

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## MAINTENANCE DES SYSTÈMES

### Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques

#### Session 2020

#### U 4 : Analyse technique en vue de l'intégration d'un bien

Durée : 4 heures– Coefficient : 6

#### Matériel autorisé

L'usage des calculatrices est autorisé dans les conditions suivantes :

- l'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé ;
- l'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.

Le sujet comporte 31 pages numérotées de la façon suivante :

Dossier de présentation : DP1 à DP7 de la page 3 à la page 8.

Dossier questions : DQ1 à DQ8 de la page 10 à la page 17.

Documents réponses : DR1 à DR9 de la page 19 à la page 25.

Documents techniques : DT1 à DT7 de la page 27 à la page 31.

*Les candidats rédigeront les réponses aux questions posées sur les feuilles de copie ou, lorsque cela est indiqué sur le sujet, sur les documents réponses prévus à cet effet.*

*Tous les documents réponses sont à remettre en un seul exemplaire en fin d'épreuve.*

CODE ÉPREUVE :		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES
SESSION : 2020	SUJET	ÉPREUVE : E4 ANALYSE TECHNIQUE EN VUE DE L'INTEGRATION D'UN BIEN	
Durée : 4h		Coefficient : 6	SUJET Page 1/32

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR  
MAINTENANCE DES SYSTÈMES**

**Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques**

**Session 2020**

**U 4 : Analyse technique en vue  
de l'intégration d'un bien**

Durée : 4 heures– Coefficient : 6

**DOSSIER DE PRÉSENTATION**

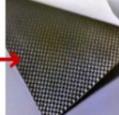
Ce dossier contient les documents DP1 à DP7

de la page 3 à la page 8.

<b>CODE ÉPREUVE :</b>		<b>EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR</b>	<b>SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES</b>	
<b>SESSION : 2020</b>	<b>SUJET</b>	<b>ÉPREUVE : E4 ANALYSE TECHNIQUE EN VUE DE L'INTEGRATION D'UN BIEN</b>		
<b>Durée : 4h</b>		<b>Coefficient : 6</b>	<b>SUJET</b>	<b>Page 2/31</b>

**1. Gascogne Flexible**

Gascogne Flexible, filiale de la Division Emballage du groupe Gascogne est positionnée comme l'un des premiers producteurs mondiaux de complexes d'emballage et de protection. En effet, c'est une entreprise transformatrice de papier, film et aluminium. Elle fabrique une large gamme de matériaux multicouches tels que :

Exemples	Illustrations
Les sachets de médicaments	
Les complexes renforcés : les enveloppes	
Les supports anti-adhérents (siliconés)	<p>Support anti adhérent → </p> <p>Nappe de carbone → </p> 
Les papiers gommés	
Les papiers d'emballage alimentaires	

Le groupe Gascogne, soucieux de l'impact environnemental de ses activités, a développé, au fil des années, une politique environnementale rigoureuse et volontariste grâce à :

- Des process maîtrisés : la machine M02 a été développée dans cette démarche de Développement Durable.
- Des produits éco-responsables : lors de la mise au point d'un nouveau produit, une Analyse du Cycle de Vie (ACV) est réalisée et les matières bio-sourcées identifiées.

Les infrastructures énergétiques existantes de l'usine doivent également suivre cet élan environnemental.

L'objectif de cette étude est d'analyser des axes d'amélioration afin de réduire la consommation d'eau, d'énergie et l'émission de CO<sub>2</sub>.

**2. Fonctionnement de l'usine**

L'usine fonctionne : 2 x 8h par jour, 365 jours·an<sup>-1</sup>.

L'usine est située à Dax (40).

Les conditions extérieures de base à Dax en hiver sont :  $\Theta_{\text{sèche}}$  : -5°C / HR : 90%.

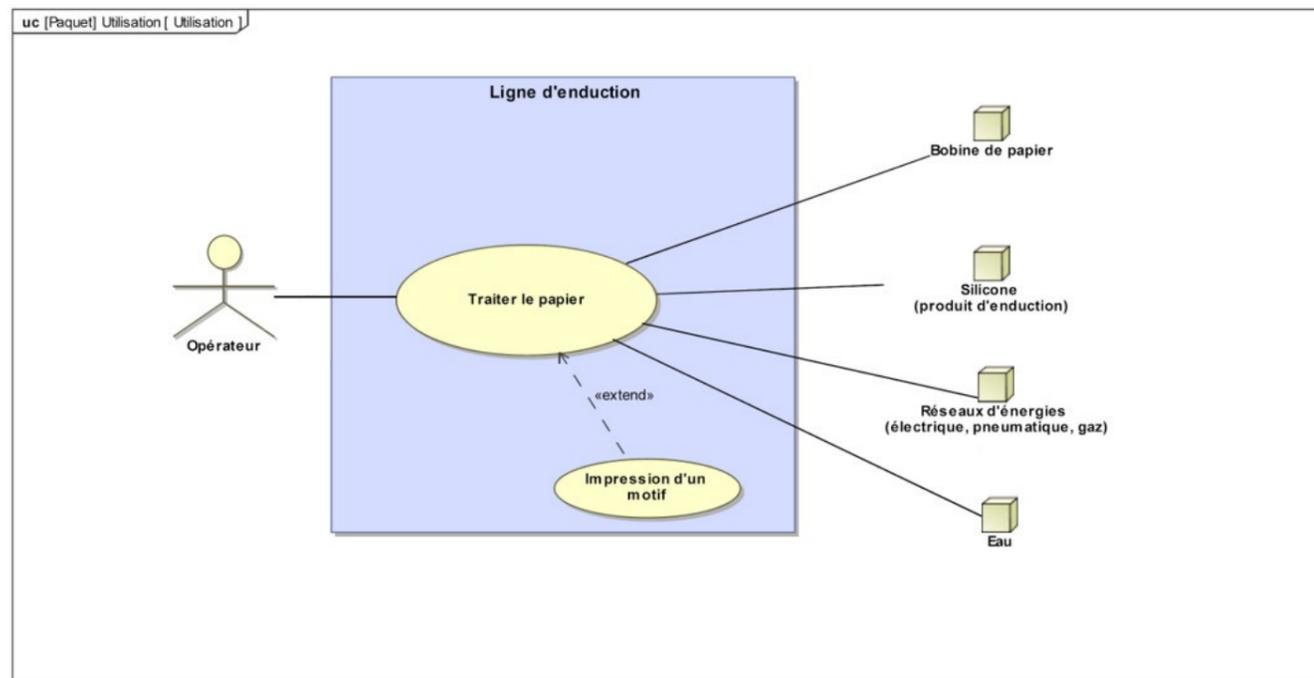
Le nombre de DJU base 20 de Dax est de 1067 degrés·jours·an<sup>-1</sup>.

## DP2 – Dossier de présentation

### 3. La ligne d'enduction

La ligne d'enduction permet la réalisation de la gamme de produits proposée par Gascogne Flexible. Cet outil de production permet de réaliser un traitement du papier à base de silicone avec impression à la demande.

Les bobines de papier sont chargées et déchargées automatiquement puis transportées dans une zone de stockage avant d'être expédiées.



## DP3 – Dossier de présentation

### 4. Présentation de l'installation de production de vapeur

La vapeur est produite par une chaudière VITOMAX 200HS M235.

Données chaudière Vitomax\_200\_HS M235 :

- Production de vapeur : 8 t·h<sup>-1</sup> à 16 bars – 200°C
- Puissance utile nominale de la chaudière = 5 890 kW
- Rendement initial du générateur 90%
- Combustible Gaz naturel PCI = 11,4 kWh·m<sup>-3</sup>(n)
- Pression Gaz = 300 mbar
- Température de distribution = 20°C



Principe de fonctionnement :

La chaudière est alimentée en permanence par de l'eau traitée.

L'eau traitée est introduite dans la cuve d'appoint. La cuve d'appoint permet de dégazer l'eau, c'est à dire réduire les différents gaz dissous dans l'eau, et en particulier l'oxygène.

Au niveau de la bêche alimentaire, cette eau se mélange aux condensats qui reviennent sur le réseau de retour, après utilisation par les différents procédés ou équipements de chauffage.

En sortie de la bêche alimentaire, l'eau est mise sous pression par une pompe alimentaire, puis dirigée vers la chaudière, où elle est vaporisée.

La vapeur sort de la chaudière et est acheminée vers les différents postes d'utilisation :

- Le process de fabrication du papier à 16 bars,
- Le chauffage des locaux à 3 bars (régime d'eau = 80/60°C).

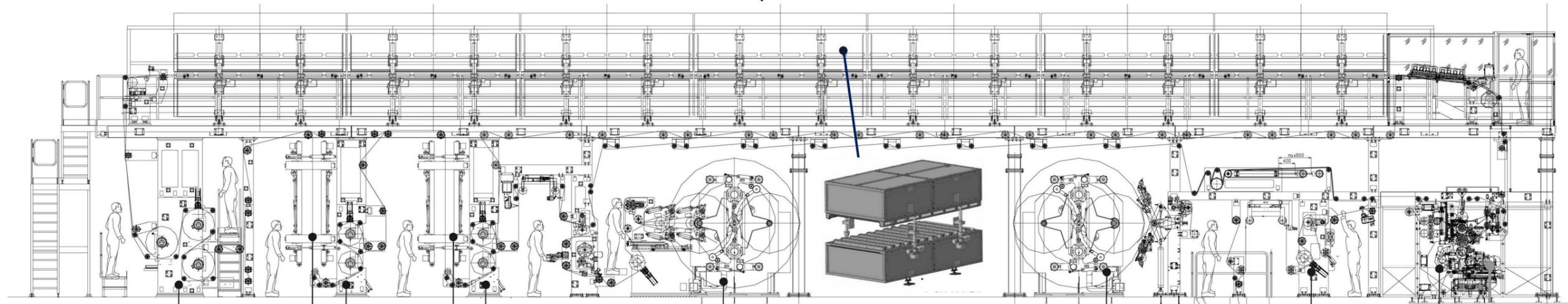
Le traitement de l'eau d'appoint de la chaudière vapeur est assuré par :

- Un poste d'adoucissement total constitué de 2 adoucisseurs Permo 7200 fonctionnant en duplex alternance (régénération volumétrique).
- Un poste de conditionnement (pompes doseuses/sulfites de sodium).



5. Présentation des postes

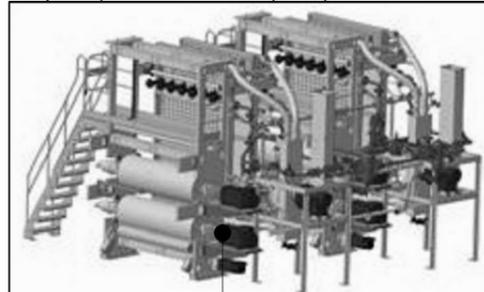
Sens de l'évolution du papier dans le tunnel



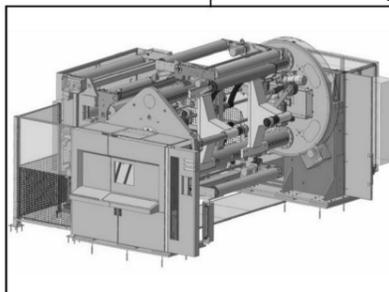
Poste 4 : Tunnel



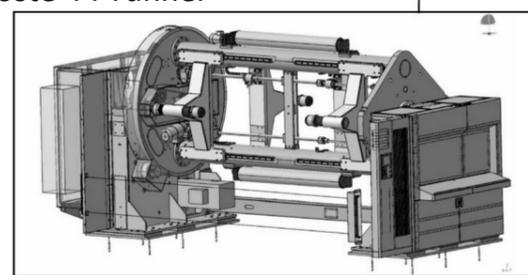
Poste 5 :  
Calandres



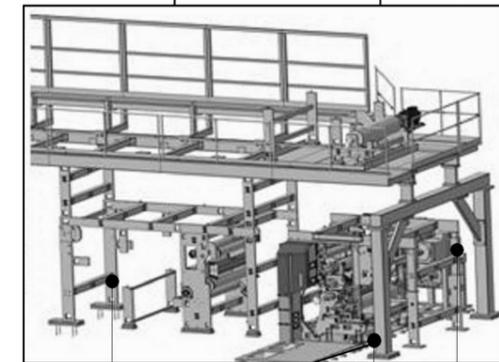
Poste 6 :  
Humidificateur



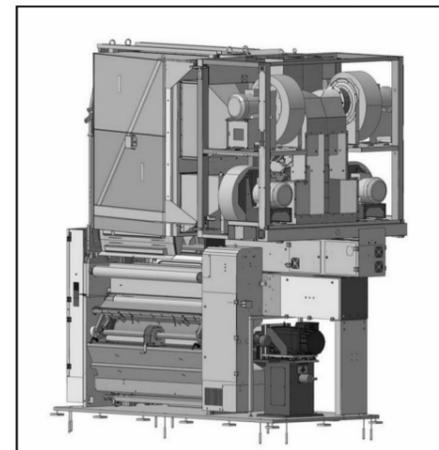
Poste 7 :  
Enrouleur



Poste 1 : Dérouleur :  
départ du papier



Poste 2 :  
Élément inducteur



Poste 3 :  
Élément d'impression

Barre de  
retournement

Le cheminement du papier se fait dans l'ordre des postes numérotés de 1 à 7

### 6. Diagramme d'Exigences

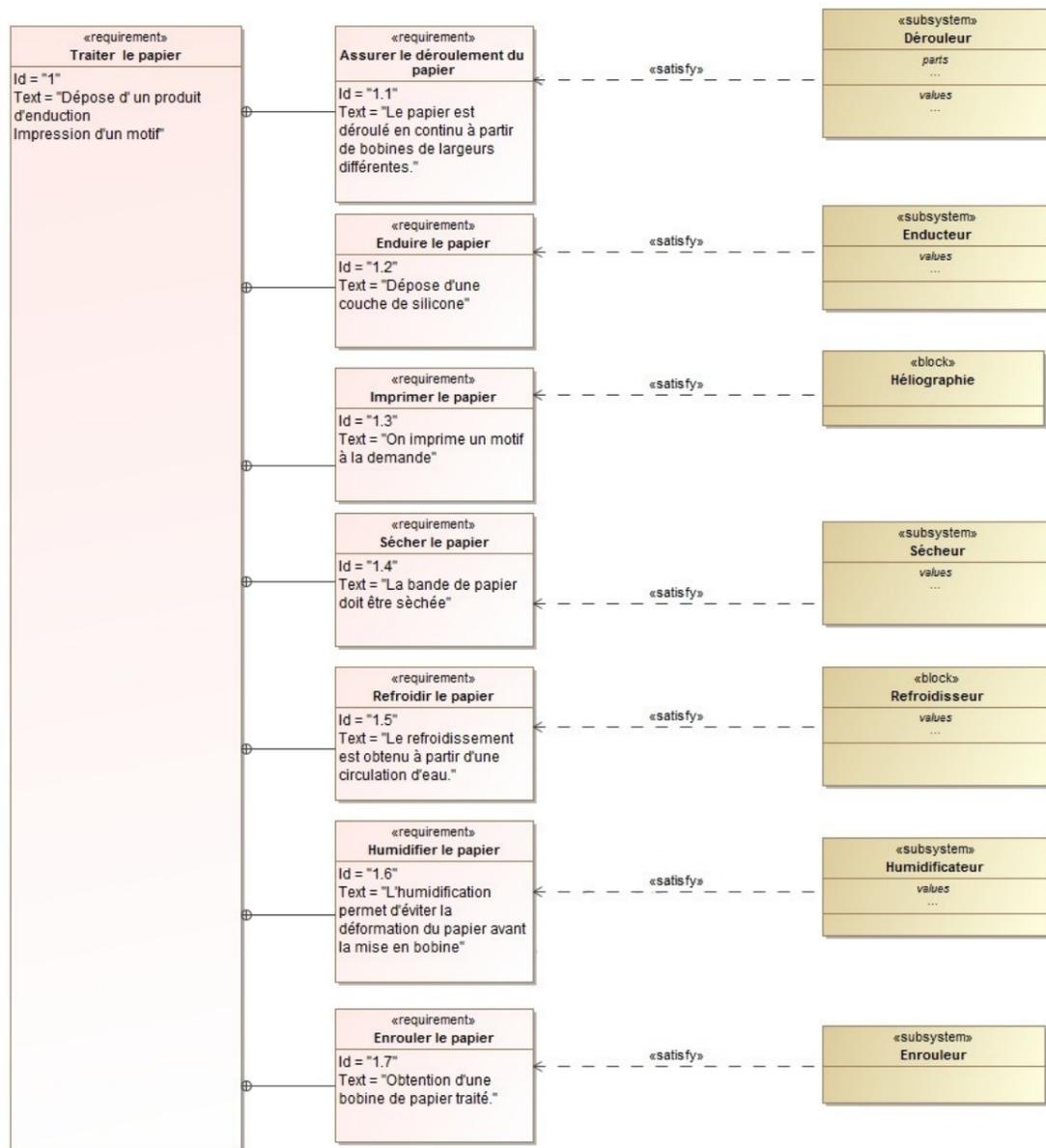
Afin de déposer un film silicone, la bande de papier doit suivre un trajet passant par l'ensemble des sous-systèmes définis sur le document DP4.

Une bobine de papier chargée sur le poste 1 « Dérouleur » sera entraînée à tension constante vers le poste 2 « Enducteur ». C'est à ce niveau que le silicone est déposé. Il est aussi possible d'imprimer la bande de papier dans le poste 3 « Impression héliographique ».

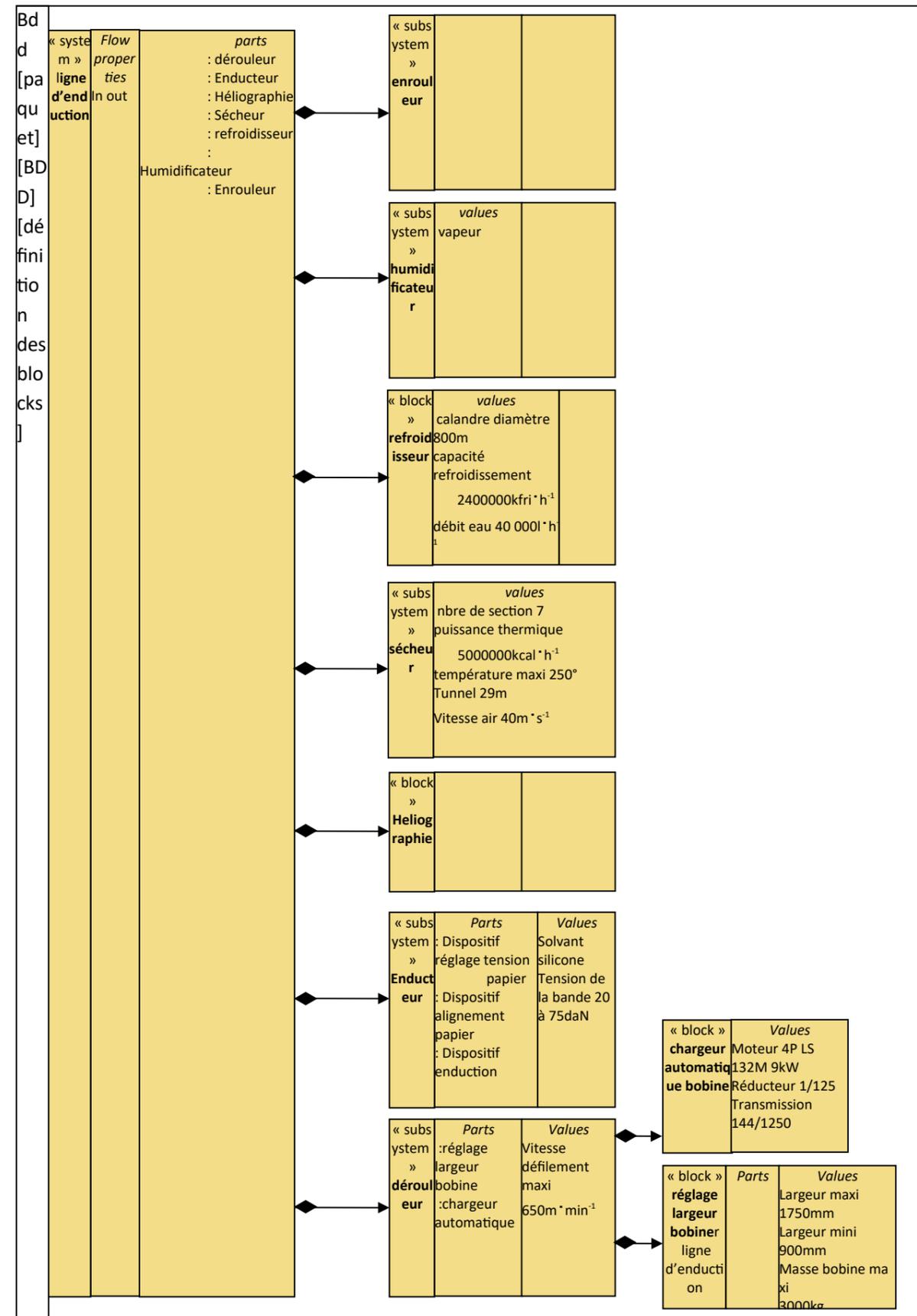
Une fois le traitement effectué, la bande de papier est séchée dans le poste 4 « Tunnel » puis refroidie par les « Calandres » (poste 5).

Afin d'éviter toute déformation, il est nécessaire d'humidifier la bande de papier dans le poste 6 « Humidificateur ».

Après toutes les étapes, on réforme des bobines sur le poste 7 « Enrouleur ».

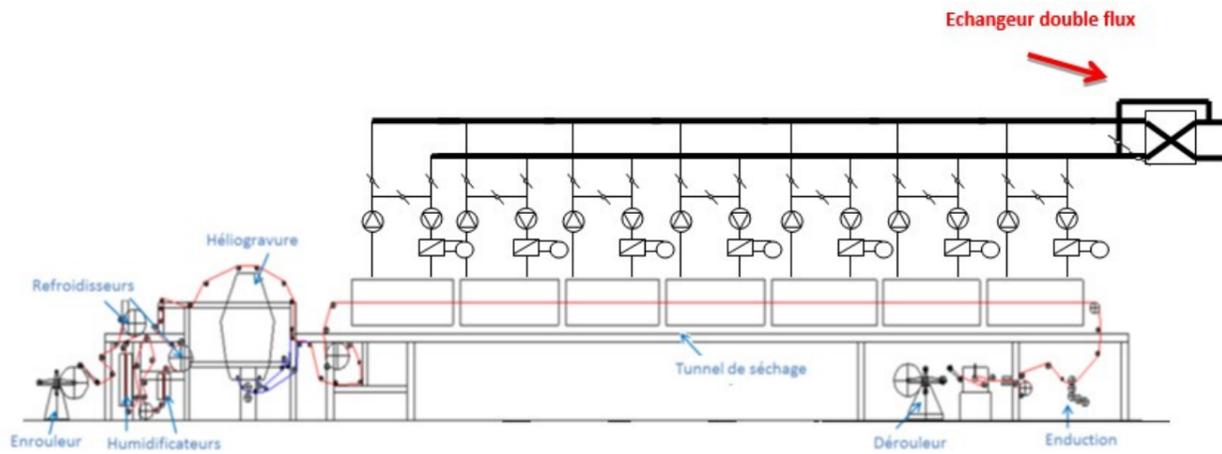


### 7. Diagramme Bdd



### 8. Tunnel de séchage

Le groupe de ventilation est constitué par sept chambres de séchage identiques ayant pour fonction de sécher la bande enduite en soufflant de l'air chaud sur les deux côtés de la bande.



Avant de rentrer dans chaque chambre de séchage, l'air (repris et / ou neuf) est chauffé par un échangeur gaz appelé MAKE-UP, puis il est soufflé contre la bande à l'aide de buses de soufflage. La reprise de l'air se fait par des zones d'aspiration entre les buses. (Voir schéma page suivante).

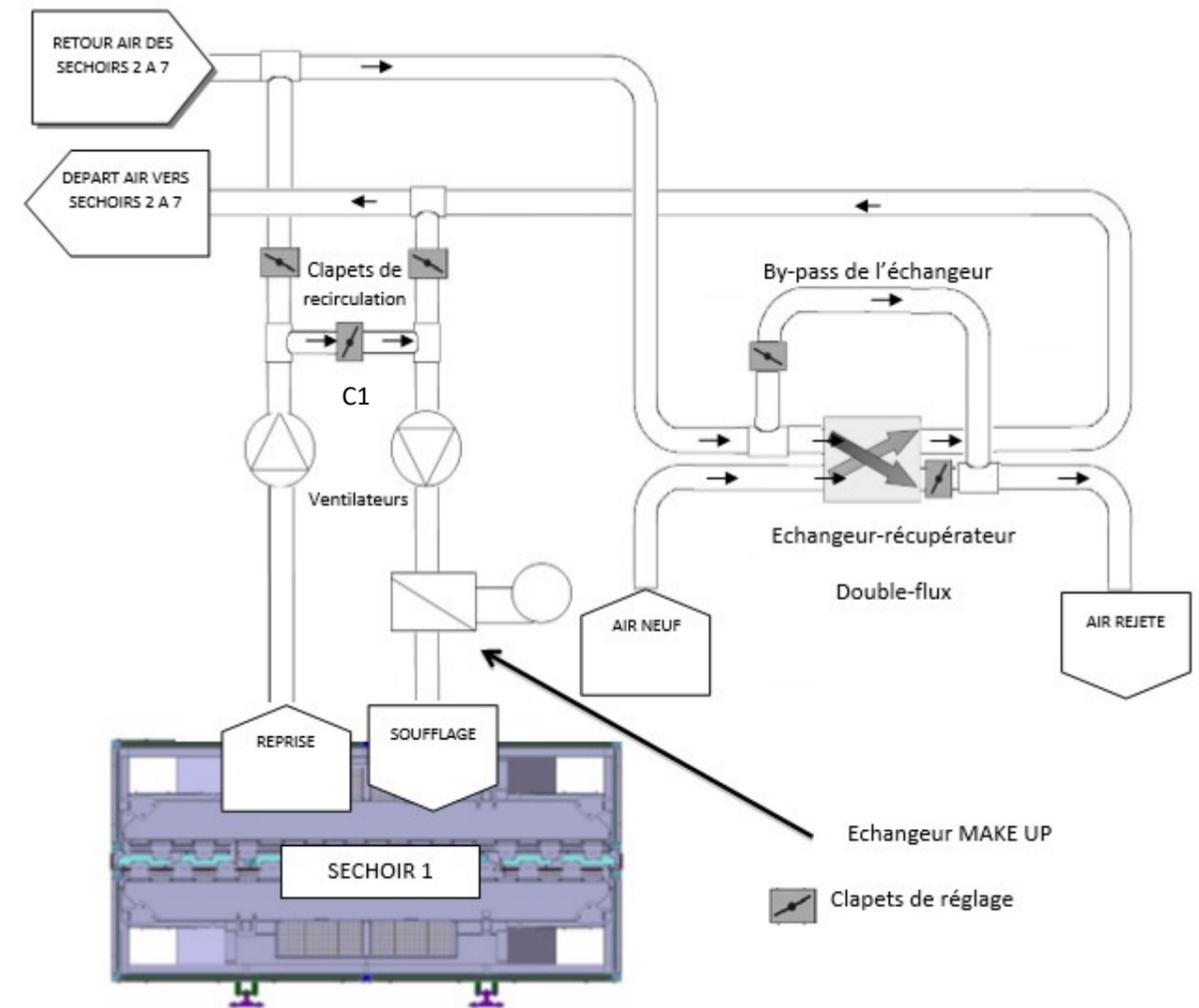
L'air repris est soit partiellement recyclé (recyclage via la vanne C1 de 70% de l'air repris), soit totalement rejeté (sans recyclage).

Un échangeur double-flux permet également de récupérer la chaleur de l'air rejeté pour préchauffer l'air neuf.

Les conditions de fonctionnement sont les suivantes :

- $T^{\circ}$  Extérieur (E) :  $-5^{\circ}\text{C}$
- $T^{\circ}$  Soufflage (S) :  $532^{\circ}\text{C}$
- $T^{\circ}$  Reprise (R) :  $250^{\circ}\text{C}$
- Efficacité sensible de l'échangeur double-flux = 75%

Les ventilateurs de soufflage et de reprise tournent à vitesse constante et produisent des débits masses de  $6000 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ .



**9. Présentation de l'installation de production d'eau glacée**

La production d'eau glacée (12/7°C) est assurée par un refroidisseur à air avec compresseur à vis AWS SE 184.2 ST (R134a, 647 kW) de marque McQuay.



**10. Présentation de l'installation de ventilation des locaux techniques**

Les locaux techniques étaient équipés d'une centrale de traitement d'air simple flux en panne. On envisage de la remplacer par une VMC double-flux *ALDES DFE MICROWATT450* assurant l'amenée d'air neuf à 20°C.

Les conditions intérieures de base en hiver sont :  $\Theta_{\text{sèche}}$  : 20°C / HR : 50%  $\pm$ 10%.

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## MAINTENANCE DES SYSTÈMES

Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques

Session 2020

### U 4 : Analyse technique en vue de l'intégration d'un bien

Durée : 4 heures– Coefficient : 6

## DOSSIER QUESTIONS

Ce dossier contient les documents DQ1 à DQ8

de la page 10 à la page 17.

CODE ÉPREUVE :		EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR	SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES
SESSION : 2020	SUJET	ÉPREUVE : E4 ANALYSE TECHNIQUE EN VUE DE L'INTEGRATION D'UN BIEN	
Durée : 4h		Coefficient : 6	SUJET Page 9/31

**DQ1 – Dossier question**

<b>1</b>	<b>ETUDE PREALABLE</b>	
	Etude du dispositif de tension	Durée conseillée : 30 min

*Cette analyse a pour but d'appréhender le fonctionnement de la machine.*

<b>Q1-1</b>	Documents à consulter : <b>DP1 à DP5</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
-------------	--	--------------------------------------

Rechercher, dans le diagramme de Cas d'Utilisation, la fonction du système ainsi que les différentes énergies utilisées.

<b>Q1-2</b>	Documents à consulter : <b>DP1 à DP5</b>	Répondre sur <b>DR1</b>
-------------	--	-------------------------

Compléter le diagramme "ibd" du document réponse **DR1** en traçant :

- **EN BLEU**, le parcours du papier au travers des différents postes de travail et en ajoutant sur chacun des traits :
  - bande de papier
  - papier séché
  - papier enduit
  - papier imprimé
  - bobine de papier traité
  - papier humidifié
  - papier refroidi
- **EN VERT**, l'alimentation en silicone.

<b>Q1-3</b>	Documents à consulter : <b>DP5</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
-------------	------------------------------------	--------------------------------------

A partir du diagramme "bdd" :

- Identifier le poste qui permet de contrôler la tension du papier.
- Préciser la plage de réglage de la tension de papier.
- Quelles sont les 2 autres fonctions du poste d'enduction ?

<b>Q1-4</b>		Répondre sur <b>feuille de copie</b>
-------------	--	--------------------------------------

A l'aide du tableau ci-dessous, donner la tension appliquée au papier pour un grammage de 0,09 kg.m<sup>-2</sup>. La tension est donnée en daN.cm<sup>-1</sup> (cm de largeur de papier)

GRAMMAGE	TENSION
Gr·m <sup>-2</sup>	daN·cm <sup>-1</sup>
18	0,1
27	0,15
45	0,25
67,5	0,37
90	0,5

<b>Q1-5</b>		Répondre sur <b>feuille de copie</b>
-------------	--	--------------------------------------

Sachant que la largeur de papier est de 1m, déterminer la tension de réglage nécessaire à appliquer en daN.

<b>Q1-6</b>	Documents à consulter : <b>DP5</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
-------------	------------------------------------	--------------------------------------

La tension de la bande est-elle conforme aux caractéristiques données par le constructeur ?

## DQ2 – Dossier question

<b>2</b>	<b>PROBLEMATIQUE : ETUDE FONCTIONNELLE DU SYSTEME</b>	
	<b>VALIDATION D'UN NOUVEAU FORMAT DE BOBINE</b>	Durée conseillée : 20 min

Un client privilégié de l'entreprise souhaite faire traiter une nouvelle gamme de papier de deux largeurs différentes 1 m ou 1,5 m.

Le service de maintenance doit s'assurer de la faisabilité d'un tel produit sur cette machine.

<b>Q2-1</b>		Répondre sur <b>feuille de copie</b>
-------------	--	--------------------------------------

Le format de bobine initial est :

- Diamètre de la bobine 1,37 m
- Largeur papier 1 m
- Longueur de papier 25 000m
- Grammage 0.09 kg·m<sup>-2</sup>

Calculer la masse de la bobine en kg.

<b>Q2-2</b>		Répondre sur <b>feuille de copie</b>
-------------	--	--------------------------------------

Le nouveau format de bobine demandée est :

- Diamètre de la bobine 1,37 m
- Largeur papier 1,5 m
- Longueur de papier 25 000m
- Grammage 0.09 kg·m<sup>-2</sup>

Calculer la masse de la nouvelle bobine en kg.

<b>Q2-3</b>	Documents à consulter : <b>DP1 à DP5</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
-------------	--	--------------------------------------

Rechercher dans le diagramme "bdd" la masse maxi de la bobine supportée par la machine.

La machine peut-elle supporter la masse maxi de la nouvelle bobine ? Sinon indiquer le grammage du papier maximum de cette nouvelle bobine.

<b>Q2-4</b>	Documents à consulter : <b>DP1 à DP5</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
-------------	--	--------------------------------------

Le cahier des charges impose une cadence de 42 min/bobine.

Calculer la vitesse de défilement du papier en m·min<sup>-1</sup>, puis comparer cette vitesse avec la vitesse maxi donnée.

Conclure sur la faisabilité de ce nouveau produit en terme de vitesse de défilement.

<b>Q2-5</b>	Documents à consulter : <b>DP1 à DP5</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
-------------	--	--------------------------------------

A ce stade de l'étude, est-il possible de satisfaire la demande du client ? Et sous quelle condition ?

**DQ3 – Dossier question**

<b>3</b>	<b>OPTIMISATION DES FLUX ENERGETIQUES DANS LE TUNNEL DE SECHAGE</b>	
	Tunnel de séchage poste 4	Durée conseillée : 30 min

Afin d'optimiser le process, le service maintenance doit déterminer quel mode de fonctionnement est le plus performant.

L'étude ne portera que sur le séchoir 1. Les différents modes de fonctionnement étudiés sont :

- Mode 1 : pas de recyclage de l'air repris – pas de récupération sur l'échangeur double flux
- Mode 2 : recyclage de 70% de l'air repris - pas de récupération sur l'échangeur double flux
- Mode 3 : pas de recyclage de l'air repris - récupération sur l'échangeur double flux

<b>Q3-1</b>	Etude du mode 1 : pas de recyclage – pas de récupération sur l'échangeur double flux	
-------------	--	--

<b>Q3-1-1</b>	Documents à consulter : <b>DP1 à DP6</b>	Répondre sur <b>DR2</b>
---------------	--	-------------------------

Sur le document réponse **DR2**, tracer le passage de l'air neuf en bleu et celui de l'air rejeté en rouge, dans les gaines. Indiquer par des flèches le sens de circulation de l'air.

<b>Q3-1-2</b>	Documents à consulter : <b>DP1 à DP6</b>	Répondre sur <b>DR2</b>
---------------	--	-------------------------

Sur document réponse **DR2**, compléter le tableau qui recense l'état des clapets, par les termes appropriés suivants : ouvert, ouvert à 70%, ouvert à 30%, fermé.

<b>Q3-1-3</b>	Documents à consulter : <b>DP1 à DP6</b>	Répondre sur <b>DR2</b>
---------------	--	-------------------------

Retrouver dans les données la température  $T_1$  à l'entrée de l'échangeur MAKE-UP et la reporter sur le document réponse **DR2**.

<b>Q3-1-4</b>		Répondre sur <b>feuille de copie</b>
---------------	--	--------------------------------------

Calculer la puissance thermique à fournir par l'échangeur MAKE-UP.

Rappel de la formule :

$\text{Puissance thermique} = Q_m \times c_{p\text{air}} \times (T_{\text{sortie échangeur}} - T_{\text{entrée échangeur}})$
--

- $Q_m$  : le débit masse d'air ( $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ )
- $c_{p\text{air}}$  : la capacité thermique massique de l'air ( $c_{p\text{air}} = 1,04 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )
- $T$  : les températures entrée et sortie de l'échangeur

<b>Q3-2</b>	Etude du mode 3 : pas de recyclage de l'air repris - récupération sur l'échangeur double flux	
-------------	---	--

<b>Q3-2-1</b>	Documents à consulter : <b>DP1 à DP6</b>	Répondre sur <b>DR3</b>
---------------	--	-------------------------

Sur le document réponse **DR3**, tracer le passage de l'air neuf en bleu et celui de l'air rejeté en rouge, dans les gaines. Indiquer par des flèches le sens de circulation de l'air.

<b>Q3-2-2</b>	Documents à consulter : <b>DP1 à DP6</b>	Répondre sur <b>DR3</b>
---------------	--	-------------------------

Sur document réponse **DR3**, compléter le tableau qui recense l'état des clapets, par les termes appropriés suivants : ouvert, ouvert à 70%, ouvert à 30%, fermé.

<b>Q3-2-3</b>	Documents à consulter : <b>DP1 à DP6</b>	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
---------------	--	--------------------------------------

Déterminer la température  $T_3$  à l'entrée de l'échangeur MAKE-UP.

Rappel de la formule :

$\text{Efficacité sensible} = (T_{\text{air neuf sortie récupérateur}} - T_{\text{air neuf extérieur}}) / (T_{\text{air repris}} - T_{\text{air neuf extérieur}})$
--

Q3-2-4	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
--------	--------------------------------------

Calculer la puissance thermique à fournir par l'échangeur MAKE-UP.

*Rappel de la formule :*

$$\text{Puissance thermique} = Q_m \times c_{p_{\text{air}}} \times (T_{\text{sortie échangeur}} - T_{\text{entrée échangeur}})$$

- $Q_m$  : le débit masse d'air ( $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ )
- $c_{p_{\text{air}}}$  : la capacité thermique massique de l'air ( $c_{p_{\text{air}}} = 1,04 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )
- $T$  : les températures entrée et sortie de l'échangeur

Q3-3	Répondre sur <b>feuille de copie</b>
------	--------------------------------------

Sachant que le mode de fonctionnement MODE 2 nécessite que l'échangeur MAKE-UP fournisse une puissance de 616 kW, indiquer le mode de fonctionnement à privilégier et pourquoi ?

<b>4</b>	<b>ANALYSE DE L'UNITE DE PRODUCTION DE VAPEUR</b>	
	Etude du schéma de principe	Durée conseillée : 20 min

*Cette analyse a pour but de vous aider dans la compréhension du fonctionnement de la machine.*

On s'intéresse dans cette partie au fonctionnement de la production de vapeur.

<b>Q4-1</b>	Documents à consulter : <b>DT1</b>	Répondre sur <b>DR4</b>
-------------	------------------------------------	-------------------------

Sur le document réponse **DR4**, identifier les composants repérés sur le schéma de principe de la production de vapeur du document technique **DT1**.

<b>Q4-2</b>	Documents à consulter : <b>DT1</b>	Répondre sur <b>DR4</b>
-------------	------------------------------------	-------------------------

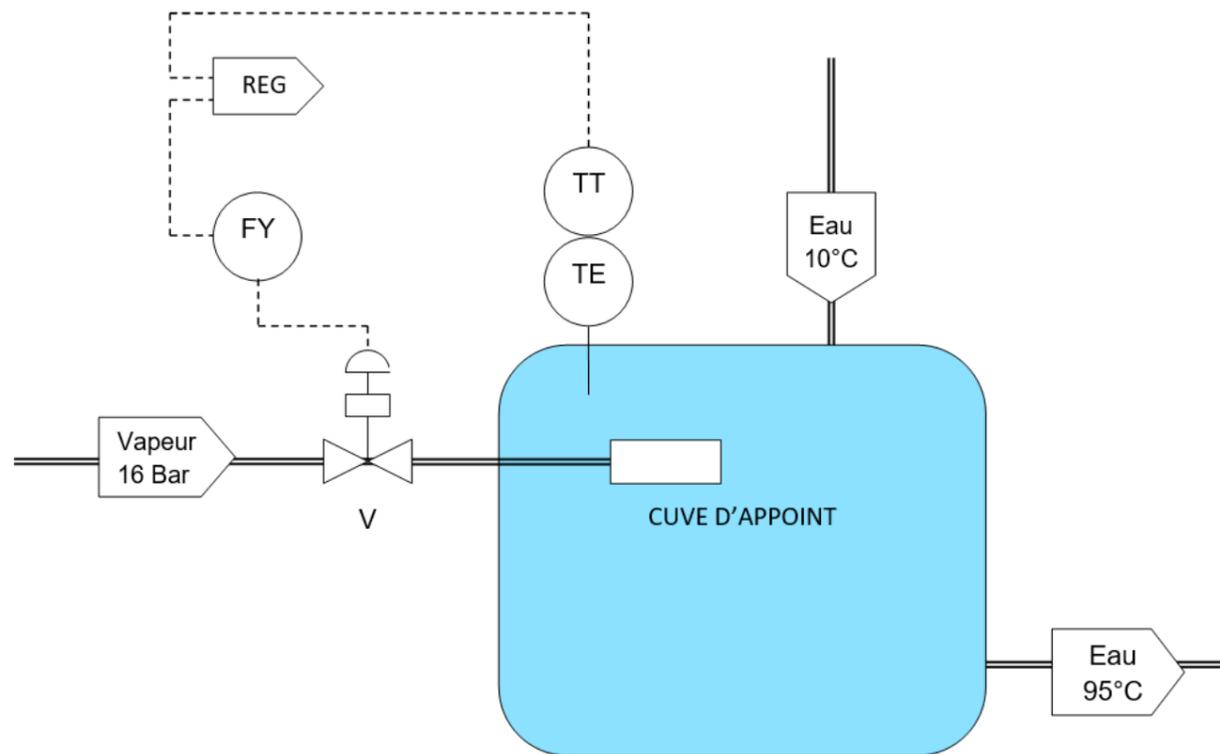
Sur le document réponse **DR4**, justifier la fonction de ces composants.

DQ5 – Dossier question

<b>5</b>	<b>MAINTIEN EN TEMPERATURE DE LA CUVE D'APPOINT</b>	
	Etude de la dérive de température	Durée conseillée : 30 min

La cuve d'appoint permet de dégazer l'eau, c'est à dire réduire l'oxygène dissous responsable de corrosion. Il s'agit ici d'un dégazage chimique par adjonction de sulfites. La cuve doit être maintenue à une température comprise entre 85 et 95°.

Le service Maintenance a mis en évidence une dérive de la température de la cuve. Il doit contrôler la chaîne d'acquisition et de régulation de la température de la cuve afin d'en vérifier le bon fonctionnement.



**SPECIFICATIONS DE L'APPAREILLAGE**

- V Vanne SPIRAX SARCO DN25 – Type NF
- FY Convertisseur 4-20 mA/0,2-1 mbar
- REG Régulateur proportionnel
- TT Transmetteur de température 4-20 mA
- TE Sonde Ni1000 Tk5000

<b>Q5-1</b>		Réponse sur <b>feuille de copie</b>
-------------	--	-------------------------------------

Comment est réchauffée l'eau dans la cuve d'appoint d'eau ?

<b>Q5-2</b>	Document à consulter : <b>DT2</b>	Réponse sur <b>feuille de copie</b>
-------------	-----------------------------------	-------------------------------------

On souhaite vérifier l'absence de défaut de la sonde présente dans la cuve d'appoint. Pour cela, on mesure une résistance de 1444,39 Ohms aux bornes de la sonde. La température relevée dans la cuve au thermomètre étalon est de 90°C.

- Déterminer la valeur en [°C] délivrée par la sonde TE.
- Que peut-on en déduire sur l'état de la sonde de température TE ?

<b>Q5-3</b>		Réponse sur <b>DR5</b>
-------------	--	------------------------

Le régulateur REG maintient l'eau contenue dans la cuve d'appoint à une température comprise entre 85 et 95°C. Il délivre en sortie un signal 4-20 mA.

La vanne V, de type NF, reçoit un signal de commande pneumatique (0,2-1 mbar) provenant du convertisseur FY. La caractéristique de la vanne V est linéaire.

Sur le document réponse **DR5**, pour différentes températures relevées dans la cuve au thermomètre étalon, déterminer :

- Le signal de sortie du régulateur (mA).
- La pression en sortie (mbar).
- Le pourcentage d'ouverture de la vanne (%).

<b>Q5-4</b>		Réponse sur <b>feuille de copie</b>
-------------	--	-------------------------------------

Identifier quelles peuvent être les différentes autres causes permettant d'expliquer la dérive de température dans la cuve d'appoint.

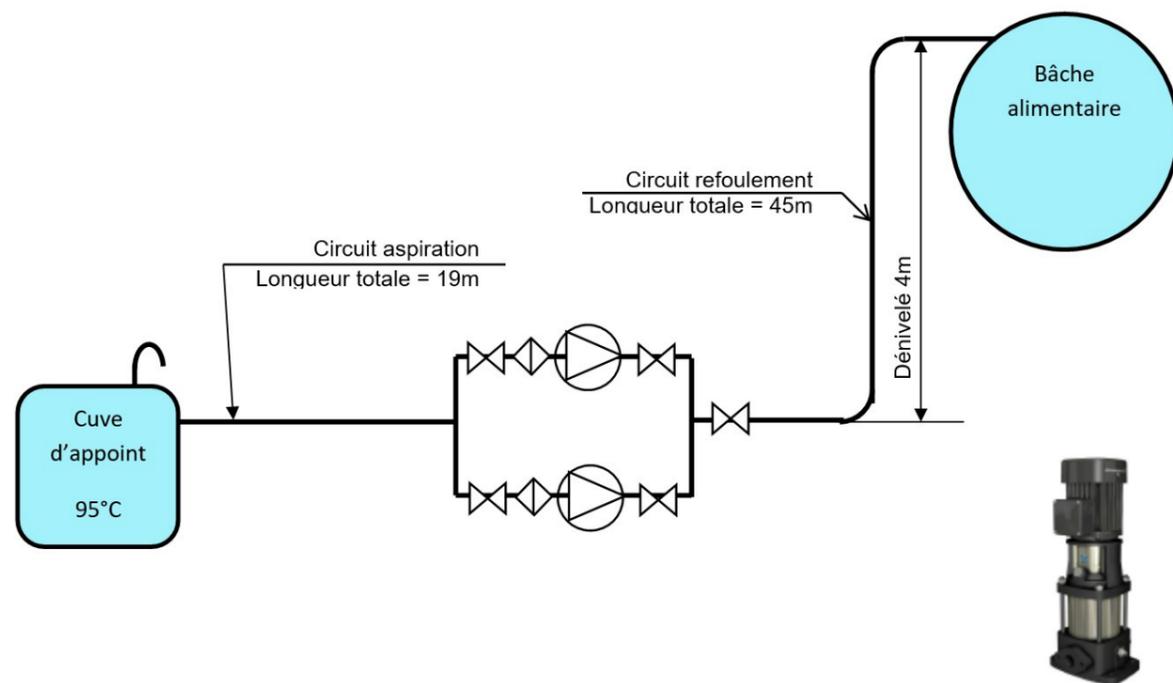
DQ6 – Dossier question

<b>6</b>	<b>USURE DES POMPES D'APPOINT</b>	
	Vérification du choix des pompes	Durée conseillée : 40 min

L'eau est stockée dans deux réservoirs avant d'alimenter la chaudière vapeur :

- La cuve d'appoint maintenue à la pression atmosphérique à 95°C permettant le dégazage chimique,
- La bêche alimentaire maintenue à une **pression effective (relative)** de 3 bars à 140°C.

Les pompes de la partie hydraulique situées entre la cuve d'appoint et la bêche alimentaire présentent des signes d'usure anormale et répétée. Le service Maintenance doit établir rapidement un diagnostic afin de trouver une solution avant la détérioration des pompes.



**Données**

- Débit d'eau d'appoint :  $2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- Masse volumique de l'eau à 95°C :  $\rho = 961,9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- Accélération de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
- Coefficient de pertes de charges linéaires :  $j = 15 \text{ mmCE} \cdot \text{m}^{-1}$
- Pertes de charges singulières estimées à 30 % des pertes de charges linéaires
- Pression atmosphérique :  $P_{\text{atm}} = 1 \text{ bar}$

<b>Q6-1</b>		Réponse sur <b>feuille de copie</b>
-------------	--	-------------------------------------

Expliquer le phénomène de cavitation.

<b>Q6-2</b>	Document à consulter : <b>DT3</b>	Réponse sur <b>DR6</b>
-------------	-----------------------------------	------------------------

Sur le document réponse **DR6**, remplir la colonne « valeur » du tableau et calculer la hauteur manométrique de la pompe (mCE).

<b>Q6-3</b>		Réponse sur <b>DR7</b>
-------------	--	------------------------

Sur le document réponse **DR7**, placer le point de fonctionnement sur la courbe caractéristique de la pompe et déterminer le NPSH de la pompe.

<b>Q6-4</b>	Document à consulter : <b>DR6</b>	Réponse sur <b>feuille de copie</b>
-------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Calculer la valeur du NPSH à l'aspiration de la pompe dans cette situation.

*Rappel de la formule :*

$\text{NPSH (mCE)} = 10^5 \cdot [(P_A - P_v) / \rho \cdot g] + H_{gA} - J_A$
--

<b>Q6-5</b>		Réponse sur <b>feuille de copie</b>
-------------	--	-------------------------------------

Vérifier si la pompe sélectionnée permet de satisfaire aux 2 exigences ci-dessus. Conclure en proposant des solutions à apporter à l'installation pour remédier au problème.

<b>7</b>	<b>IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU GROUPE D'EAU GLACEE</b>	
	Proposition de changement de fluide	Durée conseillée : 30 min

Les échangeurs du process sont alimentés par un réseau d'eau glacée (régime d'eau = 7°C/12°C) produite par un groupe de production d'eau glacée AWS SE 184.2 ST (R134a, 647 kW) de marque McQuay à condensation à air.

Le service Maintenance doit déterminer son impact environnemental en calculant le TEWI (Total Equivalent Warming Impact) et vérifier les paramètres de fonctionnement.

<b>Q7-1</b>	Document à consulter : <b>DT5</b>	Réponse sur <b>feuille de copie</b>
-------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Quelle est la masse de fluide frigorigène dans ce groupe d'eau glacée ?

<b>Q7-2</b>	Document à consulter : <b>DT6</b>	Réponse sur <b>feuille de copie</b>
-------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Expliquer ce que représente le GWP sachant que le GWP du R134a est de 1430.

<b>Q7-3</b>	Documents à consulter : <b>DT4</b> et <b>DT5</b>	Réponse sur <b>feuille de copie</b>
-------------	--	-------------------------------------

- Déterminer la consommation annuelle électrique maxi en kWh de ce groupe de production d'eau glacée sachant qu'il fonctionne 3000 heures par an.
- Déterminer les émissions de CO<sub>2</sub> annuelles (consommation électrique).

<b>Q7-4</b>	Document à consulter : <b>DT6</b>	Réponse sur <b>feuille de copie</b>
-------------	-----------------------------------	-------------------------------------

- Calculer le TEWI<sub>R134a</sub> de ce groupe d'eau glacée en considérant une durée de vie de 15 ans.
- En déduire le TEWI<sub>annuel</sub><sub>R134a</sub> de ce groupe d'eau glacée.

<b>Q7-5</b>	Document à consulter : <b>DT6</b>	Réponse sur <b>feuille de copie</b>
-------------	-----------------------------------	-------------------------------------

On envisage de faire un rétrofit de ce groupe avec le nouveau fluide HFO-1234yf ayant un GWP de 4. En considérant les mêmes conditions de fonctionnement (consommation électrique et charge en fluide) :

- Calculer le nouveau TEWI<sub>HFO-1234yf</sub> de ce groupe d'eau glacée en considérant une durée de vie de 15 ans.
- En déduire le TEWI<sub>annuel</sub><sub>HFO-1234yf</sub> de ce groupe d'eau glacée.
- Conclure.

DQ8 – Dossier question

<b>8</b>	<b>BILAN DE LA VENTILATION DES LOCAUX TECHNIQUES</b>	
	Remplacement de la VMC simple flux	Durée conseillée : 40 min

La ventilation des locaux techniques est en panne. Elle doit être remplacée par une centrale de traitement d'air double-flux ALDES DFE 450.

Le service Maintenance doit justifier de l'intérêt économique et environnemental du système. Le débit de soufflage, égal au débit de reprise est de 450 (m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>). L'air est soufflé à une température de 20°C. La ventilation fonctionne en continu.

Cette centrale est équipée de :



- Une section filtre type G4 sur l'air neuf,
- Un échangeur à plaques,
- Un caisson de ventilation de soufflage,
- Un caisson pièges à sons placé à la reprise,
- Un caisson de ventilation de reprise,
- Une batterie chaude électrique en gaine,
- Des registres motorisés,
- Evacuation des condensats.

<b>Q8-1</b>	Document à consulter : <b>DT7</b>	Réponse sur <b>feuille de copie</b>
-------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Aux conditions hivernales et en considérant l'efficacité de l'échangeur à plaques, calculer la température de l'air neuf sortie échangeur.

<b>Q8-2</b>		Réponse sur <b>DR8 et sur feuille de copie</b>
-------------	--	--

Sur le document réponse **DR8**, tracer, sur le diagramme de l'air humide, l'évolution de l'air neuf à travers l'échangeur à plaques et indiquer l'humidité relative de l'air neuf en sortie de l'échangeur.

<b>Q8-3</b>	Document à consulter : <b>DR8</b>	Réponse sur <b>feuille de copie</b>
-------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Calculer la puissance maximale récupérée sur l'air neuf lors de son passage dans l'échangeur à plaques.

<b>Q8-4</b>	Document à consulter : <b>DP7</b>	Réponse sur <b>feuille de copie</b>
-------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Lister les modifications techniques à réaliser lors de la mise en œuvre de la VMC double flux en remplacement de l'ancienne VMC simple flux.

<b>Q8-5</b>	Document à consulter : <b>DT4</b>	Réponse sur <b>DR9</b>
-------------	-----------------------------------	------------------------

L'énergie annuelle perdue par renouvellement d'air au cours de la période de chauffe est estimée à 8000 kWh. L'échangeur de la double-flux permet de récupérer 90% de l'énergie. La puissance du ventilateur de la VMC simple flux est de 133W. Pour la VMC double-flux, la puissance des ventilateurs est de 2x175W.

- Etablir le bilan énergétique annuel pour chaque VMC en kWh.
- Calculer l'économie énergétique annuelle (en kWh) réalisée grâce à la VMC double flux.
- Calculer la masse de CO<sub>2</sub> annuelle (en t) évitée grâce à la VMC double flux.
- Calculer l'économie financière (en €) sachant que le kWh utile coûte 0,11€ en moyenne.
- Calculer le temps de retour sur amortissement sachant que la VMC double-flux engendre un surcoût de 3000€.
- Conclure en précisant les avantages et inconvénients de chaque technologie.

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**  
**MAINTENANCE DES SYSTÈMES**

**Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques**

**Session 2020**

**U 4 : Analyse technique en vue  
de l'intégration d'un bien**

Durée : 4 heures– Coefficient : 6

**DOCUMENTS RÉPONSES**

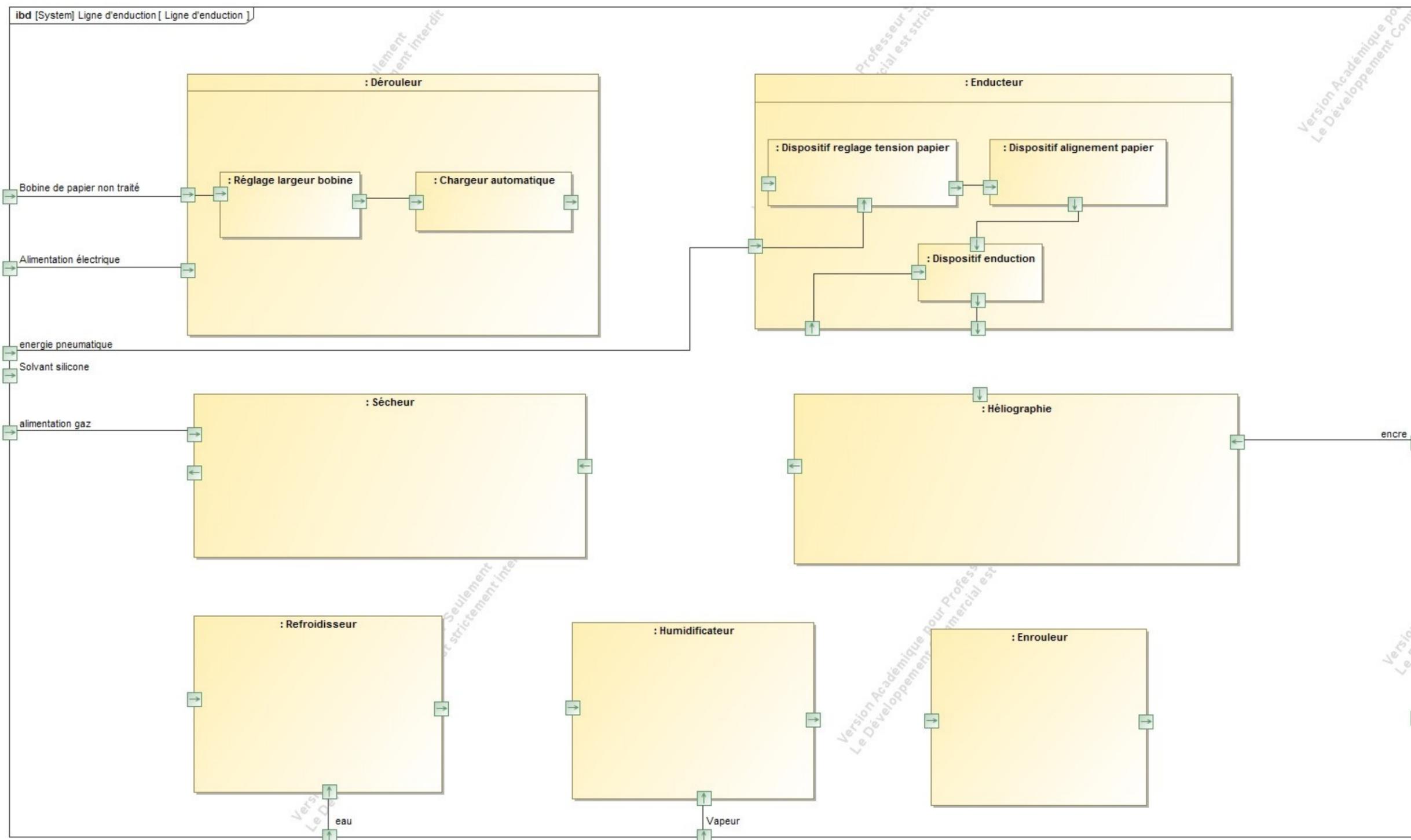
**Ce dossier contient les documents DR1 à DR9**

**de la page 19 à la page 25.**

<b>CODE ÉPREUVE :</b>		<b>EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR</b>	<b>SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES</b>	
<b>SESSION : 2020</b>	<b>SUJET</b>	<b>ÉPREUVE : E4 ANALYSE TECHNIQUE EN VUE DE L'INTEGRATION D'UN BIEN</b>		
<b>Durée : 4h</b>		<b>Coefficient : 6</b>	<b>SUJET</b>	<b>Page 19/31</b>

ETUDE PREALABLE

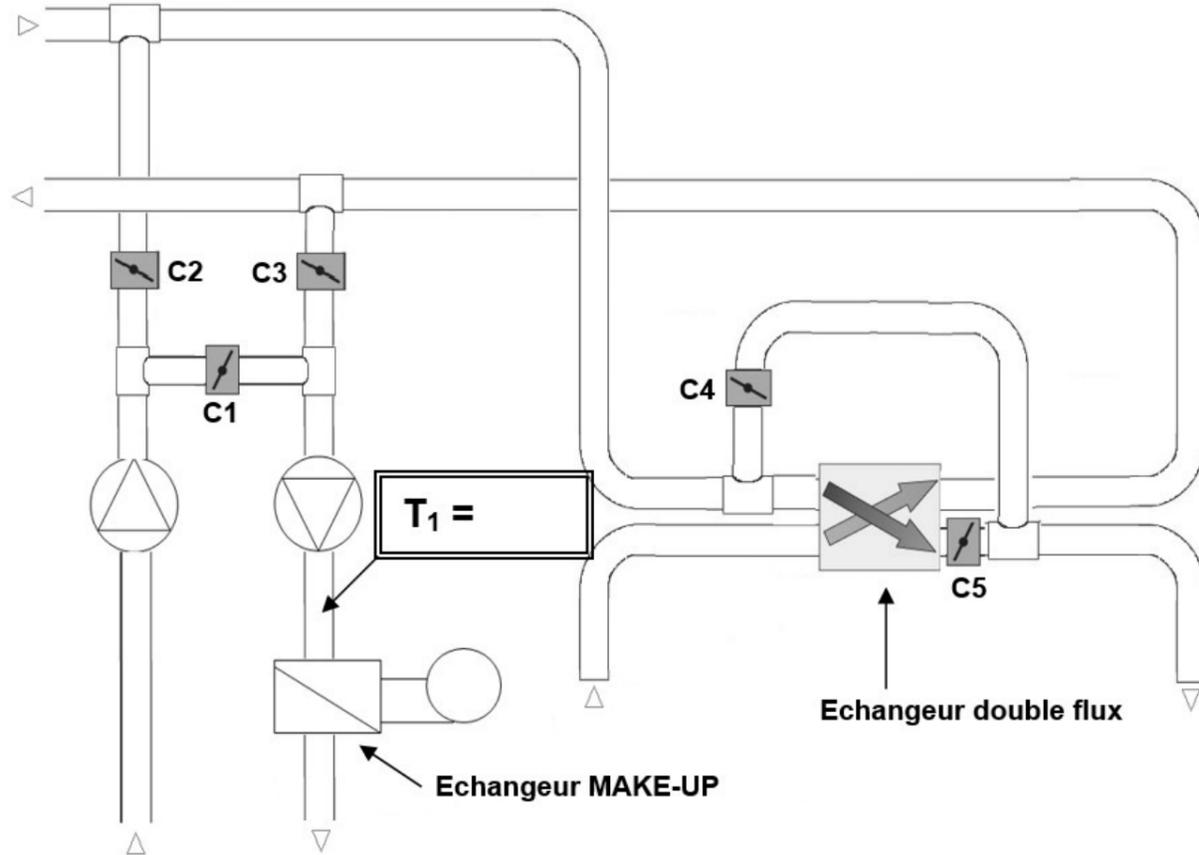
Q1-2



### OPTIMISATION DES FLUX ENERGETIQUES DANS LE TUNNEL DE SECHAGE

Etude du mode 1 : pas de recyclage – pas de récupération sur l'échangeur double flux

Q3-1-1 et Q3-1-3 :



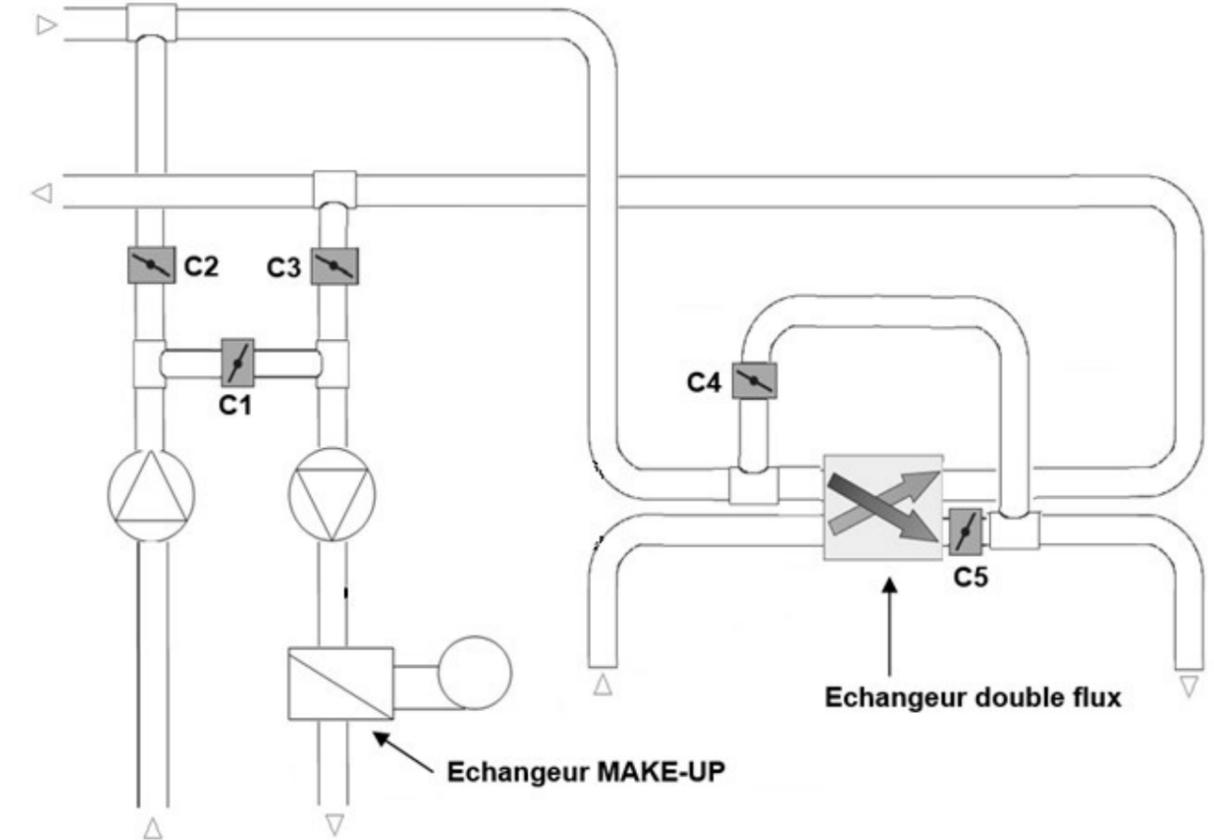
Q3-1-2 :

	C1	C2	C3	C4	C5
Mode 1					

### OPTIMISATION DES FLUX ENERGETIQUES DANS LE TUNNEL DE SECHAGE

Etude du mode 3 : pas de recyclage de l'air repris - récupération sur l'échangeur double flux

Q3-2-1 :



Q3-2-2 :

	C1	C2	C3	C4	C5
Mode 3					

**ANALYSE DE L'UNITE DE PRODUCTION DE VAPEUR****Q4-1 et Q4-2 :**

Repère	Nom de l'élément	Fonction de l'élément
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		

## MAINTIEN EN TEMPERATURE DE LA CUVE D'APPOINT

Q5-3 :

Température [°C]	Courant de commande [mA]	Pression de sortie [mbar]	% ouverture de la vanne [%]
85	20		
90			
95			

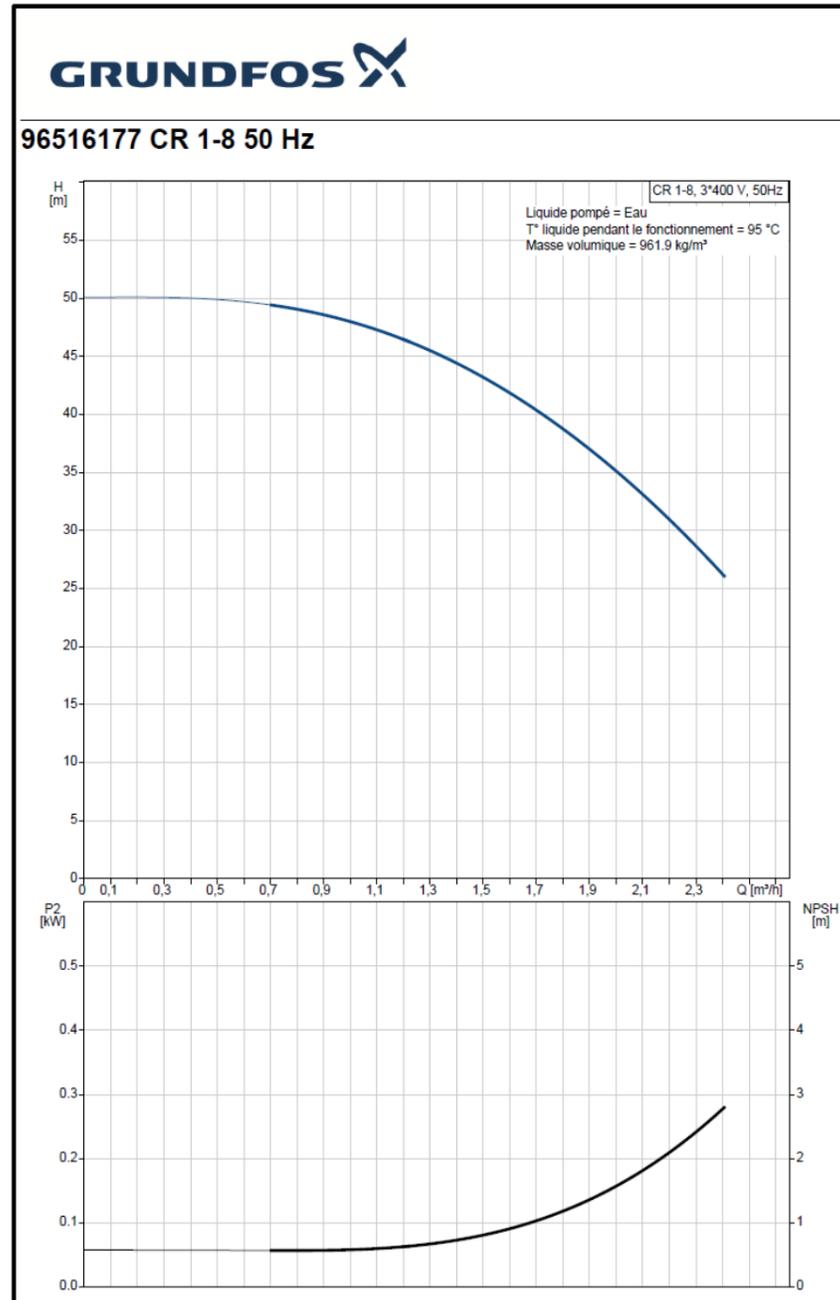
Notation	Grandeur	Unité	Valeur	Calcul
$H_{gA}$	Hauteur géométrique d'aspiration	[m]		
$H_{gR}$	Hauteur géométrique de refoulement	[m]		
$J_A$	Pertes de charge totales dans la tuyauterie d'aspiration	[m]		
$J_R$	Pertes de charge totales dans la tuyauterie de refoulement	[m]		
$P_R$	Pression absolue dans la bache alimentaire	[bar absolu]		
$P_A$	Pression absolue dans la cuve d'appoint	[bar absolu]		
$P_v$	Pression absolue de vaporisation de l'eau à la température à l'aspiration	[bar absolu]		
HMT	Hauteur Manométrique de la pompe	[mCE]		

## USURE DES POMPES D'APPOINT

Q6-2 :

USURE DES POMPES D'APPOINT

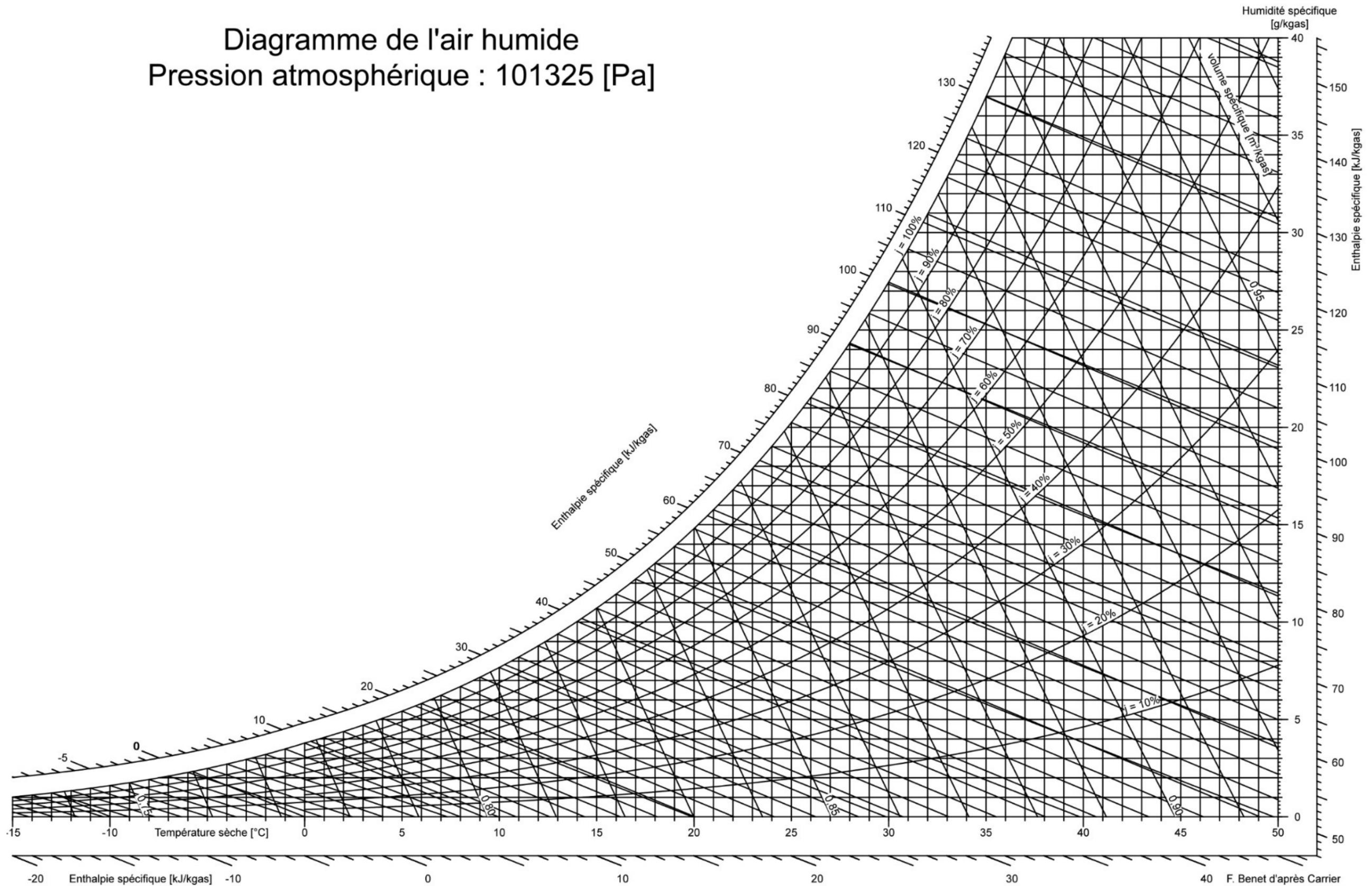
Q6-3 :



BILAN DE LA VENTILATION DES LOCAUX TECHNIQUES

Q8-2 :

Diagramme de l'air humide  
Pression atmosphérique : 101325 [Pa]



**BILAN DE LA VENTILATION DES LOCAUX TECHNIQUES**

**Q8-5 :**

**Bilan Energétique des VMC**

	VMC Simple Flux	VMC Double Flux
Déperditions par renouvellement d'air [kWh]		
Fonctionnement [kWh]		
Total [kWh]		

**Economies réalisées grâce à la VMC Double Flux**

Energie [kWh]	
Masse de CO <sub>2</sub> [kg]	
Financière [€]	

**Temps de retour sur investissement RSI [année]**

RSI = surcoût de l'investissement / bénéfice annuel de l'investissement

-----

-----

-----

-----

**Conclusion (avantages/inconvénients)**

	VMC Simple Flux	VMC Double Flux
Avantages		
Inconvénients		

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**  
**MAINTENANCE DES SYSTÈMES**

**Option B : Systèmes Énergétiques et Fluidiques**

**Session 2020**

**U 4 : Analyse technique en vue  
de l'intégration d'un bien**

Durée : 4 heures – Coefficient : 6

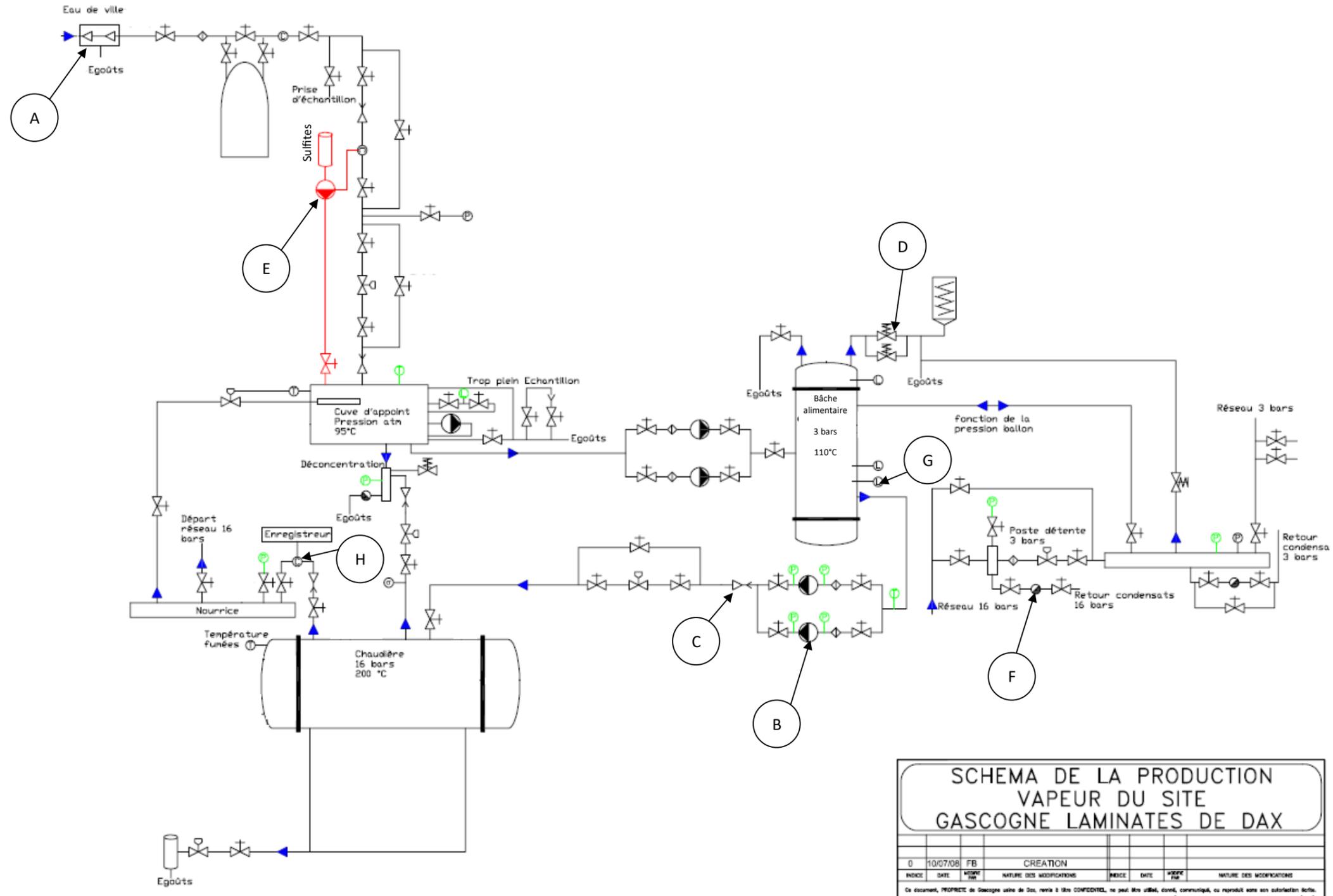
**DOCUMENTS TECHNIQUES**

Ce dossier contient les documents DT1 à DT7

de la page 27 à la page 31.

<b>CODE ÉPREUVE :</b>		<b>EXAMEN BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR</b>	<b>SPÉCIALITÉ : MAINTENANCE DES SYSTÈMES</b>	
<b>SESSION : 2020</b>	<b>SUJET</b>	<b>ÉPREUVE : E4 ANALYSE TECHNIQUE EN VUE DE L'INTEGRATION D'UN BIEN</b>		
<b>Durée : 4h</b>		<b>Coefficient : 6</b>	<b>SUJET</b>	<b>Page 27/31</b>

Schéma de principe de la production de vapeur



DT2 – Documents techniques

**VALEURS OHMIQUES DES SONDES DE TEMPERATURE**

Precision Resistors – Basic Values							
	Pt100	Pt500	Pt1000	Ni1000	Ni1000 Tk5000	NTC 5kOhm	NTC 10kOhm
°C	Ω						
-50	80,31	401,56	803,1	743	790,88	333914	667830
-40	84,27	421,35	842,7	791	830,83	167835	335670
-30	88,22	441,1	882,2	842	871,69	88342	176680
-20	92,16	460,8	921,6	893	913,48	48487	96670
-10	96,09	480,45	960,9	946	956,24	27649	55300
0	100	500	1000	1000	1000	16325,4	32650
10	103,9	519,5	1039	1056	1044,79	9951,8	19900
20	107,79	538,95	1077,9	1112	1090,65	6246,8	12490
30	111,57	558,35	1116,7	1171	1137,61	4028	8060
40	115,54	577,7	1155,4	1230	1185,71	2662,4	5320
50	119,4	597	1194	1291	1243,97	1800,49	3600
60	123,24	615,2	1232,4	1353	1285,44	1243,53	2490
70	127,07	635	1270	1417	1337,14	875,81	1750
80	130,89	654,45	1308,9	1483	1390,12	628,09	1260
90	134,7	673,5	1347	1549	1444,39	458,06	920
100	138,5	692,5	1385	1618	1500	339,02	680

DT3 – Documents techniques

**CORRESPONDANCE ENTRE LA PRESSION ABSOLUE ET LA TEMPÉRATURE DE LA VAPEUR D'EAU SATURÉE**

Pression absolue en bars	Température en °C	Pression absolue en bars	Température en °C	Pression absolue en bars	Température en °C
0,05	33	1,5	112	13,0	192
0,1	46	2,0	120	13,5	194
0,15	54	2,5	128	14,0	195
0,2	61	3,0	134	14,5	197
0,25	65	3,5	139	15	198
0,3	69	4,0	144	14,5	200
0,35	73	4,5	148	16	201
0,4	76	5,0	152	17	204
0,45	79	5,5	156	18	207
0,5	81	6,0	159	19	210
0,55	84	6,5	162	20	212
0,6	86	7,0	165	21	215
0,65	88	7,5	168	22	217
0,7	90	8,0	170	23	220
0,75	92	8,5	173	24	222
0,8	93	9,0	175	25	224
0,85	95	9,5	178	26	226
0,9	97	10,0	180	27	228
1,0	100	10,5	182	28	230
1,1	102	11,0	184	29	232
1,2	105	11,5	186	30	234
1,3	107	12,0	188	31	236
1,4	109	12,5	190	32	237

*Protec traitement des eaux: Produits, techniques et matériels au service du conditionnement de l'eau*

Ces données sont issues de la méthode 3CL, méthode utilisée dans le cadre des Diagnostics de Performance Energétique

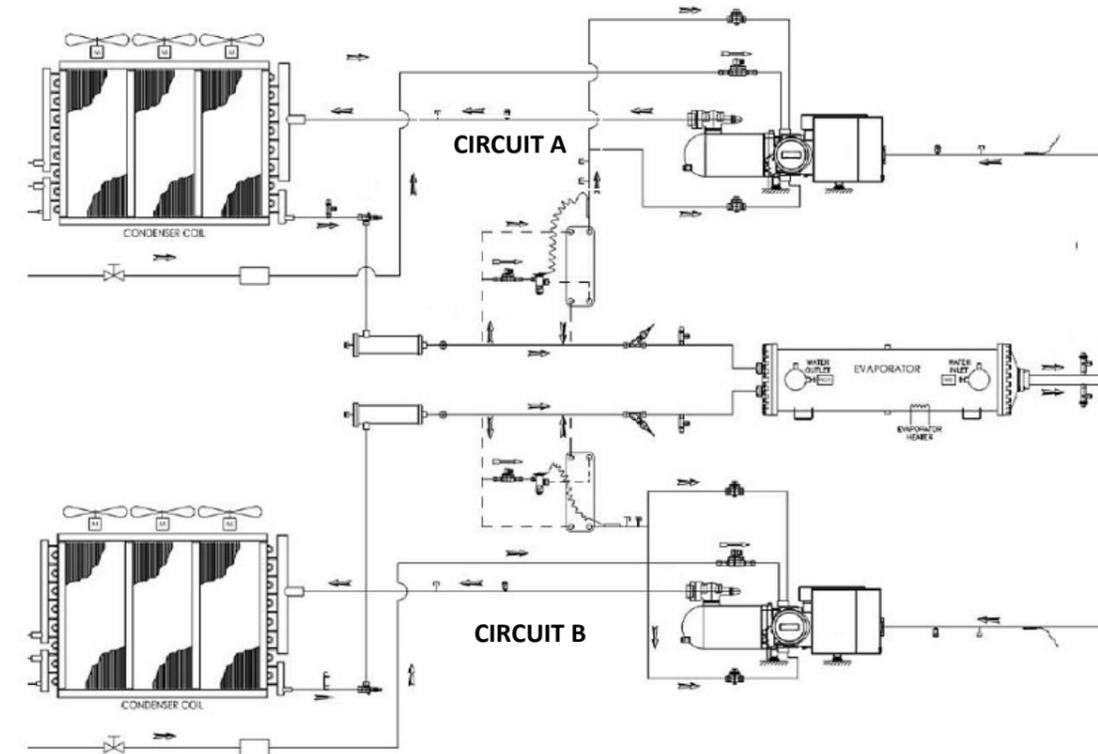
Combustible	Emissions de CO <sub>2</sub> [g·kWh <sup>-1</sup> ]
Fioul domestique	300
Gaz naturel	234
Gaz propane	274
Bois	13*
Electricité	170

\* Le bois est une énergie verte. Le CO<sub>2</sub> émis par la combustion du bois est recyclé par la biomasse en croissance. L'émission de CO<sub>2</sub> est de 355g·kWh<sup>-1</sup> sans replantation

**Extrait de la DOCUMENTATION TECHNIQUE**  
**Refroidisseur à air avec compresseur à vis**  
**AWS SE 184.2 ST de marque McQuay**

**SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES**

SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES		Version SE - ST / LN	184.2	212.2	237.2	260.2	
Capacité (1)	Refroidissement	kW	647	744	832	912	
Contrôle de capacité	Type	---	En continu				
	Capacité maximale	%	12.5	12.5	12.5	12.5	
Puissance d'entrée de l'unité (1)	Refroidissement	kW	221	262	299	318	
EER (1)		---	2.93	2.84	2.78	2.87	
ESEER		---	3.95	3.87	3.89	3.84	
Carcasse	Couleur	---	Blanc ivoire				
	Matériau	---	Tôle d'acier galvanisé peint				
Dimensions	Unité	Hauteur	mm	2540	2540	2540	2540
		Largeur	mm	2285	2285	2285	2285
		Longueur	mm	6185	6185	6185	6185
Poids (ST)	Unité	kg	5630	5740	5760	6280	
	Poids en ordre de marche	kg	5910	5990	6010	6530	
Poids (LN)	Unité	kg	5920	6030	6050	6570	
	Poids en ordre de marche	kg	6200	6280	6300	6820	
Echangeur de chaleur à eau	Type	---	Coque et tuyau à simple passage				
	Volume d'eau	l	266	266	251	251	
	Débit d'eau nominal	Refroidissement	l/s	30.90	35.56	39.74	43.6
		Refroidissement	kPa	73	59	52	61
	Matériau d'isolation	---	Cellule fermée				
Echangeur de chaleur à air	Type	---	Ailette haut rendement et type de tube avec sous-refroidisseur intégré				
	Type	---	Type à turbine directe				
Ventilateur	Entraînement	---	DOL				
	Diamètre	mm	800	800	800	800	
	Débit d'air nominal	l/s	53444	53444	53444	64133	
	Modèle	Quantité	N°	10	10	10	12
		Vitesse	tr/min	920	920	920	920
		Entrée moteur	W	1.75	1.75	1.75	1.75
Compresseur	Type	---	Compresseur à vis simple semi-hermétique				
	Charge d'huile	l	38	38	38	44	
	Quantité	N°	2	2	2	2	
Niveau sonore (ST)	Puissance sonore	Refroidissement	dB(A)	99.5	100.0	100.0	100.9
	Pression sonore (2)	Refroidissement	dB(A)	79.0	79.5	79.5	80.4
Niveau sonore (LN)	Puissance sonore	Refroidissement	dB(A)	96.0	96.1	96.1	97.5
	Pression sonore (2)	Refroidissement	dB(A)	75.5	75.6	75.6	76.5
Circuit de réfrigérant	Type de réfrigérant	---	R-134a	R-134a	R-134a	R-134a	
	Charge de réfrigérant	kg	128	128	128	146	
	Nbre de circuits	N°	2	2	2	2	
Raccords de tuyauterie	Entrée/sortie d'eau d'évaporateur	mm	168.3	168.3	168.3	168.3	
Dispositifs de sécurité	Haute pression de décharge (pressostat)						
	Haute pression de décharge (transducteur de pression)						
	Pression d'aspiration basse (transducteur de pression)						
	Protection du moteur du compresseur						
	Température de décharge élevée						
	Faible pression d'huile						
	Faible taux de pression						
	Chute de pression de filtre à huile élevée						
	Surveillance de phases						
	Bouton d'arrêt d'urgence						
Contrôleur de protection du gel de l'eau							
Remarques (1)	La capacité de refroidissement, la puissance d'entrée de l'unité et l'EER reposent sur les conditions suivantes: évaporateur 12/7°C; à temp. ambiante de 35°C, unité à pleine charge.						
Remarques (2)	Les valeurs sont conformes à ISO 3744 et portent sur: évaporateur 12/7°C; à temp. ambiante de 35°C, pleine charge.						



**IMPACT ENVIRONNEMENTAL D'UNE MACHINE FRIGORIFIQUE  
TEWI (Total Equivalent Warming Impact) ou Effet de Serre Global**

Le TEWI permet d'évaluer l'impact environnemental en kg de CO<sub>2</sub> d'une machine frigorifique durant son cycle de vie en tenant compte de l'effet indirect dû aux émissions de fluide frigorigène (Effet de serre Direct) et de l'effet indirect dû à l'énergie électrique requise pour faire fonctionner le système (Effet de serre Indirect).

Effet de Serre Global = Effet de Serre Direct + Effet de serre Indirect

$$TEWI = (GWP \times L \times n) + (GWP \times m \times [1-\alpha]) + n \times C \times \beta$$

Où :

- GWP: Global Warming Potential du fluide frigorigène ;
- L : Emissions annuelles de fluide frigorigène dues aux fuites estimées à 3% de la charge ;
- n : durée de vie du système en années ;
- m : charge en fluide frigorigène en kg ;
- $\alpha$  : facteur de récupération en fin de vie de la machine (recyclage compris) estimé à 0,75 ;
- C : consommation annuelle d'énergie électrique en kWh
- $\beta$  : émission de CO<sub>2</sub> pour produire 1 kWh électrique en kg<sub>CO2</sub>·kWh<sup>-1</sup><sub>élec</sub>  
 $\beta$  dépend du pays où se trouve la machine frigorifique car il dépend des moyens utilisés pour produire l'électricité  
 Moyenne internationale : 0,65 kg<sub>CO2</sub>·kWh<sup>-1</sup><sub>élec</sub>  
 Moyenne européenne : 0,50 kg<sub>CO2</sub>·kWh<sup>-1</sup><sub>élec</sub>  
 Moyenne française : 0,17 kg<sub>CO2</sub>·kWh<sup>-1</sup><sub>élec</sub>

**CARACTERISTIQUES DE LA VMC DOUBLE-FLUX DFE**

• **Consommation et Rendement**

- Echangeur à contreflux air/air en aluminium.
- Ventilateurs centrifuges avec moteurs à commutation électronique.

Modèle	Débit max (m³/h)	Consommation à débit max @200 Pa	Rendement* au débit max.
DFE 450	450	2 x 175 W	90,7%
DFE 600	600	2 x 185 W	91,2%
DFE 800	800	2 x 278 W	91,3%
DFE 1200	1200	2 x 400 W	90,3%
DFE Compact 600	600	2 x 176 W	90,5%
DFE Compact 1000	1000	2 x 455 W	91,2%
DFE Compact 2000	2000	2 x 860 W	91,2%
DFE+ TOP 800	800	2 x 341 W	90,2%
DFE+ TOP 1200	1200	2 x 380 W	90,7%
DFE+ TOP 2000	2000	2 x 629 W	90,5%
DFE+ 800	800	2 x 310 W	91,2%
DFE+ 1200	1200	2 x 380 W	90,7%
DFE+ 2000	2000	2 x 645 W	90,5%
DFE+ 3000	3000	2 x 990 W	90,5%
DFE+ 4000	4000	2 x 1280 W	90,5%
DFE+ 5000	5000	2 x 1450 W	91,8%
DFE+ 6000	6000	2 x 1980 W	91,1%



Modèle	Equipement de base						Options disponibles		
	Moteur EC + Echangeur Contre flux 90%	Panneaux double peau en PSE	Pré-câblage complet	Interrupteur de proximité	By-Pass Intégré	Raccordement circulaire	Kit Version extérieure	Batterie élec antigel	Batterie post chauffe (Elec ou eau chaude)
DFE 450	●	15 mm	●	●	●	●	●	En conduit	En conduit
DFE 600	●		●	●	●	●	●		
DFE 800	●		●	●	●	●	●		
DFE 1200	●	30 mm	●	●	●	●	●	En conduit	En conduit
DFE Compact 600	●		●	●	●	●	●		
DFE Compact 1000	●		●	●	●	●	●		
DFE Compact 2000	●	20 mm	●	●	●	●	●	En conduit	En conduit
DFE+/ DFE+ TOP 800	●		●	●	●	●	●		
DFE+/ DFE+ TOP 1200	●		●	●	●	●	●		
DFE+/ DFE+ TOP 2000	●	30 mm	●	●	●	●	●	Intégrée	Intégrée
DFE+ 3000	●		●	●	●	●	●		
DFE+ 4000	●		●	●	●	●	●		
DFE+ 5000	●		●	●	●	●	●		
DFE+ 6000	●		●	●	●	●	●		

L'efficacité d'échange est donnée par la relation :

$$E = \sup (\Delta t1, \Delta t2) / \Delta te$$

$\Delta t1$  : écart de température sur le fluide primaire (t1e – t1s)

$\Delta t2$  : écart de température sur le fluide secondaire (t2e – t2s)

$\Delta te$  : écart de température entre les entrées (t1e – t2e)

Sup() : valeur supérieure