

# BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

## PROCÉDÉS DE LA CHIMIE, DE L'EAU ET DES PAPIERS-CARTONS

SESSION 2021

### ÉPREUVE E2 : ÉPREUVE TECHNOLOGIQUE ÉTUDE D'UN PROCÉDÉ

#### PROPOSITION DE CORRIGÉ

*Le dossier se compose de 11 pages, numérotées de 1/11 à 11/11.  
Dès que le dossier vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.*

**Compétences évaluées** : C14 - Utiliser le langage technique adapté.  
C15 - Traiter les informations.

<b>PROPOSITION DE CORRIGÉ</b>		
BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL PROCÉDÉS DE LA CHIMIE, DE L'EAU ET DES PAPIERS-CARTONS		
<b>E2</b> Épreuve technologique : Étude d'un procédé	Durée : 4 heures	SESSION 2021
Repère : C 2106-PCE T 1	Coef : 4	Page 1/11

## I - COMPRÉHENSION DU PROCÉDÉ

26 points

### *I.1.- Identification des produits*

3 points

**Indiquer** les diverses utilisations de l'oxyde d'éthylène utilisé seul.

1 point

L'oxyde d'éthylène gazeux peut être seul utilisé comme biocide (bactéricide tuant les bactéries et leurs endospores, contrairement à de nombreux autres produits), comme fongicide (tuant les moisissures et les champignons). Il est utilisé pour stériliser des substances que des techniques reposant sur la chaleur, comme la pasteurisation, pourraient endommager.

**Indiquer** le composé principal fabriqué à partir de l'oxyde d'éthylène.

1 point

Monoéthylèneglycol

**Indiquer** les applications du composé principal fabriqué à partir de l'oxyde d'éthylène précédemment trouvé.

1 point

Réfrigérant et antigel

### *I.2. - Schéma de principe*

14 points

À l'aide de la description du procédé et du schéma PFD (Process Flow Diagram), présentés de la page 3/13 à la page 7/13 du dossier ressources, **compléter** le schéma de principe page suivante en y faisant figurer :

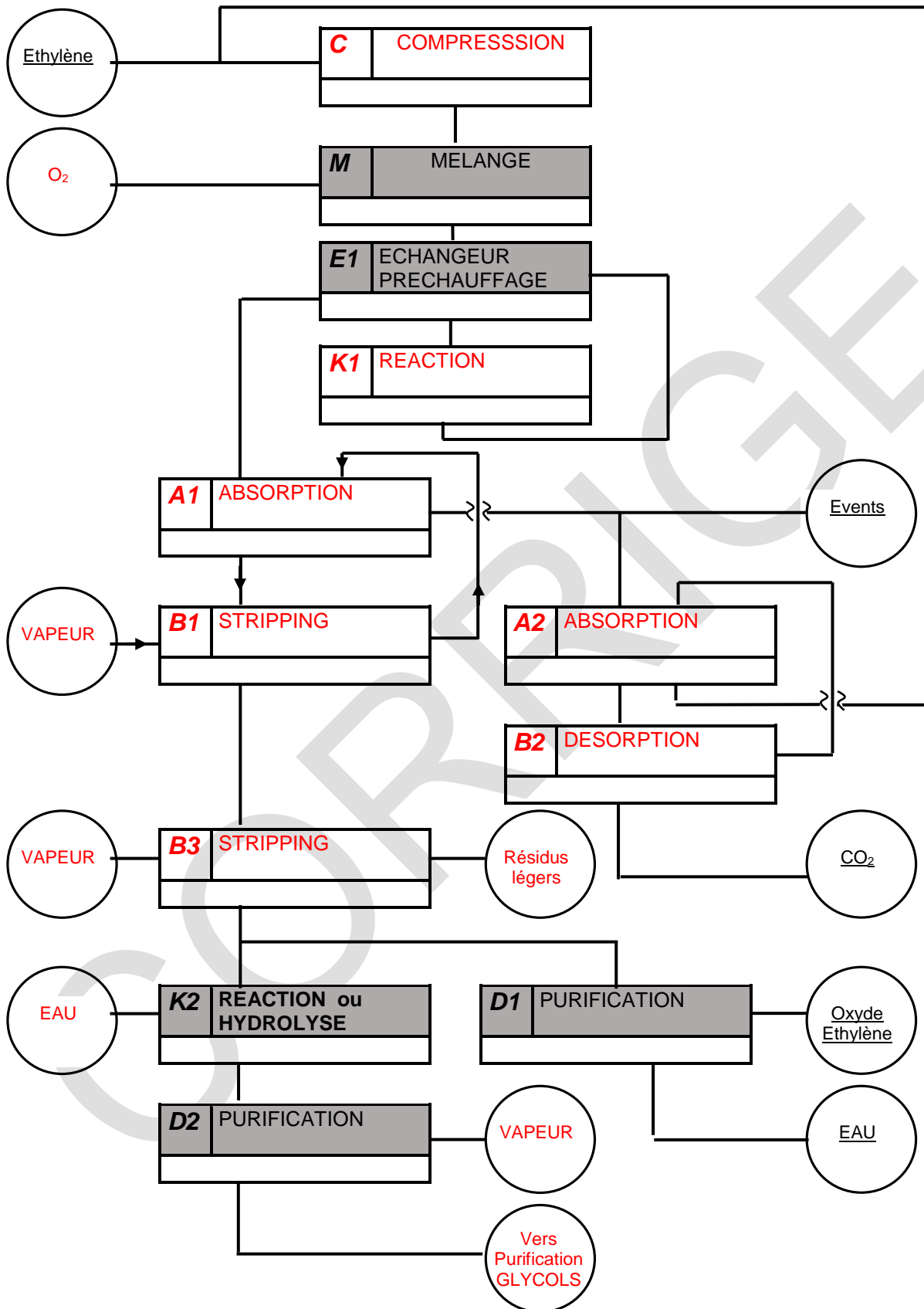
- les produits entrants et sortants ;
- les opérations unitaires avec le repère des appareils utilisés.

Ne pas remplir les parties grisées.

**SCHÉMA DE PRINCIPE**

**14 points**

*(1 point par bonne réponse produit – 0,5 point opération – 0,5 point repère)*



**I.3. – Identification et rôle des opérations unitaires, des flux de matières et d'énergie**

9 points

**Expliquer** l'utilisation d'un catalyseur à l'argent dans K1.

Pour orienter la réaction dans le sens de la première réaction.

1,5 points

**Expliquer** la fonction du couplage des colonnes A2 et B2 dans le procédé.

Éliminer le CO<sub>2</sub> par absorption dans A2 et désorption dans B2

1,5 points

**Expliquer** pourquoi les gaz évacués au sommet de la colonne A2 sont injectés sur la conduite située avant le compresseur

Recycler l'éthylène n'ayant pas réagi

1,5 points

**Expliquer** ce qu'est une réaction exothermique.

Réaction qui produit de la chaleur

1,5 points

**Expliquer** pourquoi on utilise le réacteur K1 pour produire de la vapeur d'eau.

La réaction étant exothermique, on utilise la chaleur produite pour fabriquer de la vapeur à moindre coût, économiser du combustible et donc diminuer les rejets de CO<sub>2</sub> (des variantes sont admises).

1,5 points

**Citer** la fonction du réacteur K2.

Permettre la réaction d'hydrolyse pour obtenir la MEG, DEG, TEG.

1,5 points

## II - PRÉPARATION DE LA PRODUCTION

27 points

### *II.1. – Préparation des matières premières*

4 points

**Calculer** le taux de conversion et **préciser** s'il correspond aux attendus de la production.

$$\text{Taux} = ((1\ 000 - 90) / 1\ 000) * 100 = 91 \%$$

2 points

Le taux obtenu est conforme aux attendus > à 90 %.

2 points

### *II.2. – Vérification des équipements et configuration des appareils*

23 points

#### II.2.1. - Dimensionnement de l'échangeur E1

11 points

**Calculer** le flux de chaleur ( $\Phi$ ) pour refroidir la solution de  $K_2CO_3$  en kJ/h puis en kW.

$$P = 1\ 318\ 800 * 9 * (120 - 90) = 356\ 076\ 000 \text{ kJ/h} \text{ soit } 98\ 910 \text{ kW.}$$

2 points

En supposant que le flux de chaleur ( $\Phi$ ) cédé est de  $350 \cdot 10^6$  kJ/h, **calculer** le débit d'eau de refroidissement nécessaire.

$$Q_m = 350 \cdot 10^6 / (4,18 * (80 - 15)) = 1\ 288\ 185,5 \text{ kg/h} \text{ soit } 1\ 288,2 \text{ tonne/h}$$

2 points

L'échangeur fonctionne à contre-courant ; **calculer** la DTLM.

$$\text{DTLM} = (40 - 75) / \ln (40 / 75) = 55,68 \text{ }^\circ\text{C}$$

2 points

En supposant que le flux de chaleur ( $\Phi$ ) absorbé est de 99 000 kW et que la DTLM est égale à 50,5 °C, **calculer** la surface de l'échangeur.

$$S = (1\ 000 * 99\ 000) / (1\ 700 * 50,5) = 1\ 153,2 \text{ m}^2$$

2 points

**Déterminer** le nombre de plaques de l'échangeur en sachant que les dimensions d'une plaque sont : longueur 4 m et largeur 2 m.

$$N = 1\ 153,2 / (4 * 2) = 144,15 \text{ soit } 145 \text{ plaques.}$$

1 point

Indiquer les caractéristiques de l'échangeur à commander :

2 points

Flux de chaleur ( $\Phi$ ) en kW	98 910 ou 99 000	Nombre de plaques	145
Surface d'échange en m <sup>2</sup>	1 153,2	Pression de service en bar	25

II.2.2. - Choix de la pompe d'alimentation intégrant le nouvel échangeur 12 points

Vérification du régime d'écoulement :

Calculer la vitesse de la solution dans la canalisation.

$$u = (1\,200 / 3\,600) / ((\pi * 0,4^2) / 4) = 2,653 \text{ m/s} \quad 2 \text{ points}$$

Calculer le nombre de Reynolds en supposant que la vitesse est égale à 2,5 m/s.

$$Re = 1\,099 * 2,5 * 0,4 / 0,222 \cdot 10^{-3} = 4\,950\,450 \quad 1 \text{ point}$$

Déterminer le régime d'écoulement.

$$Re > \text{à } 3\,000 : \text{Turbulent} \quad 0,5 \text{ point}$$

Calculer la hauteur manométrique totale HMT entre le point 1 (niveau constant  $u = 0$  m/s) et le point 2 en prenant comme perte de charge totale (régulière + singulière) : 4,6 mCL.

$$HMT = ((25 - 3) \cdot 10^5 / (1\,099 * 9,81)) + ((2,5^2 / (2 * 9,81)) + (40 - 5)) + 4,6 = 243,98 \text{ mCL} \quad 3 \text{ points}$$

Calculer la puissance hydraulique de la pompe en supposant que la HMT est égale à 250 mCL.

$$P_{hyd} = (1\,200 / 3\,600) * 1\,099 * 9,81 * 250 = 898\,432,5 \text{ W soit } 898,4 \text{ kW} \quad 1,5 \text{ points}$$

Calculer la puissance réelle si le rendement est de 0.68.

$$P_{réelle} = 898,4 / 0,68 = 1\,321,2 \text{ kW} \quad 1 \text{ point}$$

À l'aide des courbes constructeurs fournies ci-dessous, **choisir** (en traçant sur le graphique) parmi les 6 pompes P1 à P6, la ou les pompes adaptées aux conditions de la production.

Réponse(s) :

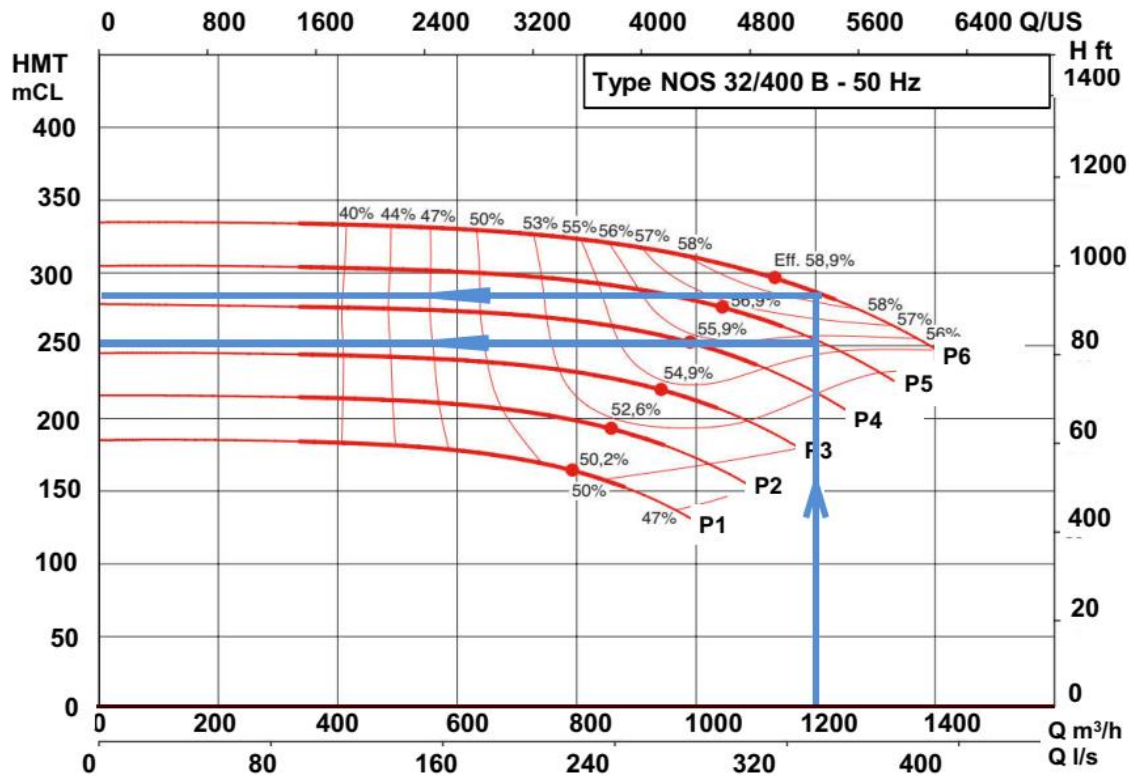
P5 convient 1 200 m<sup>3</sup>/h HMT = légèrement supérieur à 250 mCL

0,75 point

P6 convient marge de 10 % HMT = environ 280 mCL

0,75 point

P1 à P4 pas assez puissante



**Choisir** (sur le graphique) parmi les 6 pompes P1 à P6, la pompe la plus adaptée aux conditions de la production (HMT= 250 mCL, débit = 1200 m<sup>3</sup>/h) en supposant que le point de fonctionnement doit être le plus proche du rendement effectif (symbolisé par un point sur le tracé de la HMT). Les courbes d'iso rendement sont tracées sur le graphique.

Réponse :

P6 convient point de fonctionnement le plus proche de rendement Eff

1,5 points

### III - CONDUITE ET CONTRÔLE EN COURS DE PRODUCTION

15 points

#### III.1. – Vérification et installation des boucles de régulation

11 points

III.1.1. – Installation de la boucle de régulation de l'échangeur E3.

3 points

Remplir le tableau N°1 et représenter cette boucle de régulation référencée N°1 (la température étant indiquée, enregistrée et réglée) sur le schéma N°2 ci-dessous.

Tableau N°1					
Boucle de régulation	Nom de la grandeur réglée	Nom de la grandeur réglante	Variation grandeur réglée	Variation grandeur réglante	Réaction de la vanne
Température de l'alimentation	Température alimentation colonne A2 0,25 point	Débit EB 0,25 point	↗	↗ 0,25 point	La vanne s'ouvre Oui <input checked="" type="checkbox"/> 0,25 pt La vanne se ferme Non <input checked="" type="checkbox"/> 0,25 pt

1,75 points total

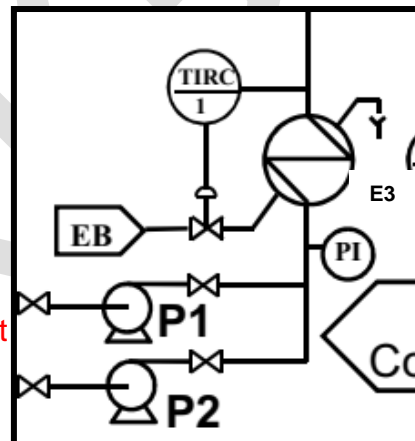
(N°1 = 0,5 point)

Boucle 1,25 points

TIC ou TRC la ½ des points

Pas de vanne auto, mal placée : 0 point

Pas de régulateur, pas de mesure, mal placée 0 point



III.1.2. – Vérification du fonctionnement des boucles de régulation.

5 points

Compléter le tableau N°2 et déterminer les sens d'actions des régulateurs en justifiant vos réponses en dessous.

Tableau N°2						
Boucle de régulation	Nom de la grandeur réglée	Nom de la grandeur réglante	Variation grandeur réglée	Variation grandeur réglante	Sens d'action du régulateur (INV ou DIR)	Type de vanne
PRC3 : Pression de la colonne	Pression colonne A2 0,5 point	Débit gaz effluent 0,5 point	↗	↗ 0,5 point	INV 1 point	NO (normalement ouverte)
TRC4 : Température alimentation gaz entrée colonne	Température entrée gaz colonne A2 0,5 point	Débit fluide procédé 0,5 point	↗	↗ 0,5 point	DIR 1 point	NF (normalement fermée)



PRC3 :

Si P augmente à l'entrée du régulateur le signal augmente et la vanne doit s'ouvrir. Pour qu'une NO s'ouvre le signal doit diminuer donc INV

TRC4 :

Si T augmente à l'entrée du régulateur le signal augmente et la vanne doit s'ouvrir. Pour qu'une NF s'ouvre le signal doit augmenter donc DIR

III.1.3. – Identification de la boucle de régulation

3 points

Boucle de régulation indiquée FRC 2, LRC 2 sur le schéma PID N° 2 page 12/16.

Donner le nom des 2 grandeurs réglées utilisées par ce type de régulation.

Débit solution intermédiaire venant de B2 et niveau de A2.

1,5 points

Donner le nom spécifique de ce type de régulation.

Cascade.

1,5 points

III.2. – Vérification de l'évolution des paramètres de la colonne d'absorption

4 points





Compléter, en vous aidant du schéma PID N°2 page 12/16, le tableau ci-dessous en

répondant par des flèches : → ou ↗ ou ↘

Débit gaz venant de A1	Pression de la colonne A2	Température de la colonne A2	Débit de solution de K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Fraction molaire en CO <sub>2</sub> des gaz effluents	Fraction molaire de la solution de KHCO <sub>3</sub>
→	↗	→	→	↘	↗
→	→	↗	→	↗	↘
↗	→	→	→	↗	↗
→	↗	↘	→	↘	↗

#### IV – QUALITE, HYGIÈNE, SÉCURITÉ ET ENVIRONNEMENT DU PRODUIT FINI 12 points

Donner les noms des pictogrammes qui apparaissent sur la fiche de sécurité de l'oxyde d'éthylène en complétant le tableau ci-dessous. 4 points

			
NOM	NOM	NOM	NOM
Inflammable	Gaz sous pression	Toxique	CMR

À la vue de ces pictogrammes, **cocher** la case correspondante

L'oxyde d'éthylène est :

Extrêmement dangereux  
Dangereux  
Peu dangereux  
Non toxique

<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

1 point

**Citer** les principaux risques liés à l'utilisation de ce produit.

H220 - Gaz extrêmement inflammable  
H350 - Peut provoquer le cancer  
H340 - Peut induire des anomalies génétiques  
H331 - Toxique par inhalation  
H319 - Provoque une sévère irritation des yeux  
H335 - Peut irriter les voies respiratoires  
H315 - Provoque une irritation cutanée

1 point

**Citer** les équipements de protection individuelle (EPI) à utiliser impérativement en cas d'intervention sur une installation avec risque d'inhalation d'oxyde d'éthylène.

Appareils respiratoires autonomes + tenue de protection habituelle :  
- combinaison ;  
- bottes ;  
- gants.

2 points

**Expliquer** pourquoi l'oxyde d'éthylène est stocké dans des bouteilles en acier sous atmosphère inerte.

Pour éviter tout risque d'explosion.

2 points

**Indiquer** si les pictogrammes suivants doivent être apposés sur la zone de manipulation d'oxyde d'éthylène en cochant les cases oui ou non.

2 points



OUI

NON



OUI

NON

OUI

NON



OUI

NON

OUI

NON



OUI

NON

OUI

NON



OUI

NON