– BTS Blanc décembre 2021 –

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Fluides Énergies Domotique

Épreuve E42

Physique et Chimie associées au système

ÉPREUVE DU JEUDI 16 DÉCEMBRE 2021

Durée de l'épreuve : 2 heures
Coefficient : 2

La calculatrice conforme à la circulaire N°99-186 du 16-11-99 est autorisée.

Important
Ce sujet comporte, en comptant cette page de garde, 8 pages numérotées de 1/8 à 8/8.

Magasin de meubles dans la Marne

L'étude porte sur un magasin de meubles implanté dans la Marne.
Ce magasin fait partie d'un groupe qui vise une indépendance énergétique et s'est investi dans la lutte contre le réchauffement climatique.
Il mise donc sur les énergies renouvelables et la diminution des émissions en CO_2.
Le magasin situé dans la Marne possède des panneaux photovoltaïques et une chaudière biomasse.
Dans un souci d'économie, le magasin utilise également deux pompes à chaleur différentes pour les besoins énergétiques en hiver et en été.
Ce sujet porte sur ces différentes méthodes de production d'énergie.

Le sujet comporte quatre parties :

A. Installation photovoltaïque
B. Choix des PAC
C. Caractéristiques de la PAC
D. Chaudière biomasse

A. Installation photovoltaïque

L'étude consiste à déterminer le gain financier réalisé grâce à l'installation des panneaux solaires.
L'installation comporte 4 321 panneaux solaires.
Des informations pouvant être utiles sont données dans l'annexe 1.

I. Énergie électrique produite

1) À l'aide du document a de l'annexe 1, calculer S la surface totale des panneaux de l'installation.
2) Les panneaux photovoltaïques reçoivent, en moyenne sur toute l'année, $3{,}18\ kW.h.m^{-2}$ par jour. Montrer, par le calcul, que l'énergie solaire reçue par l'ensemble des panneaux en une année E_S est égale à $6{,}16 \cdot 10^6\ kW.h$.
3) À l'aide du document a de l'annexe 1, indiquer η le rendement des panneaux utilisés.
4) En déduire E_E l'énergie électrique produite par les panneaux solaires sur une année.

II. Gain financier réalisé

Le tarif entreprise de l'énergie électrique est de 0,080 € par $kW.h$.

ERDF ne donne aucune compensation financière aux entreprises pour l'électricité injectée dans son réseau.

Calculer, à l'aide du document b de l'annexe 1, le gain financier G, *en* €, réalisé grâce aux panneaux photovoltaïques en 2017.

B. Choix des PAC

Le magasin a fait le choix d'une pompe à chaleur réversible (PAC) pour couvrir les besoins de chauffage en hiver. En été, une deuxième PAC viendra compléter les besoins de climatisation.
La puissance nécessaire en hiver est de $480\ kW$, celle nécessaire en été est de $1\ 100\ kW$.

À l'aide des documents des annexes 2 et 3, déterminer les PAC adaptées.

C. Caractéristiques de la PAC

On souhaite déterminer l'efficacité frigorifique de la PAC utilisée uniquement l'été pour compléter les besoins frigorifiques.

I. Cycle frigorifique

1) À l'aide du diagramme en annexe 4, décrit dans le sens $1 \longrightarrow 2 \longrightarrow 2'$ etc, indiquer entre quels points se situe la surchauffe et préciser son intérêt pratique.
2) Choisir parmi les termes suivants, celui ou ceux qui s'appliquent à la détente.
   Isobare isotherme isenthalpique
3) Donner les valeurs de la basse pression P_B et de la haute pression P_H.
4) Indiquer sous quel(s) état(s) se trouve le fluide au point 4. Si plusieurs phases coexistent, préciser la proportion de chacune d'elles.

II. Coefficient de performance, COP, de la PAC

La pompe à chaleur fonctionne avec un fluide frigorigène R407C qui n'est pas un corps pur. Le débit de fluide dans le circuit est de $4{,}20\ kg.s^{-1}$.

1) Le modèle de la PAC est la Powerciat 2800Z HPS. Vérifier que la puissance frigorifique P_f correspondant à l'évaporation entre les points 4 et 1 est bien celle indiquée sur le document en annexe 3.
2) À l'aide du diagramme du cycle de l'annexe 4, calculer le *COP* froid théorique sachant qu'il est défini par le rapport entre la puissance frigorifique et la puissance absorbée par le fluide au niveau du compresseur.
3) Expliquer la différence de valeur entre le *COP* froid et l'*EER* (Energy Efficiency Ratio) du document en annexe 3. L'*EER* est définie par le rapport entre la puissance frigorifique et la puissance absorbée par le compresseur.

D. Chaudière biomasse

La chaudière biomasse fonctionne comme un appareil de chauffage par combustion classique mais elle utilise le bois comme combustible.
Le magasin ne l'utilise que quelques mois pendant l'hiver mais sans interruption.
Par simplification, on considèrera que le bois n'est constitué que de cellulose de formule $C_6H_{10}O_5$.
Le but est de déterminer le débit d'air nécessaire au fonctionnement des brûleurs de la chaudière. Ce débit est en effet indispensable pour dimensionner la ventilation de la chaufferie.

On s'appuiera pour cela sur les documents fournis en annexe 5 et on cherchera une valeur moyenne sur novembre et décembre 2017.

1) Montrer que m_{moy}, la masse moyenne de bois consommée par la chaudière en 24 heures, est inférieure à $2\ tonnes$.
2) Sans réaliser les calculs, présenter les principales étapes de la démarche à suivre pour évaluer V_{O_2}, le volume moyen de dioxygène nécessaire pour une durée de 24 heures de fonctionnement de la chaudière. *Le candidat est invité à formuler et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti.*
3) À l'aide du document b de l'annexe 5, mettre en œuvre la démarche proposée et calculer V_{O_2}.
4) L'air contient $21\ \%$ de dioxygène. Pour $V_{O_2} = 1{,}70 \cdot 10^3\ m^3$, déduire $Q_{V_{air}}$ le débit d'air nécessaire au fonctionnement de la chaudière.

ANNEXE 1 : PANNEAUX PHOTOVOLTAIQUES ET PRODUCTION ELECTRIQUE

Document a : informations panneaux solaires.

Brand	Type	Power	Size (mm)	Weight (kg)	Orientation	Tilt (°)	Quantity (pcs)
Solar Frontier	SF155-S	155Wp	1257 x 977 x 35	20	Portrait	13	4321

STC Characteristics [1]		SF150-S	SF155-S	SF160-S	SF165-S	SF170-S	SF175-S
Nominal power	*Pmax*	150 W	155 W	160 W	165 W	170 W	175 W
Positive sorting effect				+5W/0W			
Module efficiency *	%	12.2 %	12.6 %	13.0 %	13.4 %	13.8 %	14.2 %
Open circuit voltage	*Voc*	108.0 V	109.0 V	110.0 V	110.0 V	112.0 V	114.0 V
Short circuit current	*Isc*	2.20 A	2.20 A	2.20 A	2.20 A	2.20 A	2.20 A
Voltage at nominal power	*Vmpp*	81.5 V	82.5 V	84.0 V	85.5 V	87.5 V	89.5 V
Current at nominal power	*Impp*	1.85 A	1.88 A	1.91 A	1.93 A	1.95 A	1.96 A

Module efficiency * = rendement

Document b : Production et consommation électrique du magasin en 2017

Mois	Énergie électrique totale consommée (kW·h)	Énergie électrique consommée, fournie par EDF (kW·h)	Énergie photovoltaïque produite (kW·h)	Énergie photovoltaïque consommée par le magasin (kW·h)	Énergie photovoltaïque injectée dans le réseau (kW·h)
1	191 969	176 333	16 052	15 636	417
2	172 237	144 629	32 885	27 608	5 277
3	192 406	144 885	54 390	47 521	6 869
4	170 444	109 835	82 832	60 609	22 223
5	164 156	93 083	107 484	71 073	36 411
6	166 738	83 420	107 068	83 318	23 751
7	210 849	124 833	107 222	86 016	21 206
8	221 258	138 873	94 271	82 385	11 886
9	175 444	120 823	67 317	54 621	12 696
10	181 096	141 789	43 778	39 307	4 471
11	189 288	171 178	19 638	18 110	1 527
12	191 559	179 267	12 772	12 292	480
Total	2 227 444	1 628 947	745 710	598 497	147 213

ANNEXE 2 : Caractéristique PAC réversible

CIAT

Groupes de production d'eau glacée Pompes à chaleur

AQUACIAT POWER

DONNEES TECHNIQUES - POMPES A CHALEUR REVERSIBLE

AQUACIAT^{power} ILD - ILDC - ILDH		1200 V	1500 V	1650 V	1800 V
Puissance frigorifique ①	**kW**	**333**	**382**	**435**	**487**
Puissance absorbée	kW	112	130,7	151	168,8
Efficacité EER / ESEER ②		2,97 / 4,2	2,92 / 4,28	2,88 / 3,96	2,89 / 3,92
Puissance calorifique ①	**kW**	**341**	**387**	**451**	**503**
Puissance absorbée	kW	111,4	126	147,2	164
Efficacité COP ②		3,06	3,07	3,06	3,06
Lw / Lp ③ (version Haute Performance - HP)	dB(A)	93 / 61	95 / 63	96 / 64	98 / 66
Lw / Lp ③ (version Low Noise - LN)	dB(A)	91 / 59	90 / 58	91 / 59	91 / 59
Lw / Lp ③ (XTRA Low Noise - XLN)	dB(A)	87 / 55	87 / 55	87 / 55	88 / 56
Compresseur		SCROLL hermétique 2900 tr/mn			

ANNEXE 3 : Caractéristique PAC froid seul

CIAT

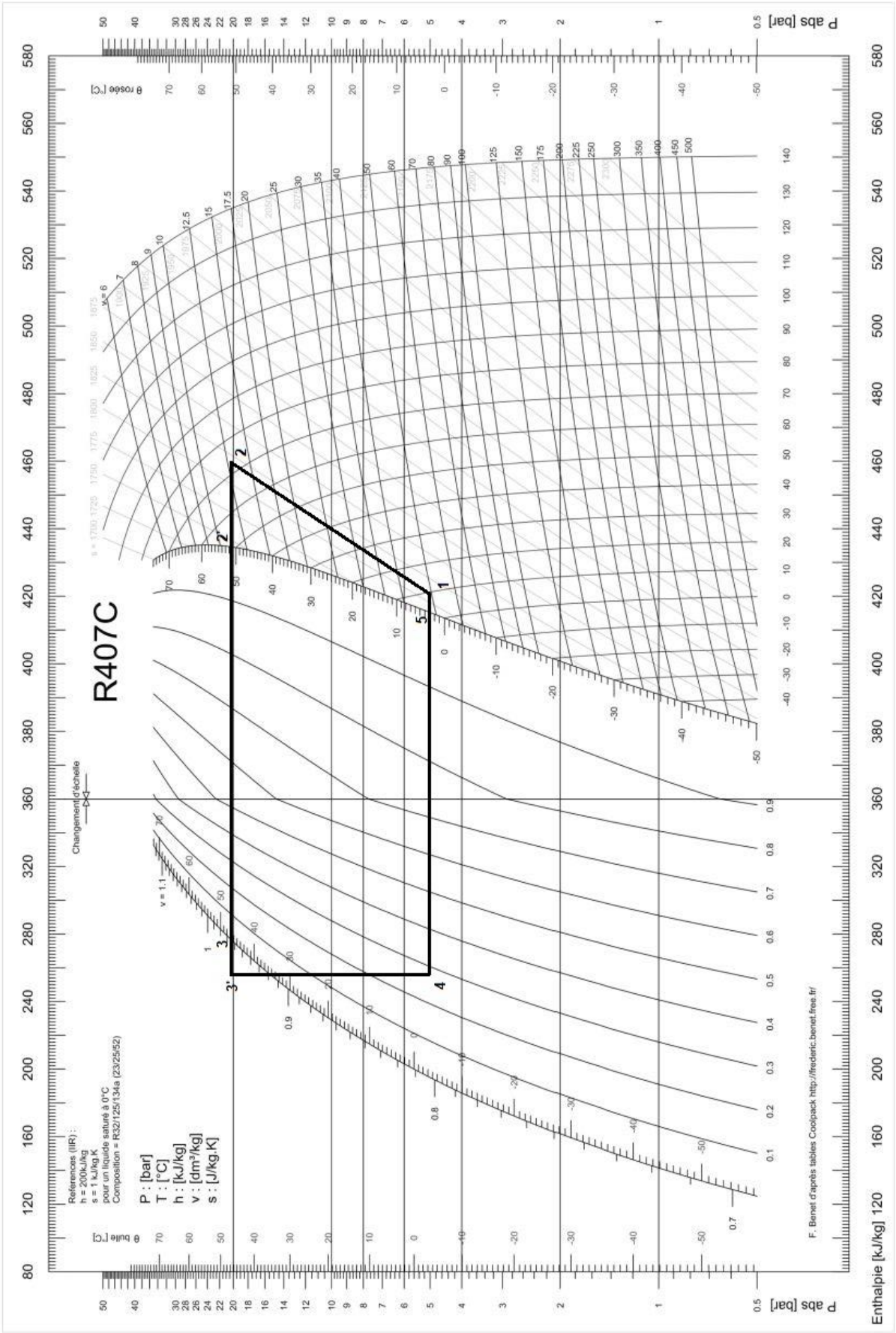
Groupes de production d'eau glacée à condensation par air

POWERCIAT LX R407C

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

POWERCIAT LX - LXH - LXC			2500Z	2500Z HPS	2800Z	2800Z HPS	3050Z HPS	3400Z HPS	3750Z HPS	4200Z HPS
Version haute performance	Puissance frigorifique (1)	kW	522	594	605	690	740	820	903	1076
	Puissance absorbée (2)	kW	216	238	244	268	287	320	362	413
	EER/ESEER		2.42/3	2.5/2.95	2.47/3.05	2.57/3.06	2.57/3.26	2.55/3.05	2.49/3.07	2.4/3.07
Version low noise et xtra low noise	Puissance frigorifique (1)	kW	509	582	595	685	725	803	881	1045
	Puissance absorbée (2)	kW	216	235	240	262	303	331	364	437
	EER/ESEER		2.36/3.01	2.48/2.95	2.48/3.16	2.61/3.15	2.39/3.21	2.42/3.1	2.42/3.21	2.35/3.13
Compresseur	Type		Double-vis hermétique accessible							
	Nombre		2				3			
	Vitesse de rotation	tr/mn	2900							
	Fluide frigorigène R407C (kg)	circ.1	55	60	62	63	62	60	60	86
		circ.1	55	60	62	63	50	60	60	92
		circ.1	-	-	-	-	50	45	60	92
	Régulation de puissance		continue de 25 à 100 % (50 à 100% sur chaque compresseur)				continue de 17 à 100 % (50 à 100% sur chaque compresseur)			
	Type d'huile pour R407c		BITZER BSE 170							
	Charge d'huile pour compresseur	litres	2 x 22				22 + 2 x 15	2 x 22 + 15	3 x 22	
Evaporateur	Type		Multitubulaire à détente sèche							
	Nombre		1							
	Contenance en eau	litres	122					219		440
	Raccordement hydraulique		Type VICTAULIC							
	Pression maxi côté eau	bar	10							
	Débit d'eau mini / maxi	m³/h	60 / 135					80 / 180		80 / 216
Condenseur à air	Ventilateurs		hélicoïde à accouplement direct - diamètre 800 mm							
	Nombre de ventilateurs		8			12				15
	Vitesse de rotation	tr/mn	Version HAUTE PERFORMANCE 905 tr/mm							
	Débit d'air	m³/h	176 000		276 000		272 000	268 000	264 000	330 000
	Puissance unitaire moteur	kW	2,6							
	Vitesse de rotation	tr/mn	Version SILENCIEUSE - EXTRA SILENCIEUSE 715 tr/mm							
	Débit d'air	m³/h	144 800		228 000		224 400	220 800	217 200	285 000
	Puissance unitaire moteur	kW	1,8							
Version haute performance	Lw / Lp (3)	dB(A)	101/68		101/68		101/68	102/69		
Version low noise	Lw / Lp (3) (LN)	dB(A)	96/63		98/65		97/64	98/65		
Version xtra low noise	Lw / Lp (3) (XLN)	dB(A)	89/56		91/58		90/57	91/58		

ANNEXE 4 : Cycle frigorifique



ANNEXE 5 : Chaudière biomasse

Document a : État du stock et suivi sur les livraisons de bois ONF énergie :

Stock de bois au 01/11/2017 : 30 tonnes
Stock de bois au 01/01/2018 : 52 tonnes

Livraison des mois de novembre et décembre :

Date	m^3	Poids Bois kg	Prix de la livraison HT
Novembre		56 480	4 040,16 €
13/11/2017	90	27 900	1 936,09 €
27/11/2017	100	28 580	2 104,07 €
Décembre		82 340	6 061,09 €
07/12/2017	90	27 800	2 164,14 €
18/12/2017	90	26 960	2 060,77 €
28/12/2017	90	27 580	1 836,17 €

Document b : Équation chimique de combustion

$$C_6H_{10}O_5 + 6\,O_2 \longrightarrow 6\,CO_2 + 5\,H_2O$$

Aide : une molécule de bois $C_6H_{10}O_5$ réagit avec 6 molécules de dioxygène O_2.

Données :

- Masses molaires :
  $M(H) = 1\ g.mol^{-1}$ $M(C) = 12\ g.mol^{-1}$ $M(O) = 16\ g.mol^{-1}$
  La masse molaire d'une molécule est la somme des masses molaire de tous les atomes qui la constitue. Exemple avec la molécule d'eau H_2O : $M(H_2O) = 2 \times M(H) + M(O) = 18\ g.mol^{-1}$.

- Volume molaire des gaz dans les conditions de température et de pression d'admission d'air de la chaudière : $V_m = 24\ L.mol^{-1}$

- La quantité de matière peut se calculer avec la formule suivante : $\boldsymbol{n = \frac{m}{M}}$

  Avec :
  - n : la quantité de matière en mol
  - m : la masse en g
  - M : la masse molaire en $g.mol^{-1}$

- Si on parle d'un gaz, on a : $\boldsymbol{n = \frac{V_{gaz}}{V_m}}$

  Avec :
  - V_{gaz} : le volume du gaz en L
  - V_m : le volume molaire des gaz