



4	مدة الإنجاز	الاختبار التوليفي في المواد المهنية – الجزء الأول (الفترة الصباحية)	المادة
10	المعامل	شعبة الهندسة الكهربائية : مسلك التبريد وتكييف الهواء	الشعبة أو المسلك

ELEMENTS DE REPONSES

GRILLE DE NOTATION :

TOTAL :/80 POINTS

Situation d'évaluation 1		
Tâche	Question	Note
1.1	a	4 pts
	b	5 pts
1.2	a	2,25 pts
	b	0,75 pt
	c	4 pts
	d	3 pts
1.3	a	4 pts
	b	7,5 pts
	c1	2 pts
	c2	5 pts
1.4	a	7,5 pts
	b	1 pt
	c	1 pt
Total :		47 pts

Situation d'évaluation 2		
Tâche	Question	Note
2.1	a1	2 pts
	a2	2 pts
	a3	2 pts
	a4	3 pts
	b1	1 pt
	b2	1 pt
	b3	1 pt
	b4	1 pt
	b5	1 pt
	b6	1 pt
	c	2 pts
	d	2 pts
	e	3 pts
	2.2	a
b		6 pts
c		2 pts
Total :		33 pts

VOLET 2 : PRESENTATION DU SUPPORT

Dans un centre commercial, la production du froid est assurée par une centrale frigorifique asservissant plusieurs postes de froid (vitrines, congélateurs, chambres froides). On s'intéressera particulièrement à la vitrine de présentation des produits laitiers (lait, yaourts, fromage, ...).

La conservation des produits se fait à une température de 4°C/6°C. le fluide frigorigène utilisé est le **R134a**, c'est un hydrocarbure halogéné, il n'a pas d'impact sur la couche d'ozone mais il contribue à l'effet de serre.



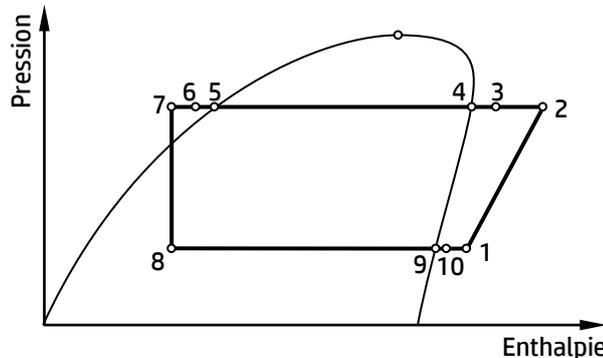
VOLET 3 : SUBSTRAT DU SUJET

Situation d'évaluation n°1 :

Tâche 1.1 : Avant d'aborder l'étude de l'installation frigorifique de la vitrine de présentation et de conservation des produits laitiers, il serait intéressant de rappeler quelques principes et activités de base. Pour cela, répondre aux questions suivantes :

- a. D'après la représentation simplifiée du cycle frigorifique dans le diagramme enthalpique ci-dessous, cocher la bonne réponse :

4 x 1 pt /4 pts



Où se situe la phase de la détente du fluide frigorigène ?

- Entre 1 et 2
 Entre 4 et 5
 Entre 7 et 8
 Entre 8 et 9

Où se situe la phase de la condensation du fluide frigorigène ?

- Entre 1 et 2
 Entre 4 et 5
 Entre 7 et 8
 Entre 8 et 9

Quel écart calcule-t-on entre la température au point 5 et au point 6 ? le point 6 se situe à la sortie du condenseur.

- La surchauffe totale
 Le sous-refroidissement au condenseur
 La désurchauffe

Quel écart calcule-t-on entre la température au point 9 et au point 10 ? le point 10 se situe à la sortie de l'évaporateur.

- Le sous-refroidissement au condenseur
 La surchauffe au bulbe du détendeur
 La surchauffe totale

b. Compléter, d'après le schéma partiel du circuit frigorifique de la vitrine (Ressources page 11/11), le tableau suivant par les noms et les fonctions des composants : 10 x 0,5 pt /5 pts

Symbole du composant	Désignation (nom)	Fonction dans le circuit frigorifique étudié
	Vanne électromagnétique (électrovanne)	Permettre ou arrêter la circulation du fluide frigorigène à l'état liquide dans le circuit frigorifique vers l'évaporateur.
	Détendeur thermostatique	Permettre la chute de la pression du fluide et la régulation de l'alimentation de l'évaporateur en fluide frigorigène.
	Evaporateur à convection forcée	Assurer l'échange thermique entre le fluide frigorigène et l'air ambiant de l'enceinte.
	Vanne à pression constante d'évaporation	Maintenir la pression dans l'évaporateur supérieure ou égale à la pression d'aspiration.
	Thermostat d'ambiance	Contrôler la température de l'enceinte en enclenchant ou déclenchant l'électrovanne.

Tâche 1.2: A cause des ouvertures répétées de la vitrine, l'air ambiant pénètre à l'intérieur de l'enceinte réfrigérée, ce qui entraîne la formation du givre sur les parois de l'évaporateur. Le givre diminue l'échange thermique entre l'évaporateur et les produits conservés, des séquences automatiques de dégivrages doivent être programmées. Pour cela, répondre aux questions suivantes :

a. Citer trois procédés de dégivrage des évaporateurs des circuits frigorifiques. /2,25 pts

- **Arrêt de la production du froid (arrêt du groupe);**
- **Ventilation forcée;**
- **Résistance électrique (de petite puissance);**

3 x 0,75 pt

b. Citer le procédé de dégivrage utilisé en se basant sur le schéma partiel du circuit électrique de commande de la production du froid de la vitrine (Ressources page 11/11). On rappelle que la température de conservation de la vitrine est de 4°C/6°C. /0,75 pt

Ventilation forcée.

c. Donner, d'après le schéma partiel de commande électrique de la vitrine (Ressources page 11/11), la désignation des composants suivants : 4 x 1 pt /4 pts

Repère	Désignation (nom)
(3-4) de S1	Contact du commutateur (interrupteur) rotatif.
(1-2) de P	Contact de l'horloge de dégivrage (pendule).
(1-4) de B1	Contact du thermostat.
(1-2) de F2	Contact du disjoncteur magnéto-thermique.

d. Compléter, en se basant sur le schéma électrique (Ressources page 11/11), le texte ci-dessous par les termes suivants : **le moto-ventilateur ; (43-44) de KA1 ; (13-14) de KA1 ; s'allume ; les contacts à fermeture ; thermostat.** 6 x 0,5 pt /3 pts

- 1- On ferme les contacts normalement ouverts à commande manuelle (3-4) de S1 et (1-2) de F2, **le moto-ventilateur** se met en marche.
- 2- Le **thermostat** ferme son contact à cause de l'élévation de la température, la bobine KA1 s'alimente et s'excite, **les contacts à fermeture** de cette dernière se ferment :
 - Le contact **(13-14) de KA1** se ferme et, par conséquence, la bobine de la vanne électromécanique s'alimente et s'excite.
 - Le contact **(43-44) de KA1** se ferme, la lampe H1 **s'allume** signalant la production du froid.

Tâche 1.3 : Le système frigorifique étant monté, on procède à la mise en service de l'installation et au relevé de certains paramètres (températures, vitesse de l'air sur le condenseur et les dimensions du condenseur). Afin de vérifier le bon fonctionnement de cette installation, répondre aux questions suivantes :

a. Compléter la liste des opérations (étapes) à effectuer lors de la mise en service, classées chronologiquement, par celles mentionnées ci-dessous : 4 x 1 pt /4 pts

1. **Poser le manifold ;**
2. Mettre le circuit frigorifique sous pression.
3. **Rechercher les fuites éventuelles sur les raccords, les vannes et les brasures ;**
4. Mettre le circuit frigorifique sous vide (déshydrater le circuit frigorifique).
5. **Charger le circuit frigorifique en fluide frigorigène ;**
6. Régler les appareils de régulation.
7. **Déposer le manifold.**

Liste des opérations (étapes) manquantes :

- Charger le circuit frigorifique en fluide frigorigène.
- Déposer le manifold.
- Rechercher les fuites éventuelles sur les raccords, les vannes et les brasures.
- Poser le manifold.

b. D'après les relevés suivants effectués sur le circuit frigorifique, compléter le tableau ci-dessous par le calcul des écarts de températures et cocher les cases convenables : /7,5 pts

Relevés aux manomètres :

P_0 (BP) = 1,7 bar (eff) → $\theta_0 = -2^\circ\text{C}$
P_K (HP) = 9,0 bar (eff) → $\theta_K = 40^\circ\text{C}$

Relevés aux thermomètres :

Température à l'aspiration du compresseur	7°C
Température au refoulement du compresseur	54°C
Température à la sortie du condenseur	34°C
Température à l'entrée du détendeur	32°C
Température au bulbe du détendeur	0°C
Température d'entrée d'air au condenseur	30°C
Température de sortie d'air du condenseur	36°C

	5 x 1 pt		5 x 0,5 pt
Désignation	Calcul de l'écart de températures	Intervalle recommandé	Conclusion
surchauffe à l'évaporateur $\Delta\theta_{S/C}$	$0^\circ\text{C} - (-2^\circ\text{C}) = +2^\circ\text{C}$	5°C à 8°C	<input type="checkbox"/> Normal <input checked="" type="checkbox"/> Anormal
surchauffe totale à l'aspiration $\Delta\theta_{S/C \text{ total}}$	$7^\circ\text{C} - (-2^\circ\text{C}) = +9^\circ\text{C}$	5°C à 15°C	<input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Anormal
Sous-refroidissement au condenseur $\Delta\theta_{S/R}$	$40^\circ\text{C} - 34^\circ\text{C} = +6^\circ\text{C}$	4°C à 7°C	<input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Anormal
Sous-refroidissement total $\Delta\theta_{S/R \text{ total}}$	$40^\circ\text{C} - 32^\circ\text{C} = +8^\circ\text{C}$	6°C à 15°C	<input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Anormal
Ecart de température de l'air au niveau du condenseur $\Delta\theta_{\text{air/cond}}$	$36^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} = +6^\circ\text{C}$	6°C à 15°C	<input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Anormal

c. On dispose des mesures faites sur le condenseur à air :

- Les dimensions frontales du condenseur : longueur 1,2 m et largeur 0,6 m
- Les vitesses d'air prises sur le condenseur sont les suivantes :

V1	V2	V3	V4	V5	V6
1,7 m/s	1,9 m/s	1,8 m/s	2,1 m/s	1,9 m/s	2 m/s

c1. Calculer la vitesse moyenne de circulation de l'air V_{moy} à travers le condenseur : /2 pts

$V_{\text{moy}} = \frac{1,7 + 1,9 + 1,8 + 2,1 + 1,9 + 2}{6} = 1,9 \text{ m/s}$

Situation d'évaluation n°2 :

La méthodologie du diagnostic pour détecter les pannes des circuits frigorifiques et électriques offre au frigoriste un outil fiable et puissant lui permettant de faire vite et bien.

Tâche 2.1 : On commence d'abord par vérifier les acquis des notions de base de la maintenance des installations frigorifiques.

a. Répondre aux questions suivantes :

a1. Quelle est la différence entre la maintenance préventive et la maintenance corrective ? /2 pts

La maintenance préventive s'applique à une installation en marche alors que la maintenance corrective s'applique à une installation en arrêt (panne).

a2. Citer les deux types de la maintenance préventive :

2 x 1 pt /2 pts

Maintenance systématique ;

Maintenance conditionnelle.

a3. Citer les deux types de la maintenance corrective :

2 x 1 pt /2 pts

Maintenance palliative (dépannage) ;

Maintenance curative (réparation).

a4. Classifier les interventions citées dans le tableau suivant, selon le type de maintenance correspondant, en mettant une croix dans la case convenable :

6 x 0,5 pt /3 pts

Intervention	Maintenance préventive	Maintenance corrective
Changer le clapet cassé du compresseur		X
Changer l'huile du compresseur tous les six mois	X	
Nettoyer l'extérieur du condenseur (dépoussiérage)	X	
Remplacer le détendeur défectueux		X
Vérifier le serrage du ventilateur de l'évaporateur	X	
Compléter la charge en fluide frigorigène sans vérifier l'étanchéité du circuit frigorifique.		X

b. Cocher, par une croix, la bonne réponse :

b1. La température de surchauffe est mesurée : /1 pt

- à l'aspiration du compresseur ;
- à la sortie du condenseur ;
- au bulbe du détendeur.

b2. Une surchauffe trop élevée à la sortie de l'évaporateur se manifeste lorsque : /1 pt

- le détendeur est trop fermé ;
- le détendeur est trop ouvert ;
- le fluide dans l'installation est en excès.

b3. Parmi les symptômes d'un ventilateur de l'évaporateur en panne, on distingue : /1 pt

- HP trop haute ;
- BP trop haute ;
- BP trop faible.

b4. Un excès de fluide dans un circuit frigorifique provoque une : /1 pt

- augmentation HP ;
- augmentation de la surchauffe ;
- diminution de la température de refoulement du compresseur.

b5. L'installation étant en fonctionnement, que se passe-t-il si on coupe le capillaire du détendeur thermostatique ? /1 pt

- Le détendeur va fonctionner sans contrôle de la surchauffe ;
- Une fuite va se déclarer et risquer de vider l'ensemble de l'installation ;
- Le pressostat BP va arrêter le compresseur.

b6. Un manque de fluide dans un circuit frigorifique provoque : /1 pt

- un sous-refroidissement élevé ;
- une augmentation de la température d'évaporation ;
- une surchauffe importante.

c. Préciser la panne sur une installation frigorifique responsable des symptômes suivants : /2 pts

- Puissance frigorifique faible ;
- Haute pression (HP) trop élevée ;
- Basse pression (BP) trop élevée ;
- Bon sous-refroidissement ;
- Test des incondensables négatif.

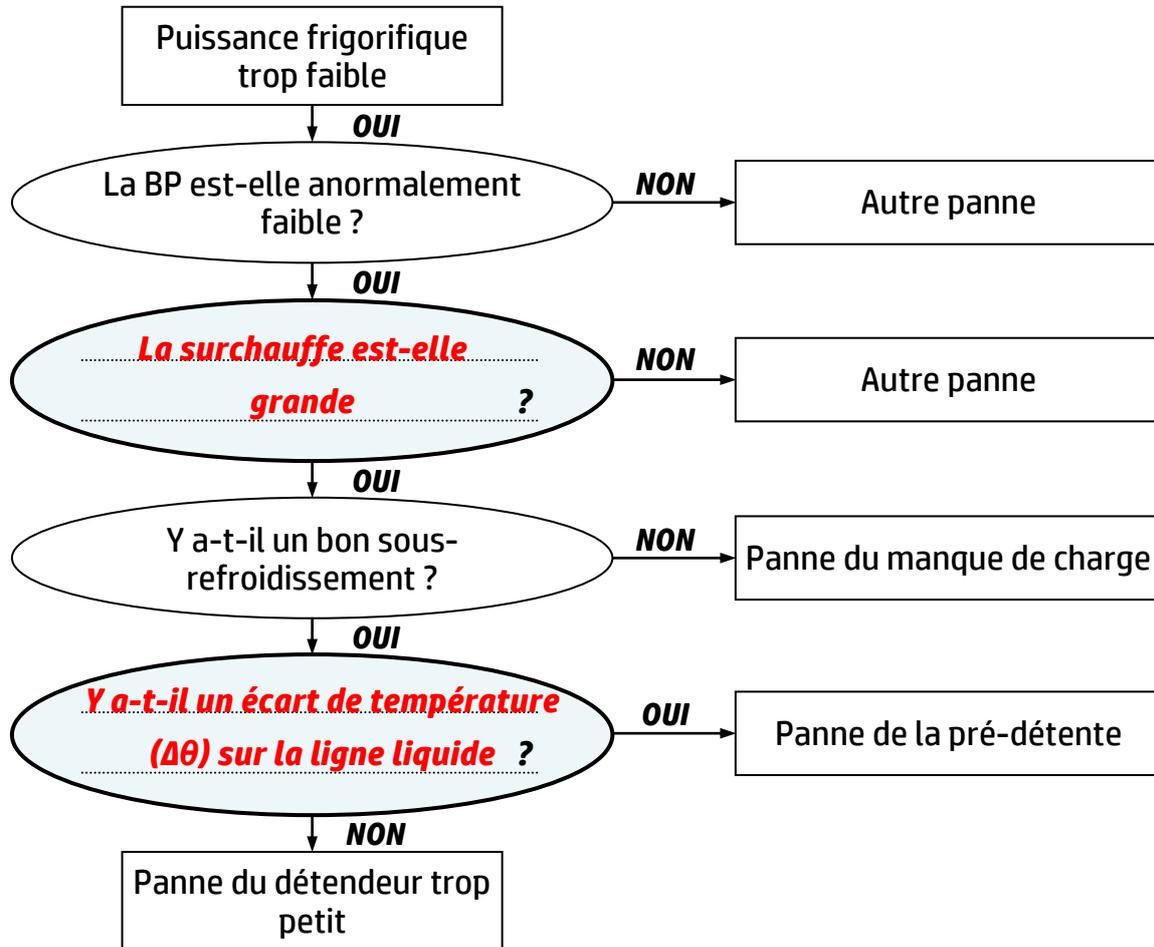
Panne : **Excès de charge.**

d. Préciser la panne sur une installation frigorifique qui déclenche les symptômes suivants : /2 pts

- Puissance frigorifique faible ;
- Haute pression (HP) trop élevée ;
- Basse pression (BP) trop élevée ;
- Faible sous refroidissement.

Panne : **Condenseur trop petit.**

e. Compléter le logigramme de méthodologie de diagnostic suivant par les expressions des symptômes convenables : **2 x 1,5 pt /3 pts**

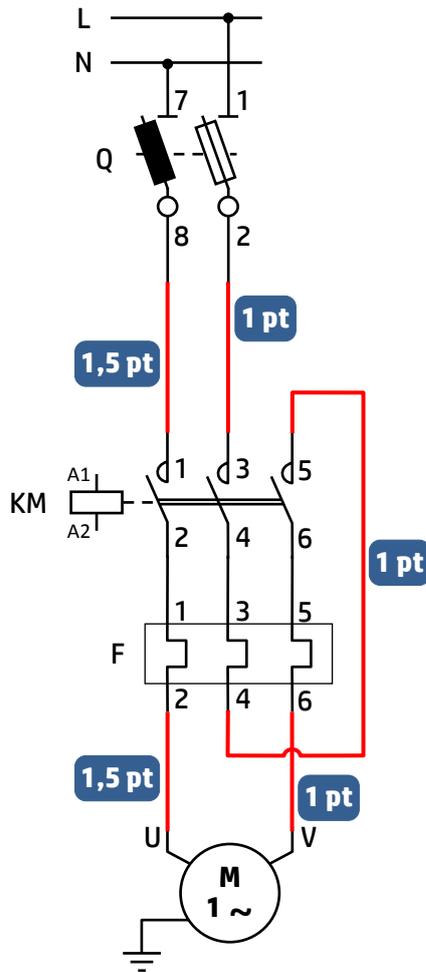


Tâche 2.2 : Suite à un besoin de rénovation du circuit électrique de commande de la vitrine, le service de maintenance a décidé de remplacer le thermostat mécanique par un thermostat électronique, d'où l'obligation de commander le moteur électrique monophasé du ventilateur de l'évaporateur par un contacteur et le protéger par un relais thermique et un sectionneur porte fusible bipolaire. Pour cela, répondre aux questions suivantes :

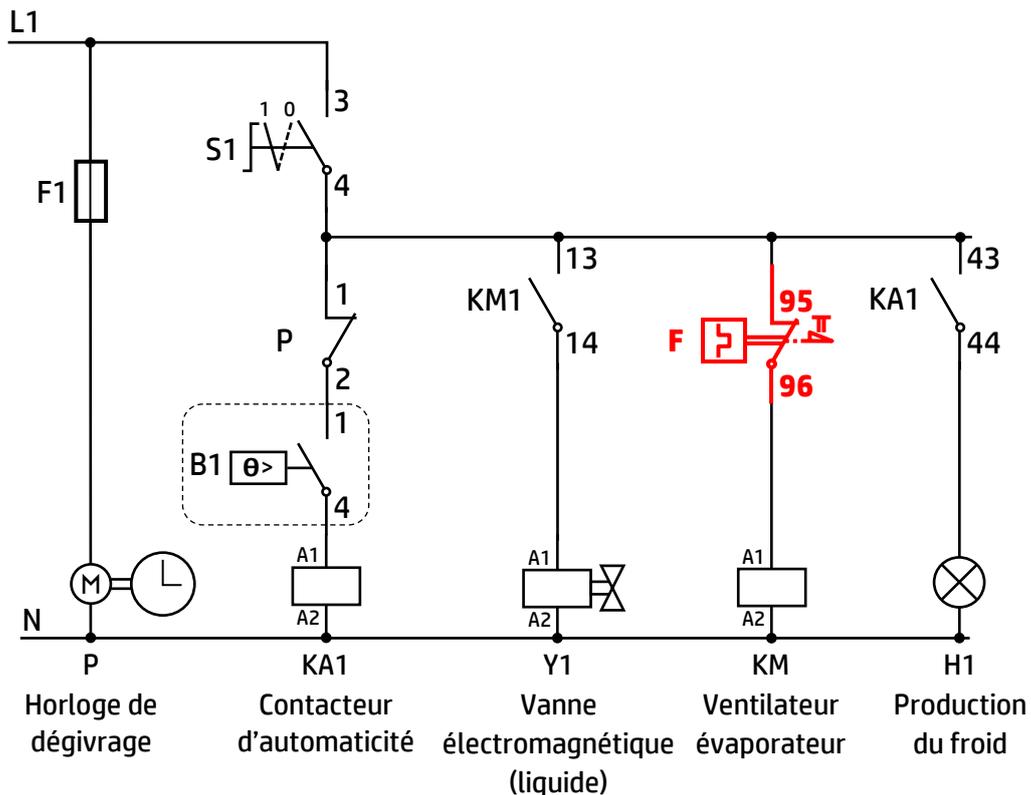
a. En se référant au schéma partiel de commande électrique du circuit frigorifique (Ressources pages 11/11), Compléter le tableau suivant, en interprétant les valeurs mesurées, par les expressions suivantes : **Fusible en bon état**, **Fusible coupé** et **Pas d'alimentation électrique** :/3 pts

Mesure au voltmètre	Valeurs mesurées 3 x 1 pt		
	1 ^{er} cas	2 ^{ème} cas	3 ^{ème} cas
Mesure effectuée entre le neutre et la borne C1	220 V	0 V	220 V
Mesure effectuée entre le neutre et la borne C2	0 V	0 V	220 V
Interprétation	Fusible coupé	Pas d'alimentation électrique	Fusible en bon état

b. Compléter le schéma électrique de puissance, ci-dessous, par les liaisons nécessaires : /6 pts

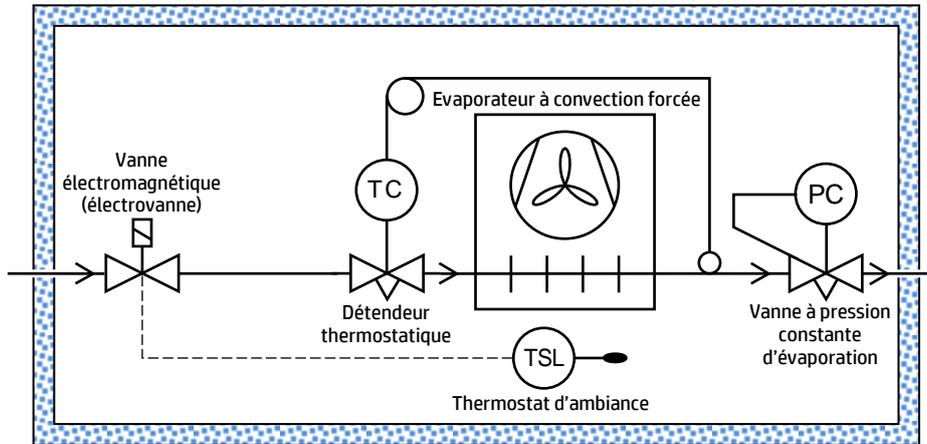


c. Compléter le schéma électrique de commande de la bobine KM par le contact auxiliaire du relais thermique assurant l'arrêt du moto-ventilateur en cas de surcharge. /2 pts

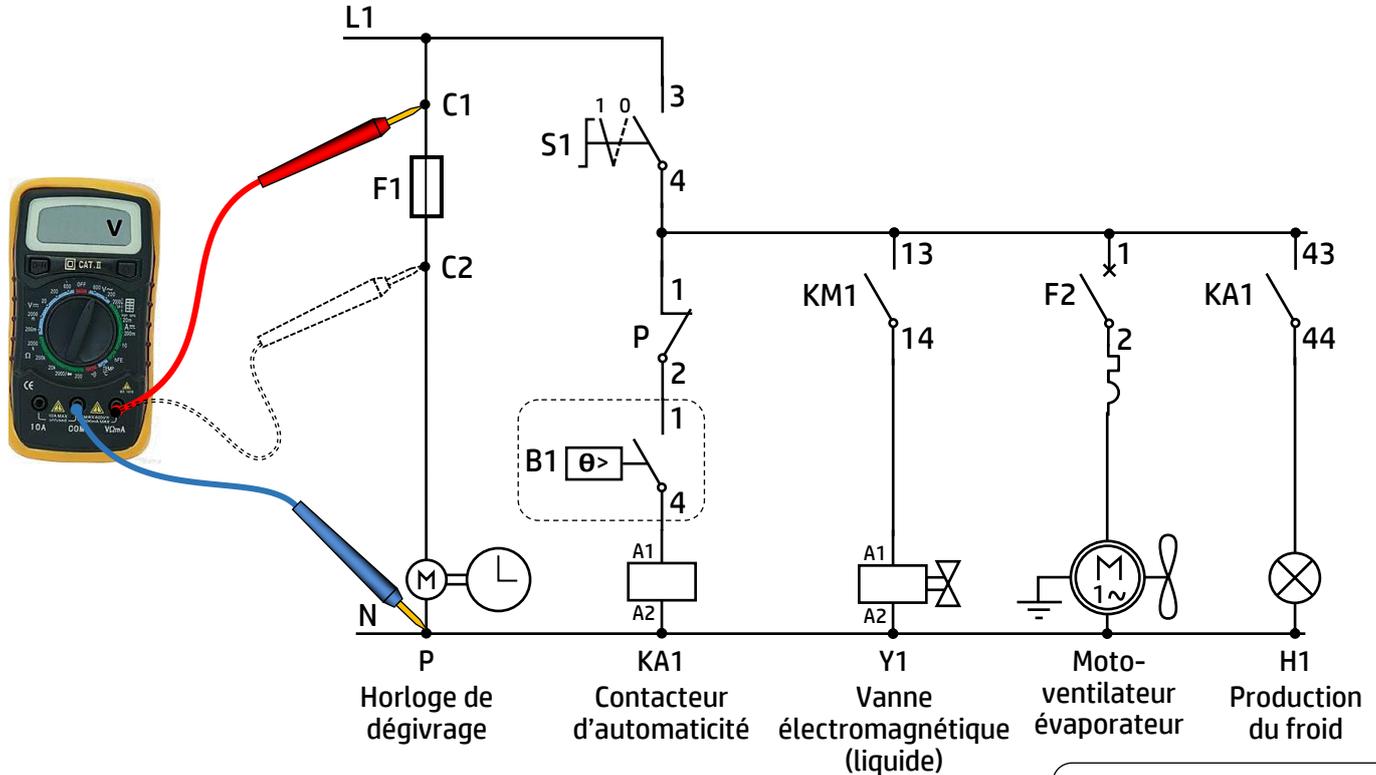


VOLET 4 : RESSOURCES

- Schéma partiel du circuit frigorifique de la vitrine :



- Schéma partiel de commande électrique de la vitrine :



- Tableau de la relation pression/température pour le fluide R134a :

Température (en °C)	Pression effective (relative) (en bar)	Température (en °C)	Pression effective (relative) (en bar)
0	1,91	20	4,68
2	2,13	25	5,61
4	2,36	30	6,66
6	2,60	35	7,82
8	2,85	40	9,11
10	3,12	45	10,53
12	3,40	50	12,10
14	3,70	55	13,83
16	4,01	60	15,73
18	4,34	65	17,80

- Pressostat HP de sécurité :

