



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Clermont-Ferrand
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.

CAP INDUSTRIES CHIMIQUES

DOMAINE PROFESSIONNEL

CORRIGE DE L'EPREUVE EP 1

FABRICATION DU SULFATE DE POTASSIUM

DUREE : 3 H

COEFFICIENT : 4

Le candidat répondra directement sur le dossier qui sera à rendre
en totalité à la fin de l'épreuve.

Calcul de fabrication	Schéma de principe	Automatisme	Bilan énergétique	Hygiène et sécurité	Etude de la chaudière
/32	/18	/10	/6	/7	/7
		Total sur 80 points	Note sur 20		

Examen CAP	Session 2010		
Spécialité : Industries Chimiques			
Intitulé de l'épreuve : EP1		CORRIGE	
Type : Analyse, organisation et communication technologiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 4	Page 1/14

1^{ère} partie

CALCUL DE FABRICATION DU SULFATE DE POTASSIUM

On désire fabriquer 2000 g de sulfate de potassium par réaction entre le carbonate de potassium et l'acide sulfurique.

On réalise ensuite la précipitation du produit fabriqué en milieu hydro-alcoolique par addition de méthanol.

Les eaux mères alcooliques sont rectifiées afin de récupérer le méthanol.

Masses molaires atomiques :

Atome	C	K	O	S	H
M (en g/mol)	12	39	16	32	1

Formule :

Carbonate de potassium : K_2CO_3

Sulfate de potassium : K_2SO_4

Acide sulfurique : H_2SO_4

Dioxyde de carbone : CO_2

Eau : H_2O

1) Equilibrer l'équation de la réaction et calculer les masses moléculaires des différents corps:



$M_{\text{carbonate de potassium}} = 138 \text{ g/mol}$; $M_{\text{acide sulfurique}} = 98 \text{ g/mol}$, $M_{\text{sulfate de potassium}} = 174 \text{ g/mol}$

$M_{\text{dioxyde de carbone}} = 44 \text{ g/mol}$; $M_{\text{eau}} = 18 \text{ g/mol}$ / 2,5 (5x 05)

Examen CAP	Session 2010		
Spécialité : Industries Chimiques			
Intitulé de l'épreuve : EP1		CORRIGE	
Type : Analyse, organisation et communication technologiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 4	Page 2/14

2) Calculer les masses des réactifs purs nécessaires à la fabrication de 2000 g de sulfate de potassium (la réaction se fait dans les conditions stœchiométriques).

2.1) Calculer le nombre de mole de sulfate de potassium à fabriquer :

$$n = 2000 / 174 = 11,49 \text{ moles}$$

Le nombre de mole de sulfate de potassium est de 11,49 moles.

/ 2

2.2) Calculer la masse d'acide sulfurique pur à mettre en œuvre :

$$m = 11,49 \times 98 = 1126 \text{ g}$$

La masse d'acide sulfurique pur est de 1126 g.

/ 2

2.3) Calculer la masse de carbonate de potassium pur à mettre en œuvre :

$$m = 11,49 \times 138 = 1586 \text{ g}$$

La masse de carbonate de potassium pur est de 1586 g.

/ 2

3) Calculer les masses d'eau de dilution et de dissolution afin de préparer les solutions :

3.1) Préparer une solution d'acide sulfurique titrant 25 % en masse à partir d'acide technique titrant 95 % en masse.

3.1.1) Calculer la masse d'acide sulfurique technique à mettre en œuvre :

$$m = 1126 / 0,95 = 1185 \text{ g}$$

La masse d'acide brut est de 1185 g.

/ 1

Examen CAP	Session 2010		
Spécialité : Industries Chimiques			
Intitulé de l'épreuve : EP1		CORRIGE	
Type : Analyse, organisation et communication technologiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 4	Page 3/14

3.1.2) Calculer la masse de solution d'acide titrant à 25 % à obtenir:

$$m = 1126 / 0,25 = 4504 \text{ g}$$

La masse de solution d'acide est de 4504 g.

/ 1

3.1.3) Calculer la masse d'eau de dilution à mettre en œuvre :

$$m = 4504 - 1185 = 3319 \text{ g}$$

La masse d'eau de dilution est de 3319 g.

/ 1

3.2) Préparer une solution de carbonate de potassium titrant 19 % en masse à partir d'un produit pur.

3.2.1) Calculer la masse de solution de carbonate de potassium titrant 19 % à obtenir:

$$m = 1586 / 0,19 = 8347 \text{ g}$$

La masse de solution de carbonate de potassium est de 8347 g.

/ 2

3.2.2) Calculer la masse d'eau de dissolution à mettre en œuvre:

$$m = 8347 - 1586 = 6761 \text{ g}$$

La masse d'eau de dissolution est de 6761 g.

/ 1

Examen CAP	Session 2010		
Spécialité : Industries Chimiques			
Intitulé de l'épreuve : EP1		CORRIGE	
Type : Analyse, organisation et communication technologiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 4	Page 4/14

4) Calculer la masse et le titre en K_2SO_4 du milieu réactionnel en fin de réaction.

4.1) Calculer la masse du mélange réactionnel :

$m = \text{masse de mélange réactionnel}$

$$m = 4504 + 8347 - (44 \times 11,49)$$

$$m = 4504 + 8347 - 506$$

$$m = 12345 \text{ g}$$

La masse de mélange réactionnel est de 12345 g.

/ 2

4.2) Calculer le titre du mélange réactionnel :

$$X = 2000 / 12345 = 0,162$$

Le titre du mélange réactionnel est de 16,2 %

/ 2

5) Pourquoi réalise-t-on la cristallisation en milieu hydro-alcoolique ?
Justifier votre réponse.

Solubilités du sulfate de potassium à 20°C :

$s = 11 \text{ g de sel / } 100 \text{ g d'eau}$

$s = 1,4 \text{ g de sel / } 100 \text{ g de mélange de solvants à } 25 \% \text{ en masse en méthanol}$.

Par comparaison des solubilités ($s = 11 \text{ g de sel pour } 100 \text{ g d'eau}$; $s = 1,4 \text{ g de sel pour } 100 \text{ g de mélange de solvants}$), on constate que la solubilité en milieu alcoolique est plus faible qu'en milieu aqueux, il y aura donc précipitation du K_2SO_4 par addition d'alcool.

/ 4

6) Quelle masse de méthanol pur a-t-on ajoutée sachant que l'on a 14000 g de mélange de solvant (solution alcoolique) titrant 25 % en masse en méthanol ?

$$m = 14000 \times 0,25 = 3500 \text{ g}$$

La masse de méthanol pur est de 3500 g.

/ 2

Examen CAP	Session 2010		
Spécialité : Industries Chimiques			
Intitulé de l'épreuve : EP1		CORRIGE	
Type : Analyse, organisation et communication technologiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 4	Page 5/14

7) Quelle est la masse de sel cristallisé en milieu hydro-alcoolique à 20°C en supposant que la masse de mélange de solvant soit de 14000 g ?

7.1) Calculer la masse de sel soluble dans le mélange :

$s = 1,4 \text{ g de sel} / 100 \text{ g de mélange de solvant à } 25 \% \text{ en masse en méthanol.}$

$$m = (1,4 \times 14000) / 100 = 196 \text{ g}$$

La masse de sel soluble dans le mélange est de 196 g.

/ 1

7.2) Calculer la masse de sel cristallisé :

$$m = 2000 - 196 = 1804 \text{ g}$$

La masse de sel cristallisé est de 1804 g

/ 2

8) Calculer le rendement de cristallisation :

$$\text{Rdt} = (\text{masse de sel cristallisé} / \text{masse de sel fabriqué par la réaction}) \times 100$$

$$\text{Rdt} = 1804 / 2000 = 0,902$$

Le rendement de cristallisation est de 90,2 %

/ 2

Examen CAP	Session 2010		
Spécialité : Industries Chimiques			
Intitulé de l'épreuve : EP1		CORRIGE	
Type : Analyse, organisation et communication technologiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 4	Page 6/14

2^{ème} partie

Etude du schéma de principe

La dilution de la solution d'acide sulfurique dans l'eau se fait à une température inférieure à 30°C.

La dissolution du carbonate de potassium dans l'eau se fait à une température de 50°C.

La réaction est réalisée par coulée de la solution d'acide sulfurique sur la solution de carbonate de potassium à une température égale à 60°C, jusqu'à atteindre un pH de 7.

Refroidissement à une température de 40°C.

Précipitation en milieu hydro-alcoolique en poursuivant le refroidissement jusqu'à 20°C.

Filtration à une température égale à 20°C.

Les eaux mères alcooliques sont rectifiées à taux de reflux R variable. On recueille deux coupes :

- Une coupe riche, de titre ≥ 85 % en masse.
- Une coupe pauvre, de titre < 85 % en masse.

(Le méthanol passe en tête de colonne à une température de 65°C)

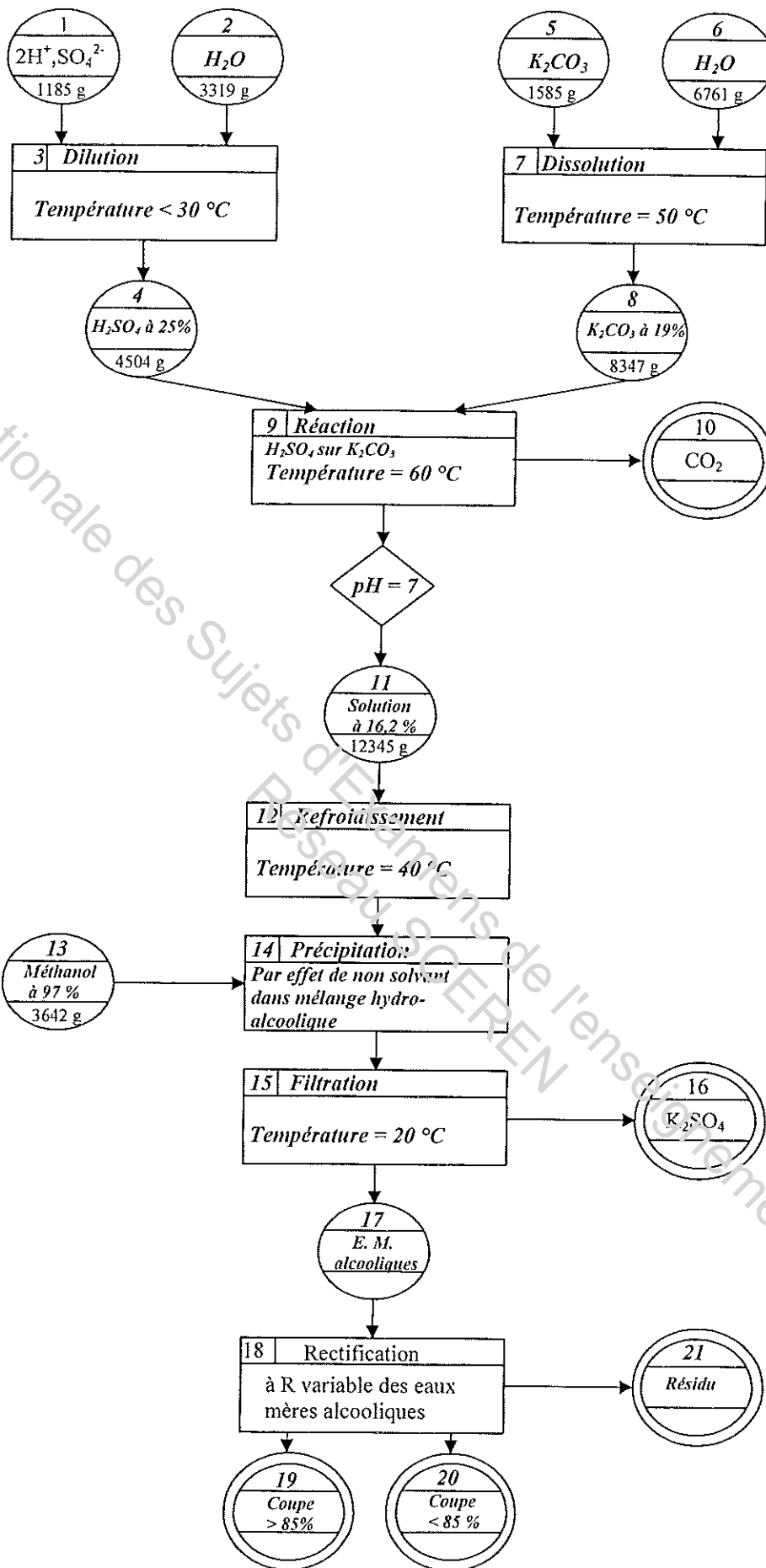
A l'aide du descriptif du procédé de fabrication ci-dessus et des calculs de fabrication, compléter le schéma de principe (page 8/14) en :

- indiquant le nom des produits entrants et sortants,
- nommant les différentes opérations unitaires successives ainsi que les conditions opératoires.

/ 18

(1pt / case remplie)
(1pt pour propreté)

Examen CAP	Session 2010		
Spécialité : Industries Chimiques			
Intitulé de l'épreuve : EP1		CORRIGE	
Type : Analyse, organisation et communication technologiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 4	Page 7/14



Examen CAP	Session 2010		
Spécialité : Industries Chimiques			
Intitulé de l'épreuve : EP1		CORRIGE	
Type : Analyse, organisation et communication technologiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 4	Page 8/14

3^{ème} partie

Automatisme

Le carbonate de potassium utilisé provient de deux sources différentes. Les deux produits ayant des titres différents, on tient à les utiliser dans des proportions connues. Il faudra donc une pesée dans la trémie TR.

Avant l'utilisation dans la réaction, on réalise un mélange homogène des deux solides dans un mélangeur R.

L'ensemble de ces opérations est automatisé selon le cycle suivant :

-Le cycle ne peut démarrer que si les conditions de départ sont respectées, c'est à dire : TR vide, mélangeur R vide.

-La quantité de produit 1 est pesée dans TR et vidangée dans R.

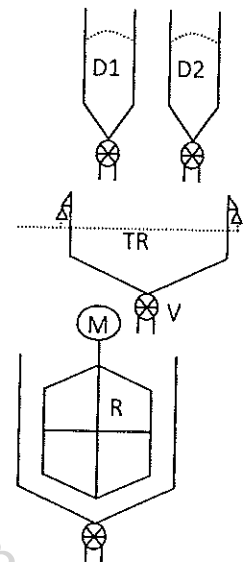
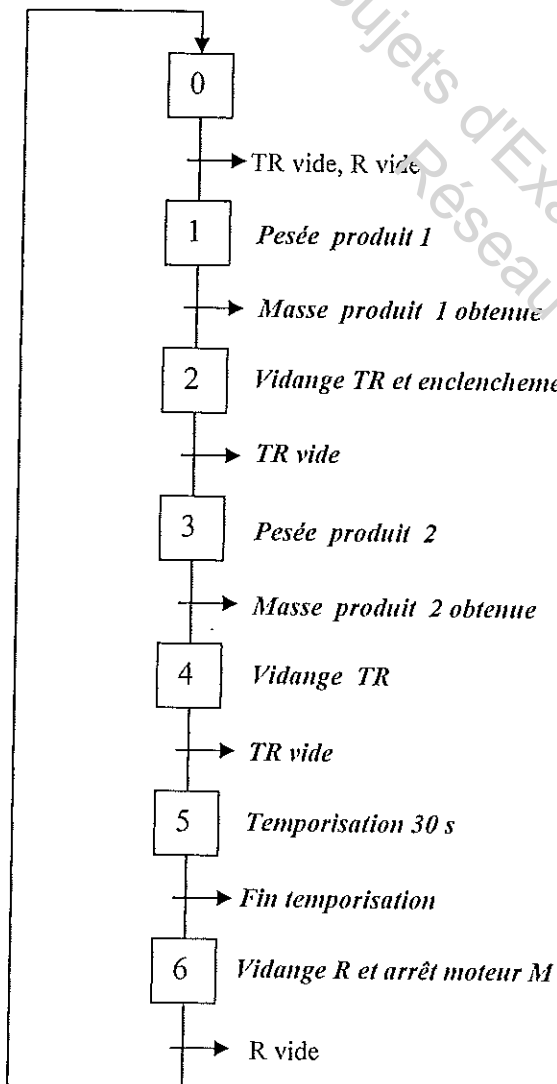
-L'ouverture de la vanne V et l'enclenchement du moteur M se font lors de la même étape.

On précise qu'une fois enclenché, le moteur ne s'arrête que sur ordre contraire.

-Le produit 2 est ensuite pesé et mélangé au produit 1.

-Les deux produits sont mélangés pendant 30 secondes au bout desquelles il y a vidange de R et arrêt du moteur M.

Compléter le GRAFCET permettant une évolution correcte du système :



/ 10

Examen CAP	Session 2010		
Spécialité : Industries Chimiques			
Intitulé de l'épreuve : EP1		CORRIGE	
Type : Analyse, organisation et communication technologiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 4	Page 9/14

4^{ème} partie

Etude du bilan énergétique

La réaction est réalisée avec 8 kg de solution de carbonate de potassium à une température égale à 60°C.

Pour ce chauffage, une chaudière produit de la vapeur à 100 °C sous pression atmosphérique, la température d'entrée de la solution de carbonate de potassium est de 20°C.

- 1) Calculer la quantité de chaleur nécessaire pour chauffer la solution de carbonate de 20 à 60°C.

$$\Phi_1 = 8 \times 0,69 \times (60 - 20)$$

$$\Phi_1 = 220,8$$

La quantité de chaleur est de 220,8 KJ.

/6

Données:

$$\Phi_1 = m \times C_p \times \Delta T$$

ΔT : différence de température du carbonate de potassium

Masse de la solution de carbonate de chauffer: $m = 8000 \text{ g}$

Capacité thermique massique du carbonate de potassium: $C_p \text{ K}_2\text{CO}_3 = 0,69 \text{ kJ /kg/}^\circ\text{C}$

5^{ème} partie

Hygiène et sécurité

L'acide sulfurique pour cette fabrication est une solution à 95 %. A l'aide de l'extrait de la fiche de données sécurité (page 12 à 14/14):

- 1) Donner le terme associé au symbole de danger qui doit obligatoirement figurer sur les réservoirs de stockage:

Le terme associé au symbole de danger est : CORROSIF

/2

- 2) Donner la conduite à tenir en cas d'inhalation de ce produit fini :

Corrosive. Sensation de brûlure. Toux. Respiration difficile.

Ventilation, aspiration locale ou protection respiratoire.

Air frais, repos. Position semi-assise. Respiration artificielle si nécessaire. Consulter un médecin.

/2

Examen CAP	Session 2010		
Spécialité : Industries Chimiques			
Intitulé de l'épreuve : EP1		CORRIGE	
Type : Analyse, organisation et communication technologiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 4	Page 10/14

3) Indiquer toutes les protections individuelles nécessaires lors du dépotage de cuves contenant cette solution: / 3

- Gants de protection.
- Vêtements de protection et bottes.
- Protection respiratoire.
- Ecran facial, ou protection oculaire associée à une protection respiratoire.

6^{ème} partie

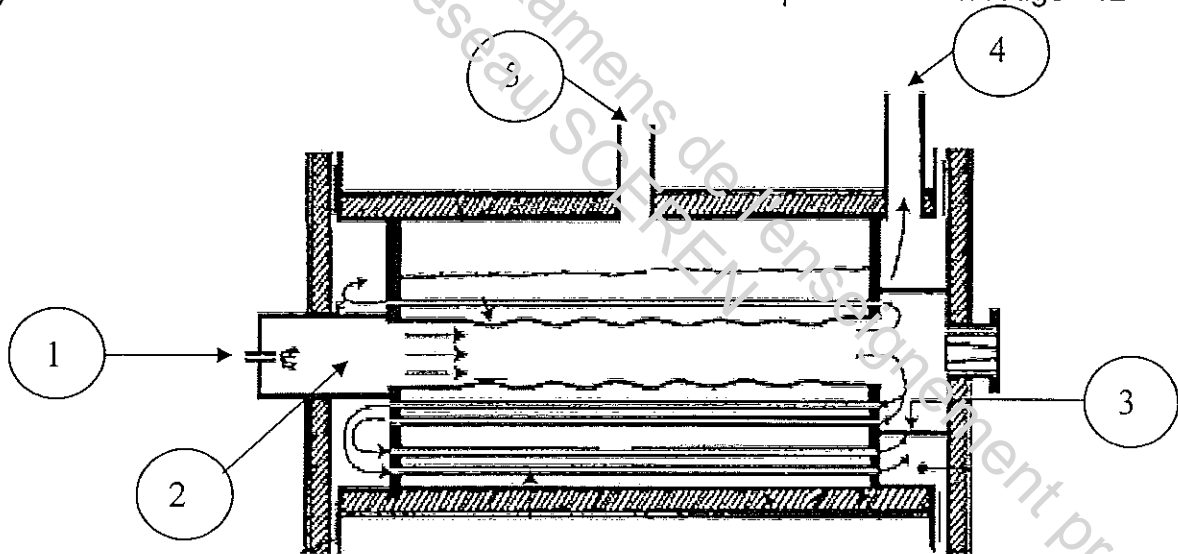
Etude de la chaudière

1) Sur le schéma ci-dessous, indiquer à l'aide d'une flèche :

/5

- ① Brûleur
- ② Zone de combustion
- ③ Chicane
- ④ Sortie des gaz de combustion
- ⑤ Sortie vapeur

2) Sur le schéma ci-dessous mettre en bleu l'eau et la vapeur d'eau en rouge /2



Chaudière à tubes de fumées (combustibles liquides ou gazeux) type S. N. de Lardet-Babcock

Examen CAP	Session 2010		
Spécialité : Industries Chimiques			
Intitulé de l'épreuve : EP1		CORRIGE	
Type : Analyse, organisation et communication technologiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 4	Page 11/14

ACIDE SULFURIQUE

ACIDE SULFURIQUE
Acide sulfurique 95 %
Huile de vitriol
H₂SO₄
Masse moléculaire : 98.1

N° CAS : 7664-93-9
N° RTECS : W5500000
N° ICSC : 0362
N° ONU : 1830
N° CE : 016-020-00-8



TYPES DE RISQUES/ EXPOSITIONS	RISQUES/ SYMPTOMES AIGUS	PREVENTION	PREMIER SECOURS/ AGENTS D'EXTINCTION
INCENDIE	Non combustible. De nombreuses réactions peuvent causer un incendie ou une explosion. Emission de fumées (ou de gaz) irritantes ou toxiques lors d'incendie.	PAS de contact avec les substances inflammables. PAS de contact avec les combustibles.	PAS d'eau. En cas d'incendie à proximité: poudre, AFFF, mousse, dioxyde de carbone.
EXPLOSION	Risques d'incendie et d'explosion au contact de bases, de substances combustibles, d'agents oxydants, d'agents réducteurs ou de l'eau.		En cas d'incendie: refroidir les fûts, etc., en les arrosant d'eau; éviter tout contact de la substance avec l'eau.
CONTACT PHYSIQUE		EVITER LA FORMATION DE BROUILLARDS! EVITER TOUT CONTACT!	DANS TOUS LES CAS, CONSULTER UN MEDECIN!
• INHALATION	Corrosive. Sensation de brûlure. Toux. Respiration difficile.	Ventilation, aspiration locale ou protection respiratoire.	Air frais, repos. Position semi-assise. Respiration artificielle si nécessaire. Consulter un médecin.
• PEAU	Corrosive. Rougeur. Sérieuses brûlures cutanées. Douleur.	Gants de protection. Vêtements de protection.	Retirer les vêtements contaminés. Rincer la peau abondamment à l'eau ou prendre une douche. Consulter un médecin.
• YEUX	Corrosive. Rougeur. Douleur. Brûlures profondes graves.	Ecran facial, ou protection oculaire associée à une protection respiratoire.	Rincer d'abord abondamment à l'eau pendant plusieurs minutes (retirer si possible les lentilles de contact), puis consulter un médecin.
• INGESTION	Corrosive. Douleurs abdominales. Sensation de brûlure. Collapsus.	Ne pas manger, ne pas boire ni fumer pendant le travail.	Rincer la bouche. NE PAS faire vomir. Consulter un médecin.

DEVERSEMENTS & FUTES	STOCKAGE	CONDITIONNEMENT &
Examen CAP		Session 2010
Spécialité : Industries Chimiques		
Intitulé de l'épreuve : EP1		CORRIGE
Type : Analyse, organisation et communication technologiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 4
		Page 12/14

		ETIQUETAGE
Recueillir le liquide répandu dans des récipients hermétiques. NE PAS absorber avec de la sciure ou avec un autre absorbant combustible. (protection individuelle spéciale: tenue de protection complète comprenant un appareil de protection respiratoire autonome).	Séparer des substances combustibles et des réducteurs, des oxydants forts, des bases fortes, des autres matières, des aliments et des produits alimentaires (voir Notes). Peut être conservé dans des récipients en acier inoxydable (voir Notes).	Récipient incassable; mettre les récipients fragiles dans un emballage incassable fermé. Ne pas transporter avec des aliments ni des produits alimentaires. Symbole C R: 35 S: (1/2)-26-30-45 Note: B Classe de danger ONU: 8 Classe d'emballage ONU: II
VOIR IMPORTANTES INFORMATIONS AU DOS		
ICSC: 0302	Préparé dans le cadre de la coopération entre le Programme International sur la Sécurité Chimique et la Commission Européenne (C) 1993	

D O N N E E S I M P O R T A N T E S	ASPECT PHYSIQUE; APPARENCE: LIQUIDE HYGROSCOPIQUE, INCOLORE, HUILEUX, SANS ODEUR.	VOIES D'EXPOSITION: La substance peut être absorbée par l'organisme par inhalation de ses aérosols et par ingestion.
	DANGERS PHYSIQUES: DANGERS CHIMIQUES: La substance est un oxydant fort qui réagit violemment avec les matières combustibles et les réducteurs. La substance est un acide fort, qui réagit violemment avec les bases et qui est corrosif pour la plupart des métaux, formant un gaz inflammable/explosif (hydrogène, voir ICSC # 0001). Réagit violemment avec l'eau et les matières organiques avec dégagement de chaleur (voir Notes). Lors d'échauffement, formation de fumées (ou de gaz) (oxydes de soufre) irritantes ou toxiques.	RISQUE D'INHALATION: L'évaporation à 20°C est négligeable; une concentration dangereuse de particules en suspension dans l'air peut cependant être atteinte rapidement par pulvérisation.
	LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE (LEP): TLV: 1 mg/m ³ (TWA); 3 mg/m ³ (STEL) (ACGIH 1996) MAK: 1 mg/m ³ ; fraction inhalable de l'aérosol (MAK 1991).	EFFETS DES EXPOSITIONS DE COURTE DUREE: Corrosif. La substance est très corrosive pour les yeux, la peau et les voies respiratoires. Corrosive par ingestion. L'inhalation d'un aérosol de cette substance peut causer un œdème pulmonaire (voir Notes).

PROPRIETES PHYSIQUES	Point d'ébullition (décomposition) : 340°C Point de fusion : 10°C Densité relative (eau = 1) : 1.8	Solubilité dans l'eau : miscible Tension de vapeur à 146°C : 0.13 kPa Densité de vapeur relative (air = 1) : 3.4
-----------------------------	--	--

DONNEES ENVIRONNEMENTALES	La substance peut être dangereuse pour l'environnement; une attention particulière doit être accordée aux organismes aquatiques.
----------------------------------	--

NOTES

Examen CAP	Session 2010		
Spécialité : Industries Chimiques			
Intitulé de l'épreuve : EP1		CORRIGE	
Type : Analyse, organisation et communication technologiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 4	Page 13/14

Les symptômes de l'œdème pulmonaire ne se manifestent souvent qu'après quelques heures et sont aggravés par l'effort physique. Le repos et la surveillance médicale sont par conséquent essentiels. NE JAMAIS verser d'eau sur la substance; pour la dissoudre ou pour la diluer, l'ajouter progressivement à l'eau. Conserver dans un local pourvu d'un sol en béton résistant à la corrosion.

Carte de données d'urgence pour le transport: TREMCARD (R)-10B
Code NFPA: H 3; F 0; R 2; W.

AUTRES INFORMATIONS

ICSC: 0362

ACIDE SULFURIQUE

© PISSC, CEC, 1993

NOTICE LEGALE IMPORTANTE:

La CE de même que le PISSC ou toute personne agissant au nom de la CE ou du PISSC ne sauraient être tenues pour responsables de l'utilisation qui pourrait être faite de ces informations. Cette fiche exprime l'avis du comité de révision du PISSC et peut ne pas toujours refléter les recommandations de la législation nationale en la matière. L'utilisateur est donc invité à vérifier la conformité des fiches avec les prescriptions en usage dans son pays.

Traduction autorisée de l'International Chemical Safety Card (ICSC), publié par l'UNEP/ILO/WHO dans le cadre de la coopération entre le PISSC et la CE. Programme International sur la Sécurité des Substances Chimiques - Commission Européenne, 1993.

Examen CAP	Session 2010		
Spécialité : Industries Chimiques			
Intitulé de l'épreuve : EP1		CORRIGE	
Type : Analyse, organisation et communication technologiques	Durée : 3 heures	Coefficient : 4	Page 14/14