**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.

**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](https://fr.wikipedia.org/wiki/Biocide) ([bactéricide](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bact%C3%A9ricide) tuant les bactéries et leurs [endospores](https://fr.wikipedia.org/wiki/Endospore), contrairement à de nombreux autres produits), comme fongicide (tuant les [moisissures](https://fr.wikipedia.org/wiki/Moisissure) et les [champignons](https://fr.wikipedia.org/wiki/Champignon)). Il est utilisé pour [stériliser](https://fr.wikipedia.org/wiki/St%C3%A9rilisation_(microbiologie)) des substances que des techniques reposant sur la [chaleur](https://fr.wikipedia.org/wiki/Transfert_thermique), comme la [pasteurisation](https://fr.wikipedia.org/wiki/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](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fluide_frigorig%C3%A8ne) et [antigel](https://fr.wikipedia.org/wiki/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)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | |  |  | | --- | --- | | ***C*** | COMPRESSSION | |  |  | | | |  | |  | |
|  |  | |  |  | | --- | --- | | ***M*** | MELANGE | |  |  | | | |  | |  | |
|  |  | |  |  | | --- | --- | | ***E1*** | ECHANGEUR  PRECHAUFFAGE | |  |  | | | |  | |  | |
|  |  | |  |  | | --- | --- | | ***K1*** | REACTION | |  |  | | | |  | |  | |
|  | |  |  | | --- | --- | | ***A1*** | ABSORPTION | |  |  | | |  |  | | |  |
|  | |  |  | | --- | --- | | ***B1*** | STRIPPING | |  |  | | |  | |  |  | | --- | --- | | ***A2*** | ABSORPTION | |  |  | | | |  |
|  |  | |  | |  |  | | --- | --- | | ***B2*** | DESORPTION | |  |  | | | |  |
|  | |  |  | | --- | --- | | ***B3*** | STRIPPING | |  |  | | |  | | |  |  | |
|  | |  |  | | --- | --- | | ***K2*** | **REACTION ou HYDROLYSE** | |  |  | | | |  |  | | --- | --- | | ***D1*** | PURIFICATION | |  |  | | | | |  | |
|  | |  |  | | --- | --- | | ***D2*** | PURIFICATION | |  |  | | |  | | |  |  | |
|  |  | |  | | |  |  | |
|  |  | |  | | |  |  | |

***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.

|  |
| --- |
| Eliminer le CO2 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 CO2 (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.

|  |
| --- |
| 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 (Φ) pour refroidir la solution de K2CO3 en kJ/h puis en kW.

|  |
| --- |
| P = 1 318 800 \* 9 \* (120 - 90) = 356 076 000 kJ/h soit 98 910 kW. 2 points |

En supposant que le flux de chaleur (Φ) cédé est de 350.106 kJ/h, **calculer** le débit d'eau de refroidissement nécessaire.

|  |
| --- |
| Qm = 350.106 / (4,18 \* (80 - 15)) =1 288 185,5 kg/h soit 1 288,2 tonne/h 2 points |

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

|  |
| --- |
| DTLM = (40 - 75) / ln (40 / 75) = 55,68 °C 2 points |

En supposant que le flux de chaleur (Φ) 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 m2 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 soit 145 plaques. 1 point |

**Indiquer** les caractéristiques de l’échangeur à commander : 2 points

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Flux de chaleur (Φ) en kW | 98 910 ou 99 000 | Nombre de plaques | 145 |
| Surface d’échange en m2 | 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 \* 0,42) / 4) = 2,653 m/s 2 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. 10-3 = 4 950 450 1 point |

**Déterminer** le régime d'écoulement.

|  |
| --- |
| Re > à 3 000 : Turbulent 0,5 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).105 / (1 099 \* 9,81)) + ((2,52 / (2 \* 9,81)) + (40 - 5) + 4,6 = 243,98 mCL  3 points |

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

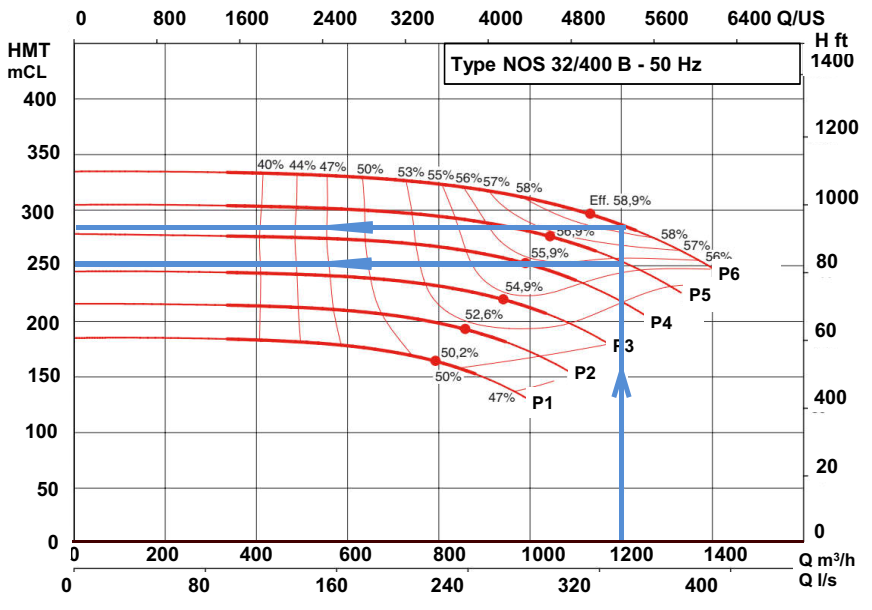
|  |
| --- |
| Phyd = (1 200 / 3 600) \* 1 099 \* 9,81 \* 250 = 898 432,5 W soit 898,4 kW 1,5 points |

**Calculer** la puissance réelle si le rendement est de 0.68.

|  |
| --- |
| Préelle = 898,4 / 0,68 = 1 321,2 kW 1 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 m3/h HMT = légrèrement 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 m3/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 |

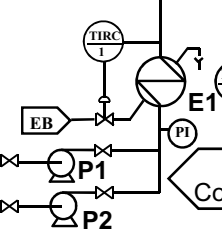
**III - CONDUITE ET CONTRÔLE EN COURS DE PRODUCTION 15 points**

***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 régulée) 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 🗆 0,25 pt  La vanne se ferme  0,25 pt Non 🗆 |



1,75 points total

(N°1 = 0,5 point )

Boucle 1,25 points

**E3**

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 K2CO3 | Fraction molaire en CO2 des gaz effluents | Fraction molaire de la solution de KHCO3 |
| 🡪 | 🡭 | 🡪 | 🡪 | 🡮 | 🡭 |
| 🡪 | 🡪 | 🡭 | 🡪 | 🡭 | 🡮 |
| 🡭 | 🡪 | 🡪 | 🡪 | 🡭 | 🡭 |
| 🡪 | 🡭 | 🡮 | 🡪 | 🡮 | 🡭 |

**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

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| flamme | bottle | skull | silhouet |
| **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 |  | 1 point |
|  | Dangereux |  |  |
|  | Peu dangereux |  |  |
|  | Non toxique |  |  |

**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  🞏 |