

Brevet de technicien supérieur

Fluides Énergies Domotique

Option : Froid et Conditionnement d'Air

Épreuve E32

Physique et Chimie

Session 2020

Durée : 2 heures

Coefficient : 1

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

Important

Ce sujet comporte, en plus de cette page de garde, 11 pages.
Les documents réponses pages 10 et 11 sont àagrafer avec la copie.

CUBE 2020 : DES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE AVÉRÉES DANS LES BÂTIMENTS !

Votre bâtiment franchit-il la barre des 15 % d'économies d'énergie ? C'est ce que les bâtiments en lice pour le Concours Usages et Bâtiment Efficace 2020 (CUBE 2020) ont réalisé ! Des chiffres prometteurs au vu des réglementations à venir. Et vous, êtes-vous suffisamment équipés pour atteindre ces économies d'énergie ?

QU'EST-CE QUE LE CUBE 2020 ?

Organisé par l'Institut Français pour la Performance des Bâtiments (IFPEB), le Concours Usages et Bâtiment Efficace 2020 (CUBE 2020) est une compétition qui distingue les bâtiments tertiaires ayant réalisé le plus d'économies d'énergie possibles. D'une durée d'1 an, les participants doivent mettre en place des actions pour que leurs bâtiments soient les plus exemplaires sur le plan énergétique.

Pour cela, la compétition propose 3 leviers :

- Rénover le bâti et les installations techniques ;
- Mieux régler son exploitation technique, son pilotage ;
- Engager un usage vertueux du bâtiment avec ses utilisateurs notamment avec des éco-gestes.

Véritable projet collaboratif, tous les interlocuteurs sont mis à contribution pour participer à l'aventure. Pour cette quatrième édition, ce ne sont pas moins de 248 bâtiments participants. Tous viennent de secteurs différents avec à la fois des bâtiments de bureaux privés et des bâtiments de l'État avec des universités.

Site : <https://ems.deltadore.fr/>

Un jeune apiculteur décide de relever le défi proposé dans l'article et souhaite concourir en rénovant son bâtiment tertiaire situé dans une zone rurale.

Il est déjà engagé dans une démarche d'éco-gestes puisqu'il utilise des cuillères en bois pour que ses clients puissent goûter les produits ainsi que des éco-verres pour sa buvette.

Il souhaite poursuivre son action en s'attaquant aux dépenses d'énergie de son magasin.

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E32 : physique et chimie option FCA	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 20FEPHFCA		Page 1/11

Pour cela, il décide d'installer des capteurs solaires thermiques pour produire l'eau chaude sanitaire puis une pompe à chaleur réversible pour le chauffage et pour la climatisation.

On s'intéressera dans ce sujet à 4 parties :

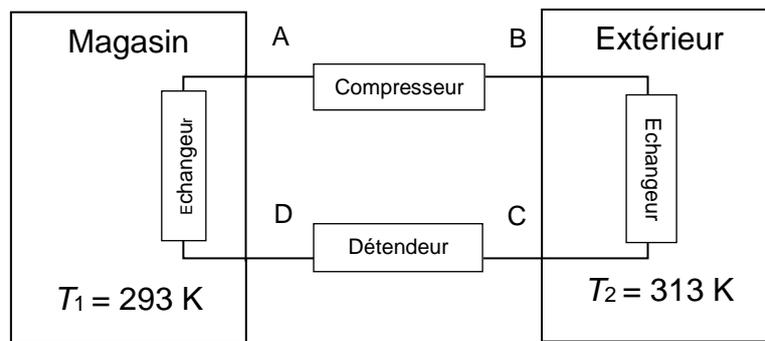
- A. Machine frigorifique théorique air-air
- B. Rendement du moteur du compresseur
- C. Chauffe-eau solaire individuel
- D. Puissance électrique nécessaire au fonctionnement de la pompe

Les 4 parties sont indépendantes.

A. Machine frigorifique théorique air - air

Le but est de déterminer l'efficacité de la machine frigorifique qui va permettre de climatiser la boutique. Cette machine thermique, dont le schéma est représenté ci-dessous, doit permettre de maintenir dans le magasin une température constante T_1 .

La pression de l'air est la même dans le magasin et à l'extérieur.



On considère que le fluide est assimilable à un gaz parfait dans la totalité de l'installation et que toutes les transformations sont réversibles.

Il décrit le cycle suivant :

De A vers B : Compression adiabatique

De B vers C : Refroidissement isobare

De C vers D : Détente adiabatique

De D vers A : Réchauffement isobare

Données :

$$T_1 = T_A = 293 \text{ K}$$

$$T_2 = T_C = 313 \text{ K}$$

$$T_B = 329 \text{ K}$$

$$T_D = 279 \text{ K}$$

$$p_A = 2,0 \text{ bar}$$

$$p_B = 3,0 \text{ bar}$$

$$C_p = 1,0 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E32 : physique et chimie option FCA	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 20FEPHFCA		Page 2/11

1. Placer les points A, B, C et D sur le cycle représenté sur le document-réponse1.
2. Déterminer les quantités de chaleur massiques Q_{AB} , Q_{BC} , Q_{CD} et Q_{DA} échangées par le fluide au cours de chacune des transformations.
3. En déduire le travail massique total W_{cycle} reçu par le fluide au cours du cycle.
4. L'efficacité théorique ε d'une machine frigorifique est le rapport de la quantité de chaleur absorbée par le travail reçu par le fluide au cours d'un cycle de transformations.
Montrer que l'efficacité ε est égale à 7.

B. Rendement du moteur du compresseur

La plaque signalétique du moteur asynchrone triphasé entraînant le compresseur porte les indications suivantes :

V	Hz	tr·min ⁻¹	kW	cos φ	A
Δ 220	50	2780	0,75	0,86	3,3
Y 380					1,9
Δ 230	50	2800	0,75	0,83	3,3
Y 400					1,9
Δ 240	50	2825	0,75	0,80	3,3
Y 415					1,9

Le moteur de la machine frigorifique est alimenté par un réseau triphasé équilibré 230/400 V - 50 Hz.

1. Déterminer le couplage des enroulements du moteur du compresseur à effectuer pour un fonctionnement correct.
2. Représenter le couplage à effectuer sur le document-réponse 1.
3. Vérifier que le rendement η est égal à 0,69 en régime nominal.
4. Proposer une démarche expérimentale qui permettrait de vérifier la valeur du rendement.

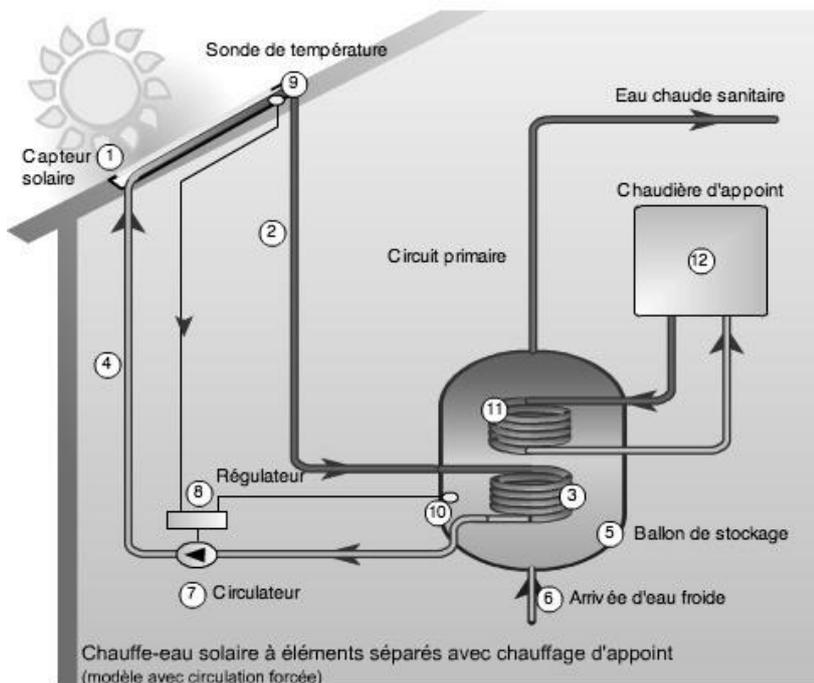
C. Chauffe-eau solaire individuel (CESI)

Pour produire son eau chaude sanitaire, l'apiculteur consulte le site de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie) et envisage d'installer un chauffe-eau.

Il a besoin de déterminer la qualité de l'eau fournie par un puits.

Le schéma de principe du chauffe-eau est donné ci-dessous :

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E32 : physique et chimie option FCA	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 20FEPHFCA	Page 3/11	



- | |
|------------------------------------|
| 1- Capteur solaire |
| 2- Circuit primaire (fluide chaud) |
| 3- Echangeur thermique |
| 4- Circuit primaire (fluide froid) |
| 5- Ballon de stockage |
| 6- Arrivée d'eau froide |
| 7- Circulateur |
| 8- Régulateur |
| 9- Sonde de température |
| 10- Sonde du ballon |
| 11- Echangeur |
| 12- Chaudière d'appoint. |

- Citer le mode de transfert d'énergie thermique intervenant au niveau de chacun des éléments suivants :
 - le capteur solaire ;
 - l'échangeur thermique ;
 - le ballon de stockage.

2. Analyse de l'eau

L'eau utilisée dans le chauffe-eau provient d'un puits situé non loin du bâtiment.

L'eau a été analysée à 4 reprises dans un laboratoire d'analyses.

- À l'aide de l'annexe 1, proposer un protocole expérimental permettant de déterminer le Titre Alcalimétrique Complet (T.A.C.) de l'eau du puits.
- Compléter le schéma sur le document-réponse 2.

3. Qualité de l'eau d'approvisionnement du chauffe-eau

L'apiculteur consulte les résultats des analyses, donnés sous forme de diagrammes de Schöeller-Berkaloff, fournis dans les annexes 2 et 3.

Il décide d'établir une moyenne des résultats obtenus pour identifier s'il est nécessaire ou non de protéger son installation.

Données : Masses molaires en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $M(\text{Mg}^{2+}) = 24,3$; $M(\text{Ca}^{2+}) = 40,1$.

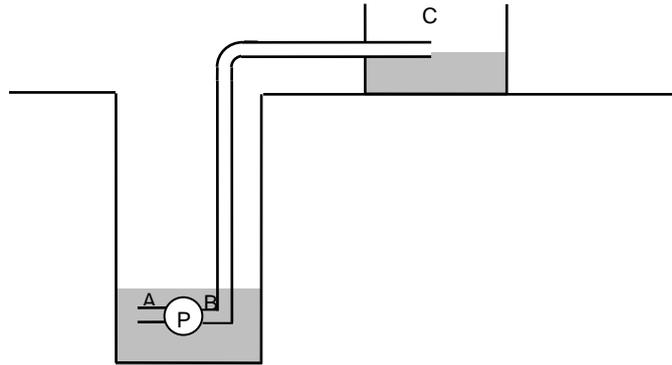
- Compléter la ligne vide sur le tableau du document-réponse 2, à l'aide de l'annexe 3.
- Vérifier que le Titre Hydrotimétrique moyen (TH) est égal à environ 36 °f.
- En s'aidant de l'annexe 1, conclure sur la nature de l'eau.

4. Proposer une solution pour protéger l'installation.

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E32 : physique et chimie option FCA	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 20FEPHFCA		Page 4/11

D. Fonctionnement de la pompe

Une pompe installée au fond du puits relève l'eau jusqu'à un réservoir.



L'entrée de la pompe se trouve au point A et la sortie du tuyau de refoulement de la pompe se trouve au point C.

Le débit de la pompe est de $7,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

La section du tube de refoulement BC est constante et égale à $7,0 \text{ cm}^2$.

1. Déterminer la vitesse v de refoulement en B.
2. La bouche d'aspiration de la pompe est située au point A en moyenne $1,0 \text{ m}$ en dessous de la surface de l'eau du puits.

Montrer que la pression absolue p_A au point A est égale à $1,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ avant la mise en route de la pompe.

Données :

- Masse volumique de l'eau : $\rho = 1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Pression atmosphérique : $p_{\text{atm}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- L'intensité de pesanteur : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

3. Vérification de la sécurité « manque d'eau »

Afin de couper l'alimentation électrique de la pompe en cas de manque d'eau, un capteur de pression est installé en sortie de pompe.

Le capteur de pression est de référence **ED 505/314.411/075**.

3.1. Déduire à l'aide de l'annexe 4 :

- le type de pression mesurée,
- la gamme de pression mesurée,
- la gamme du signal de sortie.

3.2. Proposer une stratégie expérimentale permettant de vérifier la linéarité du capteur.

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E32 : physique et chimie option FCA	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 20FEPHFCA		Page 5/11

ANNEXE 1

Titre alcalimétrique complet

Le Titre Alcalimétrique Complet (T.A.C.) d'une solution est égal au volume, exprimé en millilitres, de solution d'acide chlorhydrique, de concentration $C = 0,020 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, nécessaire pour titrer un volume $V = 100 \text{ mL}$ de cette solution en présence de vert de bromocrésol comme indicateur coloré de fin de réaction.

Zones de virage de quelques indicateurs colorés

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
Hélianthine	Rouge	3,1 - 4,4	Jaune
Vert de bromocrésol	Jaune	3,8 - 5,4	Bleu
Bleu de bromothymol	Jaune	6,0 - 7,6	Bleu

Dureté d'une eau

La dureté d'une eau est donnée par son Titre Hydrotimétrique (TH) exprimé en degré français ($^{\circ}f$).

$$TH = ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) \cdot 10^4$$

où les concentrations $[Ca^{2+}]$ et $[Mg^{2+}]$ sont exprimées en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

TH ($^{\circ}f$)	0 à 7	7 à 15	15 à 25	25 à 45	> 45
Eau	Très douce	Douce	Moyennement douce	Dure	Très dure

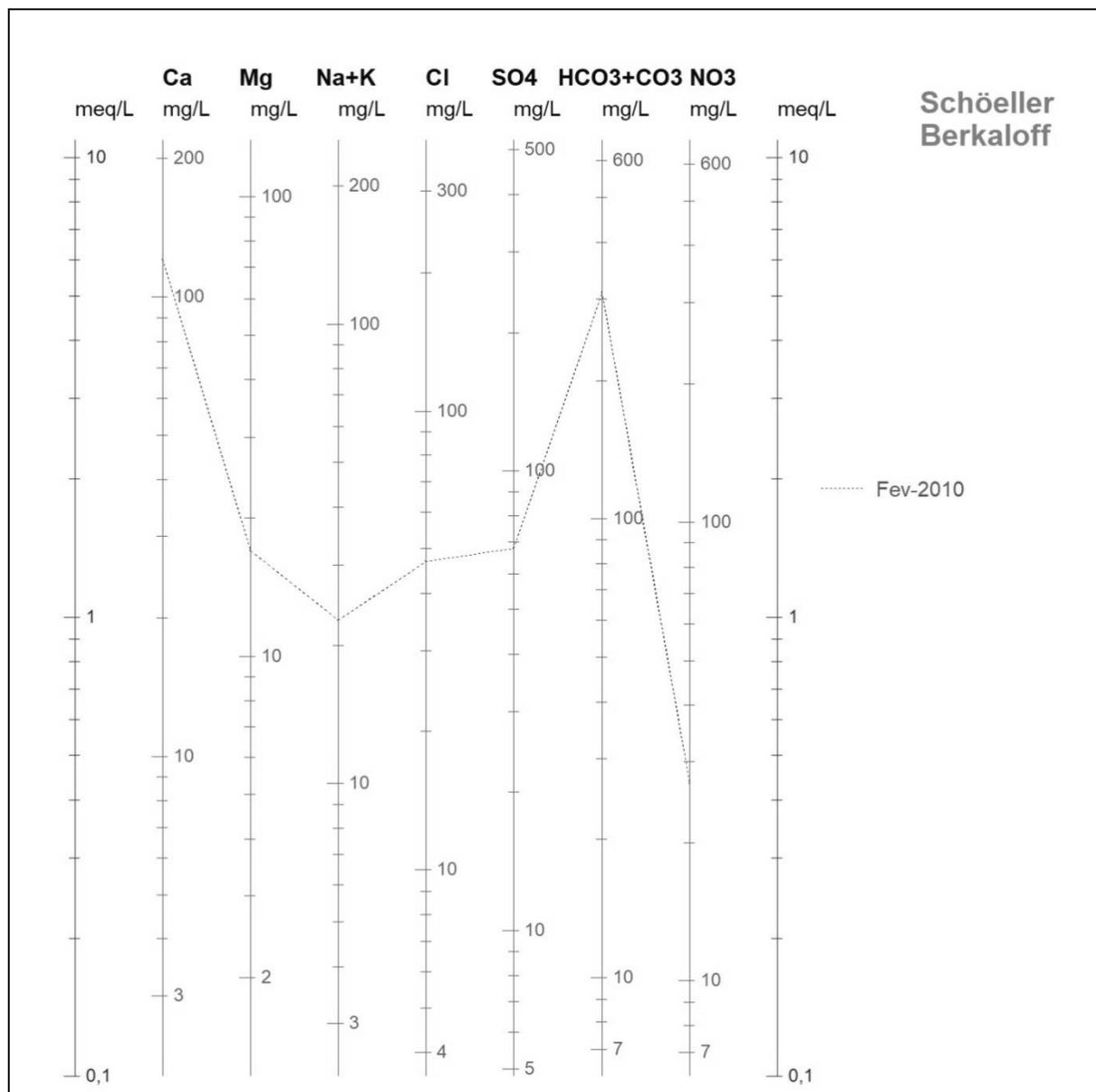
Inconvénient d'une eau dure:

Une eau dure ne présente aucun danger pour la santé et peut donc être consommée en tant qu'eau de boisson.

Mais elle peut être à l'origine de certains inconvénients tels que l'entartrage (dépôt de carbonate de calcium CaCO_3 ou de carbonate de magnésium MgCO_3 des appareils dans lesquels l'eau est chauffée (lave-linge, lave-vaisselle...) ou de traces sur des surfaces lavées (baignoires, lavabos, robinetterie).

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E32 : physique et chimie option FCA	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 20FEPHFCA		Page 6/11

ANNEXE 2



Légende :

Ca représente les ions Ca^{2+} ;

Mg représente les ions Mg^{2+} ;

Na+K représente les ions Na^+ et K^+ ;

Cl représente les ions Cl^- ;

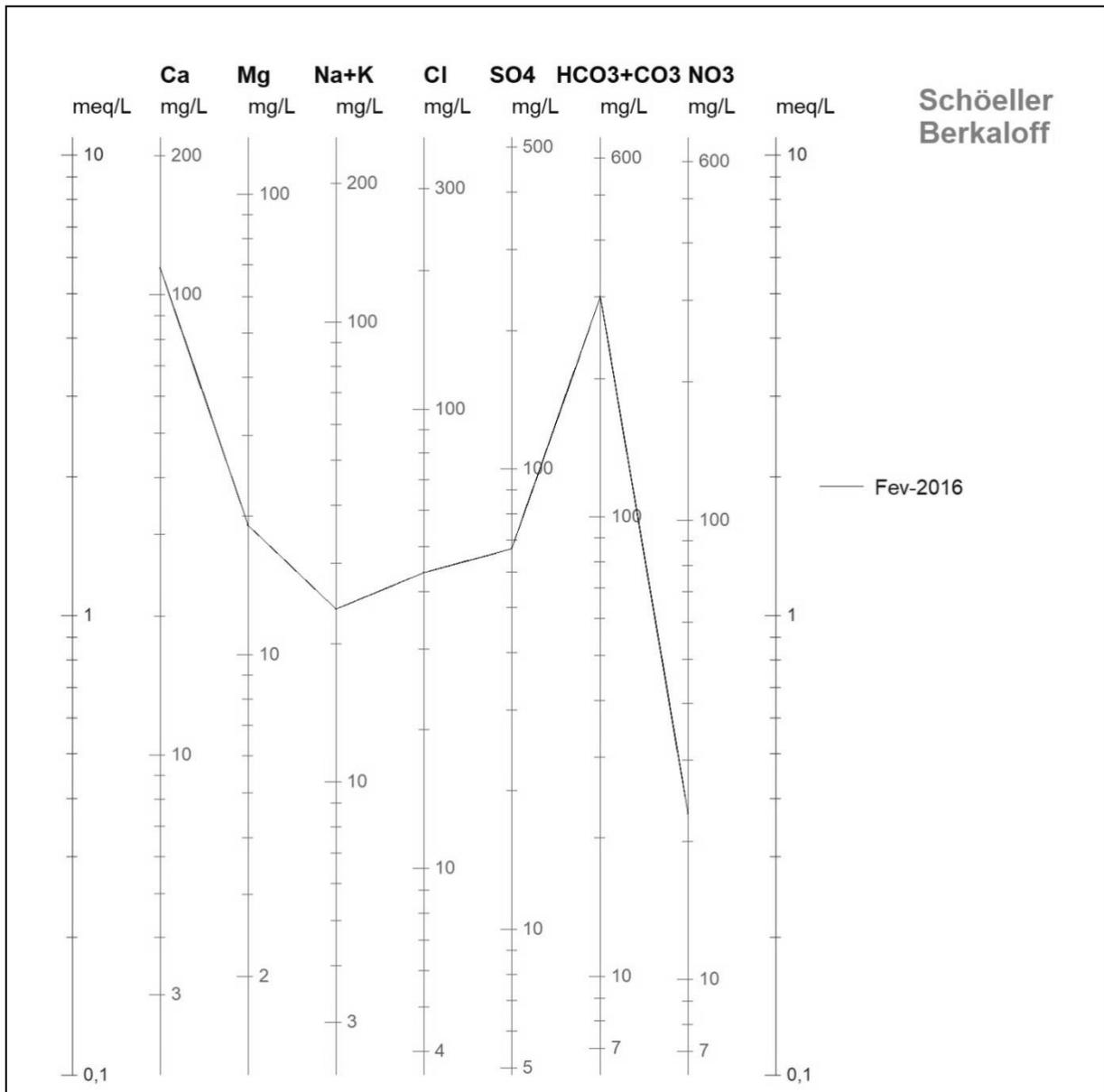
SO4 représente les ions SO_4^{2-} ;

HCO3+CO3 représente les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} ;

NO3 représente les ions NO_3^- .

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E32 : physique et chimie option FCA	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 20FEPHFCA		Page 7/11

ANNEXE 3



Légende :

Ca représente les ions Ca^{2+} ;

Mg représente les ions Mg^{2+} ;

Na+K représente les ions Na^+ et K^+ ;

Cl représente les ions Cl^- ;

SO4 représente les ions SO_4^{2-} ;

HCO3+CO3 représente les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} ;

NO3 représente les ions NO_3^- .

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E32 : physique et chimie option FCA	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 20FEPHFCA		Page 8/11

ANNEXE 4

Capteur de pression ED 505 Compact

Utilisation	Mesure de pression relative de fluides et de gaz pour les machines, chauffage, climatisation, ventilation et sanitaire.
Construction	Exécution industrielle compacte en acier inoxydable. Point zéro ajustable.
Gamme de pression	1 bar ... 50 (400) bar ¹⁾
Signal de sortie	4 ... 20 mA 0 ... 5 V DC, 0 ... 10 V DC
Limite d'erreur	0,6% FS typ. (VDI/VDE 2184)
Raccord électrique	Connecteur, câble (fiches voir D6.911 F)
Raccord de pression	Mâle G $\frac{1}{2}$, G $\frac{3}{4}$, DIN 16288 Mâle G $\frac{1}{2}$ DIN 3852
Classe de protection	IP 65
CEM	Protégé pour les environnements industriels en conformité avec les normes EN 50081-2, EN-50081-1 et EN 50082-2

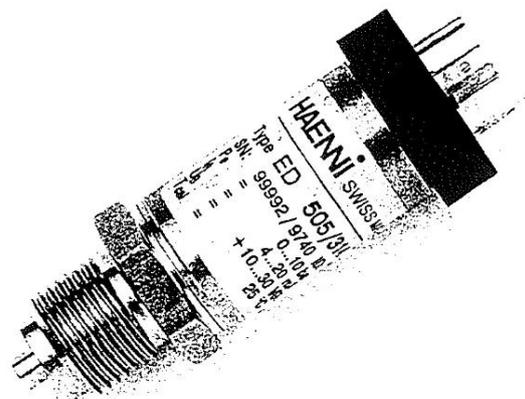


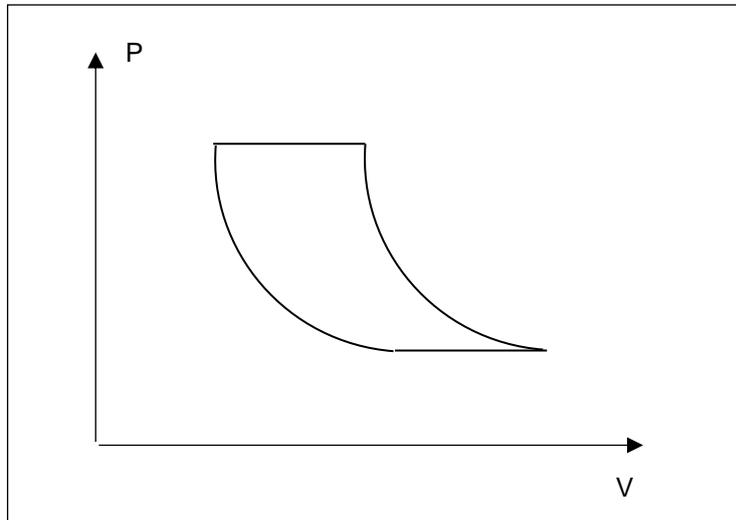
Tableau de sélection

Exemple de commande:		ED 505 / 3 1 4 . 2 1 1 / 075			
Genre de construction	ED 505				
Type de pression	Pression relative	3			
Limite d'erreur	< 1,0% FS max. (T _{amb} = 25°C)		1		
Raccord électrique	Cable 2 m			1	
	Connecteur DIN 43650				4
Signal de sortie	I _A = 4 ... 20 mA				2
	U _A = 0 ... 10 V DC				4
	U _A = 0 ... 5 V DC				5
Racc. de pression	Mâle G $\frac{1}{2}$ DIN 16288, acier inox 1.4435				1
	Mâle G $\frac{3}{4}$ DIN 16288, acier inox 1.4435				2
	Mâle G $\frac{1}{2}$ DIN 3852, acier inox 1.4435				4
Membrane (parties en contact)	Membrane céramique				
	Joint FPM (Viton) ²⁾				1
Gamme de pression					

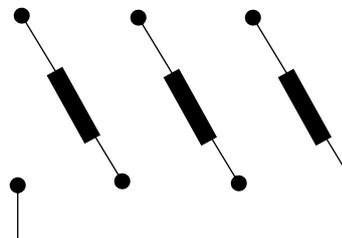
Repère	Gamme de pression	Repère	Gamme de pression
025	0 ... 1	125	0 ... 100
035	0 ... 1,6	135	0 ... 160
A15	0 ... 2	A55	0 ... 200
045	0 ... 2,5	145	0 ... 250
055	0 ... 4	155	0 ... 400
A25	0 ... 5	H05	-1 ... 1
065	0 ... 6	515	-1 ... -1,5
075	0 ... 10	F05	-1 ... 2
065	0 ... 16	525	-1 ... 3
A35	0 ... 20	535	-1 ... 5
095	0 ... 25	545	-1 ... 9
105	0 ... 40		
A45	0 ... 50		

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E32 : physique et chimie option FCA	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 20FEPHFCA		Page 9/11

**Document réponse 1
à rendre avec la copie**

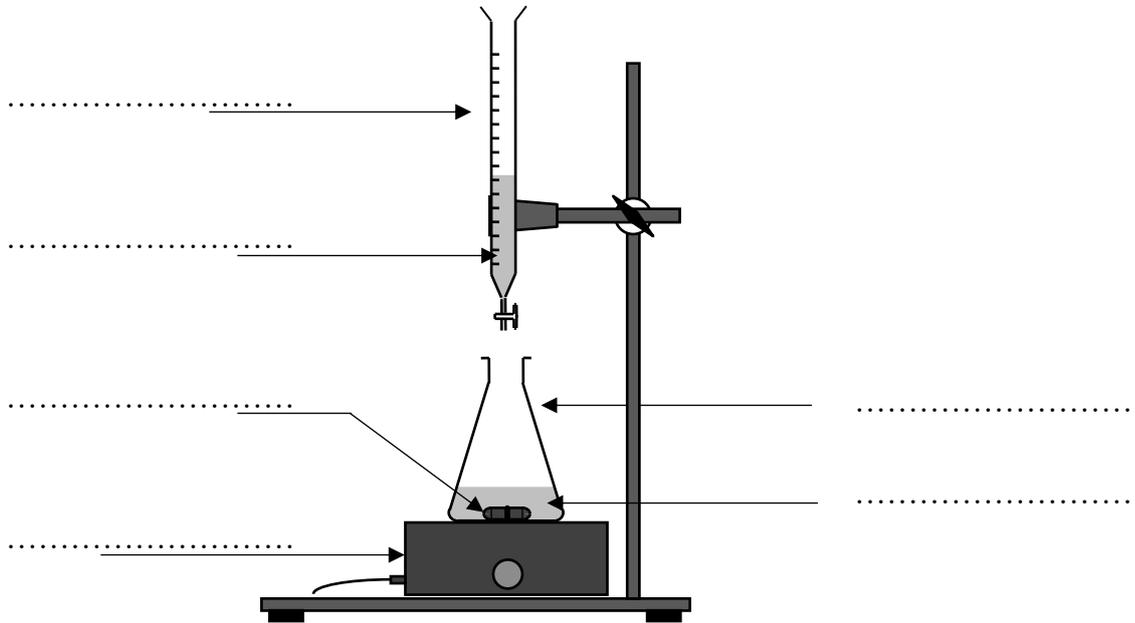


COMPRESSEUR	Phase 1
	Phase 2
	Phase 3
	Neutre



BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E32 : physique et chimie option FCA	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 20FEPHFCA		Page 10/11

**Document réponse 2
à rendre avec la copie**



	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ²⁻
Oct. 2007	120	17	22	40	75	300
Fev. 2010	120	18	22	48	69	300
Oct. 2013	110	17	28	45	70	300
Fev. 2016						
Moyenne	115	18	24	44	71	300

BTS Fluide Énergies Domotique	sujet	session 2020
épreuve E32 : physique et chimie option FCA	durée : 2 heures	coefficient : 1
Code : 20FEPHFCA		Page 11/11