

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

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

SESSION 2025

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

DOSSIER TRAVAIL

Durée : 4 heures
Coefficient : 4

*Le dossier se compose de 14 pages, numérotées de 1/14 à 14/14.
Dès que le dossier vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.*

LE DOSSIER TRAVAIL EST À RENDRE COMPLÉTÉ ET AGRAFÉ DANS UNE COPIE ANONYMÉE.

DOSSIER TRAVAIL		
BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL		
PROCÉDÉS DE LA CHIMIE, DE L'EAU ET DES PAPIERS-CARTONS		
E2 Épreuve technologique : Étude d'un procédé	Durée : 4 heures	SESSION 2025
25-BCP-PCE-U2-MEAG1	Coef : 4	Page 1/14

RÉGÉNÉRATION DES LIQUEURS DE PAPETERIE

I COMPRÉHENSION DU PROCÉDÉ

24 points

À partir des pages 2/14 à 6/14 du dossier ressources, répondre aux questions.

I-1 Identification des produits : matières premières et/ou produits finis.

I-1.1 Préciser l'activité de l'usine dont il est question dans le dossier ressources.

/1 pt

I-1.2 Préciser la matière première principale de cette production.

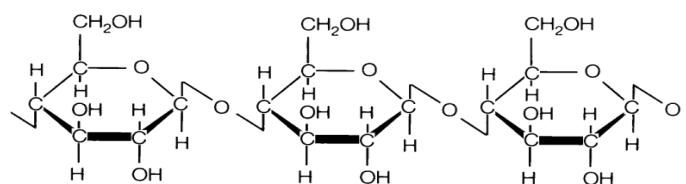
/1 pt

I-1.3 Citer les 3 produits séparés et valorisés lors de l'étape 1 du schéma de procédé.

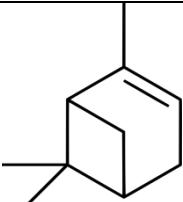
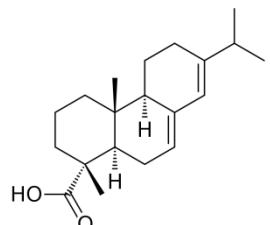
/1,5 pt

I-1.4 Entourer la molécule constituant le monomère de la macromolécule de cellulose.

/1 pt



I-1.5 À partir des formules chimiques des molécules suivantes, **indiquer** la nature chimique de chacune d'entre elles. **/2,5 pts**

Formule chimique	Nom de la molécule	Nature chimique de la molécule
CaCO ₃	Carbonate de calcium	<input type="checkbox"/> Organique <input type="checkbox"/> Minérale
	Essence de térébenthine	<input type="checkbox"/> Organique <input type="checkbox"/> Minérale
	Colophane	<input type="checkbox"/> Organique <input type="checkbox"/> Minérale
NaOH	Soude	<input type="checkbox"/> Organique <input type="checkbox"/> Minérale
Ca(OH) ₂	Chaux éteinte	<input type="checkbox"/> Organique <input type="checkbox"/> Minérale

I-1.6 **Préciser** en cochant les cases correspondantes, la composition des liqueurs dans le tableau suivant (dossier ressources pages 3/14 et 13/14) : **/3 pts**

Nom de la liqueur	Na ₂ CO ₃	NaOH	Lignine
Liqueur noire			
Liqueur blanche			
Liqueur verte			

I-2 Schématisation du procédé.

Compléter le schéma de principe à partir de la description et du schéma de procédé (produits entrants et sortants, opérations unitaires, repère de base et conditions opératoires).

(ANNEXE du dossier Travail page 14/14)

/10 pts

I-3 Identification et rôles des opérations unitaires ainsi que des flux de matière, d'énergie et d'information dans le procédé.

Compléter le tableau de nomenclature des appareils.

/4 pts

Repère de base	Nom de l'appareil	Fonction de l'appareil dans le procédé
K5		
		Permet de concentrer la liqueur noire en éliminant l'eau.
		Permet de dissoudre la lignine pour récupérer les fibres de cellulose.
		Permet de séparer les boues de carbonate de calcium CaCO_3 de la liqueur blanche.

II PRÉPARATION DE LA PRODUCTION ET/OU DU TRAITEMENT

36 points

Un opérateur en formation, récemment intégré à l'équipe de production, travaille sur l'atelier de régénération des liqueurs. Il est encadré par un tuteur qui sera chargé de le former et d'évaluer son aptitude sur cet atelier.

II-1 Vérification des équipements.

II-1.1 L'opérateur s'équipe en début de poste et démarre sa ronde. À partir du dossier ressources page 14/14, sélectionner les Équipements de Protection Individuelle dont il a besoin pour accéder aux ateliers de production (cocher les bons pictogrammes). /3 pts



II-1.2 L'opérateur doit vérifier d'une part la disponibilité des utilités, et d'autre part les niveaux de différents stockages de l'atelier. La production doit pouvoir tourner durant les 15 heures suivantes.

Compléter le document de relevé des utilités, en cochant si les valeurs des différentes utilités sont conformes ou non. **/3 pts**

Contrôle des utilités :

Utilités	Conformités $\pm 10\%$ de tolérance	Contrôles effectués	Conforme	Non conforme
Eau brute	3 bar relatif 20 °C	2,8 bar relatif 19 °C		
Eau réfrigérée	3 bar relatif 9 °C	3 bar relatif 9 °C		
Vapeur de chauffe	6 bar absolu	5,5 bar absolu		
Vide	0,1 bar absolu	0,5 bar absolu		
Air comprimé	4 bar relatif	4 bar relatif		
Air instrument	1 bar relatif	1,02 bar relatif		

Déterminer le niveau théorique qui doit être atteint au bout des 15 heures.

/2 pts

Si la valeur du niveau est négative, indiquer 0 %.

Contrôles des niveaux des réservoirs :

Produits	Réservoir	Niveau de remplissage contrôlé	Niveau Minimum d'alarme	Consommation horaire	Niveau théorique atteint au bout de 15 heures
Copeaux de bois	R1	60 %	20 %	2 %	$60 - (2 \times 15) = 30 \%$
Soude (NaOH)	R2	80 %	25 %	1,5 %	
Sulfure de sodium	R3	25 %	25 %	2 %	

II-1.3 Une livraison de sulfure de sodium est prévue dans la matinée. L'appoint de la livraison est de 38 tonnes. L'opérateur contrôle la densité qui a une valeur de 1,225. **Déterminer** le volume de la livraison. Arrondir à l'unité.

/1 pt

II-1.4 Le niveau de la citerne R3 du sulfure de sodium indique que 1,25 % du niveau correspond à 1 m³. Sachant que le volume est de 31 m³, **déterminer** le niveau atteint **après livraison** sachant qu'elle a eu lieu au début du quart. Arrondir à l'unité près. Le technicien du service logistique annonce qu'à son écran de contrôle le niveau est de 65 %. Est-ce cohérent avec votre estimation ?

/2 pts

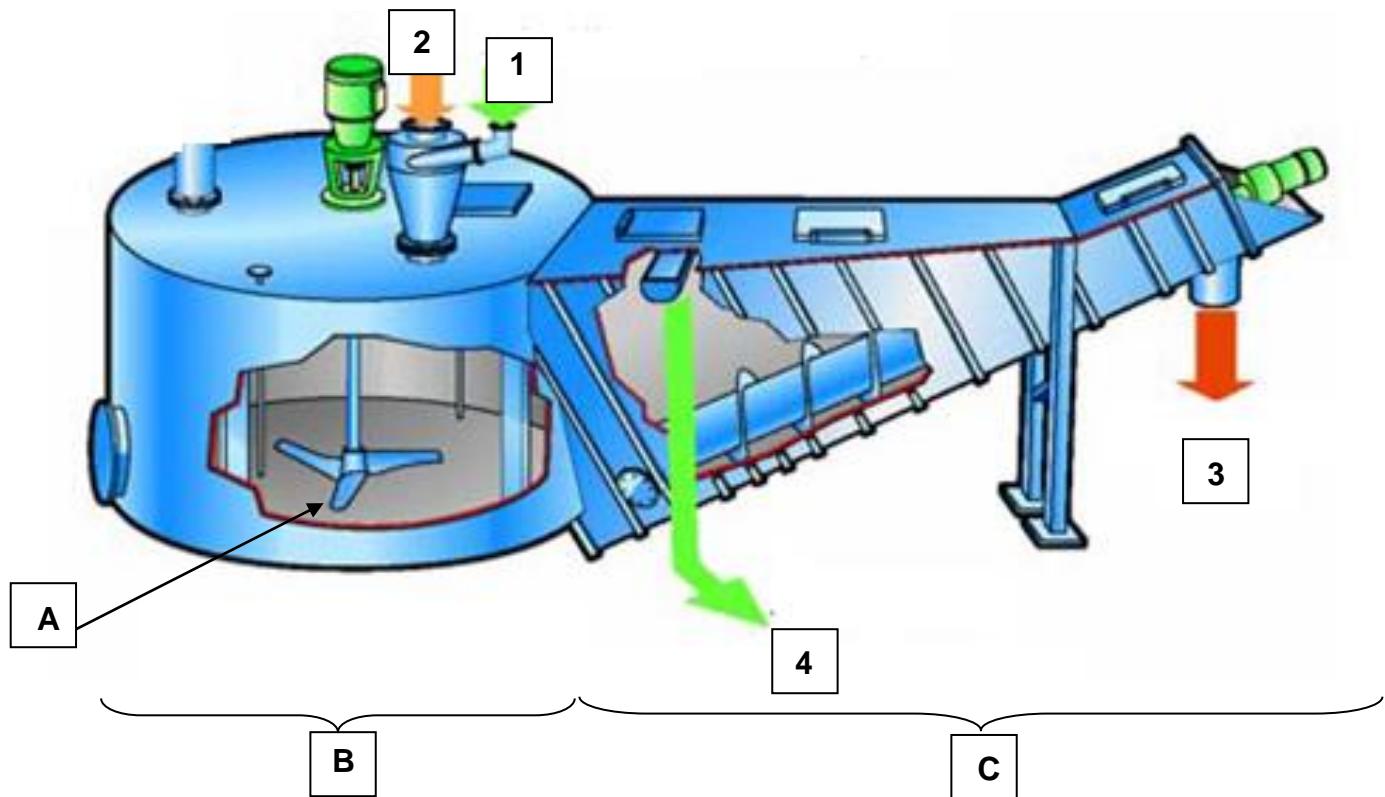
II-2 Préparation des matières premières. Étude de la réaction de caustification.

L'opérateur doit ensuite vérifier le bon fonctionnement de l'étape de caustification. Le débit de chaux vive CaO doit être ajusté en fonction du débit de liqueur verte introduite dans l'extincteur, ainsi que de la concentration massique en carbonate de sodium Na₂CO₃. C'est la liqueur verte qui est le débit maître. La valeur de la densité de la liqueur verte augmente lorsque la concentration en carbonate de sodium augmente.

On admet que les réactions d'extinction et de caustification peuvent se regrouper en une seule équation de réaction.



II-2.1 Compléter le tableau en indiquant à quel repère correspond le courant de matière ou l'équipement de l'extincteur à chaux **K3**. **/3 pts**



Courants de matière	Repère
Incuit	
Liqueur verte	1
Chaux vive	
Surverse	
Équipements	Repère
Compartiment d'extinction	
Agitateur	
Compartiment de séparation	

II-2.2 À partir du synoptique du réacteur **K3** (dossier ressources page 7/14), **montrer** que le débit massique de liqueur verte entrant dans l'extincteur **K3** est de 82 440 kg/h. **/2 pts**

II-2.3 Déterminer le débit massique de carbonate de sodium Na_2CO_3 pur contenu dans la liqueur verte entrant dans l'extincteur, sachant que la concentration massique en carbonate de sodium est de 110 g/L. **/2 pts**

--	--

II-2.4 En complétant le tableau suivant, déterminer le débit massique de CaO nécessaire à la réaction de caustification, en supposant que la réaction est totale. **/3 pts**



	Na_2CO_3	CaO
M (kg/kmol)		
Débit molaire (kmol/h)		
Débit massique (kg/h)	7 920	

Données : Masses molaires atomiques en kg/kmol

Na 23 ; O 16 ; C 12 ; Ca 40 ; H 1

II-2.5 Indiquer quelle doit être l'action de l'opérateur vis-à-vis du débit de chaux vive en comparant la valeur indiquée sur le synoptique du réacteur K3 (dossier ressources page 7/14) **/1 pt**

--	--

II-2.6 Compléter le tableau d'évolution. **/1,5 pt**

La première ligne correspond aux paramètres de marche normale de l'atelier de caustification.

Augmentation \nearrow Diminution \searrow Stabilité \rightarrow

Débit de liqueur verte (m^3/h)	Densité de la liqueur verte	Concentration massique de la liqueur verte (g/L)	Évolution du débit de chaux vive CaO
72	1,140	110	\rightarrow
\nearrow	\rightarrow	\rightarrow	
\rightarrow	\searrow	\rightarrow	
\rightarrow	\rightarrow	\nearrow	

II.3 Configuration des appareils.

La pompe centrifuge d'alimentation du premier effet de l'évaporateur de liqueur noire est sous dimensionnée car le débit de production est passé de 100 t/h à environ 130 t/h. Une étude de dimensionnement d'une nouvelle pompe a été commandée par le responsable de fabrication. À partir du dossier ressources pages 7/14 à 9/14, répondre aux questions et déterminer quelle pompe est la mieux adaptée à ce nouveau débit d'alimentation.

II-3.1 Démontrer par le calcul que le débit volumique q_v de liqueur noire entrant dans l'évaporateur est de $121,4 \text{ m}^3/\text{h}$. **/1 pt**

II-3.2 Démontrer par le calcul que la section de passage de la canalisation est de $0,031 \text{ m}^2$. **/1 pt**

II-3.3 Démontrer par le calcul que la vitesse d'écoulement u de la liqueur noire dans la canalisation est de $1,09 \text{ m/s}$. **/1 pt**

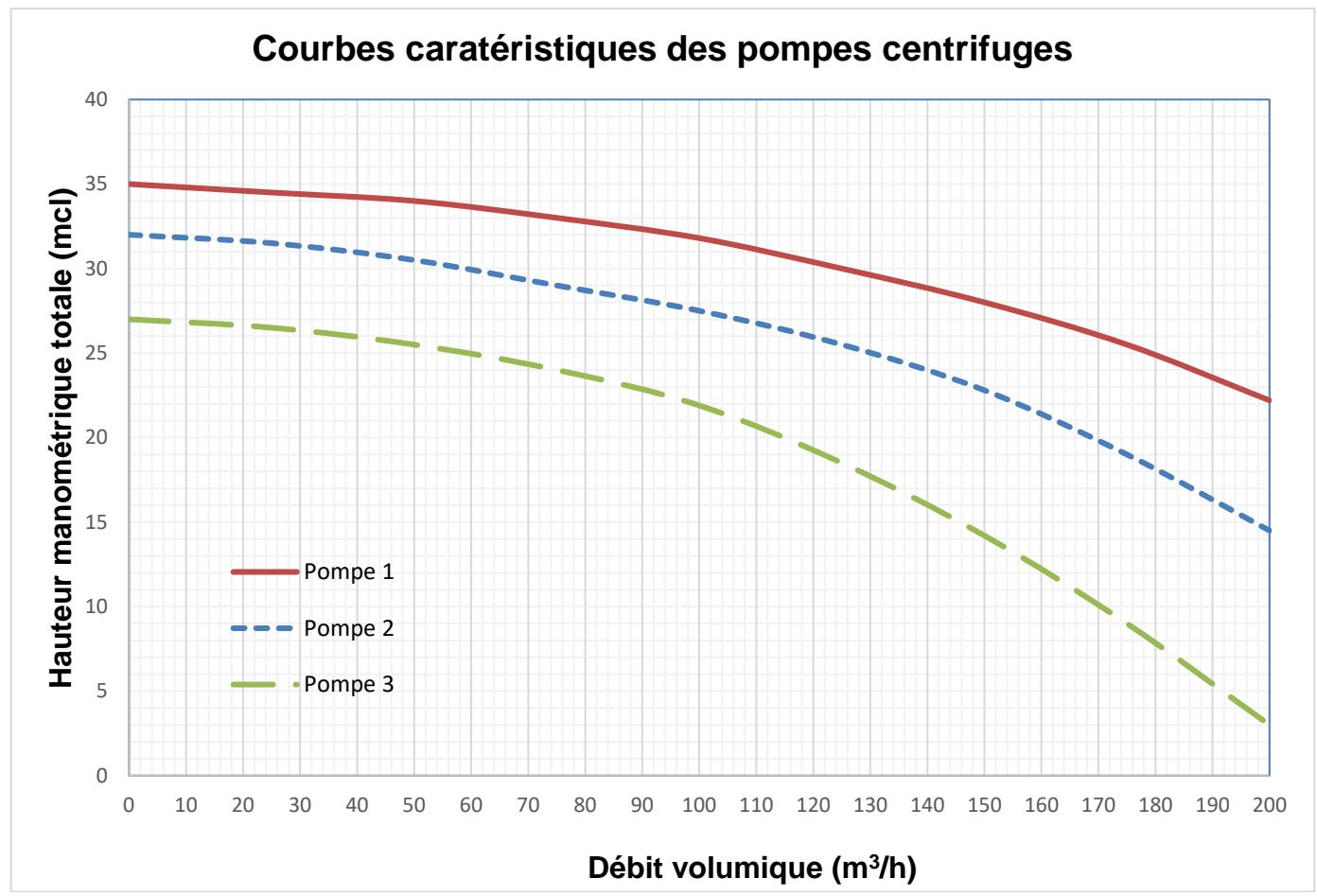
II-3.4 À partir des pages 8/14 et 9/14 du dossier ressources, **déterminer** les longueurs équivalentes à l'aspiration et au refoulement de la pompe pour chaque accident, puis compléter le tableau suivant. **/4 pts**

Accident	Lettre sur l'abaque	Longueur équivalente de l'accident (m)	Nombre d'accidents	Longueur équivalente totale de l'accident (m)
Longueur équivalente totale				

II-3.5 En déduire les pertes de charges totales J_{1-2} exprimées en mCL, correspondant à la somme des longueurs droites et équivalentes, sachant que les pertes de charges sont de 5 mCL pour 100 m de longueur droite. **/1 pt**

II-3.6 Déterminer la HMT du réseau. On ne prend pas en compte le terme en vitesse dans la relation de Bernoulli. **/1 pt**

II-3.7 Avec une HMT = 22 mCL, placer le point de fonctionnement sur le graphique suivant et en déduire le modèle de pompe adapté. **/1,5 pt**



Pompe choisie = **/1 pt**

II-3.8 En déduire la perte de charge que l'opérateur doit créer en bridant la vanne de refoulement de la pompe choisie. **/1 pt**

III CONDUITE ET CONTRÔLE EN COURS DE PRODUCTION ET/OU DU TRAITEMENT 14 points

La ronde conduit l'opérateur à l'atelier de concentration de liqueur noire.

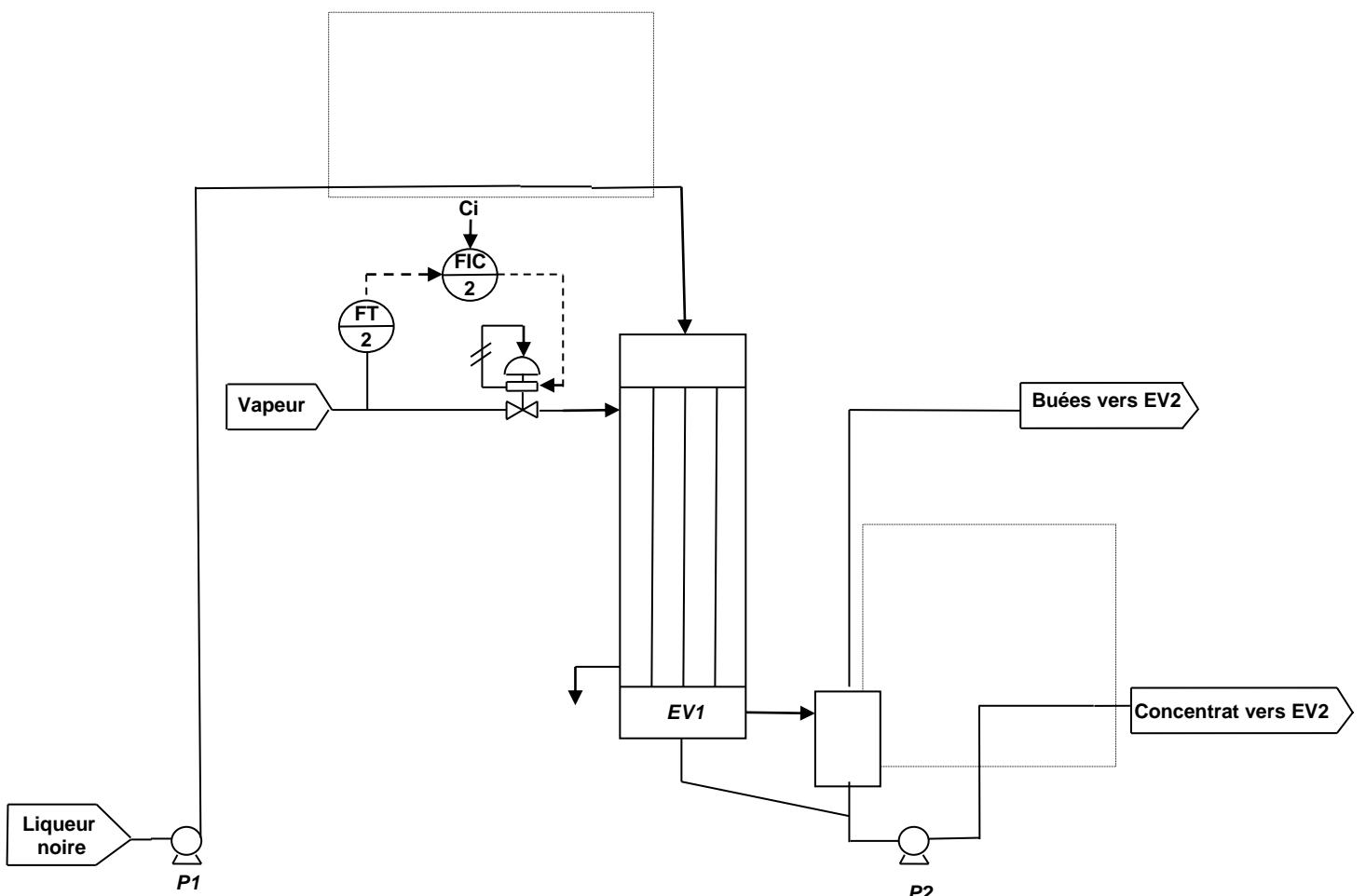
L'évaporateur à effet multiple S3 permet de concentrer la liqueur noire en optimisant la consommation énergétique.

III-1 À partir du synoptique du premier effet EV1 de l'évaporateur du dossier ressources page 11/14, compléter le tableau suivant en indiquant soit la grandeur physique mesurée, soit le repère du capteur, soit la valeur mesurée par le capteur correspondant. **/3 pts**

Grandeur physique mesurée	Repère du capteur	Valeur mesurée
Densité de la liqueur noire à l'entrée de l'évaporateur EV1		
		1,65 bar
	FT 3	

III-2 Sur l'évaporateur EV1, il y a trois boucles de régulation. Représenter sur le schéma suivant les deux boucles de régulation manquantes, en respectant les normes en vigueur. **/3 pts**

On régule le **débit** d'alimentation en liqueur noire de l'évaporateur EV1 ainsi que le **niveau** de soutirage du séparateur liqueur noire concentrée et les buées.



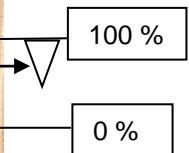
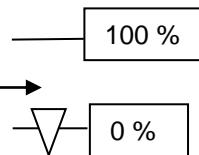
III-3 Compléter le tableau de variation de ces deux boucles. On donne la boucle de régulation de la vapeur de chauffe en exemple. **/6 pts**

Numéro de la régulation	Nom de la grandeur réglée	Nom de la grandeur réglante	Évolution de la grandeur réglée	Réaction de la grandeur réglante	Ouverture ou fermeture de la vanne	Type de vanne	Évolution du signal d'air de commande de la vanne	
FIC 2	Débit de vapeur de chauffe	Débit de vapeur de chauffe	↙	↗	Ouverture	FMA	↗	
			↗			FMA		
			↙			FMA		

III-4 La personne au tableau effectue un changement de consigne de l'alimentation en liqueur noire de l'évaporateur, pour réduire la production de liqueur noire concentrée suite à un problème sur le réacteur K1. À partir du dossier ressources page 11/14, **indiquer** à quelle heure a eu lieu ce changement de consigne. **/0,5 pt**

III-5 À quelle heure la régulation est-elle devenue stable $\pm 0,5$ t/h ? **En déduire** le temps de stabilisation de cette boucle de régulation. **/0,5 pt**

III-6 L'opérateur en formation suit les manœuvres et est en communication avec la salle de contrôle. Le tuteur demande de suivre la manœuvre de la vanne de régulation. **Indiquer** pour chacune des photos suivantes, à quelle heure ont été prises ces dernières : 9 h 58 et 10 h 03. **/1 pt**



IV CONFORMITÉ DU PRODUIT FINI ET/OU DES REJETS

6 points

IV-1 Au cours de sa ronde dans le secteur de caustification, l'opérateur en formation a effectué des prélèvements d'échantillons à différents endroits de l'installation pour des analyses. **Indiquer** entre quels appareils doit se faire le prélèvement pour les 4 prises d'échantillons suivantes en prenant exemple sur la première ligne : **/3 pts**

Produit à analyser	Appareil 1	Appareil 2
Liqueur verte avant extinction	A1 Dissolveur	K3 Réacteur
Liqueur avant la caustification		
Liqueur blanche		
Chaux vive en sortie de calcination		

IV-2 L'opérateur amène au laboratoire de contrôle un échantillon de liqueur blanche stockée dans un réservoir tampon, avant sa réutilisation vers le réacteur **K1**. Les résultats de l'analyse sont reportés dans le tableau suivant. **Indiquer** si les valeurs sont conformes ou non par une croix, en utilisant le dossier ressources page 13/14. **/2 pts**

Constituant	Concentration massique (g/L)	Conformité	
		Oui	Non
NaOH	100		
Na ₂ S	30		
Na ₂ SO ₄	4		
Na ₂ CO ₃	26		

IV-3 En déduire les actions que doit engager l'opérateur à l'issue de ces résultats, vis-à-vis de la production. **/1 pt**

