



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Montpellier pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL
INDUSTRIES DE PROCÉDÉS

SESSION 2011

ÉPREUVE E2
ÉTUDE ET CONDUITE DES OPÉRATIONS UNITAIRES

FABRICATION DE L'ISOPROPANOL

DOSSIER TRAVAIL

Document à rendre : dossier travail complet

*Calculatrice autorisée (conformément à la circulaire n° 99-186 du
16 Novembre 1999)
L'usage de documents est interdit*

DOSSIER TRAVAIL		Session 2011	
Baccalauréat Professionnel INDUSTRIES DE PROCÉDÉS			
Épreuve E2 : Étude et conduite des opérations unitaires			
Code : 1106-IPT	Durée : 4 heures	Coefficient : 3	Page : 1/18

Barème sur 80 points

Partie 1 : Utilisation de l'isopropanol dans l'industrie de procédés

Partie 2 : Étude qualitative	14 points
Partie 3 : Rectification continue	14 points
Partie 4 : Bilan matière	06 points
Partie 5 : Bilan thermique	15 points
Partie 6 : Régulation	14 points
Partie 7 : Dynamique des fluides	17 points

PARTIE 1

UTILISATION DE L'ISOPROPANOL DANS L'INDUSTRIE DE PROCÉDÉS

Le propan-2-ol ou isopropanol est un solvant couramment utilisé dans l'industrie.

Il est notamment utilisé dans l'imprimerie comme composant additionnel des solutions de mouillage.

L'alcool isopropylique, dilué à une valeur entre 5 et 20% massique dans la solution de mouillage, remplit différentes fonctions essentielles :

- il diminue la tension superficielle de la solution,
- il augmente la viscosité de la solution,
- il limite l'émulsion de la solution dans l'encre,
- il s'évapore très rapidement en permettant de refroidir les rouleaux.

Une solution aqueuse d'isopropanol à 65% molaire en alcool est obtenue par rectification en continu.

Cette étape constitue la dernière phase de la purification de l'alcool obtenu par synthèse à partir du propène (voir schéma de procédé **page 1 dossier ressources**).

À partir de la détermination du nombre de plateaux théoriques nécessaires à cette séparation par la méthode graphique de Mac Cabe et Thiele, on déterminera le choix de la colonne utilisée ainsi qu'une méthode pour améliorer le titre du distillat.

PARTIE 2 ÉTUDE QUALITATIVE

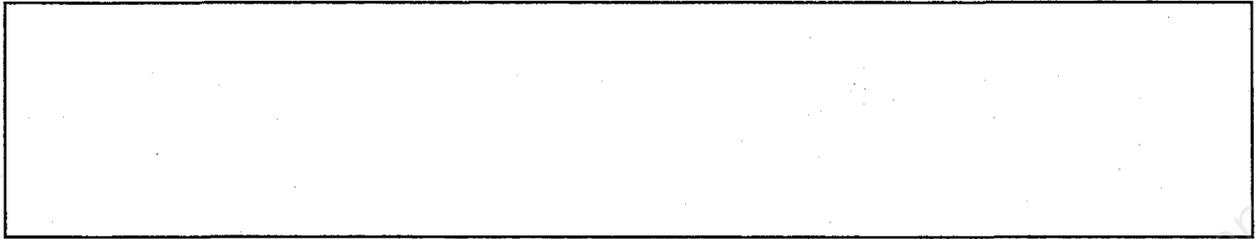
14 pts

1. Dire à quelle classe d'alcool appartient l'isopropanol.

2. En vous aidant des courbes caractéristiques du binaire eau-isopropanol (**page 3 dossier ressources**), déterminer à quel type de mélange il appartient.

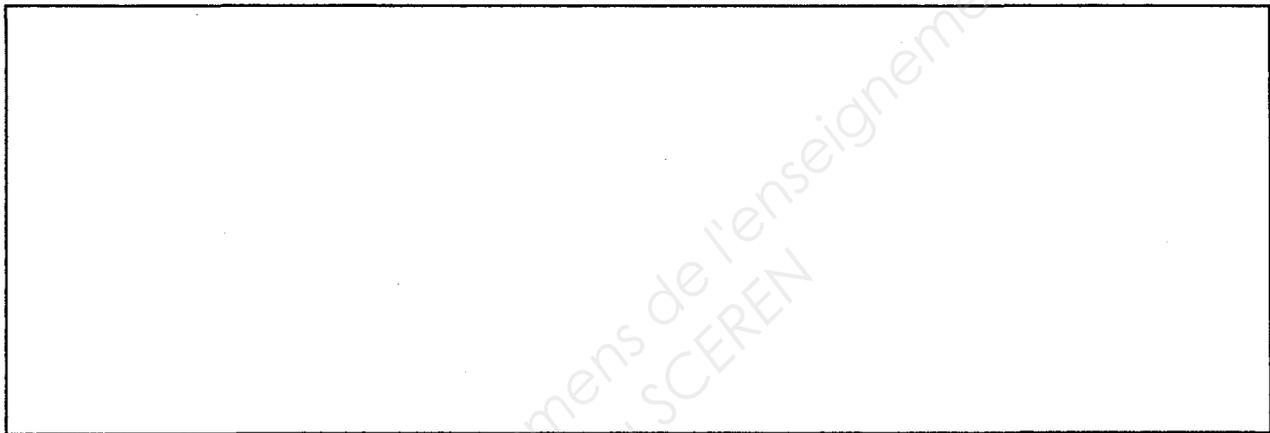
3. À l'aide des courbes isobares d'ébullition et de rosée, donner le titre molaire maximal en alcool du distillat attendu en tête de colonne ainsi que le titre molaire minimal alcool du résidu attendu en pied, pour la distillation d'un mélange à 20% molaire en alcool.

4. À l'aide des courbes isobares d'ébullition et de rosée, donner le titre molaire minimal en alcool du distillat attendu en tête de colonne ainsi que le titre molaire maximal en alcool du résidu attendu en pied, pour la distillation d'un mélange à 75% molaire en alcool.

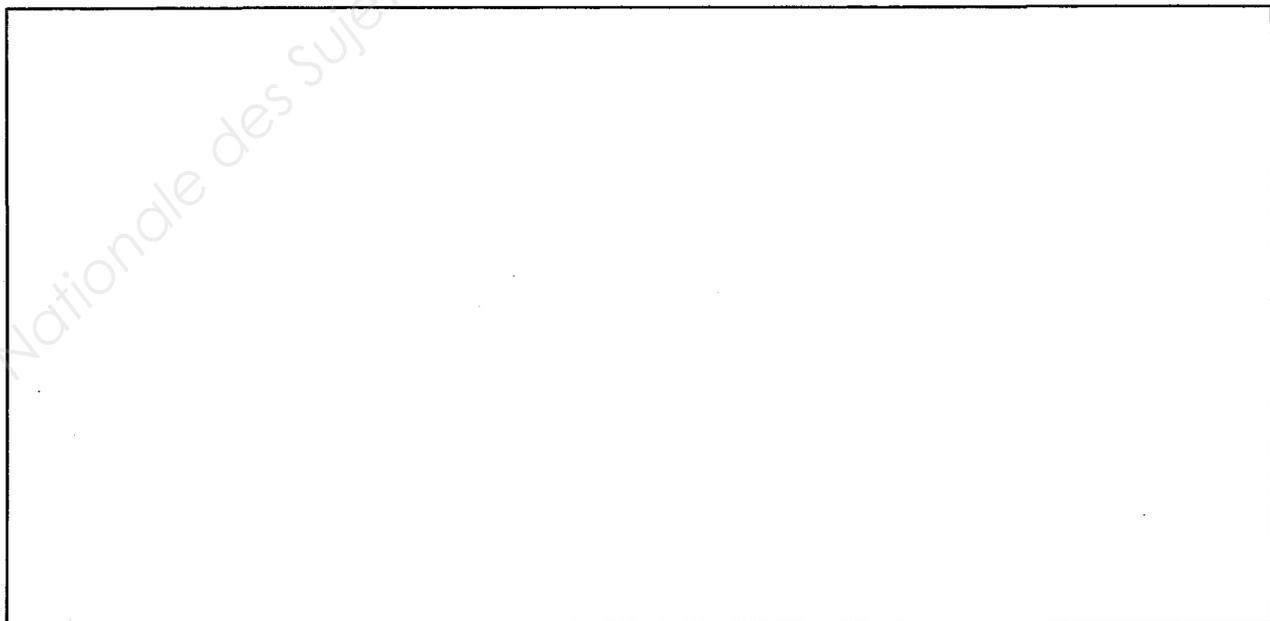


5. L'imprimeur a besoin de 10 kg de solution de mouillage à 10% massique en alcool, par dilution d'une solution à 68,7% molaire en alcool.

- 5.1. Transformer le titre molaire $X = 68,7\%$ en titre massique (masses molaires **page 3 du dossier ressources**).



- 5.2. Calculer la masse de mélange de titre molaire $X = 68,7\%$ à prélever en effectuant un bilan massique en alcool.



5.3 Calculer la masse d'eau à ajouter.

6. Pour respecter les normes Européennes de sécurité et d'environnement, l'isopropanol tend à être abandonné dans l'imprimerie au profit de substances moins dangereuses. À l'aide de la fiche sécurité (page 7 du dossier ressources), donner 2 raisons pour abandonner ce produit.

PARTIE 3 ÉTUDE DE LA RECTIFICATION CONTINUE

14 pts

Le mélange aqueux à 7% molaire en isopropanol est introduit à sa température d'ébullition sur une colonne de rectification fonctionnant à pression atmosphérique normale.

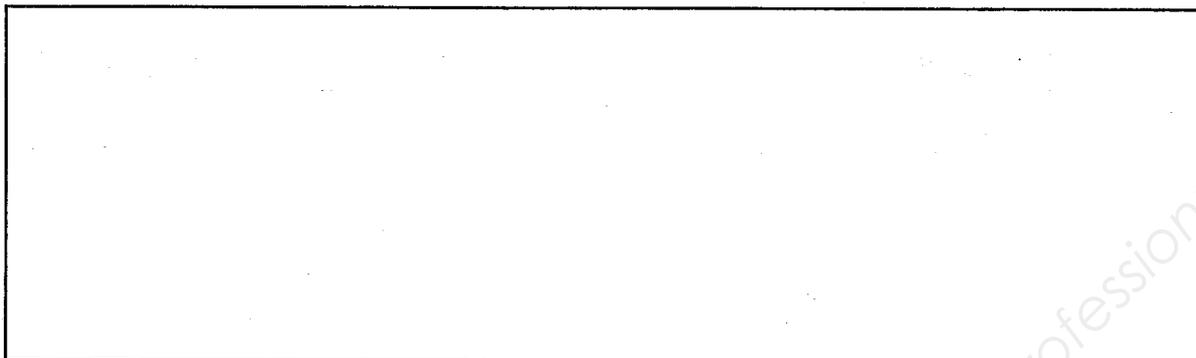
On obtient en tête un distillat à 65% molaire en alcool et en pied un résidu à 99% molaire en eau.

1. Donner la température d'ébullition du mélange d'alimentation.

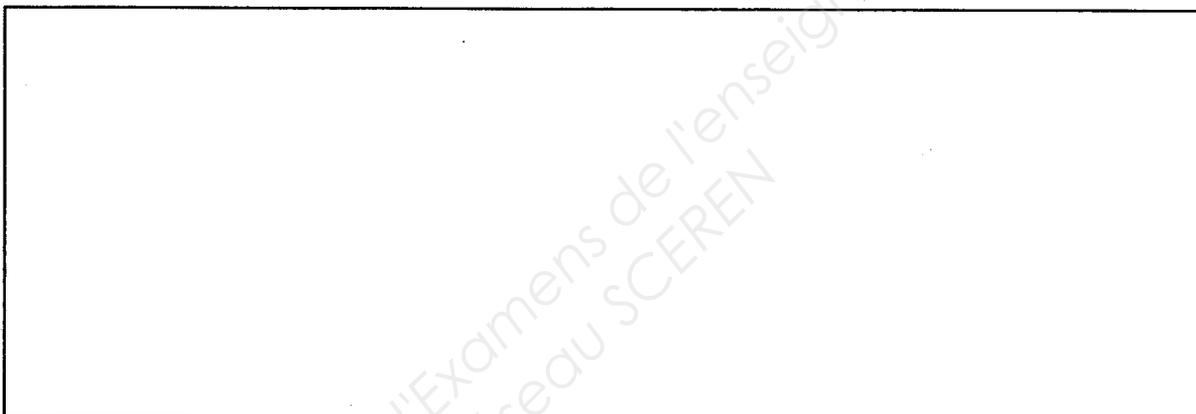
2. Sur la partie fournie de la droite d'équilibre liquide-vapeur (annexe1 page 15 du dossier travail), tracer la droite opératoire d'enrichissement à reflux minimum et déterminer le taux de reflux minimum R_{min} . (voir formulaire page 3 du dossier ressources).

3. En sachant que le taux de reflux réel est $R = 1,5 \times R_{min}$, tracer les droites d'enrichissement et d'épuisement afin de déterminer le nombre de plateaux théoriques.

4. L'industriel possède une colonne à plateaux de 9 plateaux réels. La rectification est-elle possible dans les conditions désirées ?
Justifier votre réponse.



5. Que doit faire l'opérateur pour atteindre les objectifs de qualité fixés avec la colonne proposée ?



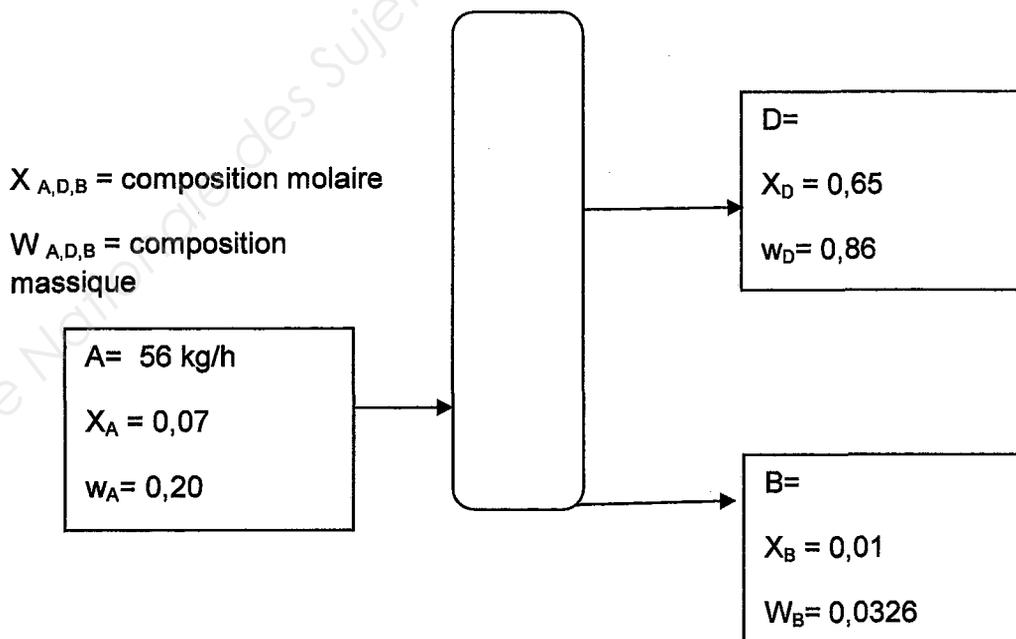
PARTIE 4 BILAN MATIÈRE

6 points

La colonne est alimentée par un débit de 56 kg/h d'un mélange eau-isopropanol à 20% massique en alcool et permet d'obtenir en tête un distillat à 86% massique en alcool et en pied un résidu à 3,26% massique en alcool.

1. Calculer les débits de distillat et de résidu obtenus.

2. Compléter le tableau du bilan massique suivant.

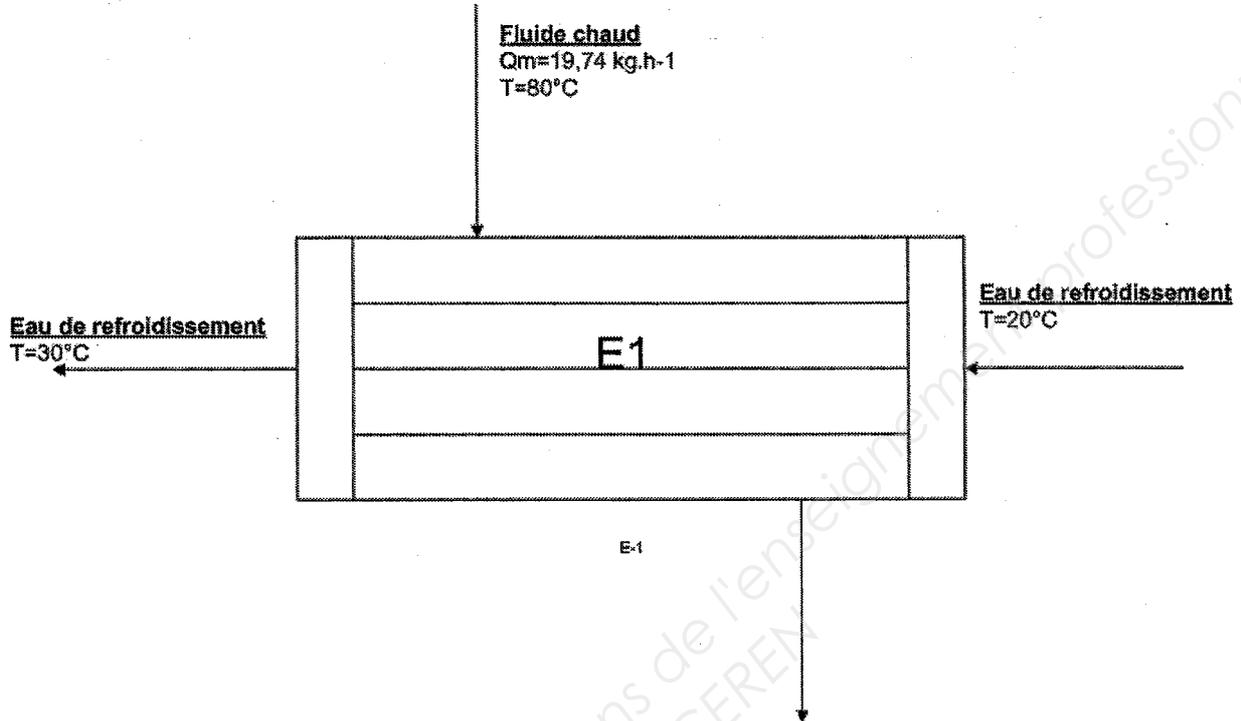


PARTIE 5
BILAN THERMIQUE

15 pts

On effectue le bilan thermique au niveau du condenseur E1.

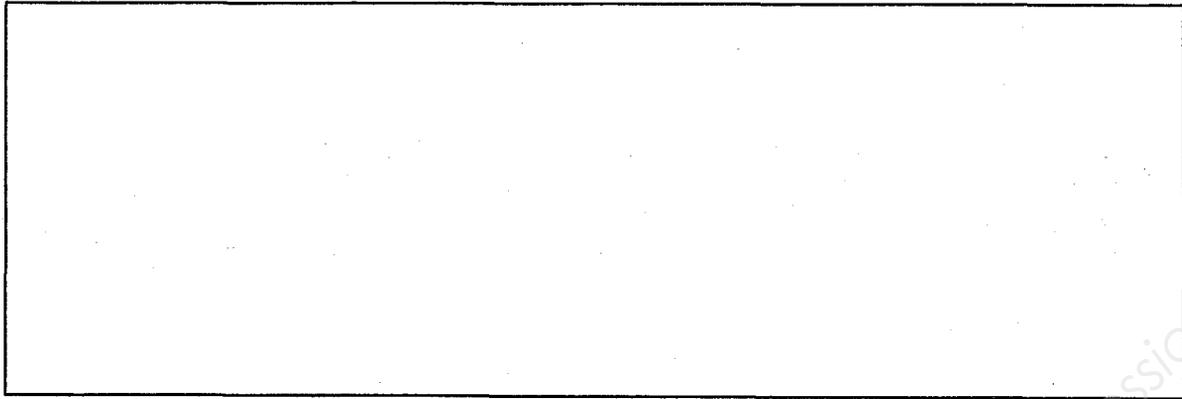
En tête de la colonne D2 on récupère un mélange eau/propan-2-ol proche de la composition homoazéotrope. Le débit de vapeur en tête de colonne est de $Q_m = 19,74 \text{ kg.h}^{-1}$.



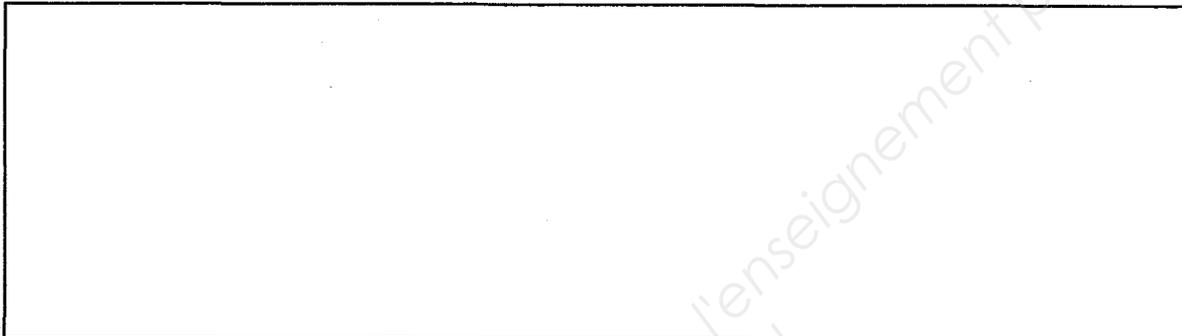
1. Calculer le flux thermique Φ nécessaire à la condensation du mélange de tête de colonne. (voir page 4 du dossier ressources).

2. Déterminer le débit d'eau $Q_{m_{\text{eau}}}$ de refroidissement nécessaire en admettant qu'il n'y a pas de pertes de chaleur (rendement thermique de 100 % du condenseur).

3. Tracer le profil de température du condenseur sachant qu'il fonctionne à contre-courant.



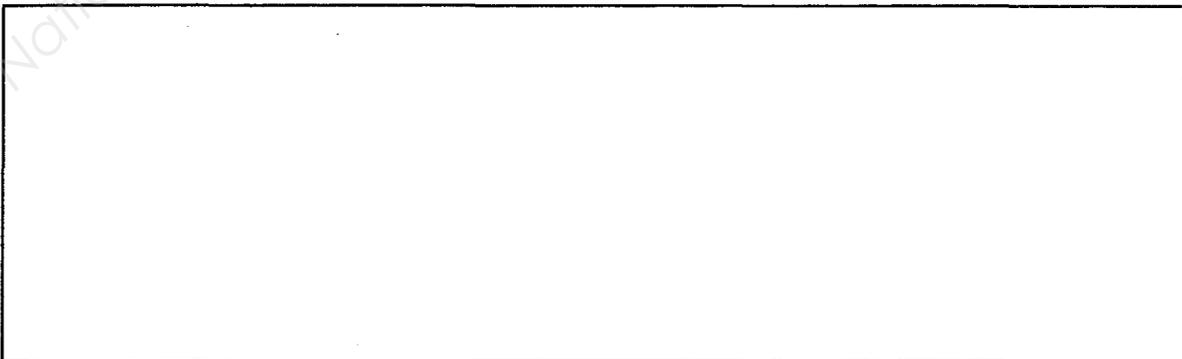
4. À l'aide du profil de température, calculer le ΔT_m .



5. En déduire la surface de l'échangeur.



6. Calculer la surface d'échange d'un tube. En déduire le nombre de tubes présents dans l'échangeur.



7. Au bout d'un an d'utilisation, on peut observer un encrassement sur l'échangeur tubulaire.

Comment doit évoluer le débit d'eau afin que l'échangeur conserve ses performances initiales ?

Calculer sa nouvelle valeur si la température de sortie de l'eau de refroidissement est de 27°C.



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

PARTIE 6 RÉGULATION

14 pts

On s'intéresse ici au préchauffage du mélange qui est injecté dans la colonne D1. Le mélange est injecté dans la colonne à sa température d'ébullition, c'est-à-dire à 84°C. Une boucle de régulation est donc installée en sortie de l'échangeur.

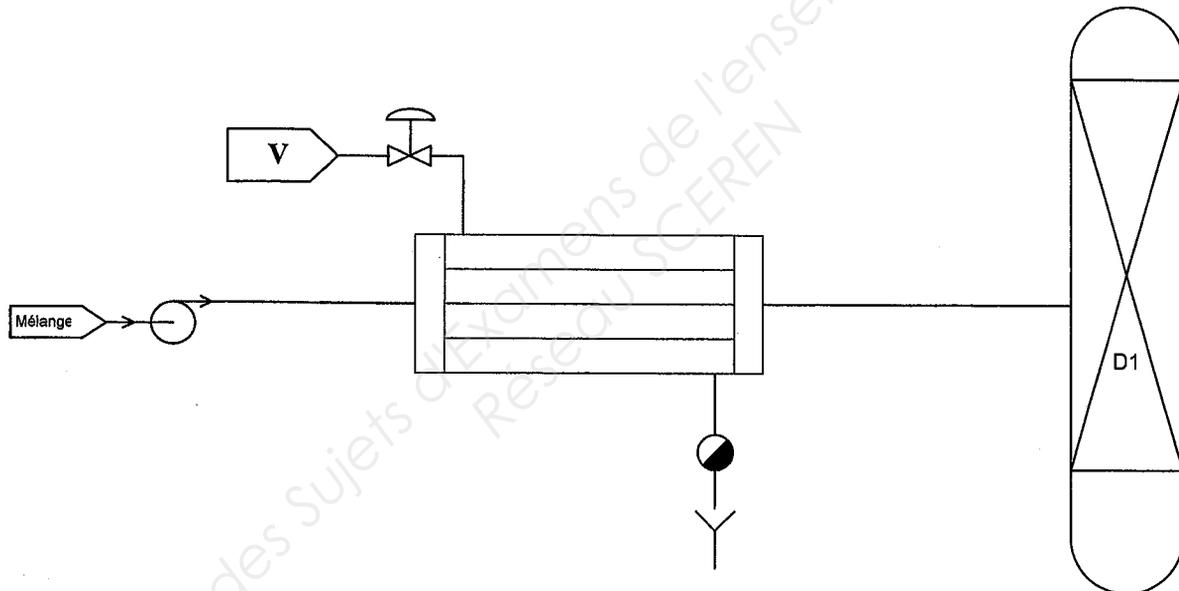
1. Indiquer pour la boucle de régulation précédente :

la grandeur mesurée.....

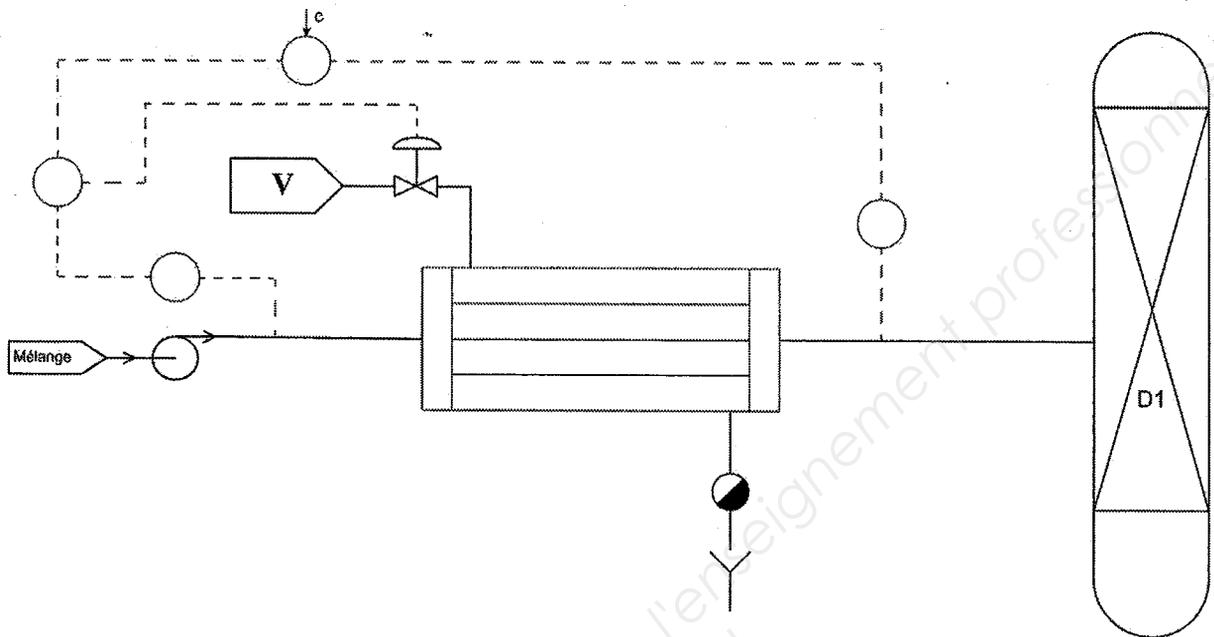
la grandeur réglante de la boucle de régulation.....

la grandeur perturbatrice.....

2. Schématiser la boucle de régulation précédente.



3. On constate un certain retard sur les performances de la régulation à cause du débit du mélange. Afin d'optimiser les performances de la boucle de régulation, on décide d'installer une cascade. La boucle de régulation de température sera la boucle « maître ». Une seconde boucle de régulation sur le débit du mélange est alors installée en « esclave ». Représenter la boucle de régulation en cascade sur le schéma suivant :



4. Le capteur de température du mélange est un thermocouple de type E. La température de référence du thermocouple se situe à 20°C . La température du mélange préchauffé est à 78°C . Calculer en mV la valeur de la tension mesurée par le thermocouple. (voir page 6 du dossier ressources).

5. Suite à une perturbation, la température du mélange change. Le thermocouple mesure alors une tension de $4,057\text{mV}$. Donner la valeur du signal, en déduire la température du mélange.

PARTIE 7
DYNAMIQUE DES FLUIDES

17 pts

On effectue une étude sur la pompe centrifuge.

La pompe centrifuge P_1 permet le transfert de la solution entre les colonnes D1 et D2 (page 5 du dossier ressources).

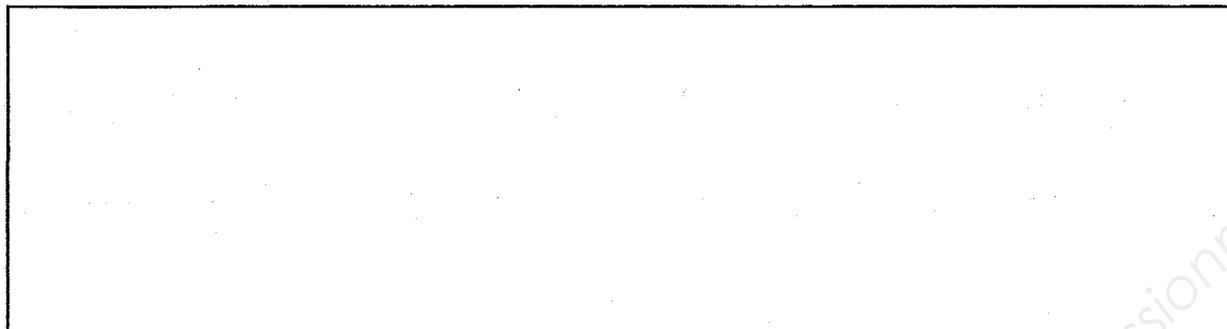
<u>Caractéristiques du circuit</u>	<u>Singularités</u>
Débit massique = 30000 kg/h Diamètre circuit aspiration : 6 cm Diamètre circuit refoulement : 6 cm Viscosité solution à 20°C : $\mu = 1,75 \times 10^{-3}$ Pa.s Masse volumique à 20°C : $\rho = 882$ kg/m ³ Tube en acier Longueur de la canalisation : 20 m Colonne D1 : P = 1,2 bar Colonne D2 : P = 2 bar Colonne D1 : h = 3 m Colonne D2 : h = 10 m	1 robinet à tournant $\alpha = 20^\circ$ 1 clapet anti-retour 2 robinets-vanne ouverture 3/4 3 coudes arrondis à 90° de rayon moyen

1. Déterminer le régime d'écoulement

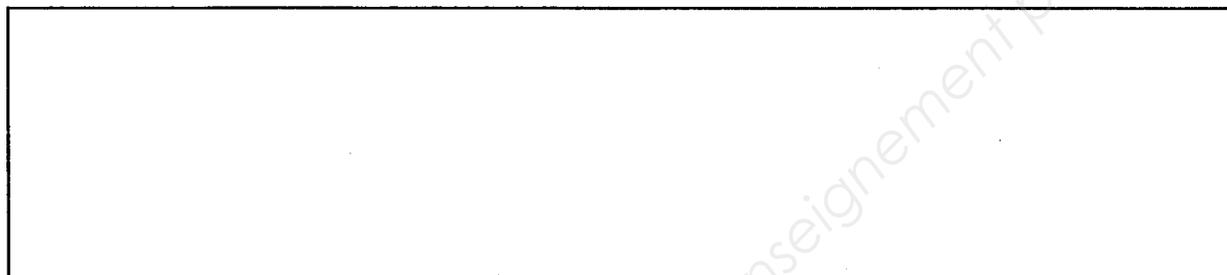
2. À l'aide du diagramme de Moody (annexe 2 page 16 du dossier de travail), déterminer le coefficient de perte de charges λ .

3. Calculer les pertes de charge régulières $\Delta P_{\text{régulières}}$ (page 5 du dossier ressources).

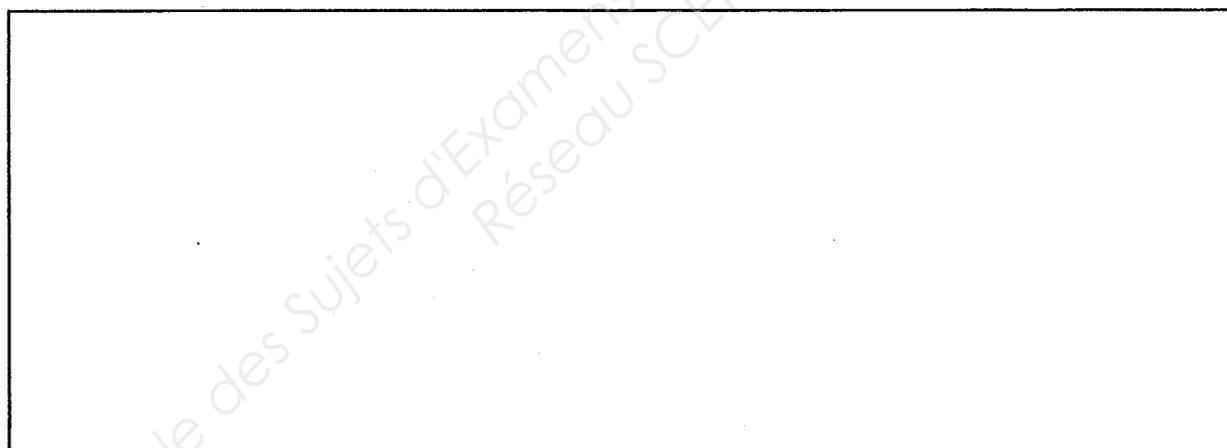
4. Calculer les pertes de charge singulières $\Delta P_{\text{singulières}}$. Les longueurs équivalentes seront déterminées sur l'annexe 3 (page 17 du dossier de travail).



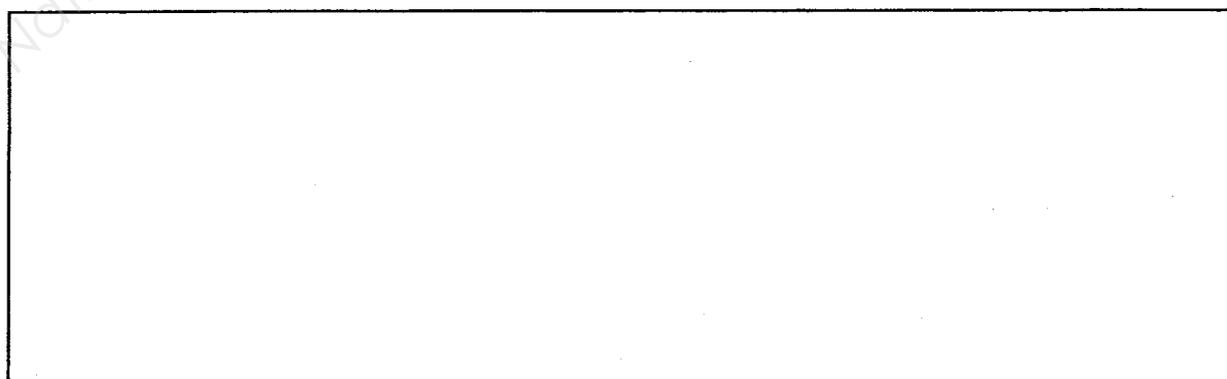
5. En déduire les pertes de charge totales du circuit $J_{1 \rightarrow 2}$.



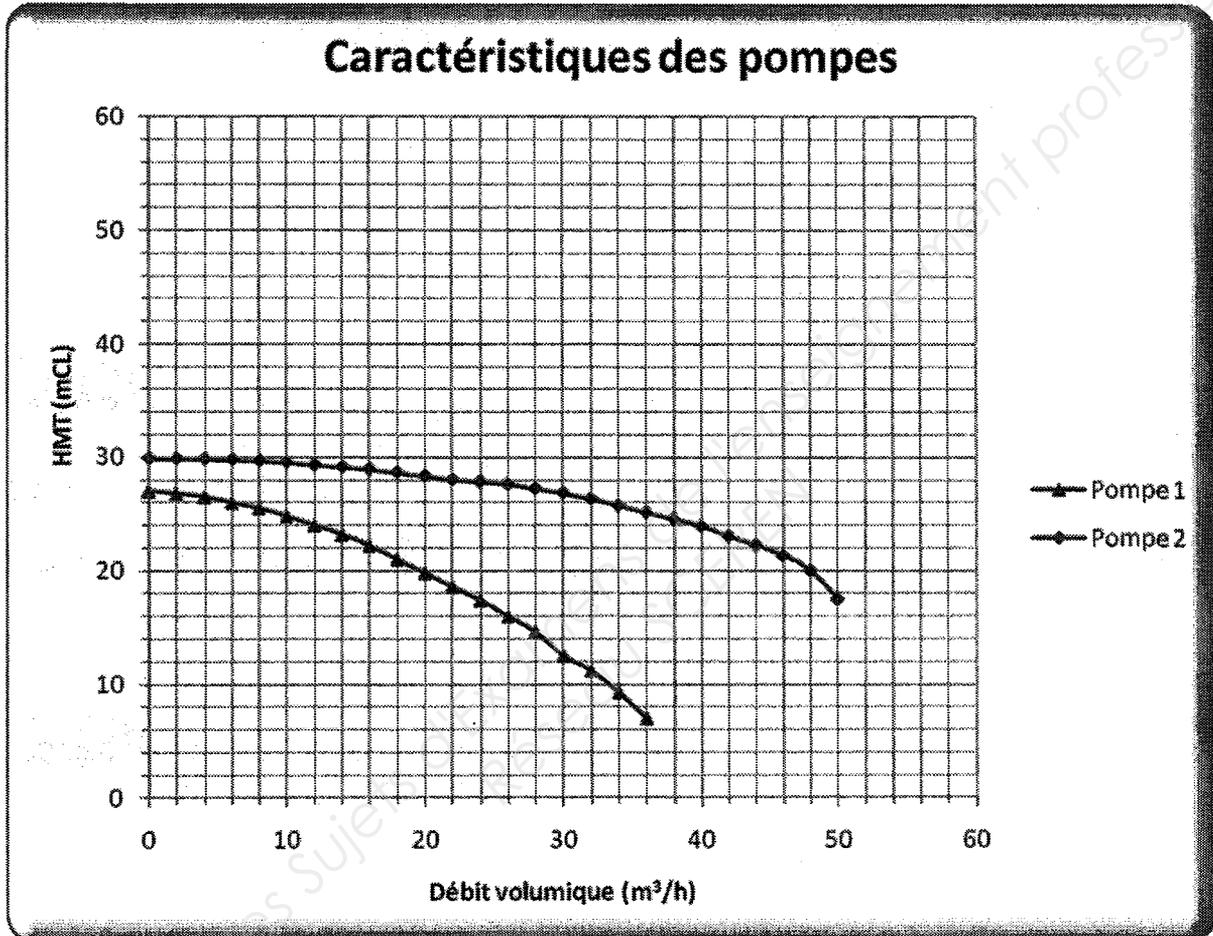
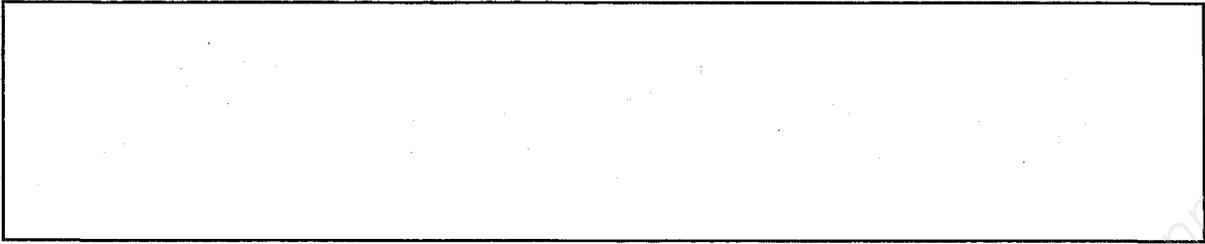
6. À l'aide de l'équation de Bernoulli (dossier ressources page 5), calculer la HMT nécessaire.



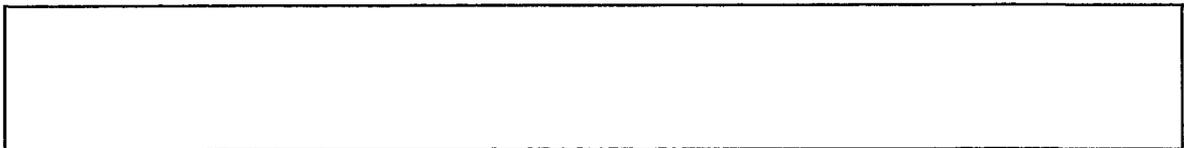
7. Calculer la puissance hydraulique (dossier ressources page 5).



8. En tenant compte du débit volumique Q_v et de la HMT nécessaire, déterminer la pompe qui est utilisée d'après la courbe suivante. Justifier.



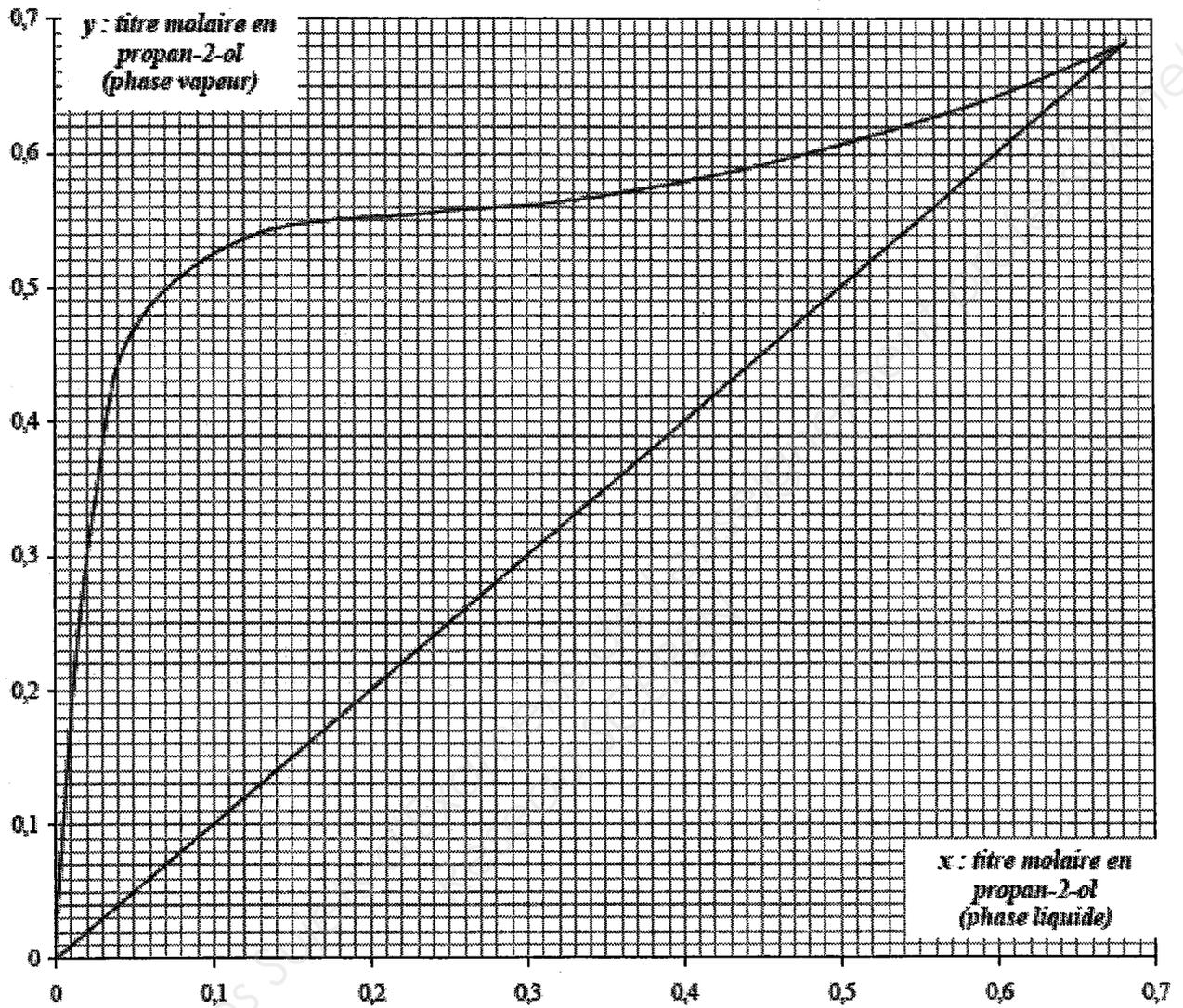
9. Après avoir ajouté 2 vannes sur le circuit précédent, on remarque que la HMT de la pompe n'est plus suffisante pour transférer la solution d'une colonne à l'autre. On décide d'utiliser une deuxième pompe. Choisir le montage adapté. Justifier.



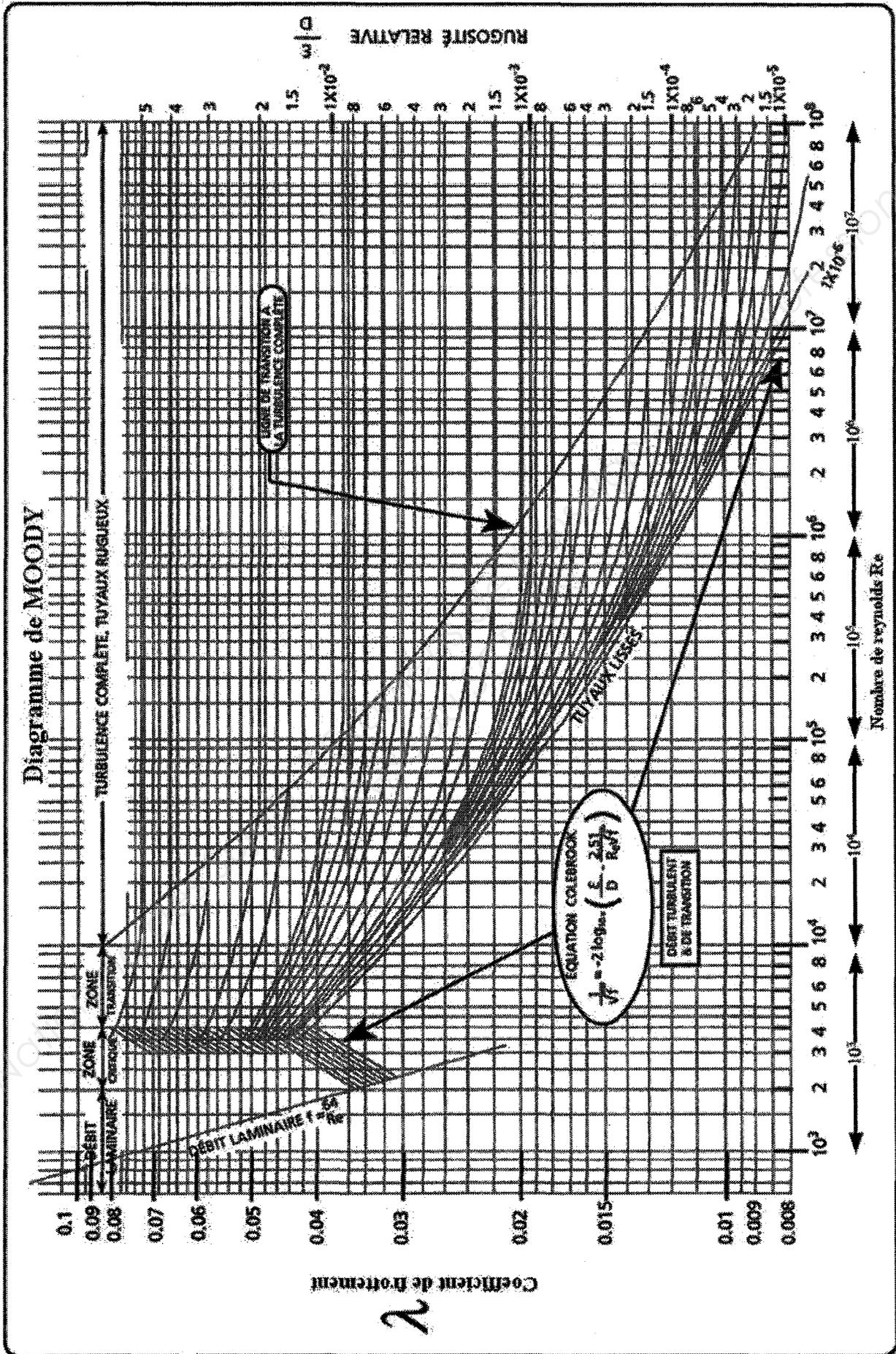
- 10 Les deux pompes utilisées sont celles du graphique précédent. Tracer sur ce même graphique, la courbe résultante des deux pompes correspondant au montage choisi à la question précédente.

ANNEXE1

DIAGRAMME D'ÉQUILIBRE LIQUIDE-VAPEUR EAU – PROPAN-2-OL ; P = 1,0 bar



ANNEXE 2



ANNEXE 3

Exemple :

Calculer la longueur équivalent d'un clapet anti-retour placé sur une canalisation de 5 cm de diamètre.

On joint le point $d = 5$ cm (sur la droite numéro 3) au point E qui représente le clapet anti-retour (sur la droite numéro 1) ; on lit $L_e = 7$ m (sur la droite numéro 2).

Robinet – vanne :

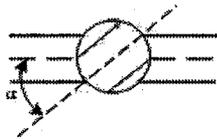
- ouverture $\frac{1}{4}$: A
- ouverture $\frac{1}{2}$: C
- ouverture $\frac{3}{4}$: H
- ouverture 1 : O

Robinet droit à soupape, ouverture : B

Robinet d'équerre à soupape, ouverture 1 : D

Robinet à tournant :

- $\alpha = 10^\circ$: H
- $\alpha = 20^\circ$: D
- $\alpha = 40^\circ$: A

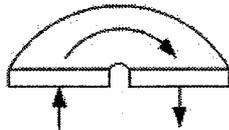


Robinet à papillon :

- $\alpha = 10^\circ$: G
- $\alpha = 20^\circ$: D
- $\alpha = 40^\circ$: A



Coude à 180° : F



Coude brusque à 90° : G

Coude arrondi à 90° :

- de petit rayon : I
- de rayon moyen : J
- de grand rayon : K

Élargissement brusque :

- rapport des diamètres $d/D = \frac{1}{4}$: H
- rapport des diamètres $d/D = \frac{1}{2}$: K
- rapport des diamètres $d/D = \frac{3}{4}$: L

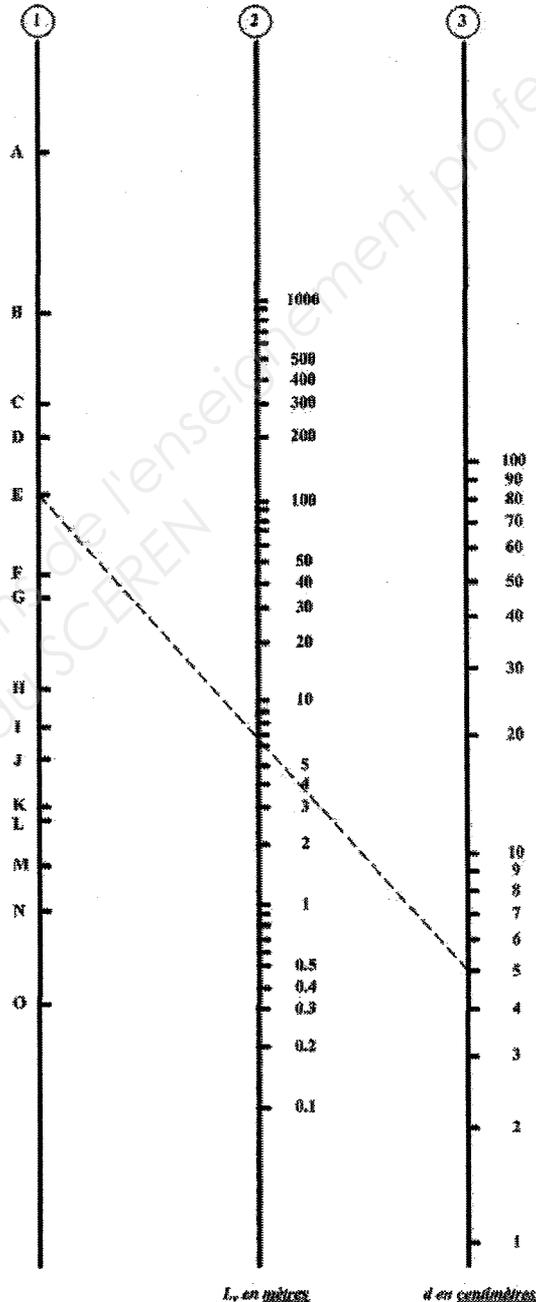
Rétrécissement brusque :

- rapport des diamètres $d/D = \frac{1}{4}$: M
- rapport des diamètres $d/D = \frac{1}{2}$: N
- rapport des diamètres $d/D = \frac{3}{4}$: O

Clapet anti-retour : E

Tê : G

Lorsqu'il y a des variations de section (élargissement brusque ou rétrécissement brusque), la longueur équivalente est à rajouter à la portion de plus petit diamètre.



L_e en mètres

d en centimètres