

الصفحة	1	<b>الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا</b> <b>المصالح المهنية</b> <b>الدورة العادية 2021</b> <b>- الموضوع -</b>	جمهورية المغرب وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي <b>المركز الوطني للتقويم والامتحانات</b>
14	NS 212A		
***	PPPPPPPPPPPPPPPPPPPP		
4h	مدة الإنجاز	الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 1	المادة
10	المعامل	شعبة الهندسة الكهربائية مسلك التبريد وتكييف الهواء	الشعبة أو المسلك

## CONSTITUTION DE L'ÉPREUVE

- Volet 1 : Présentation de l'épreuve et grille de notation : Page 1/14.
- Volet 2 : Substrat du sujet : Pages de 2/14 à 10/14.
  - Situation d'évaluation n° 1 : Pages de 2/14 à 7/14.
  - Situation d'évaluation n° 2 : Page de 7/14 à 10/14.
  - Documents réponses : Pages de 2/14 à 10/14 « **A rendre par le candidat** »
- Volet 3 : Documents Ressources (DRES) : Pages de 11/14 à 14/14.

### VOLET 1 : PRESENTATION DE L'ÉPREUVE

- Système à étudier : **Chambre froide de conservation du lait cru**
- Durée de l'épreuve : 4 h
- Coefficient : 10
- Moyen de calcul autorisé : Calculatrice non programmable
- Documents autorisés : Aucun

#### GRILLE DE NOTATION :

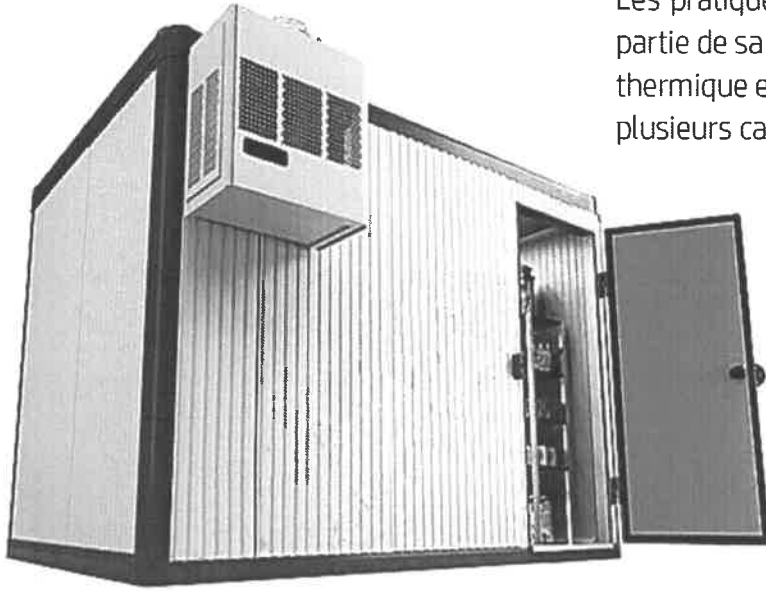
**TOTAL : ...../76 POINTS**

Situation d'évaluation 1		
Tâche	Question	Note
1.1	a	6 pts
	b	3 pts
	c1	2 pts
	c2	2 pts
1.2	a1	2,5 pts
	a2	1,5 pt
	b	3 pts
1.3	a	1 pt
	b	2,5 pts
	c1	3,5 pts
	c2	1 pt
	d	5 pts
1.4	e	4 pts
	a1	2 pts
	a2	1 pt
	b1	1 pt
	b2	2 pts

Situation d'évaluation 1		
Tâche	Question	Note
1.4 (suite)	c	1 pt
	d	1 pt
	e	1 pt
<b>Total :</b>		<b>46 pts</b>

Situation d'évaluation 2		
Tâche	Question	Note
2.1	a	2 pts
	b	4 pts
	c	3 pts
	d	2 pts
	e	4 pts
	f	4 pts
2.2	a	3 pts
	b	1 pt
2.3	a	3 pts
	b	4 pts
<b>Total :</b>		<b>30 pts</b>

## VOLET 2 : SUBSTRAT DU SUJET



Les pratiques de conservation du lait dépendent en grande partie de sa nature. Or, en fonction des critères de traitement thermique et de teneur en matière grasse, on peut distinguer plusieurs catégories de laits.

Pour assurer l'approvisionnement du marché local en lait, une coopérative agricole dispose d'une chambre froide pour conserver le lait cru, il est embouteillé à la ferme directement après traite des vaches (sans traitements ultérieurs).

Le stockage du lait se fait à une température de  $+2^{\circ}\text{C}/+4^{\circ}\text{C}$ . Le fluide frigorigène utilisé est le R134a.



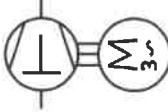
### Situation d'évaluation n°1 :

Pour intervenir sur des installations frigorifiques, il est essentiel d'avoir une bonne connaissance du principe de fonctionnement de leurs circuits fluidiques et électriques, de leurs composants et une maîtrise des différentes opérations de mise en service et de maintenance en tenant compte des normes en vigueur relatives à l'efficacité énergétique.

**Tâche 1.1 :** Avant d'aborder l'étude de l'installation frigorifique de la chambre froide de conservation du lait cru, il serait très efficace de rappeler quelques principes et activités de base. Pour cela, et en se référant au schéma du circuit fluidique (DRES page 11/14) et électrique (DRES page 12/14), répondre aux questions suivantes :

- a. Compléter le tableau suivant par la désignation et la fonction de chaque élément symbolisé : /6 pts

Symbole du composant	Désignation (nom)	Fonction dans le circuit frigorifique étudié
	..... ..... .....	..... ..... .....
	..... ..... .....	..... ..... .....
	..... ..... .....	..... ..... .....

Symbole du composant	Désignation (nom)	Fonction dans le circuit frigorifique étudié
	..... .....	..... .....
	..... .....	..... .....
	..... .....	..... .....

b. Complétez le tableau suivant par le nom et la fonction de chaque composant électrique repéré : /3 pts

Repère	Nom du composant	Rôle du composant
<i>H1</i>	.....	.....
<i>S1</i>	.....	.....
<i>KM2</i>	.....	.....
<i>F3</i>	.....	.....
<i>Y1</i>	.....	.....
<i>F1</i>	.....	.....

c. En se référant au tracé du cycle fonctionnel sur le diagramme enthalpique du fluide frigorigène **R134a** (DRES page 13/14) :

c1. Compléter le tableau suivant en mettant une croix à la case correspondante à l'état de fluide frigorigène au points considérés : /2 pts

Point	Etat de fluide frigorigène		
	Liquide sous-refroidi	Mélange liquide - vapeur	Vapeur surchauffée
A			
B			
E			
F			

c2. Compléter le tableau suivant par les expressions convenables : /2 pts

Zone	Evolution de l'état du fluide frigorigène
.....	Détente
G - A	.....
A - B	.....
.....	Sous-refroidissement

الصفحة	4 NS 212A	الموضوع - الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2021 - الموضوع - مادة: الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 1- شعبة الهندسة الكهربائية مسلك التبريد وتكييف الهواء	
14			

**Tâche 1.2 :** Pour vérifier le circuit électrique de l'installation, il faudrait être en mesure de lire des schémas, d'identifier des plaques signalétiques de ses composants et d'interpréter son principe de fonctionnement.

a. En se basant sur la plaque signalétique du moto-compresseur (DRES page 13/14)

a1. Compléter le tableau suivant par la désignation des caractéristiques mentionnées : /2,5 pts

Caractéristique	Désignation
IP 65	Indice de protection
1450 tr/min	.....
50 Hz	.....
7,8 A	.....
37 A	.....
16,2 m <sup>3</sup> /h	.....

a2. Affirmer, par **Vrai** ou **Faux**, les propositions du tableau suivant : /1,5 pts

Proposition	Affirmation
Si ce moto-compresseur frigorifique est branché sur un réseau triphasé 380 V alors les bobines seront couplées en (Y).	.....
Si ce moto-compresseur frigorifique est branché sur un réseau triphasé 380 V/50 Hz alors il tournera à 1750 tr/min.	.....
Si ce moto-compresseur frigorifique est branché sur un réseau triphasé 380 V/50 Hz alors chaque phase absorbera 7,8 A dans les conditions normales.	.....

b. Compléter le tableau suivant, d'après le schéma électrique du circuit de puissance et de commande (DRES page 12/14), en mettant une croix dans la case convenable : /3 pts

Situation	Réponse		
La régulation adoptée est de type :	<input type="checkbox"/> tirage au vide automatique	<input type="checkbox"/> par protection minimum	<input type="checkbox"/> pressostatique
Le contact B3 se ferme lorsque :	<input type="checkbox"/> l'humidité augmente dans la chambre froide	<input type="checkbox"/> la température augmente dans la chambre froide	<input type="checkbox"/> la température diminue dans la chambre froide
La bobine Y1 est branchée sur le circuit :	<input type="checkbox"/> de puissance	<input type="checkbox"/> de commande	<input type="checkbox"/> de commande et de puissance
F3 protège le circuit de commande contre :	<input type="checkbox"/> les défauts d'isolement	<input type="checkbox"/> les surtensions	<input type="checkbox"/> les court-circuits
Le contact B1 s'ouvre lorsque :	<input type="checkbox"/> la haute pression augmente	<input type="checkbox"/> la basse pression augmente	<input type="checkbox"/> la haute pression diminue
Le contact B2 s'ouvre lorsque :	<input type="checkbox"/> la basse pression diminue	<input type="checkbox"/> la haute pression diminue	<input type="checkbox"/> la basse pression augmente

**Tâche 1.3 :** le montage de l'installation frigorifique étant achevé, on procède à sa mise en service et aux relevés des valeurs de certains paramètres de fonctionnement. Afin d'assurer le bon fonctionnement de cette installation, répondre aux questions suivantes :

a. Citer deux moyens de protection individuelle pour réaliser les opérations de mise en service des installations frigorifiques ? /1 pt

- .....
- .....

b. Compléter le mode opératoire, en ordre chronologique, de mise en service de l'installation frigorifique en utilisant la liste des opérations proposées ci-dessous : /2,5 pts

- 1) .....
- 2) .....
- 3) **Effectuer le tirage au vide (pompe à vide) ;**
- 4) .....
- 5) **Régler et vérifier les appareils de régulation et de sécurité ;**
- 6) .....
- 7) .....

**Liste des opérations de mise en service :**

- Déposer le manifold
- Effectuer la charge en fluide frigorigène
- Effectuer le test d'étanchéité primaire sous pression d'azote sec
- Poser le manifold
- Relever les paramètres de fonctionnement

c. Avant de procéder à la première mise en service de l'installation frigorifique, un test d'étanchéité doit être effectué, suivi de l'opération schématisée par la figure ci-dessous :

c1. Compléter le schéma suivant en réalisant le raccordement des flexibles nécessaires et en donnant le nom et le but l'opération effectuée : /3,5 pts

Schéma de raccordement des flexibles	Nom et but de l'opération
<p style="text-align: center;">Manifold</p> <p style="text-align: center;">Vacuomètre</p> <p style="text-align: center;">Pompe à vide</p>	<p>Nom : .....</p> <p>.....</p> <p>But : .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

c2. Citer deux indicateurs confirmant une charge correcte de l'installation en fluide frigorigène ? /1 pt

- .....
- .....

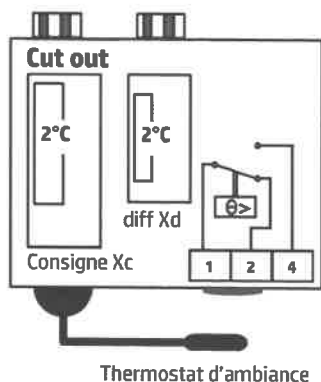
d. Calculer les grandeurs suivantes en se référant aux données techniques relatives au condenseur (DRES page 13/14) : /5 pts

Grandeur	Formule	Application numérique
la surface frontale du condenseur (m <sup>2</sup> ) :	S = .....	S = .....
la vitesse moyenne (m/s) de circulation de l'air à travers le condenseur :	V <sub>moy</sub> = .....	V <sub>moy</sub> = .....
le débit volumique de l'air (m <sup>3</sup> /s) :	qv = .....	qv = .....
le débit massique de l'air (kg/s) :	qm = .....	qm = .....
la puissance du condenseur (kW) :	Φ <sub>k</sub> = .....	Φ <sub>k</sub> = .....

e. Calculer, en utilisant la fiche des relevés des paramètres de fonctionnement (DRES page 14/14), les écarts de température sur le fluide frigorigène : /4 pts

Désignation	Formule	Application numérique
Ecart total de température à l'évaporateur	Δθ <sub>total/évap</sub> = .....	Δθ <sub>total/évap</sub> = .....
Sous-refroidissement au condenseur	Δθ <sub>S/R</sub> = .....	Δθ <sub>S/R</sub> = .....
Surchauffe fonctionnelle à l'évaporateur	Δθ <sub>S/C</sub> = .....	Δθ <sub>S/C</sub> = .....
Ecart total de température au condenseur	Δθ <sub>total/cond</sub> = .....	Δθ <sub>total/cond</sub> = .....

**Tâche 1.4 :** Pour assurer le bon fonctionnement de l'installation frigorifique de la chambre froide de conservation du lait cru (DRES page 11/14 et 12/14), il serait intéressant de maîtriser le processus de réglage des appareils de régulation et de sécurité et de prévoir un système de dégivrage à intégrer à l'évaporateur. Pour cela, répondre aux questions suivantes :



a. La chambre froide doit maintenir une température de conservation comprise entre 2°C et 4°C. Cette température est réglée par un thermostat d'ambiance dont les valeurs pré-réglées sont montrées sur le schéma ci-contre :

a1. Compléter le tableau suivant :

/2 pts

Température d'enclenchement (en °C)	.....
Température de déclenchement (Coupure) (en °C)	.....
Différentiel (en °C)	.....

a2. Quel contact faut-il choisir pour réaliser le câblage électrique de ce thermostat ? /1 pt

.....

b. Le circuit frigorifique est protégé par un pressostat HP type Cut out contre toute augmentation anormale de la pression de refoulement. On donne : Température de condensation : 45 °C ; Marge de sécurité : 10 °C.

**Tableau de la relation pression/température du fluide frigorigène R134a :**

Température	Pression effective
40 °C	9,15 bar
45 °C	10,60 bar
50 °C	12,17 bar
55 °C	13,90 bar

b1. Déterminer les paramètres de réglage suivants : /1 pt

– La pression d'enclenchement = .....

– La pression de déclenchement = .....

b2. Déterminer les valeurs de réglage du pressostat HP : /2 pts

– La consigne Xc = .....

– Le différentiel Xd = .....

c. Quel est le but de dégivrage des évaporateurs des chambres froides ? /1 pt

.....

d. Donner le type de dégivrage utilisé d'après le schéma du circuit électrique de commande de l'installation frigorifique. /1 pt

.....

e. Quel appareil faut-il ajouter au circuit électrique de commande de l'installation pour avoir un dégivrage périodique de l'évaporateur ? /1 pt

.....

## Situation d'évaluation n°2 :

Pour intervenir sur une installation frigorifique, il est primordial d'avoir une bonne maîtrise des outils de la maintenance, des démarches méthodologiques de diagnostic, de l'analyse des symptômes, des causes et les remèdes des pannes courantes affectant les circuits fluidiques et électriques.

**Tâche 2.1 :** On commence d'abord par vérifier l'acquisition des notions de base de la maintenance des installations frigorifiques.

a. Cocher la bonne réponse : /2 pts

La maintenance préventive se fait :	La maintenance corrective se fait :
<input type="checkbox"/> Avant la panne.	<input type="checkbox"/> Avant la panne.
<input type="checkbox"/> Au moment de la panne.	<input type="checkbox"/> Après un temps programmé.
<input type="checkbox"/> Après la panne.	<input type="checkbox"/> Après la panne.

b. Compléter le tableau suivant en mettant une croix dans la case convenable :

/4 pts

Type de maintenance Intervention	Maintenance préventive		Maintenance Corrective	
	Systématique	Conditionnelle	Palliative (dépannage)	Curative (réparation)
Remplacer un filtre déshydrateur colmaté	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Resserrer les boulons du socle du groupe frigorifique quand les vibrations du compresseur dépassent la limite admise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Changer l'huile du moto-compresseur pendant une durée de fonctionnement déterminée par le constructeur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Changer le fusible aM par un fusible gL en attendant la livraison des fusibles aM exigés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

c. Compléter le tableau des symptômes relatifs aux pannes frigorifiques citées par **Elevée** ou **Faible** : /3 pts

Pannes	Basse pression	Haute pression
Détendeur trop petit	.....	
Condenseur trop petit		.....
Evaporateur trop petit	.....	

d. Préciser la panne de l'installation frigorifique qui présente les symptômes suivants :

/2 pts

Puissance frigorifique	: <b>Faible</b>	Test des incondensables	: <b>Négatif</b>
Basse pression	: <b>Elevée</b>	Sous refroidissement	: <b>Bon</b>
Haute pression	: <b>Elevée</b>		
Panne : .....			

e. Cocher la bonne réponse :

/4 pts

- Les symptômes du manque du fluide frigorigène dans le circuit fluidique sont :
  - Surchauffe élevée et sous-refroidissement faible ;
  - Surchauffe élevée et sous-refroidissement élevé ;
  - Surchauffe faible et sous-refroidissement faible ;
- Si le condenseur est encrassé, l'écart  $\Delta\theta_{total}$  au condenseur a plutôt tendance à :
  - Augmenter
  - Diminuer
  - Rester constant
- Sur un détendeur, le bulbe fixé à la sortie de l'évaporateur est percé :
  - Le détendeur s'ouvre ;
  - Le détendeur se ferme ;
  - Le détendeur pompe ;



- Le composant de sécurité se déclenche suite à un défaut des ventilateurs du condenseur est :
  - Le thermostat de la chambre froide.
  - Le pressostat basse pression (BP).
  - Le pressostat haute pression (HP).

f. Analyser le logigramme de la démarche logique pour diagnostiquer les pannes frigorifiques (DRES page 14/14) et identifier les pannes 1 et 2 : /4 pts

Panne 1 : ..... Panne 2 : .....

**Tâche 2.2 :** Après un certain temps de fonctionnement de l'installation frigorifique de la chambre froide de conservation du lait cru, plusieurs problèmes se sont manifestés nécessitant un ensemble d'interventions. La résolution de ces derniers nécessite la mise en œuvre de divers appareils de mesure.

a. Compléter le tableau suivant par les appareils de mesure spécifiques adéquats : /3 pts

Grandeur à mesurer	Appareil de mesure à utiliser
L'intensité absorbée par le moto-compresseur Frigorifique	.....
La tension de réseau d'alimentation du circuit électrique.	.....
La résistance des bobines du moto-compresseur frigorifique.	.....

- b. Que déduit-on lorsque la température lue sur le manomètre HP (DRES page 14/14) dépasse de 2 °C celle de l'air lue à l'entrée et à la sortie du condenseur ( $\theta_8 = \theta_9$ ) ? /1 pt
- Le circuit frigorifique est complètement vide.
  - Il y'a des traces d'incondensables.
  - Il n'y a pas de traces d'incondensables.

**Tâche 2.3 :** Suite à un besoin de rénovation de l'installation frigorifique de la chambre froide, le service technique a décidé de remplacer les moto-ventilateurs monophasés de l'évaporateur par d'autres triphasés et le voyant de liquide existant avec un autre voyant de liquide avec indicateur d'humidité.

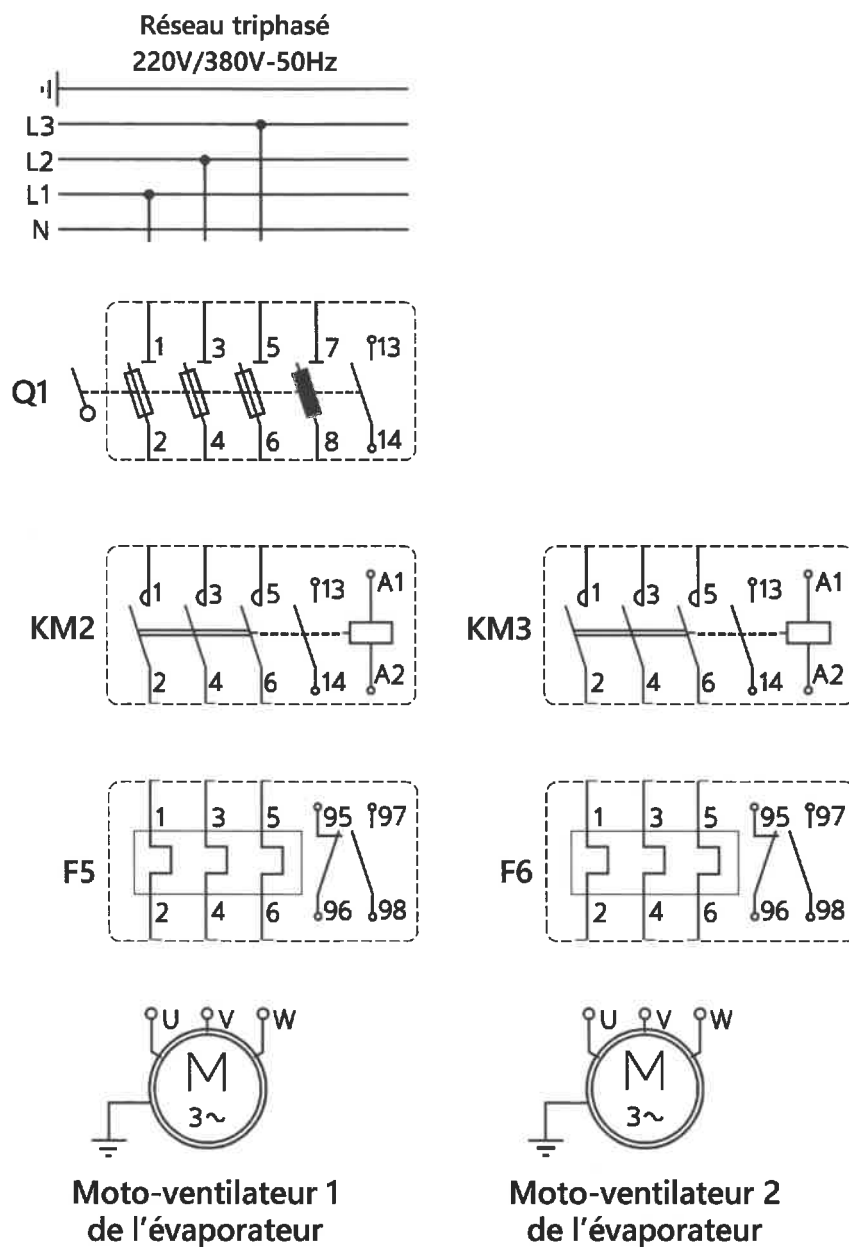
a. Compléter le tableau suivant par l'ordre chronologique des opérations proposées (page 10/14) pour remplacer le voyant de liquide existant avec un autre équipé d'un indicateur d'humidité : /3 pts

N°	Opération
1	Brancher le manifold sur les vannes de service du compresseur
2	.....
3	.....
4	Arrêter le fonctionnement de l'installation
5	.....
6	.....
7	Monter le nouveau voyant indicateur d'humidité
8	.....
9	.....
10	Remettre l'installation en marche

Liste des opérations proposées :

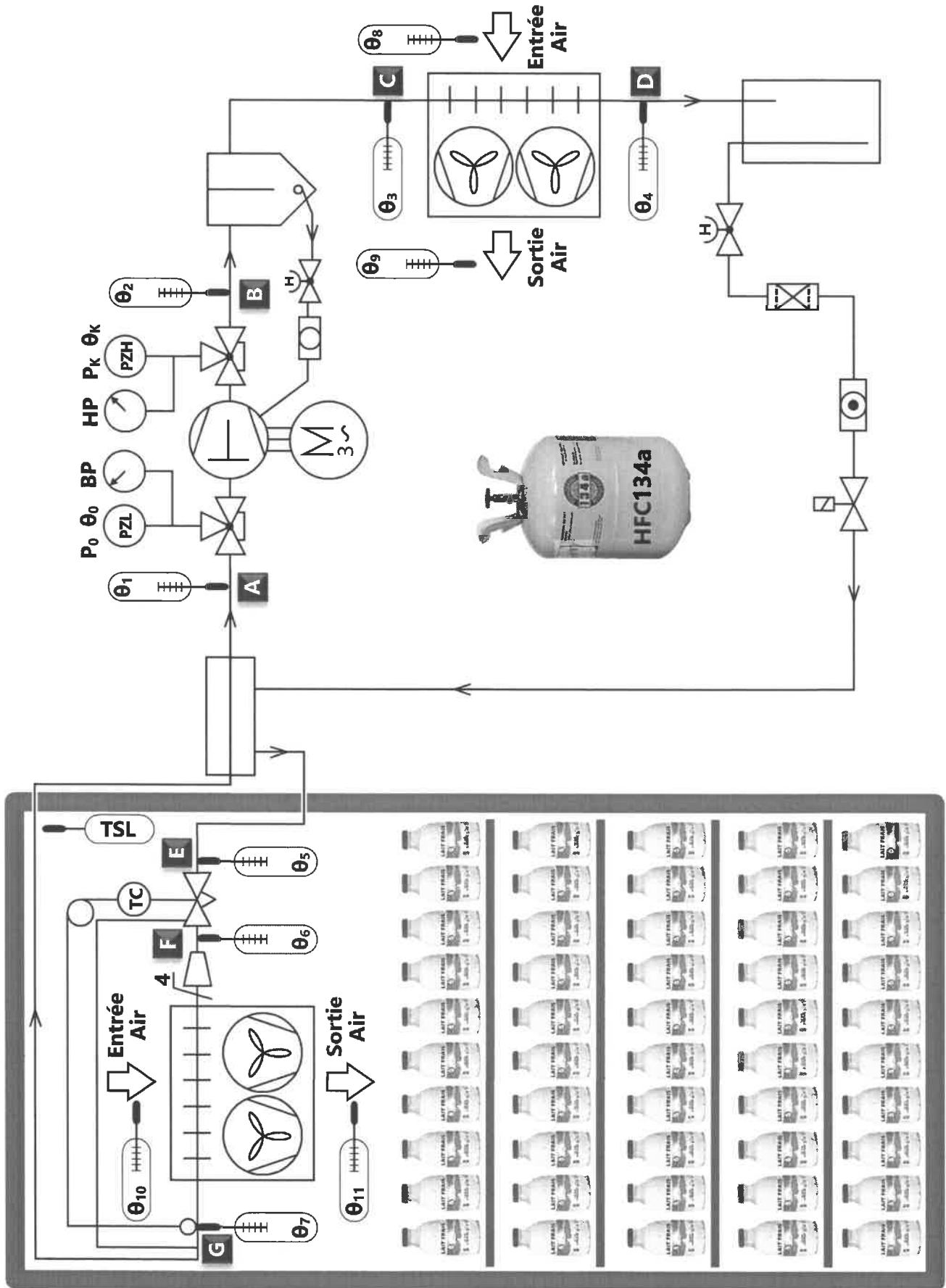
- Accumuler le fluide frigorigène dans le réservoir de liquide
- Démontér le voyant de liquide existant
- Fermer la vanne de départ liquide
- Fermer la vanne de service d'aspiration du compresseur
- Ouvrir le robinet de départ liquide
- Tirer au vide le circuit frigorifique

b. Effectuer les raccordements nécessaires sur le schéma électrique partiel de puissance en considérant le schéma électrique de la chambre froide (DRES page 12/14) : /4 pts

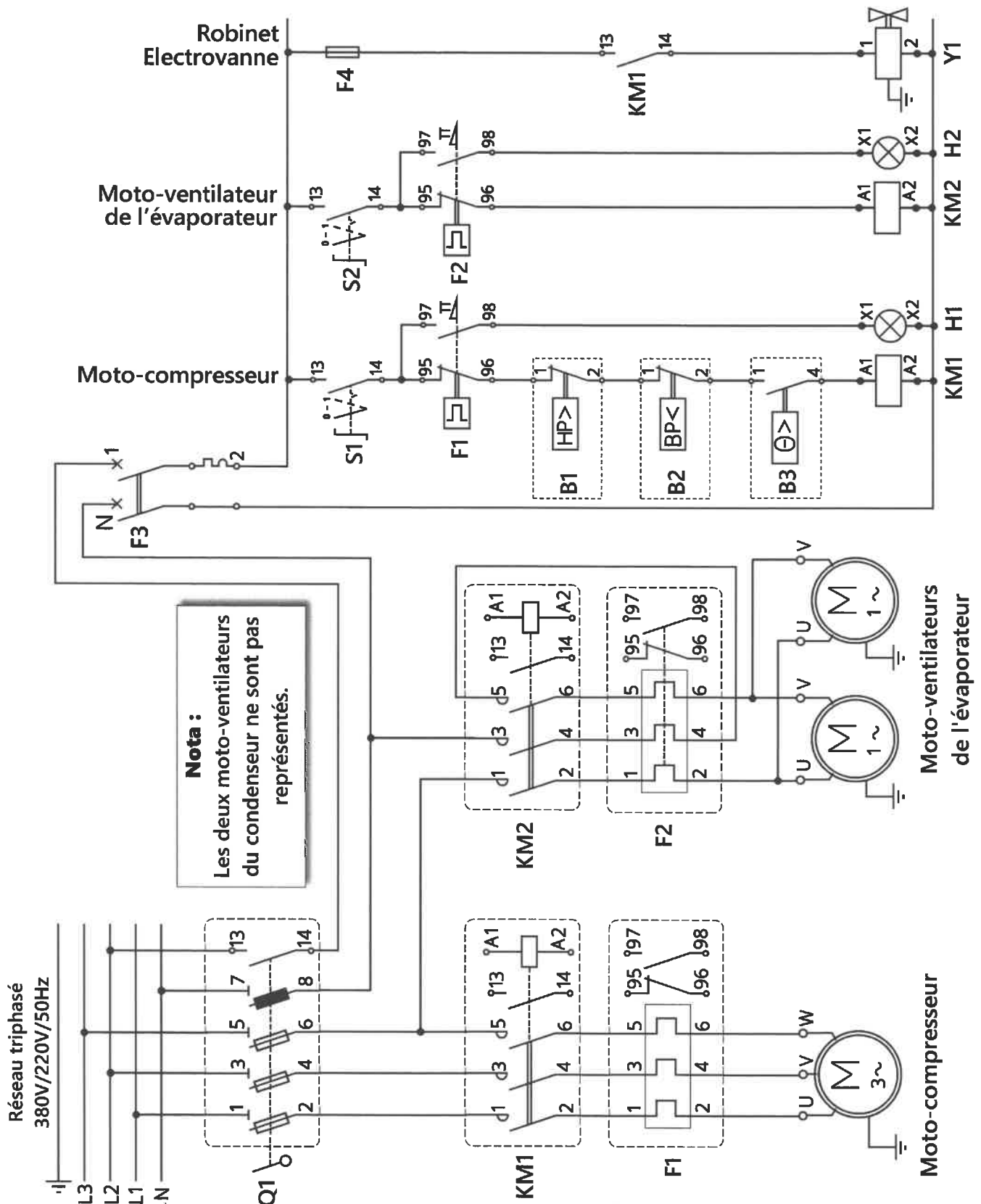


## VOLET 3 : DOCUMENTS RESSOURCES (DRES)

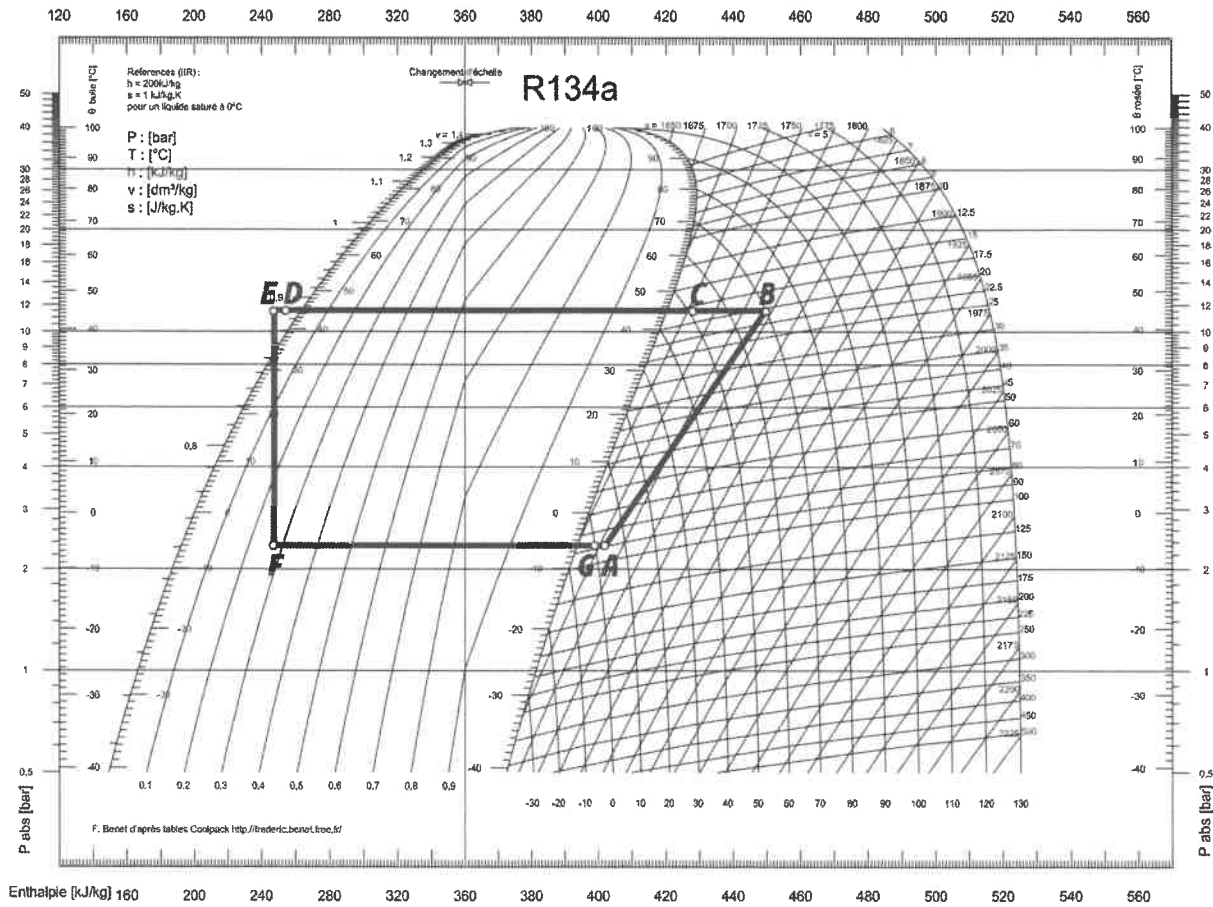
- Schéma frigorifique de la chambre froide de conservation du lait cru :



• Schéma électrique de la chambre froide de conservation du lait cru :



• **Tracé du cycle fonctionnel sur le diagramme enthalpique du fluide frigorigène R134a :**



• **Plaque signalétique du moto-compresseur du groupe frigorifique**

Moto-compresseur semi hermétique			Type <b>2DC-3.2Y</b>				Volume Balayé m <sup>3</sup> /h	Vitesse de rotation tr/min	
Tension 3Ph ~		Fréquence Hz	I. max nominale		I. démarrage				
V (Δ)	V (Y)		A (Δ)	A (Y)	A (Δ)	A (Y)			
220-240	380-420	50	13,5	7,8	64	37	13,4	1450	
265-290	440-480	60	13,5	7,8	64	37	16,2	1750	
IP 65		ND/HD max. 19/28 bar							

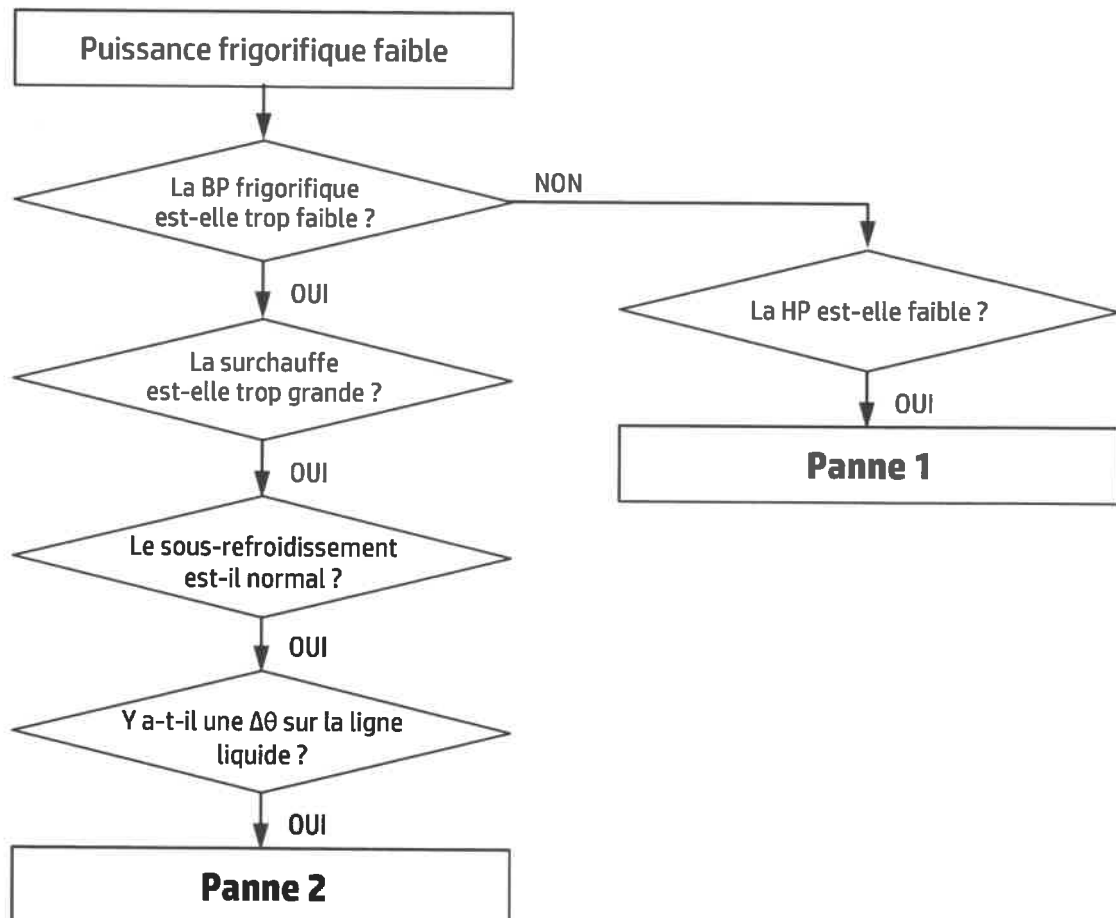
• **Mesures relevées sur le condenseur à air**

Dimensions frontales du condenseur à air	Longueur	1m				
	Largeur	0,5m				
Vitesses d'air prises sur le condenseur à air	V1	V2	V3	V4	V5	V6
	2,2m/s	2,3m/s	1,9m/s	1,8m/s	2,1m/s	2m/s
Température d'air au condenseur	θ entrée air	32°C				
	θ sortie air	37°C				
Masse volumique de l'air	ρ = 1,18 kg/m <sup>3</sup>					
Chaleur massique de l'air	Csa = 1 kJ/kg °C					

• **Fiche des relevés des paramètres de fonctionnement de la chambre froide de conservation du lait cru :**

Paramètre de fonctionnement	Symbole	Valeur	Mode de relevé
Pression d'évaporation (BP)	$P_0$	1,17 bar	Relevé au manomètre
Pression de condensation (HP)	$P_K$	10,6 bar	
Température d'évaporation	$\theta_0$	-8°C	
Température de condensation	$\theta_K$	45°C	
Température d'aspiration	$\theta_1$	2°C	Relevé au thermomètre (Fluide frigorigène)
Température de refoulement	$\theta_2$	71°C	
Température à l'entrée du condenseur	$\theta_3$	51°C	
Température à la sortie du condenseur	$\theta_4$	39°C	
Température à l'entrée détenteur	$\theta_5$	35°C	
Température à la sortie détenteur	$\theta_6$	-8°C	
Température bulbe du détenteur (sortie EVP)	$\theta_7$	-3°C	Relevé au thermomètre (Air)
Température de l'air à l'entrée du condenseur	$\theta_8$	30°C	
Température de l'air à la sortie du condenseur	$\theta_9$	37°C	
Température de l'air à l'entrée de l'évaporateur	$\theta_{10}$	2°C	
Température de l'air à la sortie de l'évaporateur	$\theta_{11}$	-2°C	

• **Logigramme de la démarche logique pour diagnostiquer les pannes frigorifiques**



الصفحة	1	<b>الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا</b> <b>المسالك المهنية</b> <b>الدورة العادية 2021</b> <b>- عناصر الإجابة -</b>	الجمهورية المغربية وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي <b>المركز الوطني للتقويم والامتحانات</b>	
10	PPPPPPPPPPPPPPPPPPPP			NR 212A
***				
4h	مدة الإنجاز	الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 1	المادة	
10	المعامل	شعبة الهندسة الكهربائية مسلك التبريد وتكييف الهواء	الشعبة أو المسلك	

# ELEMENTS DE REPONSE

GRILLE DE NOTATION :

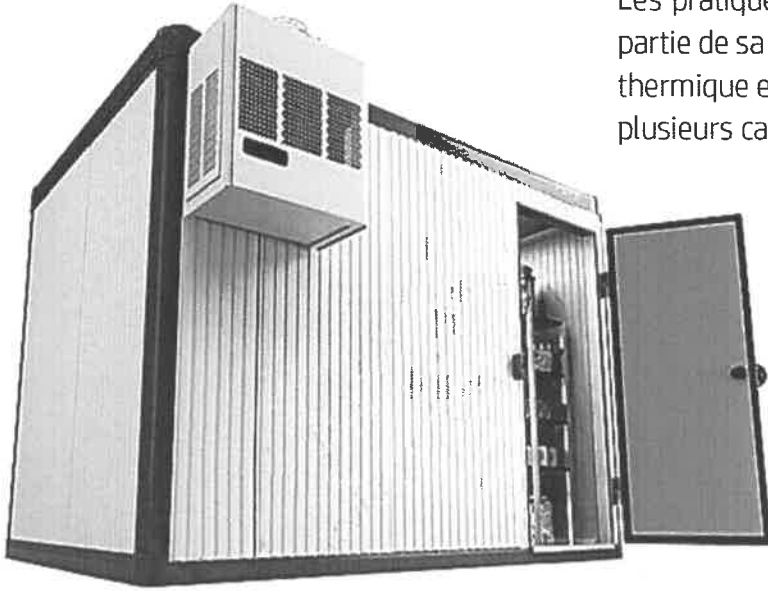
TOTAL : ...../76 POINTS

Situation d'évaluation 1		
Tâche	Question	Note
1.1	a	6 pts
	b	3 pts
	c1	2 pts
	c2	2 pts
1.2	a1	2,5 pts
	a2	1,5 pt
	b	3 pts
1.3	a	1 pt
	b	2,5 pts
	c1	3,5 pts
	c2	1 pt
	d	5 pts
	e	4 pts
1.4	a1	2 pts
	a2	1 pt
	b1	1 pt
	b2	2 pts

Situation d'évaluation 1		
Tâche	Question	Note
1.4 (suite)	c	1 pt
	d	1 pt
	e	1 pt
Total :		46 pts

Situation d'évaluation 2		
Tâche	Question	Note
2.1	a	2 pts
	b	4 pts
	c	3 pts
	d	2 pts
	e	4 pts
	f	4 pts
2.2	a	3 pts
	b	1 pt
2.3	a	3 pts
	b	4 pts
Total :		30 pts

## VOLET 2 : SUBSTRAT DU SUJET



Les pratiques de conservation du lait dépendent en grande partie de sa nature. Or, en fonction des critères de traitement thermique et de teneur en matière grasse, on peut distinguer plusieurs catégories de laits.

Pour assurer l'approvisionnement du marché local en lait, une coopérative agricole dispose d'une chambre froide pour conserver le lait cru, il est embouteillé à la ferme directement après traite des vaches (sans traitements ultérieurs).


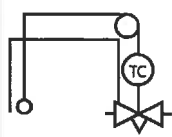

Le stockage du lait se fait à une température de  $+2^{\circ}\text{C}/+4^{\circ}\text{C}$ . Le fluide frigorigène utilisé est le R134a.

### Situation d'évaluation n°1 :

Pour intervenir sur des installations frigorifiques, il est essentiel d'avoir une bonne connaissance du principe de fonctionnement de leurs circuits fluidiques et électriques, de leurs composants et une maîtrise des différentes opérations de mise en service et de maintenance en tenant compte des normes en vigueur relatives à l'efficacité énergétique.



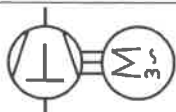
**Tâche 1.1 :** Avant d'aborder l'étude de l'installation frigorifique de la chambre froide de conservation du lait cru, il serait très efficace de rappeler quelques principes et activités de base. Pour cela, et en se référant au schéma du circuit fluidique (DRES page 11/14) et électrique (DRES page 12/14), répondre aux questions suivantes :

- a. Compléter le tableau suivant par la désignation et la fonction de chaque élément symbolisé : /6 pts

Symbole du composant	Désignation (nom)	Fonction dans le circuit frigorifique étudié
	<u>Bouteille accumulatrice</u> <u>(ou réservoir liquide)</u>	<u>Permettre le stockage du fluide frigorigène</u> <u>du circuit frigorifique</u> <b>0,5 pt</b>
	<u>Détendeur thermostatique</u> <u>à égalisation de pression</u> <u>externe</u>	<u>Assurer la détente du fluide frigorigène</u> <u>et réguler le débit du fluide frigorigène à</u> <u>l'évaporateur</u> <b>2×0,25 pt</b>
	<u>Voyant de liquide avec</u> <u>indicateur d'humidité (ou</u> <u>voyant hygroscopique)</u>	<u>Visualiser le passage du fluide frigorigène</u> <u>et indiquer la présence d'humidité</u> <b>2×0,25 pt</b>

**3×0,5 pt**



Symbole du composant	Désignation (nom)	Fonction dans le circuit frigorifique étudié
	<b>Pressostat basse pression de sécurité</b>	<b>Protéger l'installation frigorifique contre une baisse anormale de la pression d'aspiration</b>
	<b>Thermostat d'ambiance</b>	<b>contrôler la température de la chambre froide</b>
	<b>Moto-compresseur semi-hermétique triphasé</b>	<b>Aspirer, comprimer et refouler le fluide frigorigène</b>

**3×0,5 pt**

**3×0,5 pt**

b. Complétez le tableau suivant par le nom et la fonction de chaque composant électrique repéré : /3 pts

Repère	Nom du composant	Rôle du composant
H1	<b>Lampe de signalisation</b>	<b>Signaler le défaut thermique du moto-compresseur.....</b>
S1	<b>Commutateur rotatif.....</b>	<b>Commander la marche et l'arrêt du moto-compresseur.</b>
KM2	<b>Contacteur moteur.....</b>	<b>Commander les moto-ventilateurs de l'évaporateur.....</b>
F3	<b>Disjoncteur magnétothermique.....</b>	<b>Protéger le circuit de commande contre les courts-circuits (et les surcharges)</b>
Y1	<b>Electrovanne</b>	<b>Contrôler la circulation du fluide frigorigène</b>
F1	<b>Relais thermique</b>	<b>Protéger le moto-compresseur contre les surcharges</b>

**12×0,25 pt**

c. En se référant au tracé du cycle fonctionnel sur le diagramme enthalpique du fluide frigorigène R134a (DRES page 13/14) :

c1. Compléter le tableau suivant en mettant une croix à la case correspondante à l'état de fluide frigorigène au points considérés : /2 pts

Point	Etat de fluide frigorigène		
	Liquide sous-refroidi	Mélange liquide – vapeur	Vapeur surchauffée
A			*
B			*
E	*		
F		*	

**4×0,5 pt**

c2. Compléter le tableau suivant par les expressions convenables :

/2 pts

Zone	Evolution de l'état du fluide frigorigène
<b>E – F</b>	Détente
G – A	<b>Surchauffe</b> .....
A – B	<b>Compression</b> .....
<b>D – E</b>	Sous-refroidissement

**4×0,5 pt**

الصفحة	4 NR 212A	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2021 - عناصر الإجابة - مادة: الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 1- شعبة الهندسة الكهربائية مسلك التبريد وتكييف الهواء
10		

**Tâche 1.2 :** Pour vérifier le circuit électrique de l'installation, il faudrait être en mesure de lire des schémas, d'identifier des plaques signalétiques de ses composants et d'interpréter son principe de fonctionnement.

a. En se basant sur la plaque signalétique du moto-compresseur (DRES page 13/14)

a1. Compléter le tableau suivant par la désignation des caractéristiques mentionnées : **5×0,5 pt** /2,5 pts

Caractéristique	Désignation
IP 65	Indice de protection
1450 tr/min	<b>Vitesse de rotation</b> .....
50 Hz	<b>Fréquence</b> .....
7,8 A	<b>Intensité nominale</b> .....
37 A	<b>Intensité de démarrage</b> .....
16,2 m <sup>3</sup> /h	<b>Volume balayé</b> .....

a2. Affirmer, par **Vrai** ou **Faux**, les propositions du tableau suivant : **3×0,5 pt** /1,5 pt

Proposition	Affirmation
Si ce moto-compresseur frigorifique est branché sur un réseau triphasé 380 V alors les bobines seront couplées en (Y).	<b>Vrai</b> .....
Si ce moto-compresseur frigorifique est branché sur un réseau triphasé 380 V/50 Hz alors il tournera à 1750 tr/min.	<b>Faux</b> .....
Si ce moto-compresseur frigorifique est branché sur un réseau triphasé 380 V/50 Hz alors chaque phase absorbera 7,8 A dans les conditions normales.	<b>Vrai</b> .....

b. Compléter le tableau suivant, d'après le schéma électrique du circuit de puissance et de commande (DRES page 12/14), en mettant une croix dans la case convenable : **6×0,5 pt** /3 pts

Situation	Réponse		
La régulation adoptée est de type :	<input type="checkbox"/> tirage au vide automatique	<input checked="" type="checkbox"/> par protection minimum	<input type="checkbox"/> pressostatique
Le contact B3 se ferme lorsque :	<input type="checkbox"/> l'humidité augmente dans la chambre froide	<input checked="" type="checkbox"/> la température augmente dans la chambre froide	<input type="checkbox"/> la température diminue dans la chambre froide
La bobine Y1 est branchée sur le circuit :	<input type="checkbox"/> de puissance	<input checked="" type="checkbox"/> de commande	<input type="checkbox"/> de commande et de puissance
F3 protège le circuit de commande contre :	<input type="checkbox"/> les défauts d'isolement	<input type="checkbox"/> les surtensions	<input checked="" type="checkbox"/> les court-circuits
Le contact B1 s'ouvre lorsque :	<input checked="" type="checkbox"/> la haute pression augmente	<input type="checkbox"/> la basse pression augmente	<input type="checkbox"/> la haute pression diminue
Le contact B2 s'ouvre lorsque :	<input checked="" type="checkbox"/> la basse pression diminue	<input type="checkbox"/> la haute pression diminue	<input type="checkbox"/> la basse pression augmente

**Tâche 1.3 :** le montage de l'installation frigorifique étant achevé, on procède à sa mise en service et aux relevés des valeurs de certains paramètres de fonctionnement. Afin d'assurer le bon fonctionnement de cette installation, répondre aux questions suivantes :

- a. Citer deux moyens de protection individuelle pour réaliser les opérations de mise en service des installations frigorifiques ? 2×0,5 pt /1 pt

**Le candidat doit citer deux parmi les moyens suivants : Gants, lunettes de sécurité, chaussures de protection, casque, masque, bavette, protecteur auriculaire, etc.....**

- b. Compléter le mode opératoire, en ordre chronologique, de mise en service de l'installation frigorifique en utilisant la liste des opérations proposées ci-dessous : 5×0,5 pt /2,5 pts

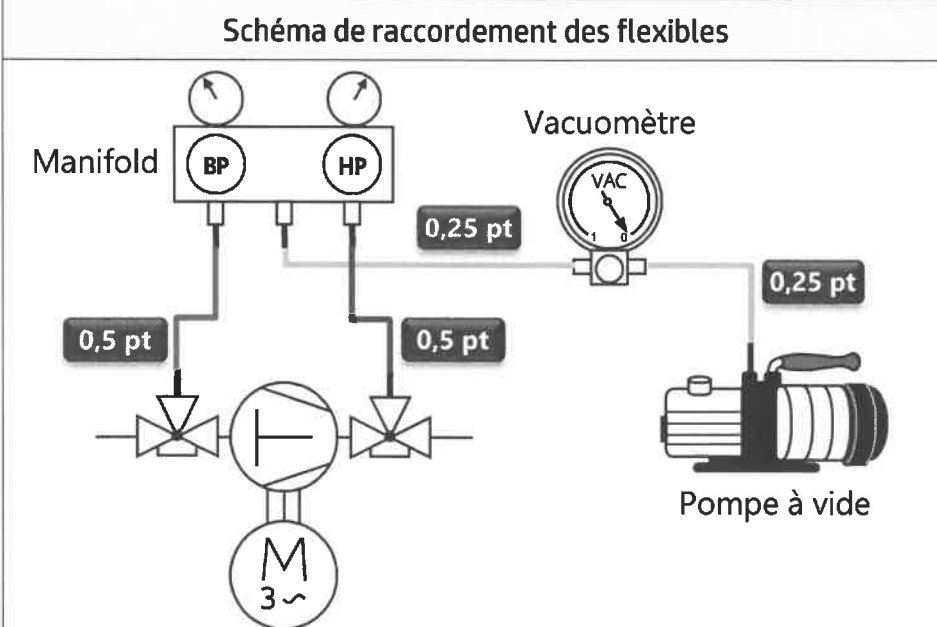
- 1) **Poser le manifold**.....
- 2) **Effectuer le test d'étanchéité primaire sous pression d'azote sec**.....
- 3) Effectuer le tirage au vide (pompe à vide) ;
- 4) **Effectuer la charge en fluide frigorigène**.....
- 5) Régler et vérifier les appareils de régulation et de sécurité ;
- 6) **Relever les paramètres de fonctionnement**.....
- 7) **Déposer le manifold**.....

Liste des opérations de mise en service :

- Déposer le manifold
- Effectuer la charge en fluide frigorigène
- Effectuer le test d'étanchéité primaire sous pression d'azote sec
- Poser le manifold
- Relever les paramètres de fonctionnement

- c. Avant de procéder à la première mise en service de l'installation frigorifique, un test d'étanchéité doit être effectué, suivi de l'opération schématisée par la figure ci-dessous :

- c1. Compléter le schéma suivant en réalisant le raccordement des flexibles nécessaires et en donnant le nom et le but l'opération effectuée : /3,5 pts

Schéma de raccordement des flexibles	Nom et but de l'opération
	<p>Nom : <b>Tirage au vide</b> .. <span style="float: right;">1 pt</span></p> <p>But : <b>Evacuer l'air et l'humidité du circuit frigorifique</b> <span style="float: right;">1 pt</span></p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

الصفحة	6	NR 212A	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2021 - عناصر الإجابة - مادة: الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 1- شعبة الهندسة الكهربائية مسلك التبريد وتكييف الهواء
10			

c2. Citer deux indicateurs confirmant une charge correcte de l'installation en fluide frigorigène ? /1 pt

**Le candidat doit citer deux parmi les indicateurs suivants : sous-refroidissement normal, surchauffe normale, HP normale, BP normale, intensité absorbée par le moto-compresseur normale.** 2×0,5 pt

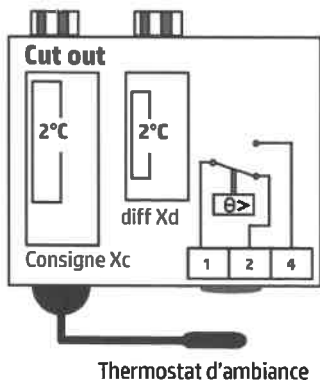
d. Calculer les grandeurs suivantes en se référant aux données techniques relatives au condenseur (DRES page 13/14) : 10×0,5 pt /5 pts

Grandeur	Formule	Application numérique
la surface frontale du condenseur (m <sup>2</sup> ) :	$S = L \cdot l$	$S = 1 \times 0,5 = 0,5 \text{ m}^2$
la vitesse moyenne (m/s) de circulation de l'air à travers le condenseur :	$V_{\text{moy}} = \frac{V1+V2+V3+V4+V5+V6}{6}$	$V_{\text{moy}} = 2,05 \text{ m/s}$
le débit volumique de l'air (m <sup>3</sup> /s) :	$qv = V_{\text{moy}} \cdot S$	$qv = 2,05 \times 0,5 = 1,025 \text{ m}^3/\text{s}$
le débit massique de l'air (kg/s) :	$qm = qv \cdot \rho$	$qm = 1,025 \times 1,18 = 1,21 \text{ kg/s}$
la puissance du condenseur (kW) :	$\Phi_k = qm \cdot C \cdot \Delta\theta$	$\Phi_k = 1,21 \times 1 \times 5 = 6,05 \text{ kW}$

e. Calculer, en utilisant la fiche des relevés des paramètres de fonctionnement (DRES page 14/14), les écarts de température sur le fluide frigorigène : 8×0,5 pt /4 pts

Désignation	Formule	Application numérique
Ecart total de température à l'évaporateur	$\Delta\theta_{\text{total/évap}} = \theta_{10} - \theta_0$	$\Delta\theta_{\text{total/évap}} = 2 - (-8) = 10^\circ\text{C}$
Sous-refroidissement au condenseur	$\Delta\theta_{S/R} = \theta_k - \theta_4$	$\Delta\theta_{S/R} = 45 - 39 = 6^\circ\text{C}$
Surchauffe fonctionnelle à l'évaporateur	$\Delta\theta_{S/C} = \theta_7 - \theta_0$	$\Delta\theta_{S/C} = -3 - (-8) = 5^\circ\text{C}$
Ecart total de température au condenseur	$\Delta\theta_{\text{total/cond}} = \theta_k - \theta_8$	$\Delta\theta_{\text{total/cond}} = 45 - 30 = 15^\circ\text{C}$

**Tâche 1.4 :** Pour assurer le bon fonctionnement de l'installation frigorifique de la chambre froide de conservation du lait cru (DRES page 11/14 et 12/14), il serait intéressant de maîtriser le processus de réglage des appareils de régulation et de sécurité et de prévoir un système de dégivrage à intégrer à l'évaporateur. Pour cela, répondre aux questions suivantes :



a. La chambre froide doit maintenir une température de conservation comprise entre 2°C et 4°C. Cette température est réglée par un thermostat d'ambiance dont les valeurs pré-réglées sont montrées sur le schéma ci-contre :

a1. Compléter le tableau suivant : /2 pts

Température d'enclenchement (en °C)	+4 °C	1 pt
Température de déclenchement (Coupure) (en °C)	+2 °C	0,5 pt
Différentiel (en °C)	+2 °C	0,5 pt

a2. Quel contact faut-il choisir pour réaliser le câblage électrique de ce thermostat ?

/1 pt

**Le contact 1-4.**

b. Le circuit frigorifique est protégé par un pressostat HP type Cut out contre toute augmentation anormale de la pression de refoulement. On donne : Température de condensation : 45 °C ; Marge de sécurité : 10 °C.

Tableau de la relation pression/température du fluide frigorigène R134a :

Température	Pression effective
40 °C	9,15 bar
45 °C	10,60 bar
50 °C	12,17 bar
55 °C	13,90 bar

b1. Déterminer les paramètres de réglage suivants :

2×0,5 pt /1 pt

- La pression d'enclenchement = **10,60 bar**
- La pression de déclenchement = **12,17 bar**

b2. Déterminer les valeurs de réglage du pressostat HP :

2×1 pt /2 pts

- La consigne Xc = **13,90 bar**
- Le différentiel Xd = **3,30 bar**

c. Quel est le but de dégivrage des évaporateurs des chambres froides ?

/1 pt

**Enlever le givre pour augmenter l'échange thermique.**

d. Donner le type de dégivrage utilisé d'après le schéma du circuit électrique de commande de l'installation frigorifique.

/1 pt

**Dégivrage cyclique à chaque arrêt du groupe (par ventilation forcée).**

e. Quel appareil faut-il ajouter au circuit électrique de commande de l'installation Pour programmer les périodes de dégivrage de l'évaporateur ?

/1 pt

**Une horloge de dégivrage (pendule électrique, interrupteur horaire).**

**Situation d'évaluation n°2 :**

Pour intervenir sur une installation frigorifique, il est primordial d'avoir une bonne maîtrise des outils de la maintenance, des démarches méthodologiques de diagnostic, de l'analyse des symptômes, des causes et les remèdes des pannes courantes affectant les circuits fluidiques et électriques.

**Tâche 2.1 :** On commence d'abord par vérifier l'acquisition des notions de base de la maintenance des installations frigorifiques.

a. Cocher la bonne réponse :

2×1 pt /2 pts

La maintenance préventive se fait :	La maintenance corrective se fait :
<input checked="" type="checkbox"/> Avant la panne.	<input type="checkbox"/> Avant la panne.
<input type="checkbox"/> Au moment de la panne.	<input type="checkbox"/> Après un temps programmé.
<input type="checkbox"/> Après la panne.	<input checked="" type="checkbox"/> Après la panne.

b. Compléter le tableau suivant en mettant une croix dans la case convenable :

**4×1 pt /4 pts**

Type de maintenance Intervention	Maintenance préventive		Maintenance Corrective	
	Systématique	Conditionnelle	Palliative (dépannage)	Curative (réparation)
Remplacer un filtre déshydrateur colmaté	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Resserrer les boulons du socle du groupe frigorifique quand les vibrations du compresseur dépassent la limite admise	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Changer l'huile du moto-compresseur pendant une durée de fonctionnement déterminée par le constructeur	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Changer le fusible aM par un fusible gL en attendant la livraison des fusibles aM exigés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

c. Compléter le tableau des symptômes relatifs aux pannes frigorifiques citées par **Elevée** ou **Faible** : /3 pts

Pannes	Basse pression	Haute pression
Détendeur trop petit	<b>Faible</b>	
Condenseur trop petit		<b>Elevée</b>
Evaporateur trop petit	<b>Faible</b>	

d. Préciser la panne de l'installation frigorifique qui présente les symptômes suivants :

/2 pts

Puissance frigorifique : <b>Faible</b>	Test des incondensables : <b>Négatif</b>
Basse pression : <b>Elevée</b>	Sous refroidissement : <b>Bon</b>
Haute pression : <b>Elevée</b>	
<b>Panne : <i>Manque de charge</i></b>	

e. Cocher la bonne réponse :

**4×1 pt /4 pts**

- Les symptômes du manque du fluide frigorigène dans le circuit fluidique sont :
  - Surchauffe élevée et sous-refroidissement faible ;
  - Surchauffe élevée et sous-refroidissement élevé ;
  - Surchauffe faible et sous-refroidissement faible ;
- Si le condenseur est encrassé, l'écart  $\Delta\theta_{total}$  au condenseur a plutôt tendance à :
  - Augmenter
  - Diminuer
  - Rester constant
- Sur un détendeur, le bulbe fixé à la sortie de l'évaporateur est percé :
  - Le détendeur s'ouvre ;
  - Le détendeur se ferme ;
  - Le détendeur pompe ;

الصفحة	9	NR 212A	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2021 - عناصر الإجابة - مادة: الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 1- شعبة الهندسة الكهربائية مسلك التبريد وتكييف الهواء
10			

- Le composant de sécurité se déclenche suite à un défaut des ventilateurs du condenseur est :
  - Thermostat de la chambre froide.
  - Pressostat basse pression (BP).
  - Pressostat haute pression (HP).

f. Analyser le logigramme de la démarche logique pour diagnostiquer les pannes frigorifiques (DRES page 14/14) et identifier les pannes 1 et 2 : 2×2 pts /4 pts

**Panne 1 : Compresseur trop petit** ..... **Panne 2 : Panne de la prédétente** .....

**Tâche 2.2 :** Après un certain temps de fonctionnement de l'installation frigorifique de la chambre froide de conservation du lait cru, plusieurs problèmes se sont manifestés nécessitant un ensemble d'interventions. La résolution de ces derniers nécessite la mise en œuvre de divers appareils de mesure.

a. Compléter le tableau suivant par les appareils de mesure spécifiques adéquats : 3×1 pt /3 pts

Grandeur à mesurer	Appareil de mesure à utiliser
L'intensité absorbée par le moto-compresseur frigorifique	<b>L'ampèremètre</b>
La tension de réseau d'alimentation du circuit électrique.	<b>Le voltmètre</b>
La résistance des bobines du moto-compresseur frigorifique.	<b>L'ohmmètre</b>

b. Que déduit-on lorsque la température lue sur le manomètre HP (DRES page 14/14) dépasse de 2 °C celle de l'air lue à l'entrée et à la sortie du condenseur ( $\theta_8 = \theta_9$ ) ? /1 pt

- Le circuit frigorifique est complètement vide.
- Il y'a des traces d'incondensables.
- Il n'y a pas de traces d'incondensables.

**Tâche 2.3 :** Suite à un besoin de rénovation de l'installation frigorifique de la chambre froide, le service technique a décidé de remplacer le voyant de liquide existant avec un autre voyant de liquide avec indicateur d'humidité et les moto-ventilateurs monophasés de l'évaporateur par d'autres triphasés.

a. Compléter le tableau suivant par l'ordre chronologique des opérations proposées (page 10/14) pour remplacer le voyant de liquide existant avec un autre équipé d'un indicateur d'humidité : /3 pts

N°	Opération
1	Brancher le manifold sur les vannes de service du compresseur
2	<b>Fermer la vanne de départ liquide</b>
3	<b>Accumuler le fluide frigorigène dans le réservoir de liquide</b>
4	Arrêter le fonctionnement de l'installation
5	<b>Fermer la vanne de service d'aspiration du compresseur</b>
6	<b>Démonter le voyant de liquide existant</b>
7	Monter le nouveau voyant indicateur d'humidité
8	<b>Tirer au vide le circuit frigorifique</b>
9	<b>Ouvrir le robinet de départ liquide</b>
10	Remettre l'installation en marche

6×0,5 pt

Liste des opérations proposées :

- Accumuler le fluide frigorigène dans le réservoir de liquide
- Démontér le voyant de liquide existant
- Fermer la vanne de départ liquide
- Fermer la vanne de service d'aspiration du compresseur
- Ouvrir le robinet de départ liquide
- Tirer au vide le circuit frigorifique

b. Effectuer les raccordements nécessaires sur le schéma électrique partiel de puissance en considérant le schéma électrique de la chambre froide (DRES page 12/14) : /4 pts

