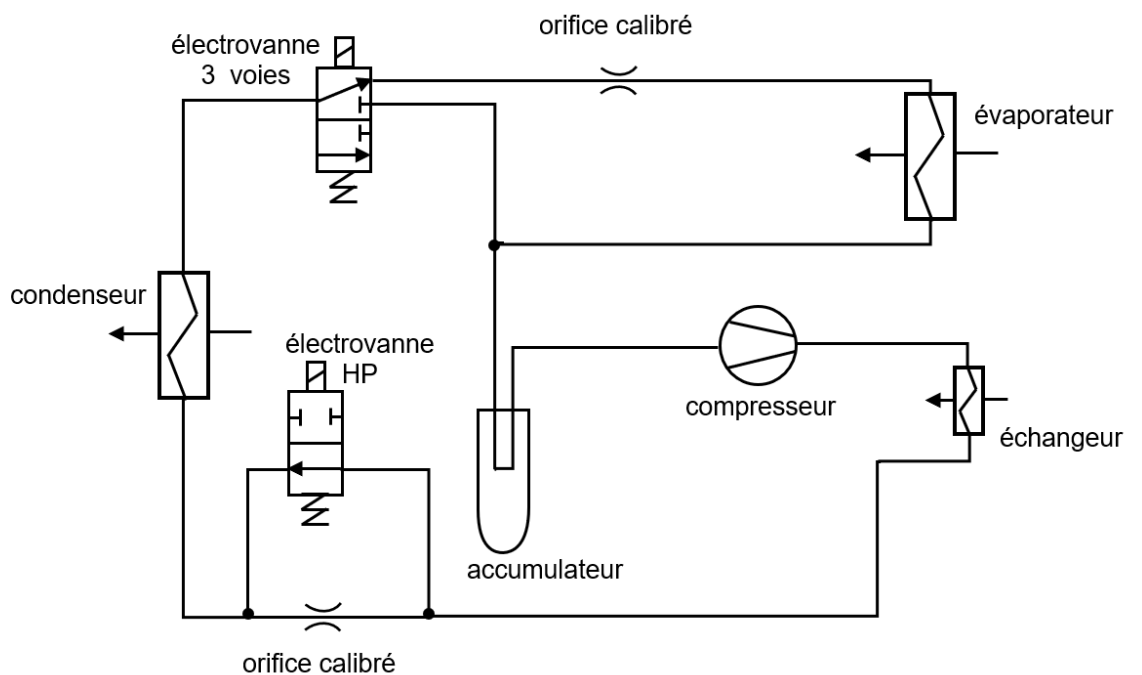


**Question 71**

Mode  
rafraichissement  
habitable



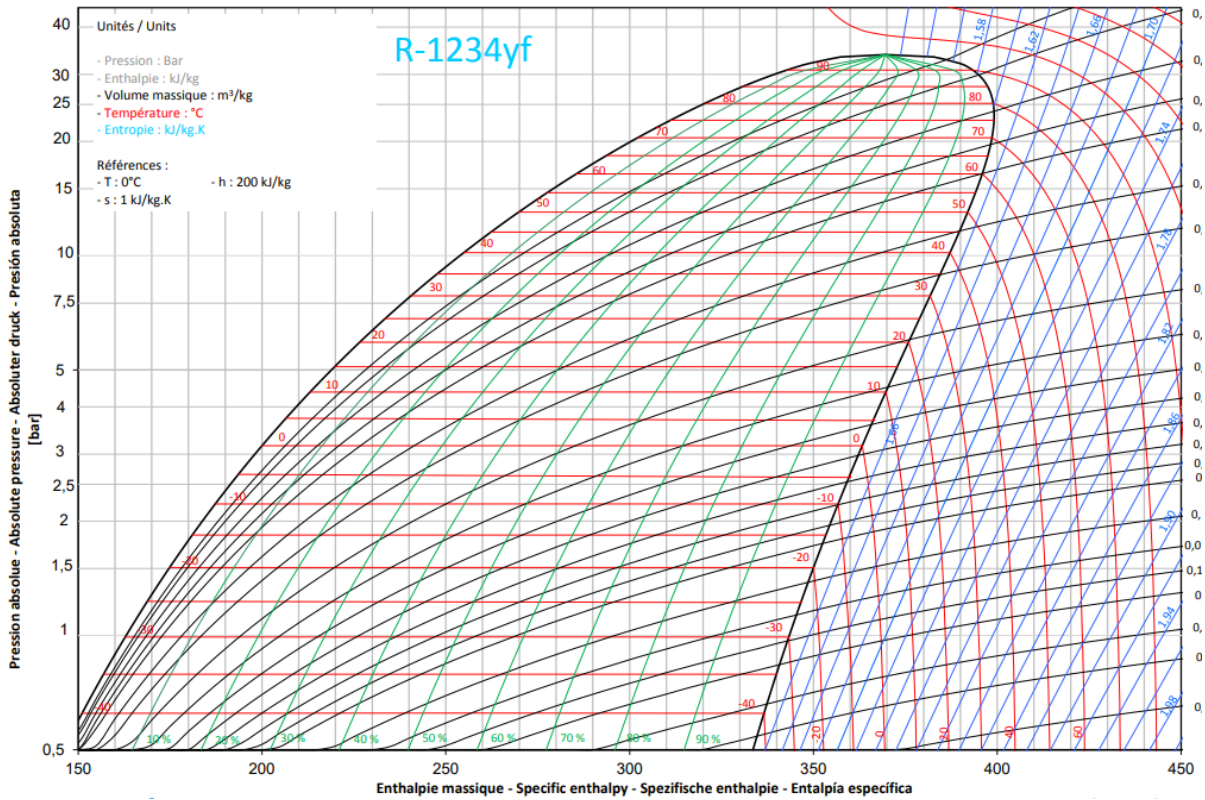
Mode de  
chauffage  
habitable





# DR6

## Questions 73 et 74



## Question 78

