

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 2021

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 : A0/13 à A13/13
Dossier travail : B1/8 à B8/8
Dossier réponses : C1/8 à C8/8

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

Le dossier réponses est à compléter et à joindre impérativement à la copie.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2021
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : ML4ASCP	Page de garde

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES

E4 : ANALYSE DES SYSTÈMES ET CONTRÔLE DES PERFORMANCES

SYSTÈME DE CLIMATISATION AUTOMATIQUE - Peugeot 308

Composition du sujet :

Dossier technique page A0/13 à A13/13

Dossier travail page B1/8 à B8/8

Dossier réponses page C1/8 à C8/8

Il est recommandé de lire rapidement la totalité du dossier technique.

Les différentes parties du sujet sont indépendantes, mais il est préférable de suivre la progression proposée pour bien répondre à la problématique posée.



Le dossier réponses est à compléter et à joindre aux feuilles de copie.

Barème / 200 points

Partie A

Partie A1 – Analyse fonctionnelle du système de climatisation : 25 points

Question	A1.1	A1.2	A1.3	A1.4	A1.5
Points	5	6	4	5	5

Partie A2 – Étude théorique de l'efficacité de la climatisation sans dysfonctionnement : 46 points

Question	A2.1	A2.2	A2.3	A2.4.1	A2.4.2	A2.4.3	A2.4.4	A2.4.5	A2.4.6	A2.5.1	A2.5.2	A2.5.3
Points	6	4	4	4	4	4	2	2	4	4	4	4

Partie A3 - Détermination de la puissance consommée par le compresseur de climatisation : 34 points

Question	A3.1	A3.2	A3.3	A3.4	A3.5	A3.6	A3.7	A3.8	A3.9
Points	4	4	4	4	2	4	4	4	4

Partie B

Partie B1 – Plainte client de surconsommation : 8 points

Questions	B1.1	B1.2
Points	4	4

Partie B2 – Plainte client : manque de froid : 87 points

Question	B2.1	B2.2	B2.3	B2.4	B2.5	B2.6	B2.7	B2.8	B2.9	B2.10
Points	6	4	4	6	4	5	4	4	4	8

Question	B2.11	B2.12	B2.13	B2.14	B2.15	B2.16	B2.17	B2.18	B2.19
Points	4	5	3	3	3	5	5	5	5

AUCUN DOCUMENT N'EST AUTORISÉ.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2021
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : ML4ASCP	Page A0 sur 13

DOSSIER TECHNIQUE

La climatisation est aujourd'hui un équipement de confort incontournable en automobile. Les dispositifs de refroidissement de l'habitacle doivent répondre aux challenges désormais courants en automobile : coût, masse, consommation. Ils ont dû également se plier à la nouvelle réglementation qui interdit les réfrigérants dont l'indice de réchauffement planétaire est supérieur à 150. Ces systèmes ont alors été adaptés au HFO-1234yf qui présente l'avantage d'évoluer dans des valeurs similaires au précédent fluide (R134a) sur le diagramme de Mollier « Pression / Enthalpie ».

La climatisation consiste à adopter la température la plus favorable pour l'organisme humain. Un véhicule climatisé permet de chauffer ou de refroidir l'habitacle en échangeant de l'énergie thermique avec l'extérieur.

Les entretiens après-vente consistent principalement à une recharge du circuit. Les raccords de service sont spécifiques entre les systèmes R1234yf et R134a.

1- PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Les paramètres régissant la climatisation des véhicules automobiles dépendent essentiellement de la température et de l'hygrométrie de l'habitacle.

Les constructeurs développent leurs systèmes de gestion climatique de l'habitacle en se référant aux normes européennes de "bien-être" et de "confort". Cette notion dépend des différentes habitudes aux conditions climatiques.

2- LA CLIMATISATION SUR LA PEUGEOT 308

Le système de climatisation à régulation automatique permet de régler automatiquement la température de fonctionnement désirée par l'utilisateur. Elle agit sur les éléments suivants :

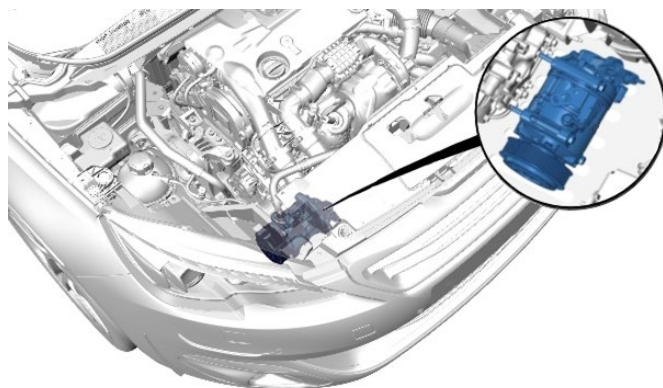
- Le débit d'air ;
- La répartition aéraulique dans l'habitacle (distribution de l'air) ;
- Le recyclage d'air.

La température désirée est obtenue en mélangeant :

- L'air chaud produit par l'aérotherme du circuit de refroidissement moteur ;
- L'air froid produit par le système de réfrigération à travers un évaporateur.

Le pulseur entraîné par un moteur à courant continu assure le débit d'air.

La distribution, l'entrée d'air et le mixage sont réglés par des volets pilotés par des moteurs pas-à-pas.



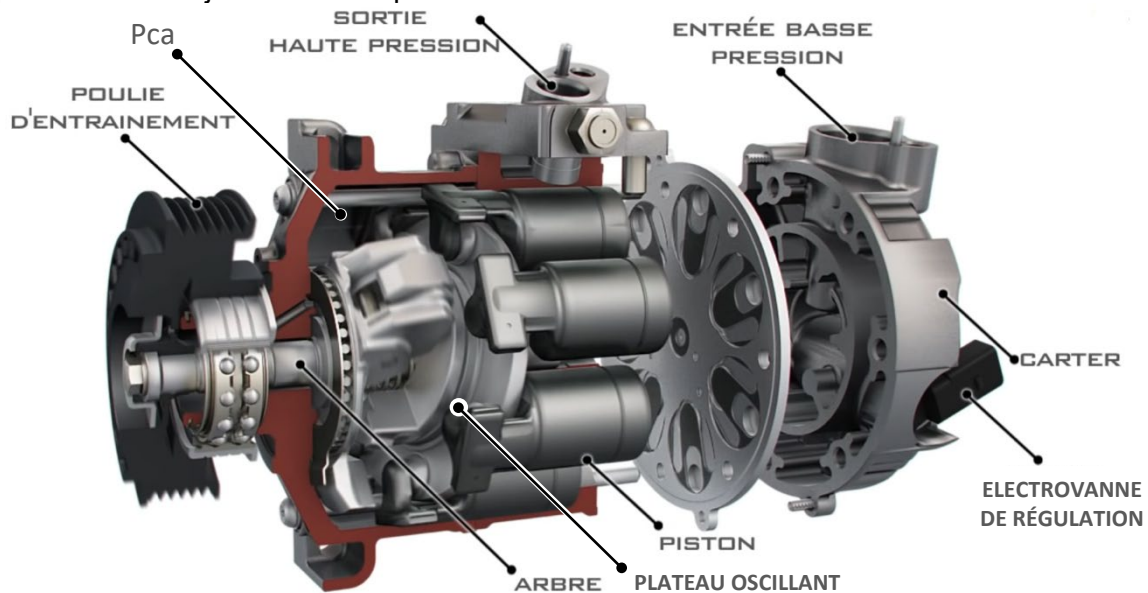
BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2021
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : ML4ASCP	Page A1 sur 13

DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT : COMPRESSEUR DE RÉFRIGÉRATION

1. Description

Le compresseur de réfrigération est composé de 5 pistons de diamètre 30 mm pour une cylindrée totale maximale de 120 cm³.

La cylindrée minimale du compresseur de réfrigération n'est jamais nulle, mais reste à environ 5 % de la cylindrée maximale. Ceci permet une lubrification minimale par un léger maintien de la pression interne. Le compresseur est toujours entraîné par la courroie d'accessoires.



2. Fonctionnement

La poulie est entraînée par la courroie d'accessoires du moteur.

Lors de l'enclenchement de la réfrigération, l'électrovanne de régulation permet de modifier la pression à l'intérieur du corps du compresseur de réfrigération (Pca) en fonction de la demande thermique des passagers.

La différence de pression entre la pression d'aspiration (BP) et la pression à l'intérieur du corps du compresseur de réfrigération (Pca) a pour effet de modifier l'inclinaison du plateau oscillant et donc de modifier la course des pistons.

Plus la course des pistons est grande, plus le volume de fluide à comprimer est grand et donc le débit de réfrigérant dans la boucle va augmenter, augmentant également la production de froid.

Protection du compresseur

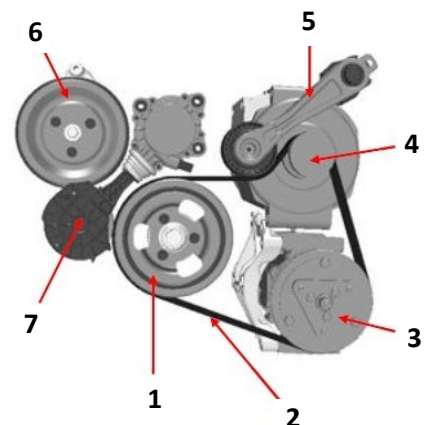
Le compresseur de réfrigération étant relié à la courroie d'accessoires du moteur, celui-ci est équipé d'une protection dans la poulie d'entraînement.

Si le compresseur de réfrigération se bloque, la force due à l'entraînement de la poulie par la courroie d'accessoires détruit les fusibles mécaniques libérant ainsi la poulie de l'axe du compresseur.

3. Entraînement du compresseur et pilotage du compresseur

Le compresseur est entraîné par le vilebrequin à l'aide de la courroie d'accessoires dont les caractéristiques sont indiquées ci-dessous :

1. Poulie de vilebrequin Ø 160 mm
2. Courroie d'accessoires
3. Poulie de compresseur de réfrigération Ø 115 mm
4. Poulie d'alternateur Ø 45 mm
5. Galet tendeur Ø 40 mm
6. Poulie de pompe à eau
7. Galet d'entraînement de pompe à eau



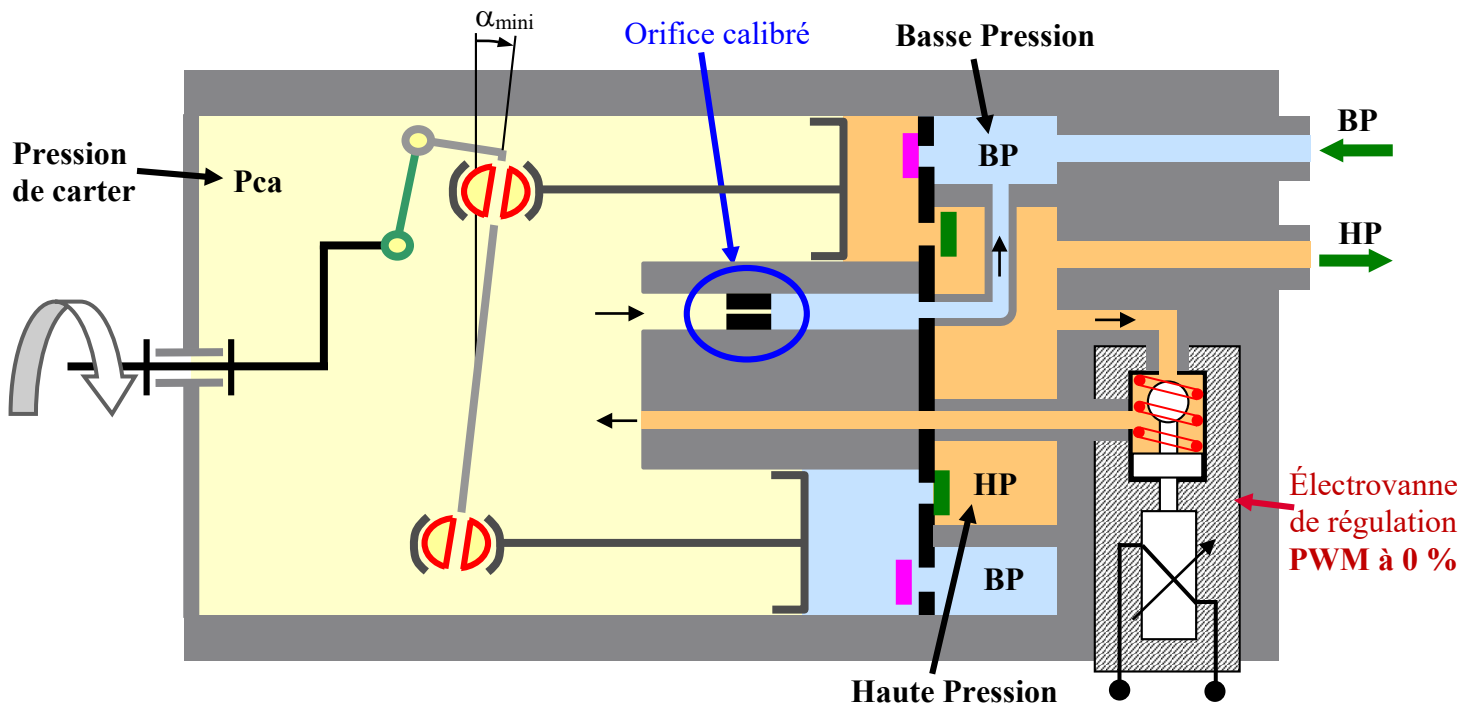
BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2021
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : ML4ASCP	Page A2 sur 13

Compresseur à cylindrée variable :

L'électrovanne est située dans la culasse du compresseur et permet de réguler la pression dans le carter (Pca). L'électrovanne est alimentée par une tension hachée de type PWM (*Pulse Width Modulation*).

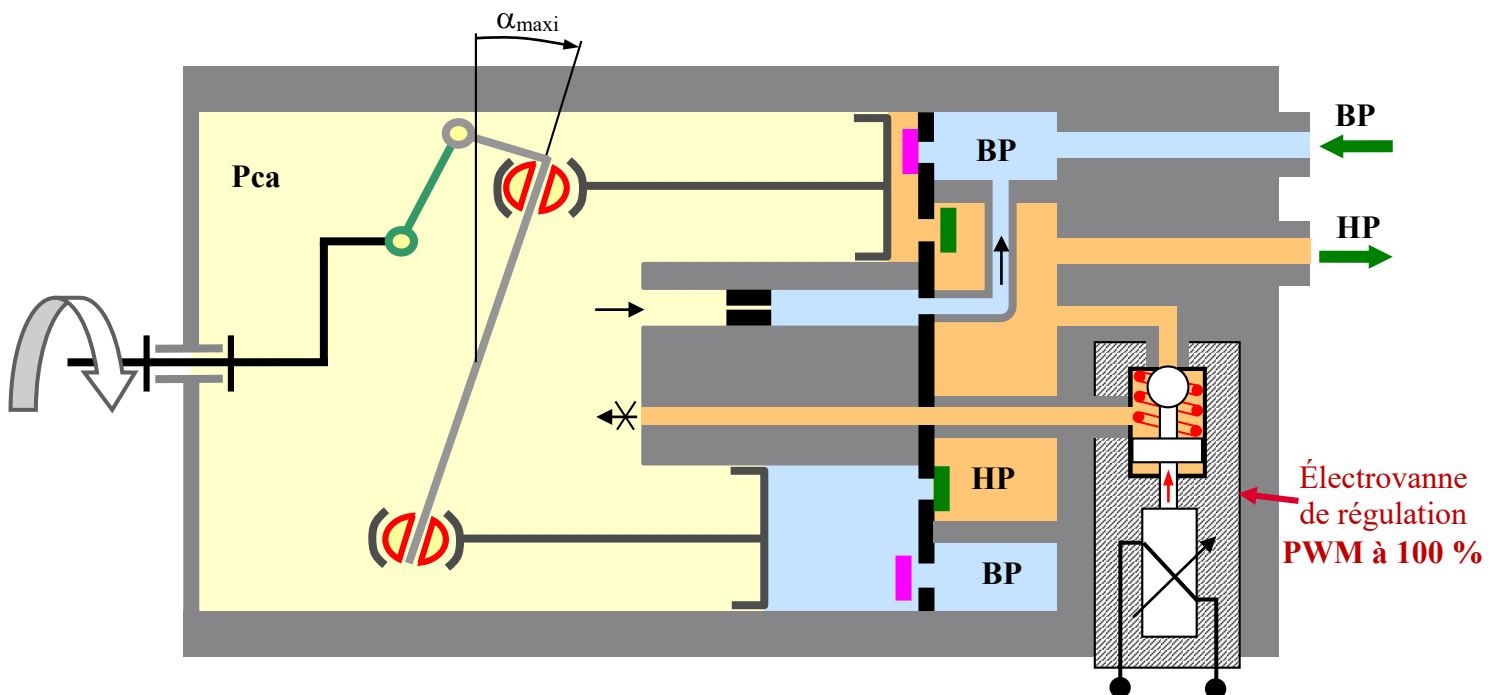
Cylindrée MINI

Lorsqu'elle n'est pas commandée (PWM = 0 %), l'électrovanne met en communication la **haute pression** et la **pression de carter**. La **pression de carter augmente**. L'effort induit par la pression de carter **sous la tête** des pistons est élevé. De ce fait, la **cylindrée est minimale**.

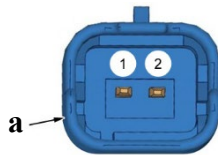


Cylindrée MAXI

Inversement, lorsque le PWM atteint 100 %, l'électrovanne coupe la communication entre la **haute pression** et la **pression de carter**. La pression de carter diminue par l'intermédiaire de l'orifice calibré. La **Pca se rapproche** de la valeur de la BP. Alors, l'effort généré par la HP **sur la tête** des pistons devient prépondérant et entraîne une **augmentation de cylindrée**.



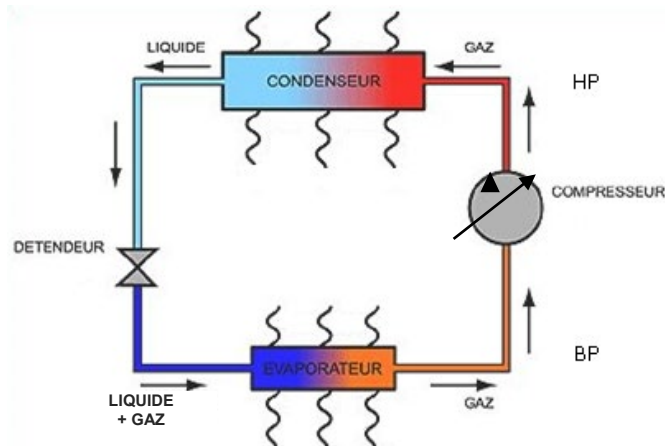
Connectique de l'électrovanne



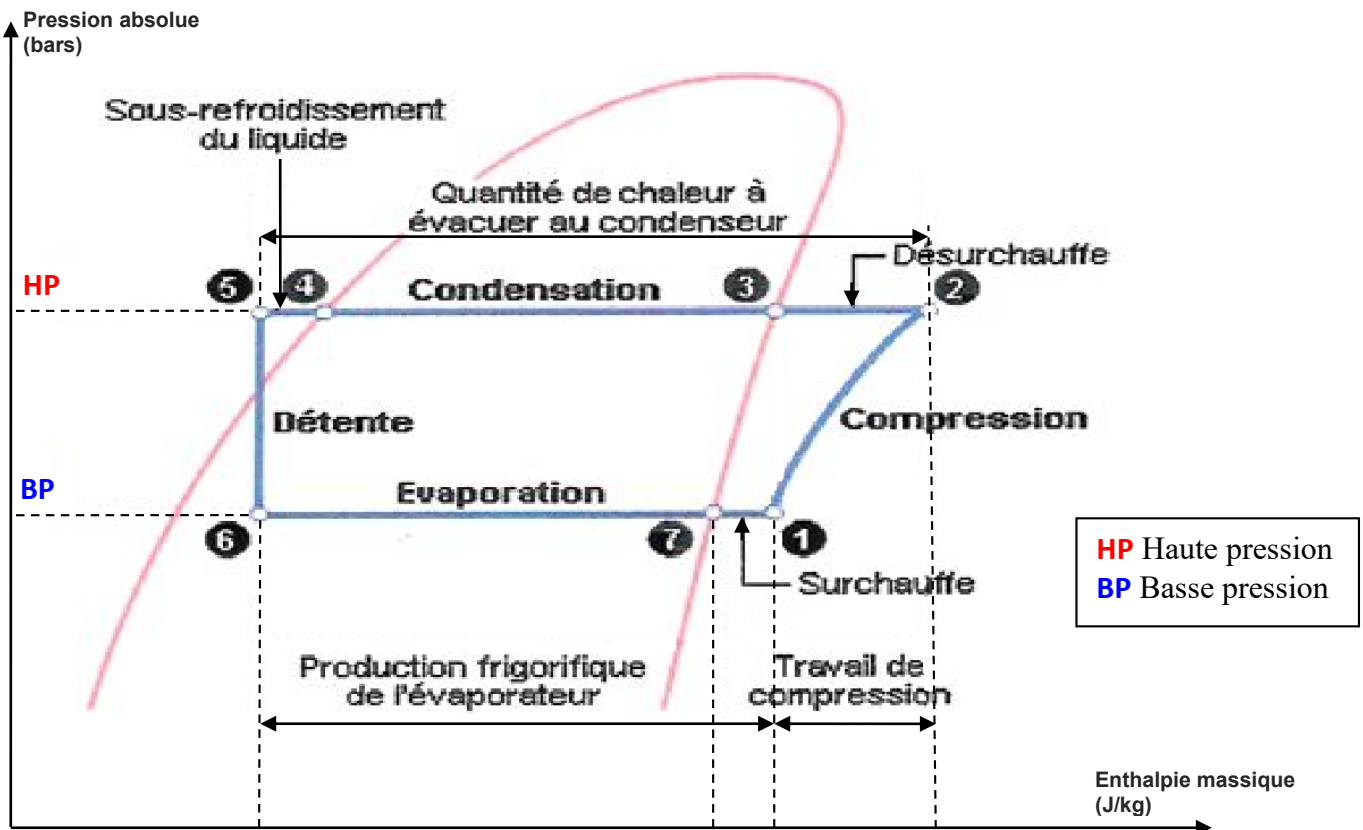
"a" Connecteur 2 voies noir	
N° de voie	Affectation des voies du connecteur
1	Commande Électrovanne
2	Masse
Résistance	De 8 à 12 Ω

3- BOUCLE DE FROID

Disposition des différents composants du circuit 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 de charge 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 Q_{25} .

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 de 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.

L'évaporation s'effectue sur la totalité de la transformation 6-1 et le fluide a échangé avec l'air entrant dans l'habitacle une quantité de chaleur Q_{61} .

Caractéristiques thermodynamiques du fluide R1234yf :

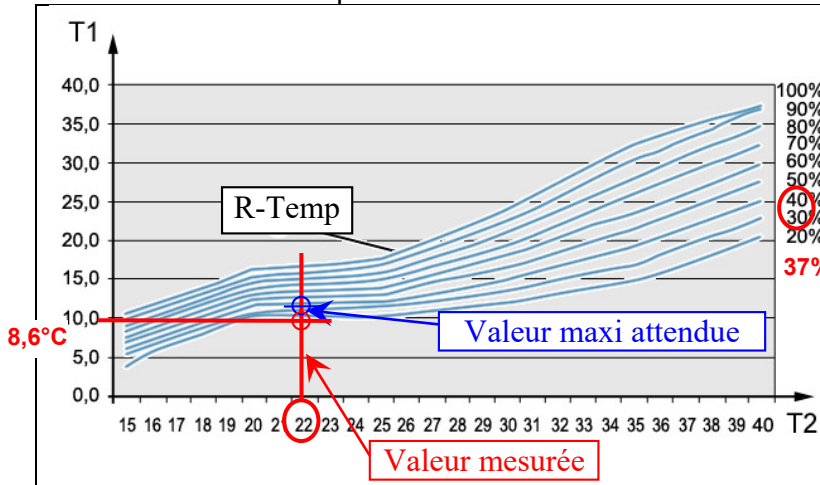
Pression absolue (bar)	Temp. Changement d'état (°C)	LIQUIDE			GAZ		
		Vol. mass (dm ³ /kg)	Masse.vol (Kg/dm ³)	Enthalpie (KJ/Kg)	Vol.mass (m ³ /Kg)	Masse vol. (Kg/m ³)	Enthalpie (KJ/Kg)
0,371	-50	0,758	1,318	139,63	0,4247	2,355	329,85
0,493	-45	0,766	1,305	145,31	0,3326	3,007	333,21
0,627	-40	0,774	1,292	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

4- MESURES

Le constructeur fournit au technicien 3 abaques (ci-dessous) permettant d'évaluer le bon fonctionnement de la boucle de froid. Un exemple de mesures est fourni ci-dessous.

Interprétation des valeurs

Détail de la courbe température aérateur



"T1" : Température aérateurs de dégivrage (en °C).

Ex : 8,6°C

"T2" : Température ambiante atelier (en °C)

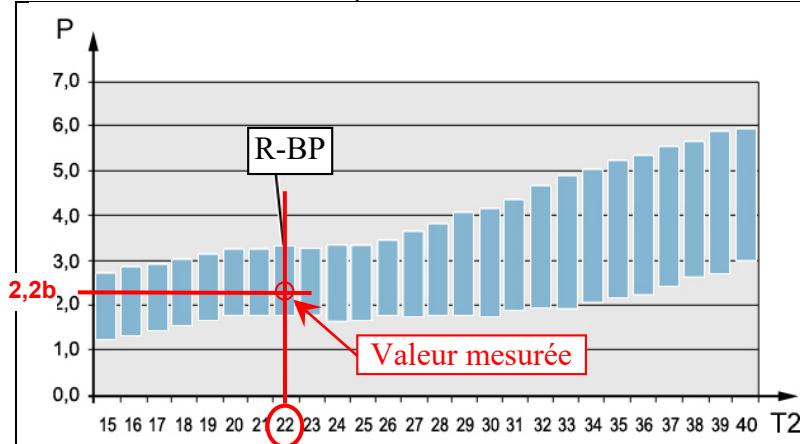
Ex : 22°C

"R-Temp" : Courbe de référence température aérateur de dégivrage ($\pm 5^\circ\text{C}$) en fonction de l'hygrométrie ambiante atelier.

Ex : 37 %

Conclusion : Bon fonctionnement

Détail de la courbe basse pression



"T2" : Température ambiante atelier (en °C).

Ex : 22°C

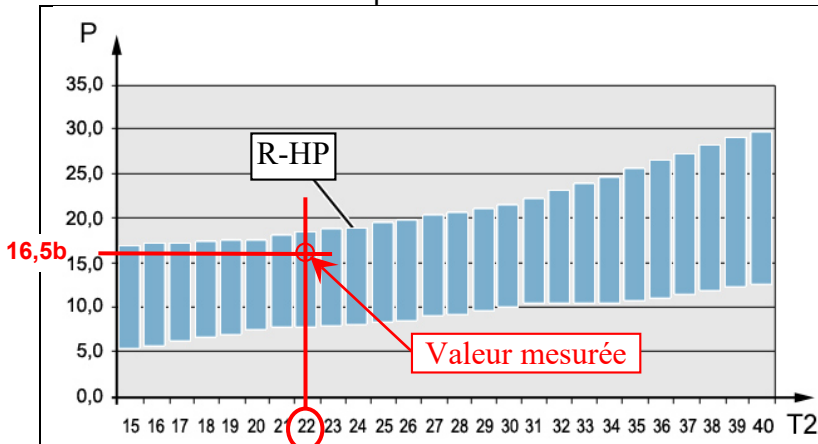
"P" : Basse Pression dans le circuit de réfrigération (en bars).

Ex : 2,2 b relatif

"R-BP" : Zone de référence basse pression du circuit de réfrigération.

Conclusion : Bon fonctionnement

Détail de la courbe haute pression



"T2" : Température ambiante atelier (en °C).

Ex : 22°C

"P" : Haute Pression dans le circuit de réfrigération (en bars).

Ex : 16,5 b relatif

"R-HP" : Zone de référence haute pression du circuit de réfrigération.

Conclusion : Bon fonctionnement

Tableau constructeur d'interprétation des résultats

La position des points dans les 3 abaques précédents détermine un cas de fonctionnement du tableau ci-dessous. Le constructeur préconise l'intervention à réaliser.

Cas n°	Basse pression relevée	Haute pression relevée	Température aérateurs relevée	Résultat du contrôle	Préconisations
1	< R-BP	< R-HP	< R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
2	< R-BP	< R-HP	= R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
3	< R-BP	< R-HP	> R-Temp	Préconisation Entretien	1 - 4
4	< R-BP	= R-HP	< R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
5	< R-BP	= R-HP	= R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
6	< R-BP	= R-HP	> R-Temp	Préconisation Entretien	1 - 4
7	< R-BP	> R-HP	< R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
8	< R-BP	> R-HP	= R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
9	< R-BP	> R-HP	> R-Temp	Préconisation Réparation	3
10	= R-BP	< R-HP	< R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
11	= R-BP	< R-HP	= R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
12	= R-BP	< R-HP	> R-Temp	Préconisation Entretien	1 - 4
13	= R-BP	= R-HP	< R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
14	= R-BP	= R-HP	= R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
15	= R-BP	= R-HP	> R-Temp	Préconisation Entretien	1 - 4
16	= R-BP	> R-HP	< R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
17	= R-BP	> R-HP	= R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
18	= R-BP	> R-HP	> R-Temp	Préconisation Réparation	3
19	> R-BP	< R-HP	< R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
20	> R-BP	< R-HP	= R-Temp	Préconisation Entretien	1 - 4
21	> R-BP	< R-HP	> R-Temp	Préconisation Réparation	3
22	> R-BP	= R-HP	< R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
23	> R-BP	= R-HP	= R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
24	> R-BP	= R-HP	> R-Temp	Préconisation Réparation	3
25	> R-BP	> R-HP	< R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
26	> R-BP	> R-HP	= R-Temp	Climatisation opérationnelle	2 - 4
27	> R-BP	> R-HP	> R-Temp	Préconisation Réparation	3

Intervention à réaliser	
1	Recharge du circuit de réfrigération
2	Pas de recharge du circuit de réfrigération
3	Réalisation d'un diagnostic complet
4	Pas de réalisation d'un diagnostic complet

Exemple du cas N°13 : la BP relevée est égale à R-BP, la HP relevée est égale à R-HP et la température aérateurs relevée est inférieure à R-Temp. La climatisation est fonctionnelle, il n'y a pas d'opération à prévoir.

Tableau de diagnostic du circuit de réfrigération

Panne principale	Symptôme	Causes possibles
Niveaux de pressions anormaux	Basse pression et haute pression trop haute	Détendeur de réfrigération défectueux
		Conduit colmaté
	Basse pression trop haute et haute pression trop basse	Défaut de la cylindrée variable
	Basse pression trop basse et haute pression trop haute	Sonde évaporateur de réfrigération défectueuse
		Détendeur de réfrigération bloqué
		Cartouche filtrante et dessiccative obstruée
		Conduit colmaté
	Basse pression et haute pression trop basse	Conduit colmaté
		Détendeur de réfrigération bloqué
		Manque de fluide réfrigérant dans le circuit de réfrigération
		Compresseur de réfrigération défectueux
	Basse pression normale et haute pression trop haute	Présence d'air dans le circuit de réfrigération
	Basse pression normale et haute pression trop basse	Pressostat de réfrigération défectueux
		Sonde évaporateur défectueuse
	Basse pression trop haute et haute pression normale	Détendeur de réfrigération bloqué ouvert
Fonctionnement de la climatisation en mode dégradé	Sous refroidissement trop faible	Manque de fluide réfrigérant
		Excès de fluide réfrigérant
	Sous refroidissement trop élevé	Présence d'air dans le circuit de réfrigération
		Cartouche filtrante et dessiccative colmatée

SYNOPTIQUE : CLIMATISATION À RÉGULATION AUTOMATIQUE (MOTEURS ESSENCE) - ARCHITECTURE MULTIPLEXÉE AEE2010

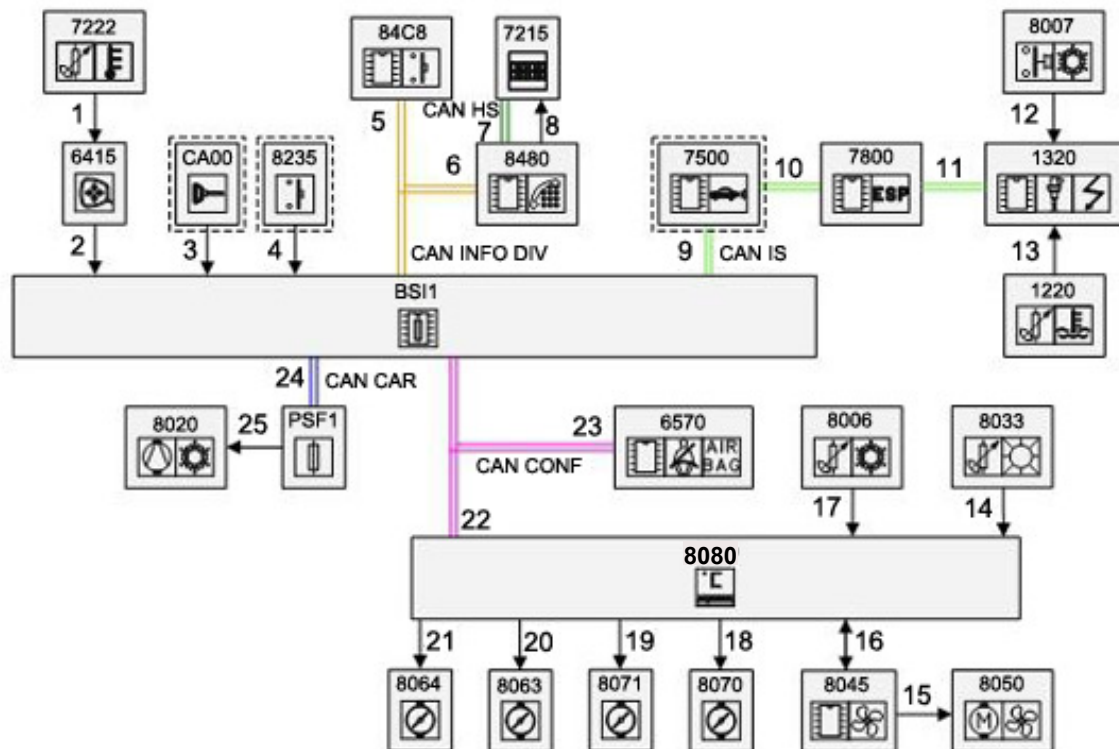


Tableau de désignation des éléments

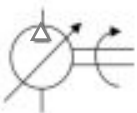
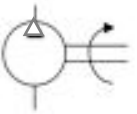
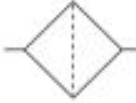
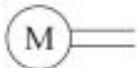
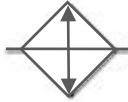
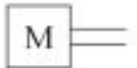
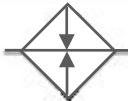
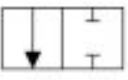
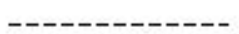
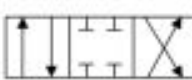
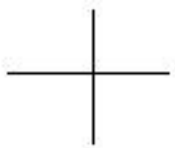
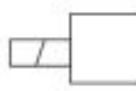
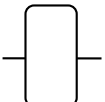
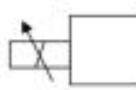
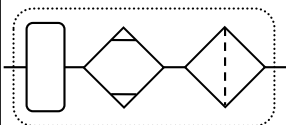
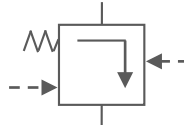
BSI1	Boîtier de servitude intelligent
PSF1	Platine de servitude - boîte fusibles compartiment moteur (inclus le boîtier de servitude moteur)
1220	Capteur de température d'eau moteur
1320	Calculateur contrôle moteur
6415	Rétroviseur extérieur (côté passager)
6570	Calculateur de coussins gonflables
7215	Écran multifonction
7222	Capteur de température extérieure
7500 (*)	Calculateur d'aide au stationnement semi-automatique
7800	Calculateur de contrôle dynamique de stabilité
8006	Sonde évaporateur
8007	Pressostat (Capteur de pression)
8020	Électrovanne de pilotage du compresseur de réfrigération
8033	Capteur d'ensoleillement
8045	Module de commande du pulseur d'air
8050	Moteur de pulseur d'air
8063	Motoréducteur du volet de mixage droit
8064	Motoréducteur du volet de mixage gauche
8070	Motoréducteur du volet d'entrée d'air
8071	Motoréducteur volet de distribution
8080	Calculateur de climatisation
8235	Commutateur démarrage moteur
84C8	Façade multifonction basse
8480	Calculateur de radionavigation

(*) Selon version

Description des échanges d'informations			
Numéro de liaison	Signal	Émetteur / récepteur du signal	Nom de la liaison
1	Information de température extérieure	7222 / 6415	Analogique
2	Information de température extérieure	6415 / BSI1	Analogique
4	Information du commutateur démarrage moteur	8235 / BSI1	Analogique
5	Consigne de climatisation utilisateur	84C8 / 8480	CAN INFO DIV
	Niveau d'éclairage des commandes	8480 / 84C8	
6	Consigne de climatisation utilisateur	8480 / BSI1	CAN INFO DIV
	Données d'affichage	BSI1 / 8480	
	Niveau d'éclairage des commandes		
7	Consigne de climatisation utilisateur	7215 / 8480	CAN HS
8	Données d'affichage	8480 / 7215	
9 (*)	Information de pression du fluide réfrigérant	7500 / BSI1	CAN IS
	Information moteur tournant		
	Information de température d'eau moteur		
10 (*)	Information de pression du fluide réfrigérant	7800 / 7500	CAN IS
	Information moteur tournant		
	Information de température d'eau moteur		
11	Information de pression du fluide réfrigérant	1320 / 7800	CAN IS
	Information moteur tournant		
	Information de température d'eau moteur		
12	Information de pression du fluide réfrigérant	8007 / 1320	Analogique
13	Information de température d'eau moteur	1220 / 1320	Analogique
14	Information de niveau d'ensoleillement	8033 / 8080	Analogique
15	Commande du moteur du pulseur d'air	8045 / 8050	PWM
16	Commande du module de commande du pulseur d'air	8080 / 8045	Numérique
	Recopie du module de commande du pulseur d'air	8045 / 8080	
17	Information de température de l'évaporateur	8006 / 8080	Analogique
18	Commande du motoréducteur du volet d'entrée d'air	8080 / 8070	Numérique
19	Commande du motoréducteur du volet de distribution	8080 / 8071	Numérique
20	Commande du motoréducteur du volet de mixage avant droit	8080 / 8063	Numérique
21	Commande du motoréducteur du volet de mixage avant gauche	8080 / 8064	Numérique
22	Commande d'enclenchement de la réfrigération	8080 / BSI1	CAN Confort
	Information de niveau d'ensoleillement		
	Information de température de l'évaporateur		
	Information de commande des motoréducteurs	BSI1 / 8080	
23	Information de choc	6570 / BSI1	CAN Confort
24	Commande de l'électrovanne de régulation du compresseur de réfrigération	BSI1 / PSF1	CAN CAR
	Information de fonctionnement compresseur de réfrigération	PSF1 / BSI1	
25	Commande de l'électrovanne de régulation du compresseur de réfrigération	PSF1 / 8020	PWM

(*) Selon version

Norme de schématisation hydraulique

	Compresseur à cylindrée variable à un seul sens de flux et un seul sens de rotation		Source de pression pneumatique
	Compresseur à cylindrée fixe à un seul sens de flux et un seul sens de rotation		Filtre, crépine
	Moteur électrique		Condenseur
	Moteur thermique		Évaporateur
	Conduite de travail, de retour, d'alimentation		Distributeur à 2 orifices et 2 positions
	Conduite de pilotage, de fuite, de purge ...		Distributeur à 4 orifices et 3 positions
	Croisement de conduite		Les positions intermédiaires de passage correspondant à des degrés variables d'étranglement d'écoulement sont représentées par deux traits parallèles
	Raccordement de conduite		Rappel mécanique par ressort
	Limiteur de débit réglable		Commande électrique par électro-aimant à un enroulement
	Réservoir sous pression		Commande électrique proportionnelle par électro-aimant à un enroulement
	Bouteille déshydratante		Détendeur <i>Les pilotages sont en pointillés</i>

CONTRÔLE DE LA VARIATION DE CYLINDRÉE DU COMPRESSEUR

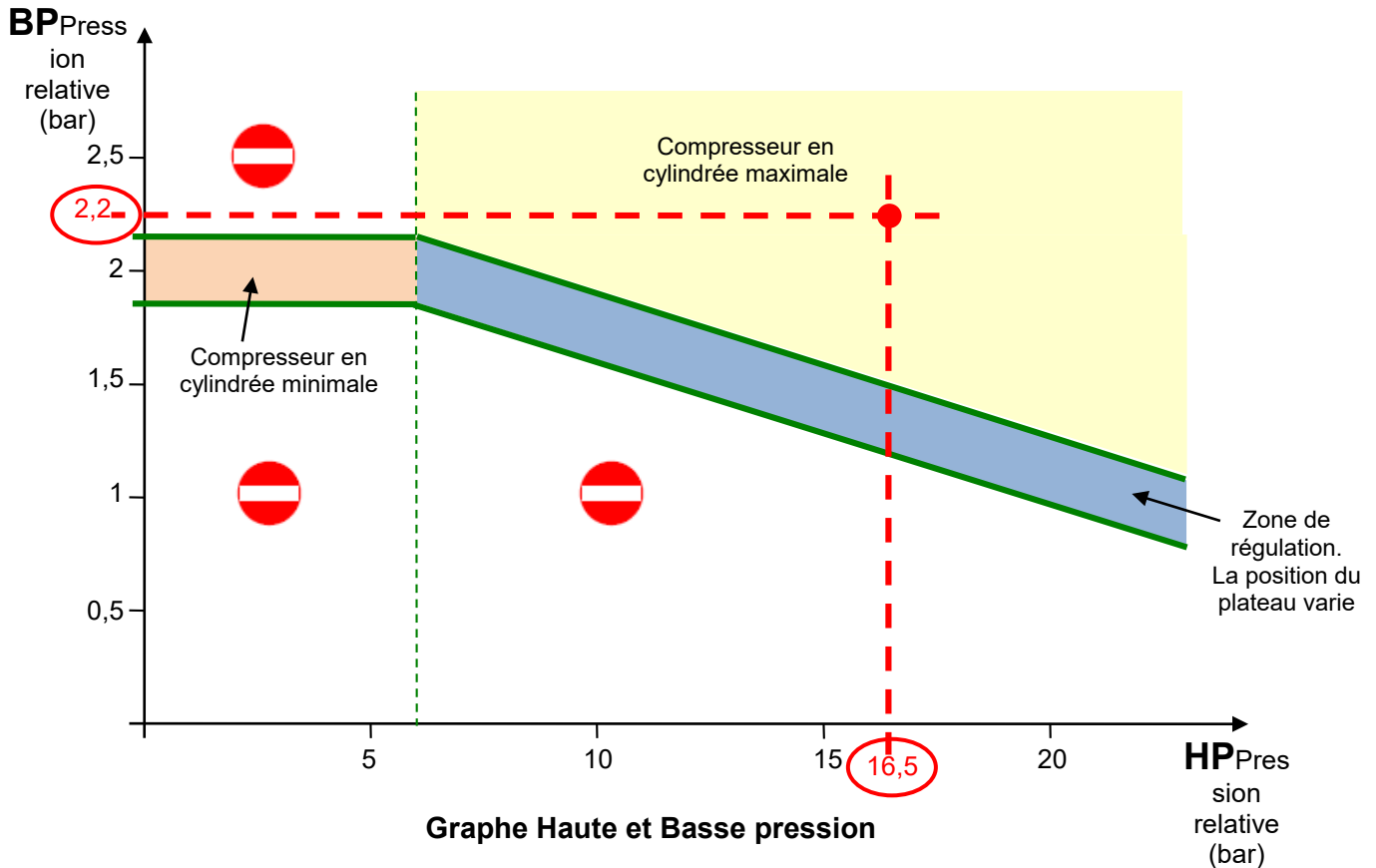
Ce contrôle va permettre de vérifier que le compresseur n'est pas grippé en position cylindrée « mini ».

Méthode : le moteur chaud, compresseur en fonction, capot fermé et froid maxi.

Si on obture partiellement la face avant du véhicule : la HP augmente, le compresseur doit passer en cylindrée maxi.

Exemple : On relève les valeurs de pression HP : 16,5 bars et BP : 2,2 bars.

Après comparaison des valeurs relevées avec celles de l'abaque, on constate que le débit du compresseur est maximal.



Le point de fonctionnement trouvé dans l'une des zones marquées par le signe  indique un dysfonctionnement du compresseur.

DOSSIER TRAVAIL

Le sujet aborde, à travers l'étude d'un système de climatisation, les différentes étapes d'une démarche de diagnostic pour une situation de panne rencontrée sur un véhicule Peugeot 308 équipé d'une climatisation automatique.

N° VIN du véhicule: VF3 L3 HMZ H HS013795

Kilométrage :85 216 km

Versions commercialisées	Plaque moteur	Cylindrée	Puissance (ISO ou CEE)	Régime puissance maximum	Couple maxi (ISO ou CEE)	Régime couple maximum
1.2i - VTI 82	HMZ (EB2)	1199 cm3	82 ch	5750 tr/min	16 daN.m	1400 tr/min

Le propriétaire se plaint d'une surconsommation de carburant et d'un « manque de froid » dans l'habitacle uniquement par temps chaud.

Partie A

Dans un premier temps, le technicien décide d'effectuer des mesures sur un autre véhicule équipé du même système de climatisation en parfait état de fonctionnement afin d'avoir des valeurs de référence.

Valeurs mesurées sur le véhicule

État moteur	Température en °C					Pression absolue en bar		Hygrométrie en %
	sortie compres. T ₂	Sortie condenseur Entrée détendeur T ₅	Entrée compres. T ₁	Ambiante atelier	Sortie aérateurs	BP p ₁	HP p ₂	Ambiante atelier
2000tr/min	83	53	13	22	6,6	3,2	17,5	37

A1 – Analyse fonctionnelle du système de climatisation

A 1.1 Identification des différents composants du système de climatisation

Le premier travail du technicien est d'identifier les différents éléments composant le système de climatisation et de connaître les températures approximatives du fluide pour un contrôle tactile.

Q A1.1	À l'aide des pages A4 et A5, compléter le nom des différents composants du système de climatisation dans les cases ovales du schéma du circuit de la page C1 du dossier réponses.
A4 A5	
C1	

A 1.2 Identification des températures

Q A1.2	Compléter, sur le schéma du circuit de la page C1, les cases carrées indiquant les valeurs de température du fluide à travers le circuit en utilisant les valeurs ci-dessus.
C1	

A 1.3 Identification des circuits HP et BP

Q A1.3	Sur le schéma du circuit de la page C1, rayer dans les cases rondes la mention inutile, en indiquant si le fluide est en haute ou basse pression. On utilise les abréviations ci-dessous :
C1	HP : Haute pression BP : Basse pression

A 1.4 Rôle des différents composants du système

Q A1.4	Indiquer dans le tableau de la page C1 du dossier réponse la fonction principale des différents composants du système.
C1	

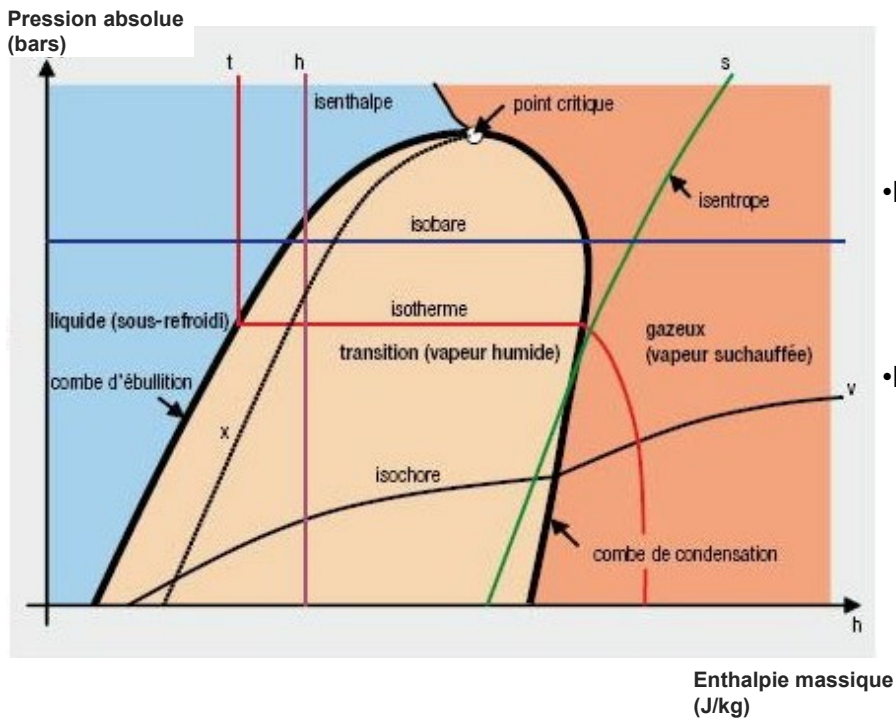
A 1.5 Schématisation hydraulique

Q A1.5	À l'aide des documents donnés en page A4, A5 et A12.
A4 A5 A12 C2	Indiquer, sur le schéma hydraulique du document réponse C2, le nom des composants dans les bulles.

A2 – Étude théorique de l'efficacité de la climatisation sans dysfonctionnement

Le diagramme de Mollier permet de suivre l'évolution de la pression p en bars (en pression absolue) en fonction de la valeur massique de l'enthalpie H en kJ/kg. Il est relatif aux changements d'état du fluide frigorigène dans un plan (p , H) lorsque la climatisation est activée.

Sur ce diagramme, on distingue :



Les zones situant les trois états du fluide :

- liquide (zone bleue)
- liquide + gaz (zone beige)
- gaz (zone orange)

- La courbe de saturation et le point critique :
 - courbe de liquide saturé (ébullition)
 - courbe de vapeur saturée (condensation)
- Les réseaux de courbes des transformations :
 - isothermes en degré Celsius
 - isobares en bar
 - isochores en m^3/kg
 - isenthalpes en kJ/kg
 - adiabatiques (isentropiques) en kJ/(kg.K)

Les pressions et les températures prises aux différents points du circuit de climatisation permettent de tracer le cycle de production de froid sur le diagramme de Mollier. Les pertes de charges dues aux canalisations sont négligées.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2021
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : ML4ASCP	Page B2 sur 8

Tracé du cycle sur le diagramme de Mollier

À partir du tableau de relevés indiqués en page B1 et du cycle donné en page A4, nous allons déterminer l'efficacité de l'installation et la puissance fournie par le compresseur.

Hypothèses :

Le fluide R1234YF a pour caractéristiques :

Rapport des capacités thermiques massiques : $C_p/C_v = \gamma = 1,12$

Caractéristique du gaz R1234 YF : $r = 85 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$

Relation de Mayer : $r = c_p - c_v$

Taux de compression du compresseur $p_2/p_1 = 4,28$

Rendement isentropique $\eta_{is} = 0,81$

Rendement mécanique $\eta_m = 0,85$

Rendement volumétrique $\eta_v = 1$

Efficacité attendue du système de réfrigération ε comprise entre 2,5 et 3

A2.1 Tracé du cycle de climatisation

Q A2.1	Sur le diagramme de Mollier donné en page C3, à l'aide des valeurs indiquées dans le tableau de mesures (page B1) ainsi que le cycle donné en page A4, tracer la BP et la HP. Positionner les points 1, 2 et 5. Positionner le point 6. Relier ces points afin de tracer le cycle théorique en rouge.
A4 A5 C3	

A2.2 - A2.3 Lecture et interprétation

Q A2.2	Par lecture sur le cycle tracé, déterminer la valeur de la surchauffe du point 7 au point 1, en °C.
Feuille de copie	

Q A2.3	Quelle est l'intérêt de la surchauffe dans le fonctionnement du compresseur ? (voir aussi page B2)
B2 Feuille de copie	

A2.4 Vérification des mesures concernant la compression du fluide

Par hypothèse, on prend $T_1 = 286 \text{ }^\circ\text{K}$.

Q A2.4.1	À partir de la formule caractérisant une compression isentropique
Feuille de copie	

$$\frac{T_{2\text{théorique}}}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}, \text{ calculer la température } T_{2\text{théorique}}.$$

Q A2.4.2	À partir de la formule du rendement isentropique $\eta_{is} = \frac{T_{2\text{théorique}} - T_1}{T_{2\text{réelle}} - T_1}$, de la température théorique $T_{2\text{théorique}}$, calculer la température réelle de fin de compression $T_{2\text{réelle}}$.
Feuille de copie	

Q A2.4.3	Comparer la valeur réelle calculée à la question précédente avec la valeur mesurée indiquée dans le tableau de la page B1.
B1 C3 Feuille de copie	

Q A2.4.4	Sur le diagramme tracé, relever la valeur enthalpique H_1 du point 1.
C3 Feuille de copie	
Q A2.4.5	Sur le diagramme tracé, relever la valeur enthalpique H_2 du point 2.
C3 Feuille de copie	
Q A2.4.6	En vous aidant du cycle donné en page A4 et des valeurs enthalpiques des points 1 et 2, déterminer le travail de compression W_{12} .
A4 Feuille de copie	

A2.5 Détermination de l'efficacité du circuit

Q A2.5.1	En vous aidant du cycle donné en page A4 indiquant la production frigorifique de l'évaporateur Q_{61} et du cycle de Mollier tracé sur le C3, relever les valeurs enthalpiques H_6 et H_1 . En déduire la quantité d'enthalpie H_{61} donc de chaleur échangée Q_{61} .
A4 C3 Feuille de copie	
Q A2.5.2	Calculer le coefficient d'efficacité du circuit de climatisation $\varepsilon = \frac{Q_{61}}{W_{12}}$
Feuille de copie	
Q A2.5.3	Le coefficient d'efficacité ainsi calculé est-il conforme aux valeurs attendues sur un système en bon état de fonctionnement ?
Feuille de copie	

A3 - Détermination de la puissance consommée par le compresseur de climatisation

Afin de déterminer une valeur normale de puissance consommée par le compresseur, nous allons évaluer le débit maximum qu'il doit délivrer dans les conditions normales de fonctionnement.

Q A3.1	À l'aide des caractéristiques du compresseur indiquées en page A2, préciser la cylindrée maxi et calculer la cylindrée mini du compresseur.
A2 Feuille de copie	
Q A3.2	À l'aide des caractéristiques du système d'entraînement du compresseur décrites en page A2, calculer le rapport des vitesses des poulies d'entraînement.
A2 Feuille de copie	
Q A3.3	Déterminer alors la vitesse de rotation du compresseur lorsque $N_{vilbr.} = 2000$ tr/min.
Feuille de copie	
	$k = \frac{N_{Compr.}}{N_{Vilebr.}}$
Q A3.4	Sachant qu'une valeur de cylindrée est générée à chaque tour du compresseur et connaissant la vitesse de rotation du compresseur, déterminer le débit volume maxi du compresseur q_v en cm^3/s puis en l/s .
Feuille de copie	

Q A3.5	À l'aide du tableau des caractéristiques thermodynamiques du fluide R1234yf donné en page A5, déterminer la masse volumique du fluide en entrée compresseur ρ en kg/m ³ . Surligner les valeurs dans le tableau de la page C4 et reporter le résultat sur la feuille de copie (arrondir à la valeur supérieure).
A5 C4 Feuille de copie	

Q A3.6	Connaissant ainsi la masse volumique du fluide R1234yf, déterminer le débit massique maxi du compresseur q_m en kg/s.
Feuille de copie	

Q A3.7	Déterminer alors la puissance théorique (P_{the}) absorbée par le compresseur en watt lorsque celui-ci est en débit maxi à l'aide de la relation suivante :
Feuille de copie	$P_{the} = q_m \cdot W_{12}$

Q. A3.8	Déterminer alors la puissance réelle (P_{re}) absorbée par le compresseur en intégrant le rendement mécanique indiqué ci-dessus.
Feuille de copie	

Q. A3.9	Sachant que le moteur du véhicule Peugeot 308 développe une puissance de 82 CV, quel est le pourcentage de puissance consommée par la climatisation (1 CV = 736 Watt).
Feuille de copie	

Partie B

Dans un deuxième temps, le technicien s'occupe de la Peugeot 308 présentant le problème de surconsommation et de « manque de froid ».

Valeurs mesurées sur la Peugeot 308 selon la procédure de mesure d'efficacité du constructeur

Température ambiante	Hygrométrie ambiante en %	Température aérateur	Pression relative	
			BP	HP
25 °C	38 %	15 °C	3,5 bars	7 bars

B1 - Plainte client de surconsommation

Q B1.1	Un compresseur de climatisation consomme environ 10 % de la puissance du moteur. Les valeurs de BP et HP relevées ci-dessus nous indiquent que la HP est inférieure à la normale (cf. page B1/8). D'après vous, la puissance consommée par ce compresseur est-elle plus importante ou moins importante que les 10 % habituel ?
Feuille de copie	

Q B1.2	Le ressenti client lié à la surconsommation de carburant est-il ainsi justifié ?
Feuille de copie	

B2 - Plainte client : manque de froid

Après un premier contrôle à l'aide de l'outil de diagnostic, le technicien constate qu'il n'y a pas de défaut mémorisé.

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2021
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : ML4ASCP	Page B5 sur 8

Analyse des relevés

Q B2.1	Reporter la température ambiante et l'hygrométrie mesurées sur le graphe de la page C5.
C5	Puis déterminer par un tracé (en bleu) la température aérateur maximale que l'on devrait obtenir. Enfin, reporter (en rouge) la valeur mesurée sur la voiture.
Q B2.2	La plainte client d'un « manque de froid » est-elle justifiée ? Pourquoi ?
C5	
Q B2.3	Reporter en rouge, sur les graphes BP et HP page C5, les valeurs du tableau de la page précédente.
C5	
Q B2.4	Parmi les 27 cas présentés dans le tableau d'interprétation des résultats page A7, déterminer dans quel cas se trouve le système.
A7 C5	Déterminer alors l'opération à effectuer puis compléter la page C5.
Q B2.5	À l'aide de la page A8, lister la ou les causes possibles du dysfonctionnement. Compléter la page C5.
A8 C5	

Étude de la gestion électronique

Q B2.6	À l'aide des pages A9, A10 et A11, compléter sur la page C6 le tableau des entrées/sorties des calculateurs en indiquant le nom des éléments et leur repère.
A9 A10 A11 C6	
Q B2.7	Page C6, indiquer sur le tableau des entrées/sorties des calculateurs les grandeurs physiques mesurées (température, pression, consignes opérateur, etc.).
A9 A10 A11 C6	
Q B2.8	Page C6, repasser en couleur les flèches des réseaux multiplexés en suivant la légende.
A9 A10 A11 C6	
Q B2.9	Page C6, entourer (en bleu) la chaîne d'action, ou de commande, de l'électrovanne du compresseur de réfrigération, depuis le BSI jusqu'à l'électrovanne.
A9 A10 A11 C6	
Q B2.10	Page C7, compléter le circuit de commande de l'électrovanne 8020.
A9 A10 A11 C7	Indiquer : ☐ les numéros de fil, <i>dans le cadre en pointillé</i> ☐ le numéro de voie, <i>dans les cases grisées</i> ☐ le nombre de voies et la couleur des connecteurs, ex : 48VMR = 48 voies Marron ☐ les numéros des deux liaisons ☐ le numéro du fusible ☐ terminer la liaison électrique du fusible.

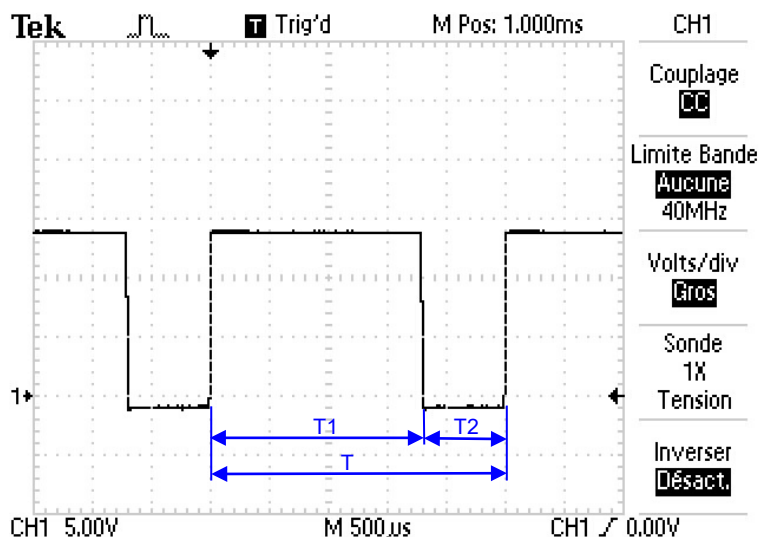
Le technicien mesure la résistance aux bornes de l'électrovanne et trouve valeur de 11,7 Ω .

Q B2.11	Quelle est la valeur fournie par le constructeur pour la résistance de l'électrovanne ?
A4 C7	La valeur mesurée par le technicien (11.7 Ω) est-elle correcte ? Compléter la page C7.

Le technicien contrôle la commande de l'électrovanne (rapport cyclique variable) et effectue le test actionneur suivant.



Lors du test actionneur, le technicien relève à l'oscilloscope la tension de commande de l'électrovanne.



Tension mesurée à l'oscilloscope entre les voies 2 et 1 du connecteur 2VNR de l'électrovanne.

Signal de commande de l'électrovanne de commande du compresseur (En volts).

"T1" temps à l'état haut.

"T2" temps à l'état bas.

"T" Période.

Q B2.12	À l'aide du relevé ci-dessus, déterminer le rapport cyclique de commande.
Feuille de copie	

Sur l'outil de diagnostic, en mesures paramètres, le technicien relève un rapport cyclique de 72 %.

Q B2.13	Conclure et justifier votre réponse.
Feuille de copie	

Le technicien décide de contrôler la variation de cylindrée du compresseur.

Les valeurs mesurées sur la Peugeot 308, selon la procédure de contrôle de la cylindrée variable du compresseur décrite en page A 13/13, sont fournies dans le tableau ci-dessous.

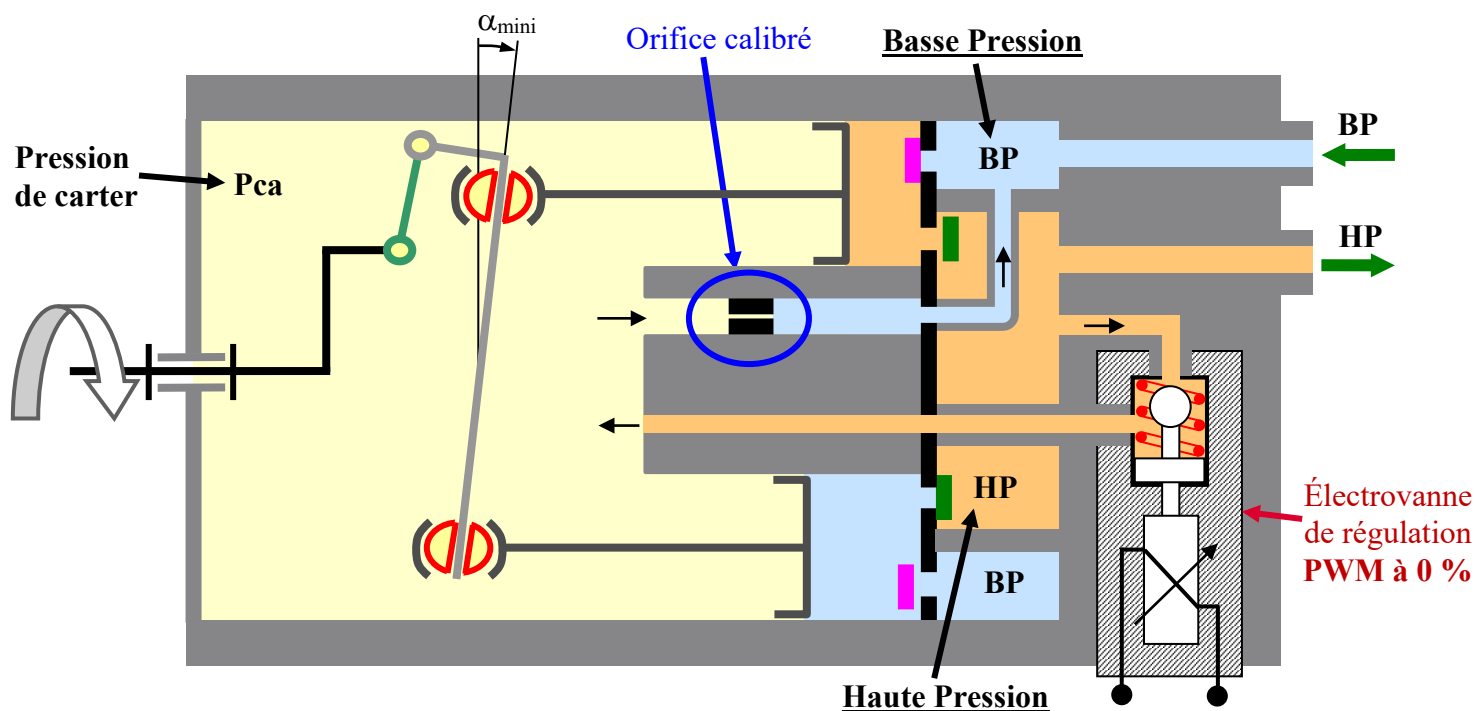
Température extérieure	Hygrométrie extérieure en %	Température aérateur	Pression relative	
			BP	HP
25 °C	38 %	15 °C	1,5 bars	15 bars

Q B2.14	Positionner le point de fonctionnement sur le graphe page C7.
C7	

Q B2.15	Le compresseur est-il passé en cylindrée maximum ? Répondre sur la page C7.
C7	

Pour la suite de l'étude,
on considère que la variation de cylindrée du compresseur ne fonctionne pas.

Cylindrée MINI



Étude du déplacement du plateau oscillant du compresseur en fonction des pressions

Q B2.16	Pour les 2 cas présentés dans le tableau de la page C8, indiquer s'il y a augmentation ou diminution des grandeurs ci-dessous :
A3 C8	☐ La variation du PWM ☐ La variation de la pression de carter du compresseur Pca ☐ La variation de l'angle d'inclinaison du plateau α . ☐ La variation de débit du compresseur ☐ La variation de la quantité de chaleur absorbée au niveau de l'évaporateur
Q B2.17	Sur le schéma hydraulique page C8, représenter l'électrovanne (bobine, ressort et conduits internes) lorsque le compresseur est en cylindrée MINI puis en cylindrée MAXI .
A3 A12 C8	Indiquer la valeur de la commande PWM.
Q B2.18	Indiquer, en cochant, la ou les causes possibles d'un mauvais fonctionnement du compresseur de climatisation.
A3 C8	
Q B2.19	En admettant que la pression carter n'a pas pu diminuer, indiquer quels peuvent être les éléments à mettre en cause en vous aidant du schéma hydraulique. Expliquer pourquoi ?
A3 C8	

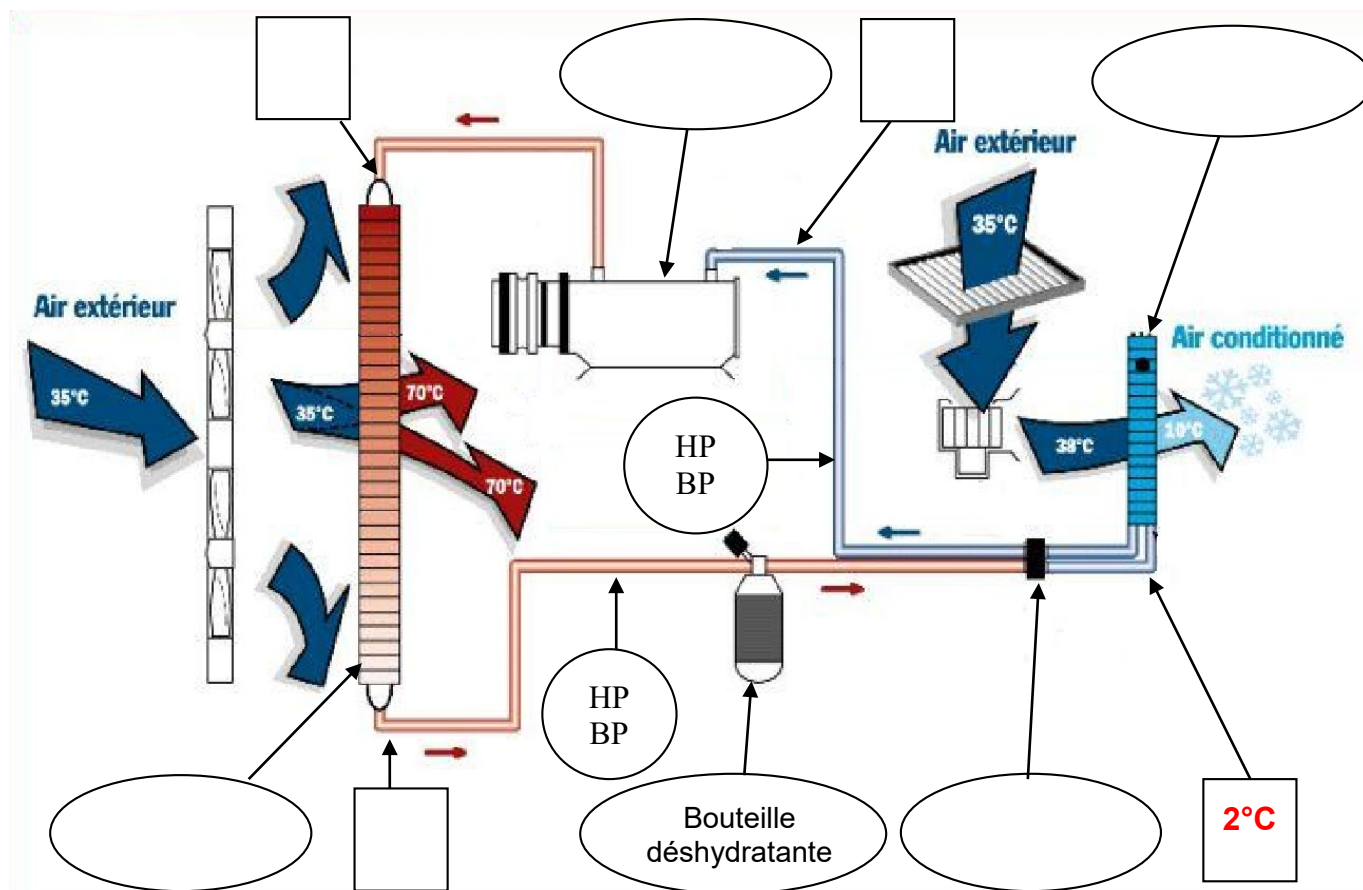
DOSSIER RÉPONSES

Partie A

A1 - Analyse fonctionnelle du système de climatisation

Questions A1.1, A1.2, A1.3

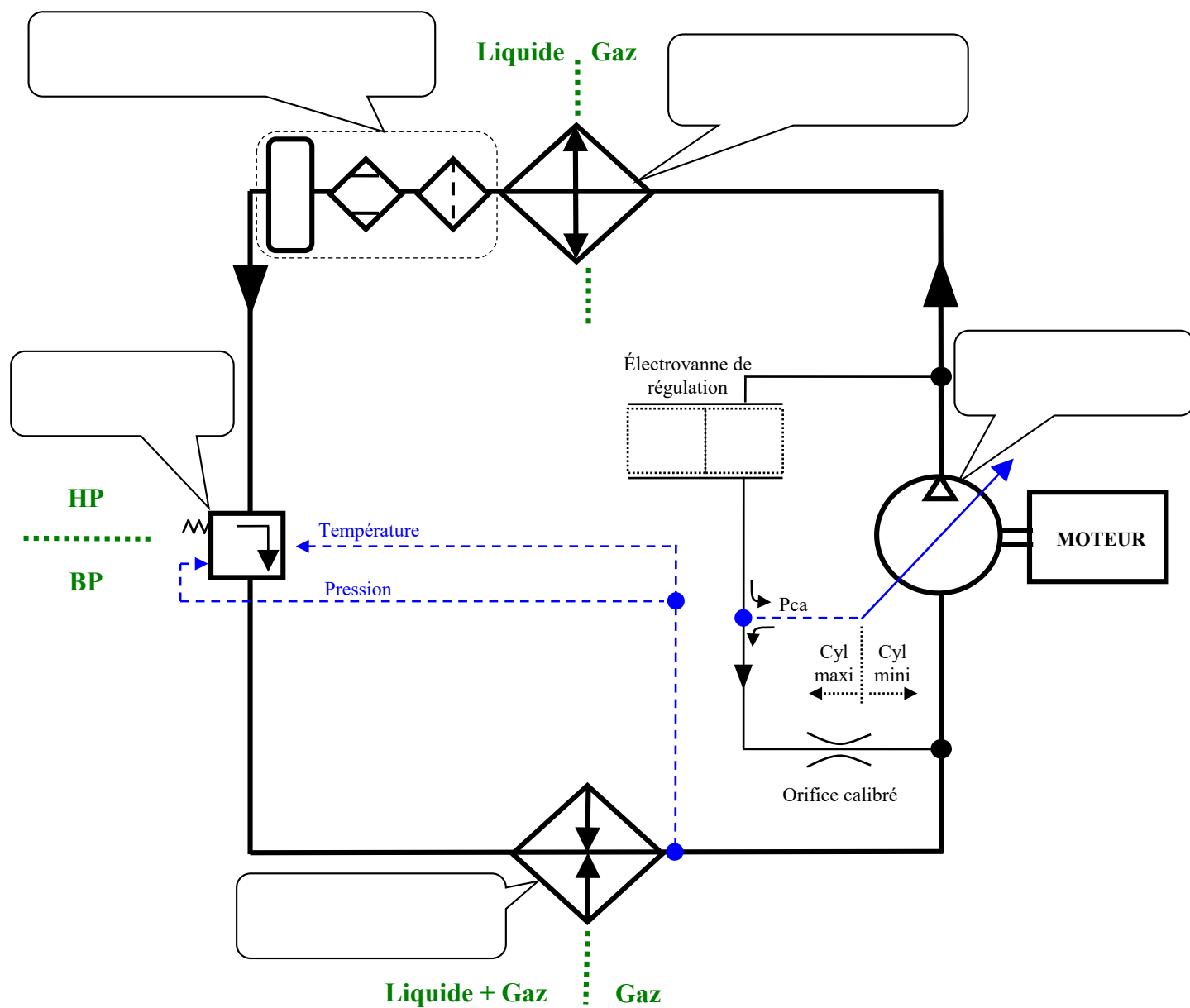
SCHÉMA DU CIRCUIT DE CLIMATISATION



Question A1.4

Composant	Fonctions
Compresseur	
Condenseur	
Bouteille déshydratante	
Détendeur	
Évaporateur	

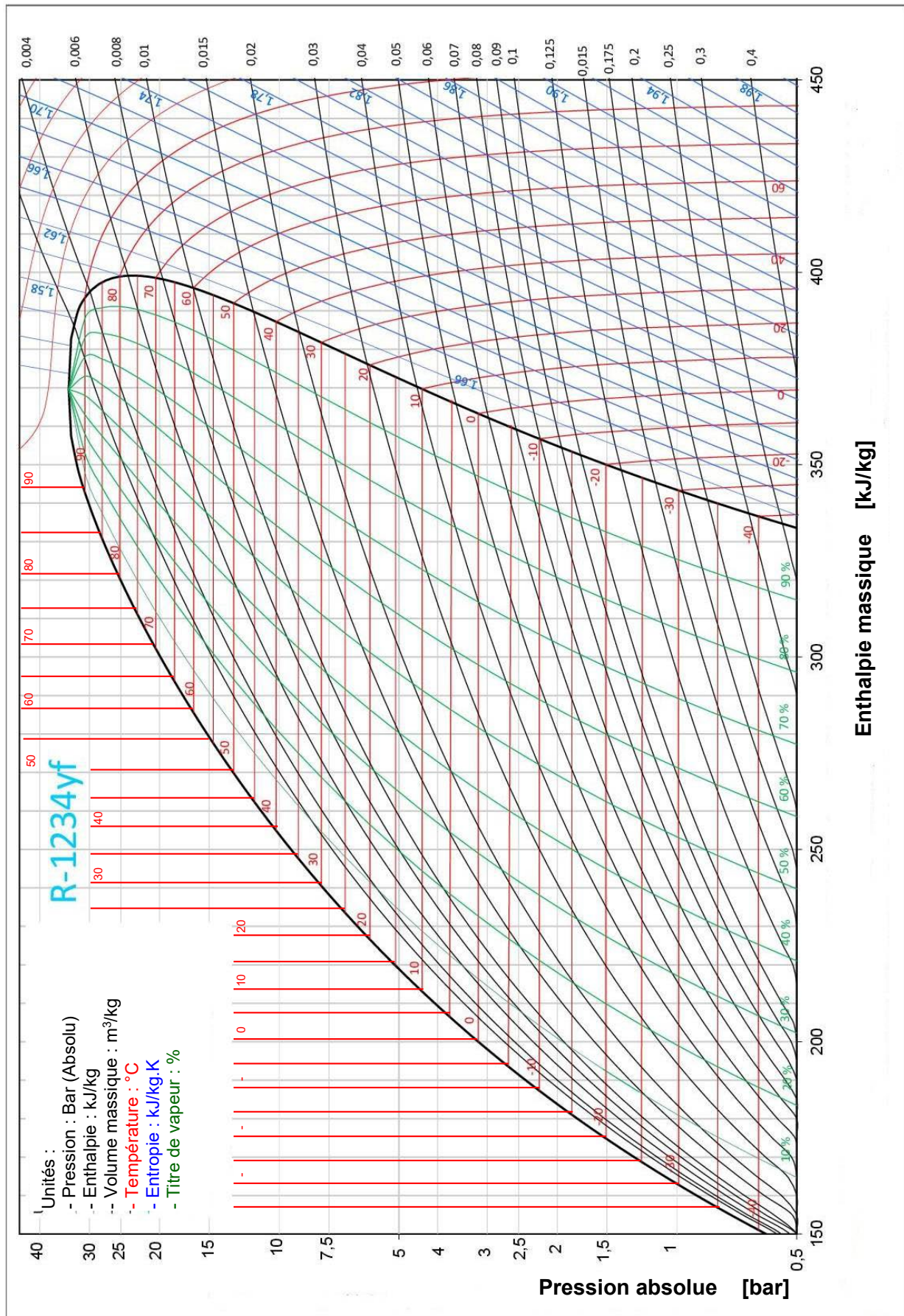
Question A1.5



Pca : pression de carter

Question A2.1

DIAGRAMME DE MOLLIER



Question A3.5

Détermination graphique de la masse volumique du fluide R1234yf :

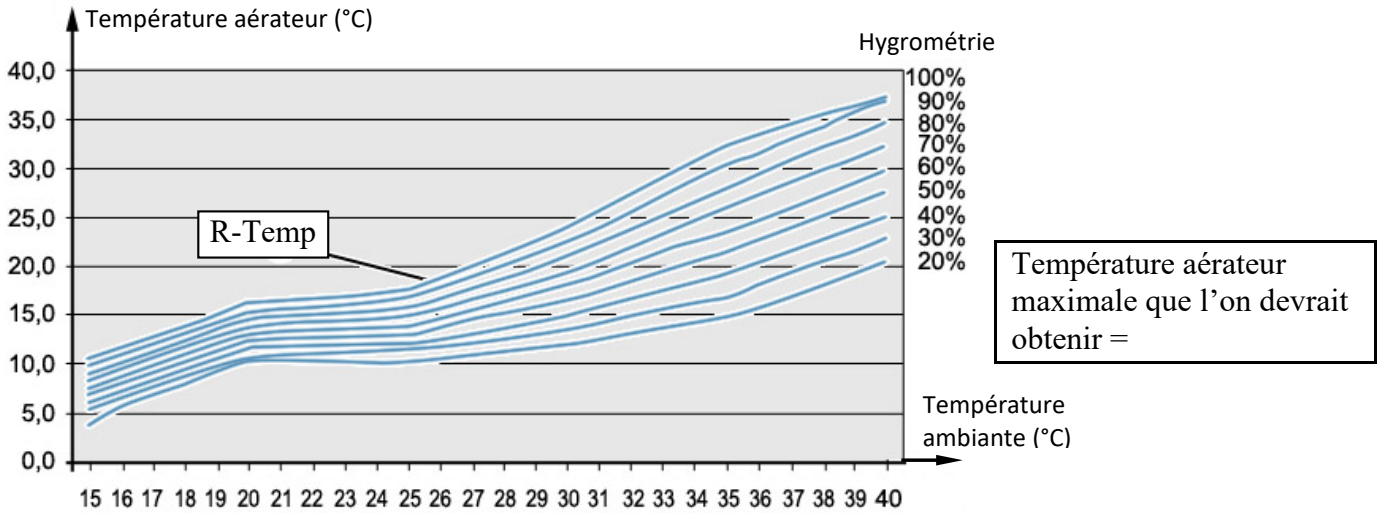
Caractéristiques thermodynamiques du fluide R1234yf :

Pression absolue (bar)	Temp. Changement d'état (°C)	LIQUIDE			GAZ		
		Vol. mass (dm ³ /kg)	Masse.vol (Kg/dm ³)	Enthalpie (KJ/Kg)	Vol.mass (m ³ /Kg)	Masse vol. (Kg/m ³)	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

Partie B

B2 - Plainte client : manque de froid

Question B2.1



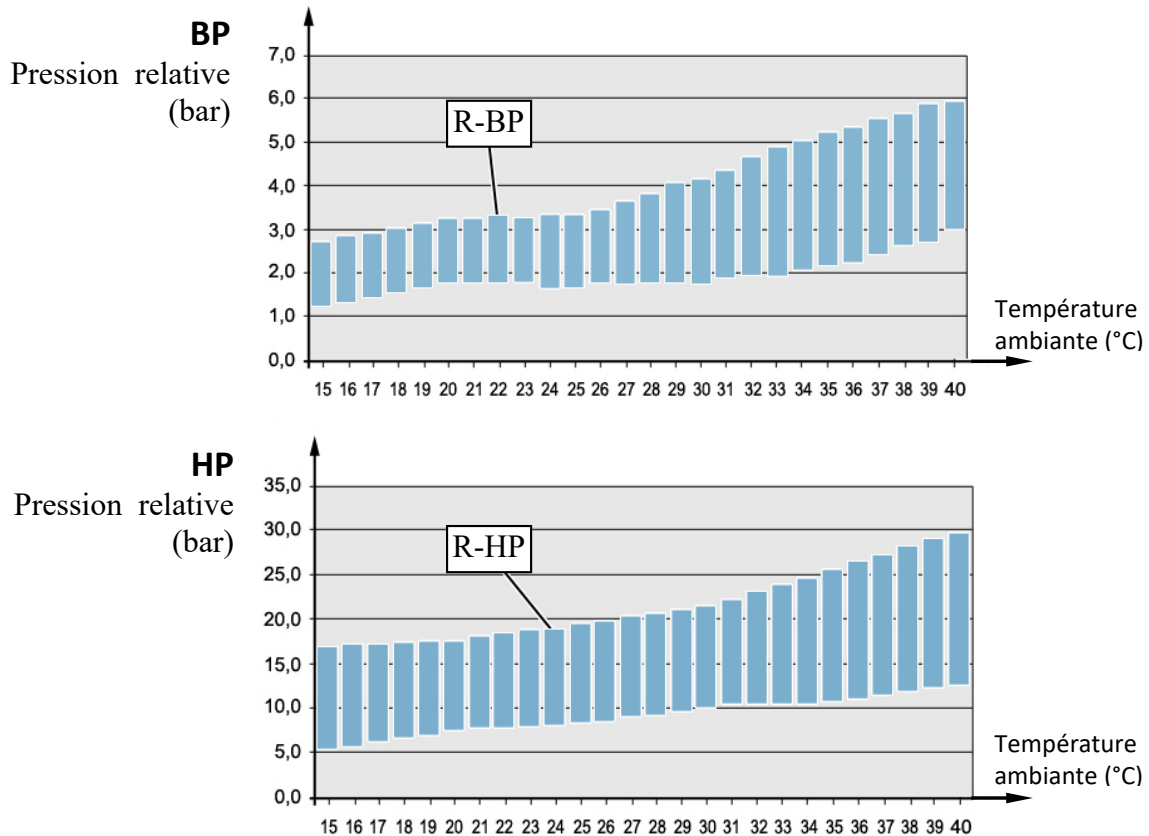
Question B 2.2 La plainte client d'un « manque de froid » est-elle justifiée ?

☐ oui

☐ non

Pourquoi ?

Question B2.3

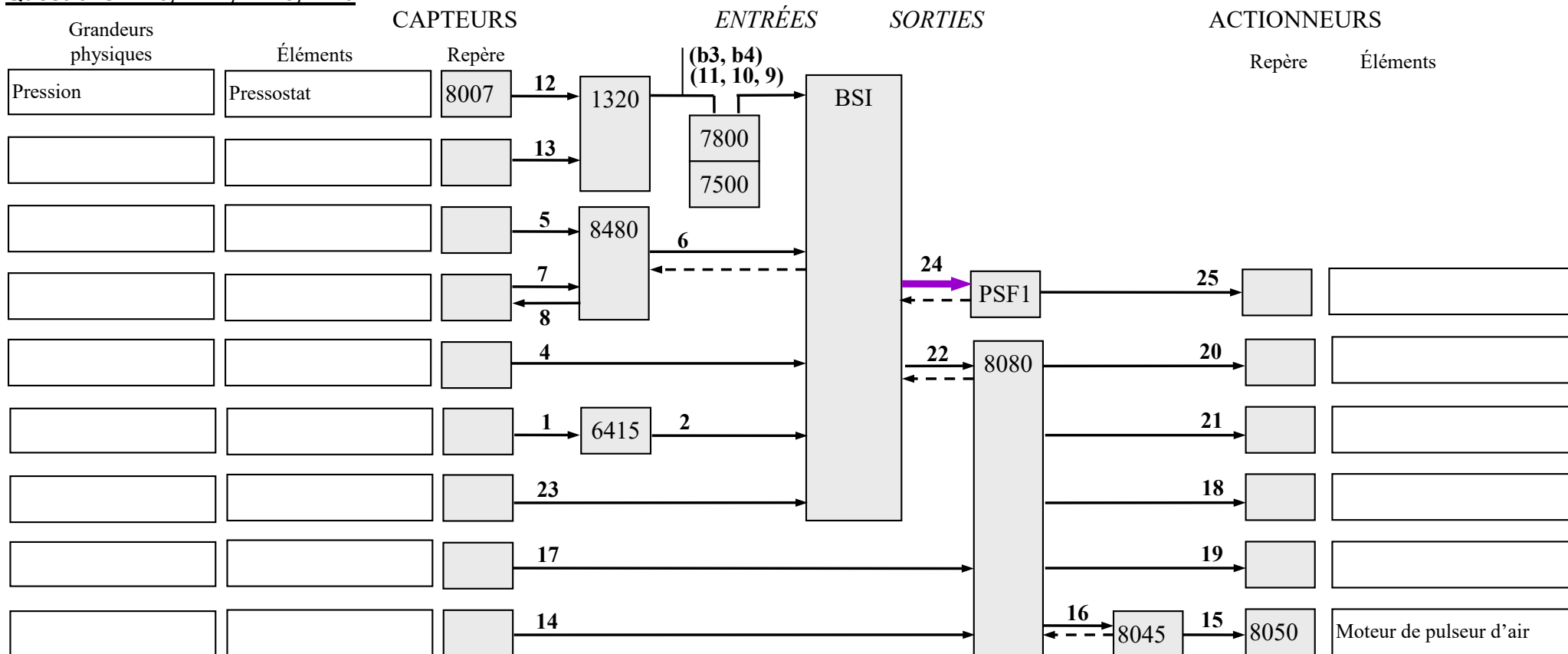


Question B 2.4 N° du cas repéré et opérations à effectuer :

Question B 2.5 Cause(s) possible(s) :

Étude du fonctionnement de la partie gestion électronique

Questions B2.6, B2.7, B2.8, B2.9 :



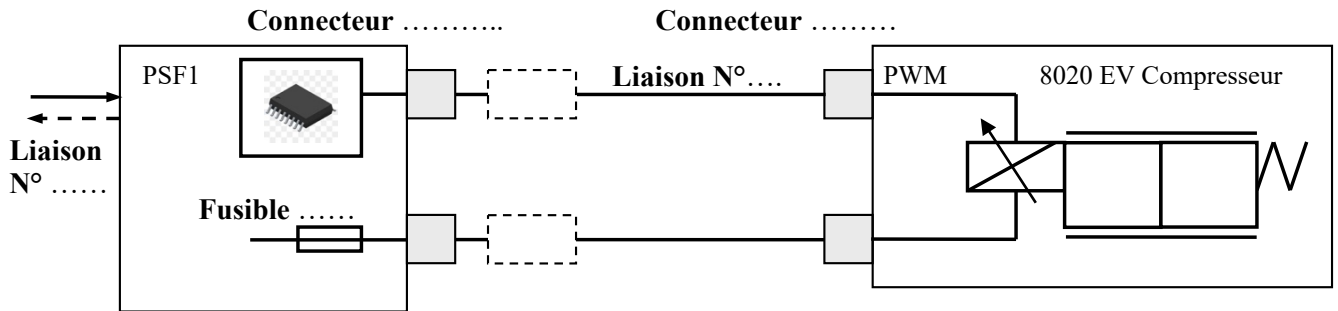
Légende des réseaux multiplexés

- CAN INF DIV
- CAN IS
- CAN CONF
- CAN CAR
- ← - - - Indique un retour d'information sur la ligne

BTS MAINTENANCE DES VÉHICULES	SESSION 2021
E4 – Analyse des Systèmes et Contrôle des Performances	Durée : 6 heures
Code sujet : ML4ASCP	Page C6 sur 8

Question B2.10 :

Commande de l'électrovanne de compresseur 8020



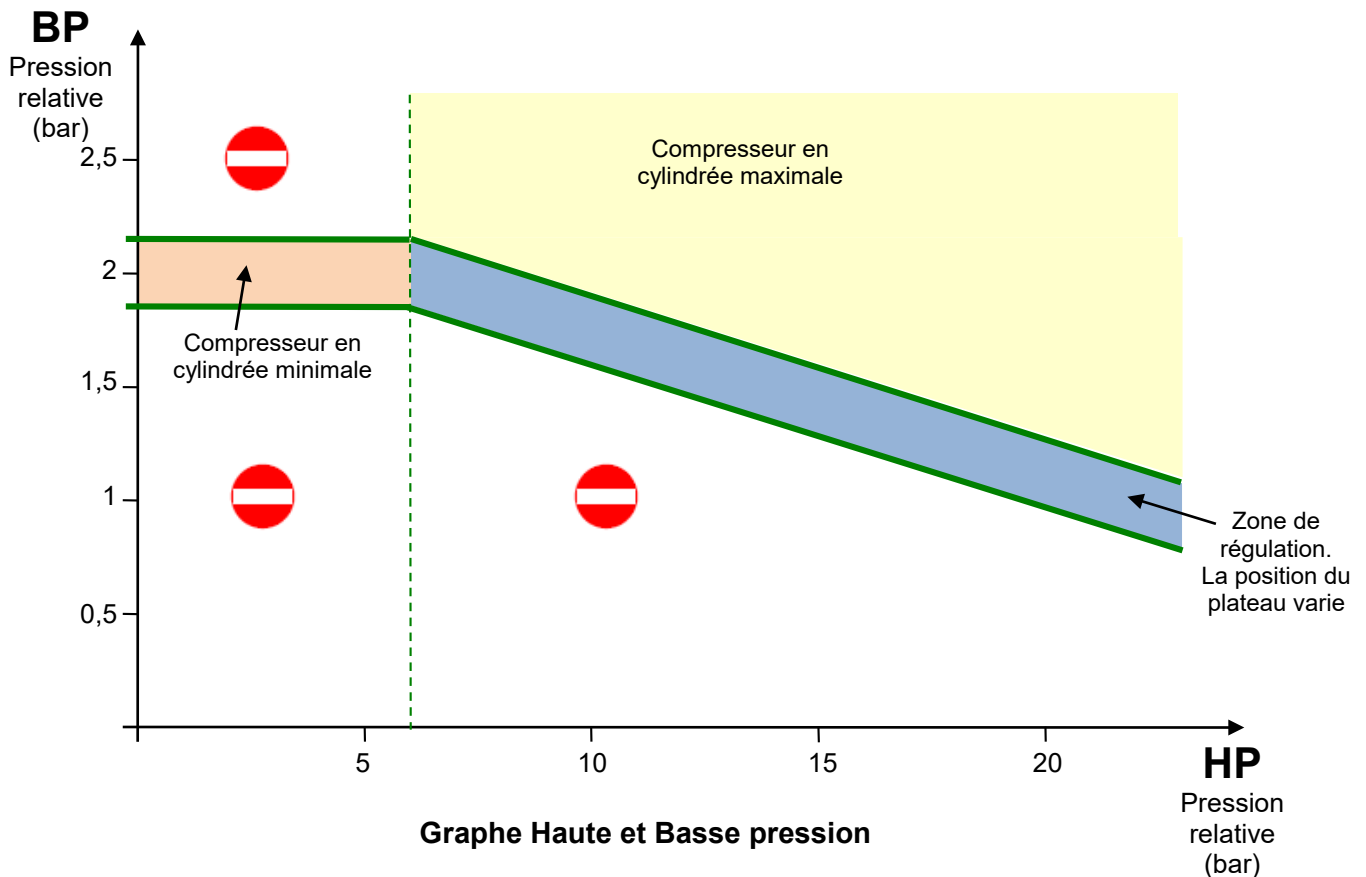
Question B2.11 :

Valeur de résistance de l'électrovanne de compresseur 8020 (*indiquée dans le dossier technique*) :

La valeur mesurée vous paraît : mettre une croix dans la case correspondante,

Correcte	☐	Non correcte	☐
----------	--------------------------	--------------	--------------------------

Question B2.14 :



Question B2.15 :

Le compresseur est-il passé en cylindrée maximum ?

oui	☐	Non	☐
-----	--------------------------	-----	--------------------------

Étude du déplacement du plateau oscillant du compresseur en fonction des pressions

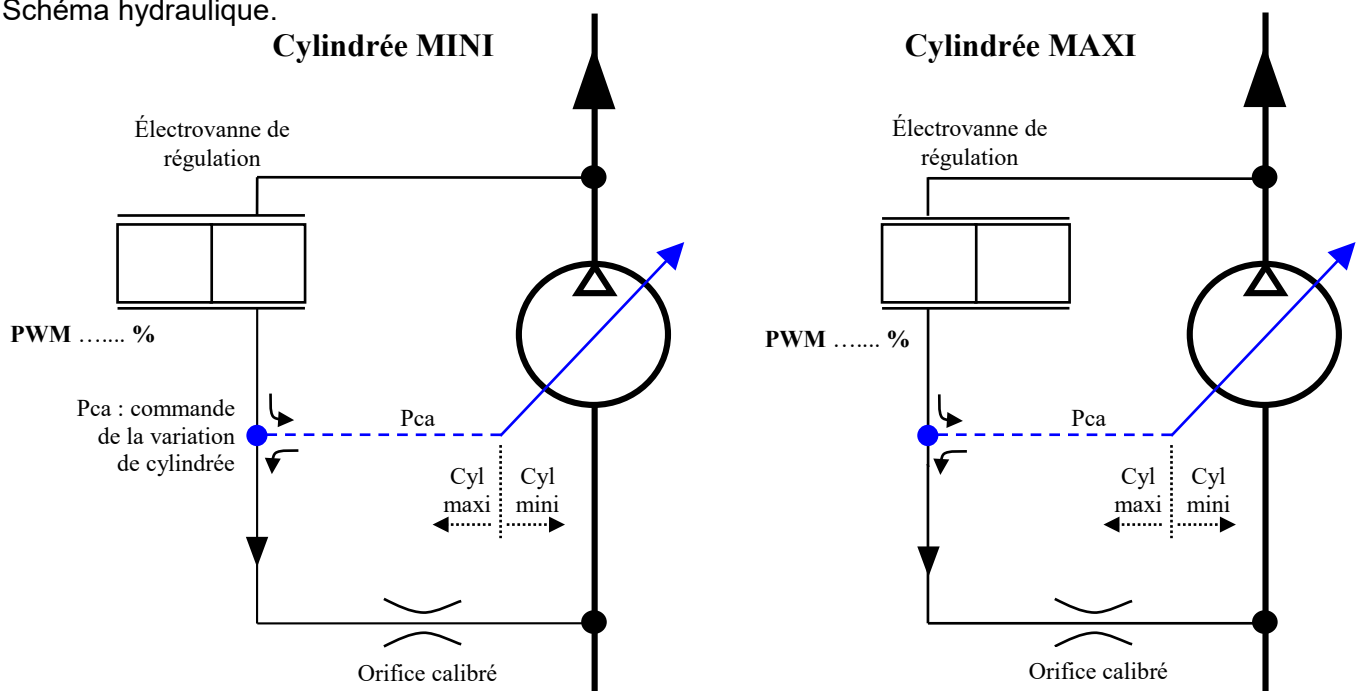
Question B2.16 :

Pour les 2 cas présentés dans le tableau, indiquer s'il y a **augmentation** ou **diminution** des grandeurs ci-dessous :

Phase de fonctionnement	Variation du PWM de pilotage de l'électrovanne	Variation de pression de carter du compresseur Pca	Variation de l'angle d'inclinaison du plateau α	Variation de débit du compresseur	Variation de la quantité de chaleur absorbée au niveau de l'évaporateur
Augmentation de la cylindrée	Augmente	Diminue			Augmente
Diminution de la cylindrée					

Question B2.17 :

Schéma hydraulique.



Question B2.18 :

Cocher la ou les causes possibles d'un mauvais fonctionnement :

- ☐ La Pca est trop importante.
- ☐ Le compresseur ne passe pas en cylindrée maxi, il n'a pas un débit suffisant.
- ☐ La Pca est trop faible.
- ☐ Le détendeur est bloqué fermé.
- ☐ La bouteille déshydratante est colmatée.

Question B2.19 :

Éléments à mettre en cause et justification :

.....

.....

.....

.....

.....

.....