

Brevet de technicien supérieur

Fluides Énergies Domotique

Épreuve E42

Session 2023

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

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

Important

Ce sujet comporte, en plus de la page de garde, 10 pages.
Les documents réponses pages 9 et 10 sont à rendre avec la copie.

Centre aquatique « Dôme »



Source : www.phosphoris.fr

Le centre aquatique « Dôme » fait figure de centre pionnier en France en matière de performance énergétique.

Tout a été pensé en amont de sa construction pour offrir aux baigneurs et au personnel un confort optimal, tout en limitant la consommation énergétique globale du bâtiment. Le traitement de l'air, le chauffage des bassins et de l'eau chaude sanitaire (ECS) sont assurés par une installation composée de chaudières à condensation et d'un dispositif de déshumidification thermodynamique innovant.

La solution retenue est une thermofrigopompe à absorption couplée à des chaudières à condensation. La chaleur créée par le groupe thermodynamique alimente des échangeurs servant à réchauffer de l'eau des bassins et à produire l'ECS.

D'après : cegibat.grdf.fr



Source : www.SpaEtc.fr

Le sujet comporte 4 parties indépendantes :

- A. Efficacité énergétique du groupe chaud (sur 7,5 points)
- B. Protection contre le bruit (sur 4 points)
- C. Analyses chimiques et adoucissement de l'eau (sur 5 points)
- D. Choix de la pompe du réseau d'eau chaude (sur 3,5 points)

BTS Fluides Énergies Domotique	sujet	session 2023
épreuve E42 : physique et chimie associées au système	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 23FE42PCA		Page 1 sur 10

A. Efficacité énergétique du groupe chaud (7,5 pts)

L'objectif de cette partie est de comparer le coefficient de performance (COP) fourni par le constructeur avec le COP calculé.

Des informations pouvant être utiles sont données dans l'annexe 1.

Le chauffage des bassins et la production de l'eau chaude sanitaire sont en partie assurés par une pompe à chaleur. Le fluide utilisé est le R410A.

I. Caractéristiques du cycle

Ce fluide subit le cycle de transformations décrit ci-dessous :

- Au point A : La vapeur saturée est à la température $T_A = 0,0\text{ °C}$, la pression est $P_A = 8,0\text{ bar}$.
- Du point A au point B : Réchauffement isobare jusqu'à $T_B = 5,0\text{ °C}$.
- Du point B au point C : Compression isentropique jusqu'à $T_C = 70\text{ °C}$ et $P_C = 28\text{ bar}$.
- Du point C au point D : Refroidissement isobare puis condensation complète isobare.
- Du point D au point E : Détente isenthalpique jusqu'à $T_E = 0,0\text{ °C}$.
- Du point E au point A : Vaporisation complète isobare.

1. Tracer le cycle sur le Document Réponse 1 à rendre avec la copie en indiquant le sens de circulation.

2. Compléter le tableau du Document Réponse 2 à rendre avec la copie en indiquant les valeurs des différentes grandeurs pour chaque état.

II. COP de la pompe à chaleur

La pompe à chaleur installée est une machine DYNACIAT LG 240A qui fonctionnera avec un régime de températures extérieures 30/35 °C.

1. Rédiger la réponse du technicien à la question posée par le client, non expert :

« Que représente le COP d'une pompe à chaleur ? »

2. Déterminer l'énergie massique Q_{CD} reçue par le fluide entre les points C et D du cycle.

3. Retrouver à l'aide de la fiche technique la puissance P_{cond} libérée par le condenseur en mode chauffage puis vérifier que le débit massique \dot{q} est d'environ $0,5\text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$.

4. Le travail massique de transvasement W_{trBC} est égal à $30\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$.

En déduire la puissance du compresseur P_{comp} .

5. Calculer la valeur du COP et la comparer à la valeur du COP donnée sur la fiche technique.

Commenter l'écart entre les deux valeurs.

BTS Fluides Énergies Domotique	sujet	session 2023
épreuve E42 : physique et chimie associées au système	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 23FE42PCA		Page 2 sur 10

B. Protection contre le bruit (4pts)

L'objectif de cette partie est de déterminer si les techniciens intervenant dans la salle où se trouve la thermofrigopompe (TFP) devront porter des protections individuelles contre le bruit (PICB).

Des informations pouvant être utiles sont données dans l'annexe 2.

1. Expliquer l'intérêt de la mesure du niveau sonore en dB(A).
2. La notice de la TFP comporte une analyse spectrale par bandes d'octaves :

Fréquence f en Hz	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Niveau N_i en dB	64	71	72	69	66	57

À partir du tableau du Document Réponse 3 à compléter et à rendre avec la copie, calculer en dB(A) le niveau d'intensité acoustique total N_{tot} produit par la TFP.

3. Les techniciens devront-ils porter des protections contre le bruit lorsqu'ils interviennent dans la salle où se trouve la TFP ? Justifier la réponse.

C. Analyses chimiques et adoucissement de l'eau (5pts)

L'objectif de cette partie est de vérifier la nécessité de renouveler une partie de l'eau des circuits chaud et froid.

Des informations pouvant être utiles sont données dans les annexes 3 et 4.

On dispose des résultats de l'analyse de l'eau des circuits chaud et froid ainsi que de celle de l'eau de la ville effectuées par un laboratoire indépendant.

Le site est équipé d'adoucisseurs d'eau à résine échangeuse d'ions.

L'eau adoucie a également été analysée.

1. La société distribuant l'eau indique que les concentrations en masse en ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} sont, respectivement, $C_m(\text{Ca}^{2+}) = 68,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ et $C_m(\text{Mg}^{2+}) = 12,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

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

Présenter et mettre en œuvre la démarche permettant de montrer que l'eau de ville est plutôt dure.

2. Le laboratoire ayant effectué les analyses note dans son rapport :

« Pour les circuits chaud et froid, la valeur maximale préconisée du TH est de 8 °f. Veuillez renouveler une partie de l'eau de ces circuits avec de l'eau adoucie. »

Rédiger une note de service à destination du gestionnaire de l'installation qui justifie la préconisation du laboratoire en précisant les inconvénients d'une eau trop dure et en expliquant le principe de fonctionnement de l'adoucisseur d'eau à résine échangeuse d'ions.

D. Choix de la pompe du réseau d'eau chaude (3,5 pts)

L'objectif de cette partie est de choisir une pompe répondant aux impératifs techniques et de vérifier sa performance énergétique.



Des informations pouvant être utiles sont données dans l'annexe 5.

Dans un souci de performance énergétique, il est recommandé un rendement minimal pour la pompe de 80 %.

1. À l'aide d'une construction graphique sur le Document Réponse 4 à rendre avec la copie, indiquer les références de la pompe qu'il convient de choisir.
2. Expliquer si la pompe utilisée répond simultanément aux impératifs techniques et de performance énergétique. Justifier.

Données :

- Intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

BTS Fluides Énergies Domotique	sujet	session 2023
épreuve E42 : physique et chimie associées au système	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 23FE42PCA		Page 4 sur 10

Annexe 1



→ Groupes de production d'eau glacée
Pompe à chaleur

DYNACIAT LG

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES



DYNACIAT LG				080A	090A	100A	120A	130A	150A	180A	200A	240A	260A	300A
Refroidissement														
Unité standard	C1	Capacité nominale	kW	24,6	28,6	31,5	36,7	41,8	46,6	58	63,3	73,7	83,8	94,4
	C1	EER	kW/kW	4,68	4,68	4,65	4,68	4,65	4,67	4,65	4,57	4,62	4,58	4,62
	C1	Classe Eurovent		B	B	B	B	B	B	B	C	C	C	B
	C2	Capacité nominale	kW	33,9	39,3	43	50,1	56,6	65,6	78,5	85,8	101,6	113,1	129,3
	C2	EER	kW/kW	6,35	6,04	5,96	5,98	5,83	5,99	6,02	5,83	6,10	5,86	6,08
	C2	Classe Eurovent		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Rendement saisonnier*	C1	ESEER	kW/kW	5,05	5,04	4,98	4,99	4,98	5,02	5,66	5,69	5,63	5,81	5,76
	C3	SEPR	kW/kW	3,85	4,21	4,39	4,30	4,41	3,96	4,20	4,78	4,60	4,83	4,80
Chauffage														
Performances pleine charge*	H1	Capacité nominale	kW	29,6	34,5	38	44,2	50,5	56,2	70,1	76,6	89	101,4	114,1
	H1	COP	kW/kW	5,48	5,48	5,44	5,47	5,43	5,45	5,49	5,40	5,46	5,42	5,47
	H2	Capacité nominale	kW	28,6	33,3	36,4	42,6	49,1	53,5	68,1	74,3	84,8	96,7	108,2
	H2	COP	kW/kW	4,31	4,33	4,32	4,33	4,37	4,31	4,35	4,30	4,27	4,36	4,29
	H3	Capacité nominale	kW	27,9	32,5	35	41,3	47,4	52	65,2	72,8	81	92,6	103,2
	H3	COP	kW/kW	3,57	3,61	3,59	3,58	3,65	3,59	3,55	3,60	3,51	3,68	3,54

* Selon EN14511-3:2013.

** Selon EN14825:2013, conditions climatiques moyennes.

H1 Conditions en mode chauffage: Température entrée/sortie à l'échangeur à eau 10°C/7°C, température de l'air extérieur 30/35°C, facteur d'encrassement de l'évaporateur 0 m2K/W.

H2 Conditions en mode chauffage: Température entrée/sortie à l'échangeur à eau 10°C/7°C, température de l'air extérieur 40/45°C, facteur d'encrassement de l'évaporateur 0 m2K/W.

H3 Conditions en mode chauffage: Température entrée/sortie à l'échangeur à eau 10°C/7°C, température de l'air extérieur 47/55°C, facteur d'encrassement de l'évaporateur 0 m2K/W.



Valeurs certifiées Eurovent

POMPE A CHALEUR - CLIMATISATION - REFRIGERATION - TRAITEMENT D'AIR - ECHANGES THERMIQUES

BTS Fluides Énergies Domotique	sujet	session 2023
épreuve E42 : physique et chimie associées au système	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 23FE42PCA		Page 5 sur 10

Annexe 2

Loi de composition des niveaux

$$N_{tot} = 10 \times \log \left(\sum_i 10^{N_i/10} \right)$$

N_{tot} niveau total résultant en dB ou dB(A)

N_i niveau d'intensité pour chaque octave en dB ou dB(A)

Rappel des pondérations dB(A) pour les différentes bandes d'octaves

Fréquences centrales des bandes d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Pondération dB(A)	-16,1	- 8,1	- 3,2	0	1,2	1,0

Un **Protecteur Individuel Contre le Bruit** (PICB) est un Équipement de Protection Individuelle (EPI).

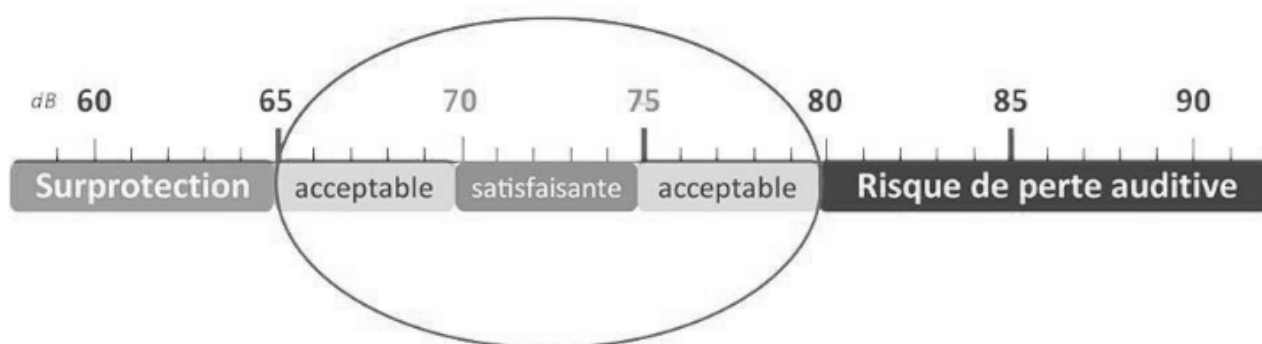
Grâce à ses caractéristiques d'affaiblissement acoustique, il atténue les effets nuisibles du bruit et prévient toute détérioration de l'audition.

Lors du choix d'un protecteur contre le bruit, il est important de sélectionner un affaiblissement adapté. La croyance selon laquelle plus un protecteur avait un niveau d'affaiblissement élevé meilleur il était, est totalement erronée.

L'objectif est de réduire suffisamment le niveau perçu à l'oreille pour éviter d'endommager l'audition, mais sans pour autant totalement isoler son porteur, on parle alors de surprotection.

L'objectif est de descendre le niveau sonore perçu par le salarié sous les 80 dB(A), le seuil de 72 dB(A) de bruit résiduel est un bon compromis si l'on se réfère aux préconisations de la norme EN458.

Niveaux effectifs à l'oreille avec affaiblissement du PICB selon l'EN458 :



Annexe 3

ANALYSES CIRCUITS CENTRE AQUATIQUE

ANALYSES EAU DE VILLE

	Parameter	04/25/20 17	Unit
Eau de Ville	pH	8.0	pH
	TAC	14.0	°F

ANALYSES EAU ADOUCIE

	Parameter	04/25/20 17	Unit
Eau Adoucie	pH	8.7	pH
	TAC	13.2	°F
	TH	0.0	°F

ANALYSES CIRCUIT CHAUD

	Parameter	04/25/20 17	Unit
Circuit Chaud	pH	9.1	pH
	TAC	16.4	°F
	TH	11.0	°F

ANALYSES CIRCUIT FROID

	Parameter	04/25/20 17	Unit
Circuit Froid	pH	9.3	pH
	TAC	21.6	°F
	TH	12.0	°F

Annexe 4

Le **titre hydrotimétrique TH**, ou **dureté de l'eau**, est l'indicateur de la minéralisation de l'eau. Il est surtout dû aux ions calcium et magnésium.

Il s'exprime en France en degré français (symbole °f) et se calcule comme suit :

$$TH = ([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]) \times 10^4 \quad \text{avec } [Ca^{2+}] \text{ et } [Mg^{2+}] \text{ en mol} \cdot L^{-1}$$

Plage de valeurs du titre hydrotimétrique

TH (°f)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+40
Qualité de l'eau	Très douce	Douce	Plutôt dure	Dure	Très dure

BTS Fluides Énergies Domotique	sujet	session 2023
épreuve E42 : physique et chimie associées au système	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 23FE42PCA		Page 7 sur 10

Annexe 5

Caractéristiques du réseau d'eau chaude :

Débit demandé : 23 m ³ /h	Hauteur manométrique totale : 15 m
Liquide pompé : Eau de refroidissement	Température ambiante : 20 °C
Température liquide pompé : 60 °C	Masse volumique du liquide pompé : 1 000 kg/m ³
Puissance absorbée : 1,1 kW	Vitesse rotation pompe : 2 900 tr/min
Courant : 2,6 A	Viscosité fluide pompé : 1,59 mm ² /s

Puissance fournie au fluide par la pompe

La puissance fournie au fluide par la pompe s'exprime par la relation :

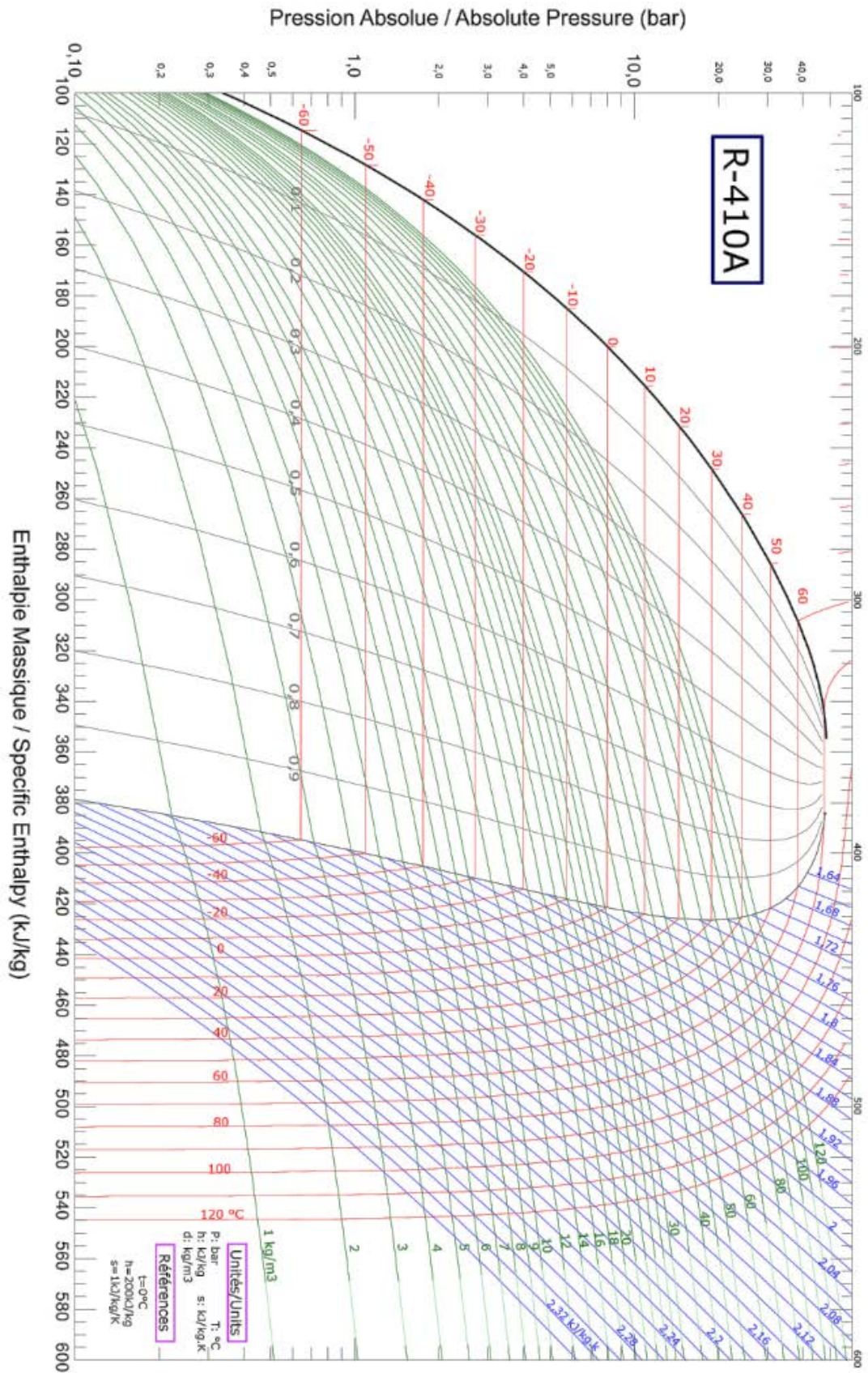
$$P_U = \rho \cdot g \cdot q_v \cdot H_{mt}$$

Où

- P_U : puissance fournie par la pompe en W ;
- ρ : masse volumique en kg·m⁻³ ;
- q_v : débit volumique en m³·s⁻¹ ;
- H_{mt} : hauteur manométrique fournie par la pompe en m ;
- g : accélération de la pesanteur.

Document Réponse 1
(à rendre avec la copie)

Diagramme Enthalpique R-410A



Source: climafit.dehon.com

BTS Fluides Énergies Domotique	sujet	session 2023
épreuve E42 : physique et chimie associées au système	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 23FE42PCA		Page 9 sur 10

(en majuscules)

[illegible]

RENOM:
(en majuscules)

[illegible][illegible]

--	--	--



		/			/				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--

Document réponse 2
(à rendre avec la copie)

	A	B	C	D	E
$T (^{\circ}\text{C})$					
$P (\text{bar})$					
$h (\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1})$					

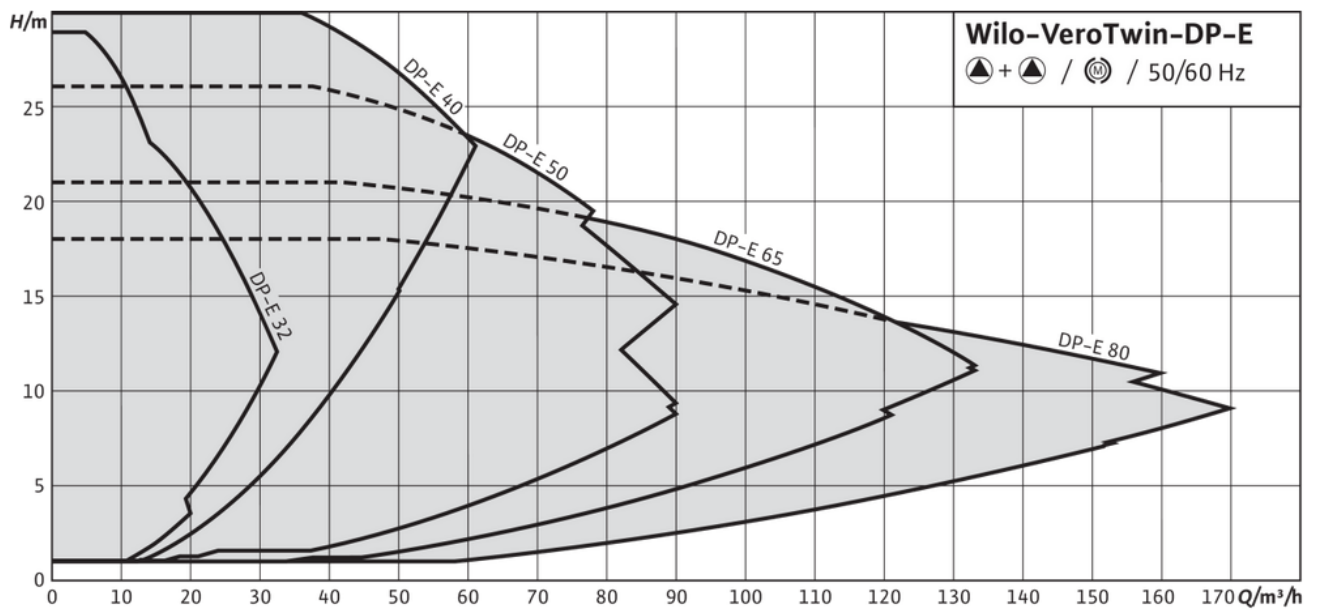
Document réponse 3
(à rendre avec la copie)

Fréquence f en Hz	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Niveau N_i en dB	64	71	72	69	66	57
Niveau N_i en dB(A)						

Document réponse 4
(à rendre avec la copie)

Courbe caractéristique

VeroTwin-DP-E



Document <https://wilo.com>

BTS Fluides Énergies Domotique	sujet	session 2023
épreuve E42 : physique et chimie associées au système	durée : 2 heures	coefficient : 2
Code : 23FE42PCA		Page 10 sur 10

(en majuscules)

[illegible]

RENOM:
(en majuscules)

[illegible][illegible]

--	--	--



		/			/				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--