Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Pro PCEPC, veuillez visiter :
bacpropcepc.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

INDUSTRIES DE PROCÉDÉS

SESSION **2014**

ÉPREUVE **E2** : ÉPREUVE TECHNOLOGIQUE

Sous épreuve A2 : ÉTUDE ET CONDUITE DES OPÉRATIONS UNITAIRES

DOSSIER RESSOURCES

*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.

DOSSIER RESSOURCES		
BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL **INDUSTRIES DE PROCÉDÉS**	**E2** : Épreuve technologique **Sous-épreuve A2 : Étude et conduite des opérations unitaires**	
Session : **2014**	Coef : **3**	Durée : **4** heures
Repère : 1406-IP T 21 DR	Ce dossier comporte 11pages	Page **1**/11

L'USINE D'EXTRACTION DE NICKEL ET DE COBALT

L'hydrométallurgie est un procédé métallurgique par lequel des métaux sont extraits d'un minerai (Latérite), au moyen de réactifs chimiques, dans un milieu à haute température et sous pression, puis séparés pour produire un concentré ou un produit intermédiaire.



Le procédé consiste essentiellement à faire subir différents traitements au minerai réduit en pulpe par l'ajout d'eau, en utilisant une solution d'acide pour en extraire du nickel, transformé en oxyde de nickel et du cobalt, transformé en carbonate de cobalt.

ÉTAPE 1 – PRÉPARATION DU MINERAI – Mise en pulpe

L'unité de préparation du minerai est située tout près de la mine. Les minerais de latérite sont mélangés avec de l'eau, criblés et broyés pour former une boue, appelée pulpe.

ÉTAPE 2 – LIXIVIATION

Le minerai mis en pulpe additionné à de l'acide sulfurique est préchauffé à la vapeur et injecté en continu dans un autoclave. La lixiviation revient à extraire les métaux dissous dans le minerai avec de l'acide sulfurique. Cette pulpe est alors refroidie et dépressurisée. Cette opération génère de la vapeur qui est recyclée en amont, dans le circuit de préchauffage de la pulpe, avant son injection dans l'autoclave.

ÉTAPE 3 – DÉCANTATION

La pulpe lixiviée et refroidie passe par un circuit de décantation qui vise à séparer et à laver les résidus solides de la solution liquide appelée « liqueur mère». Pour bien laver les solides, l'opération est répétée six fois dans six décanteurs successifs. À la fin de l'opération, la liqueur-mère a récupéré 98 % du nickel et du cobalt contenu dans la pulpe lixiviée.

ÉTAPE 4 – PURIFICATION

L'acide et une partie des impuretés métalliques sont éliminés par l'ajout de calcaire et de chaux pour former du gypse solide (plâtre), séparé de la solution par des opérations de décantation et de filtration.

ÉTAPE 5 – EXTRACTION

La liqueur mère est injectée dans un premier circuit d'extraction (C1) où un solvant organique (le Kétrul® D70 D70) capture le nickel, le cobalt et le zinc, laissant dans la liqueur le manganèse, le magnésium et le calcium. Cette solution est envoyée à l'unité de traitement des résidus liquides. Une seconde extraction (C2), au contact d'une solution acidulée contenant de l'acide chlorhydrique, libère le nickel, le cobalt et le zinc. Le solvant, débarrassé des trois métaux est réintroduit dans le cycle d'extraction.

ÉTAPE 6 – ÉLIMINATION DU ZINC

Un passage à travers une colonne (C3) contenant une résine sélective, permet de retenir le zinc. On obtient enfin une solution acidulée de nickel et de cobalt.

ÉTAPE 7 – EXTRACTION SÉLECTIVE DU NICKEL ET DU COBALT

Le dernier volet de cette étape consiste à séparer le cobalt du nickel, grâce à un autre circuit d'extraction (C4) par solvant (Cyanex®) qui n'extrait que le cobalt. Deux solutions sont ainsi formées. Le solvant est régénéré en (C5), il est alors disponible pour un nouveau cycle d'extraction.

ÉTAPE 8 – TRAITEMENT DES PRODUITS FINIS

- *LE NICKEL*

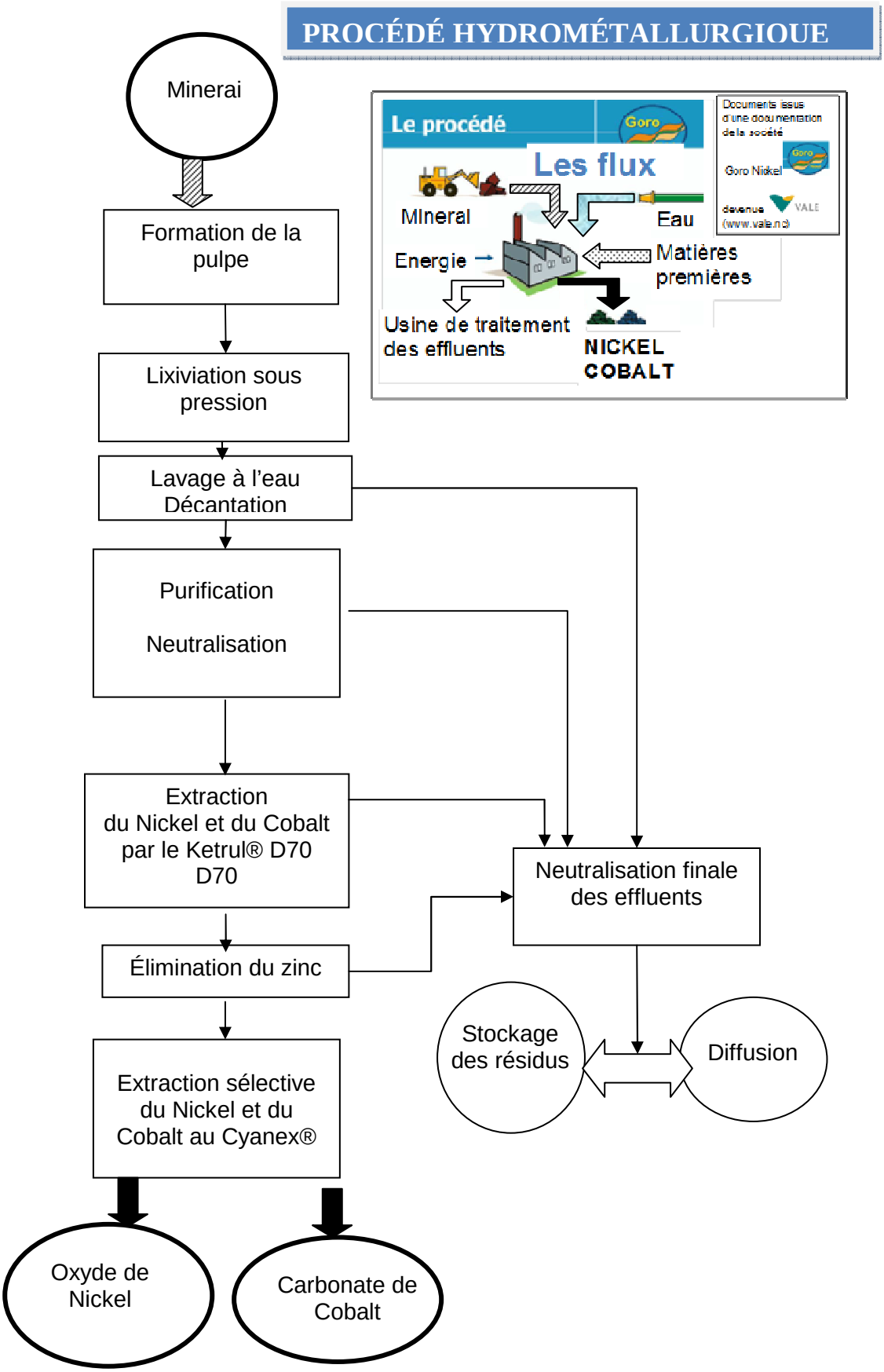
  La solution de chlorure de nickel est traitée dans un four à lit fluidisé, chauffé à haute température (800°C) par la combustion d'un mélange d'air et de gaz naturel. Le chlorure de nickel est alors décomposé en oxyde de nickel et acide chlorhydrique qui est reconstitué et recyclé pour le processus d'extraction.

- *LE COBALT*

  Le chlorure de cobalt est neutralisé par l'ajout de carbonate de sodium pour former une pulpe de cristaux de carbonate de cobalt, récupérée après décantation et filtration sous forme d'un gâteau de couleur pourpre.

Source : *(texte issu du site web de la société VALE).*

SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'INSTALLATION



LE TRAITEMENT DES RÉSIDUS LIQUIDES

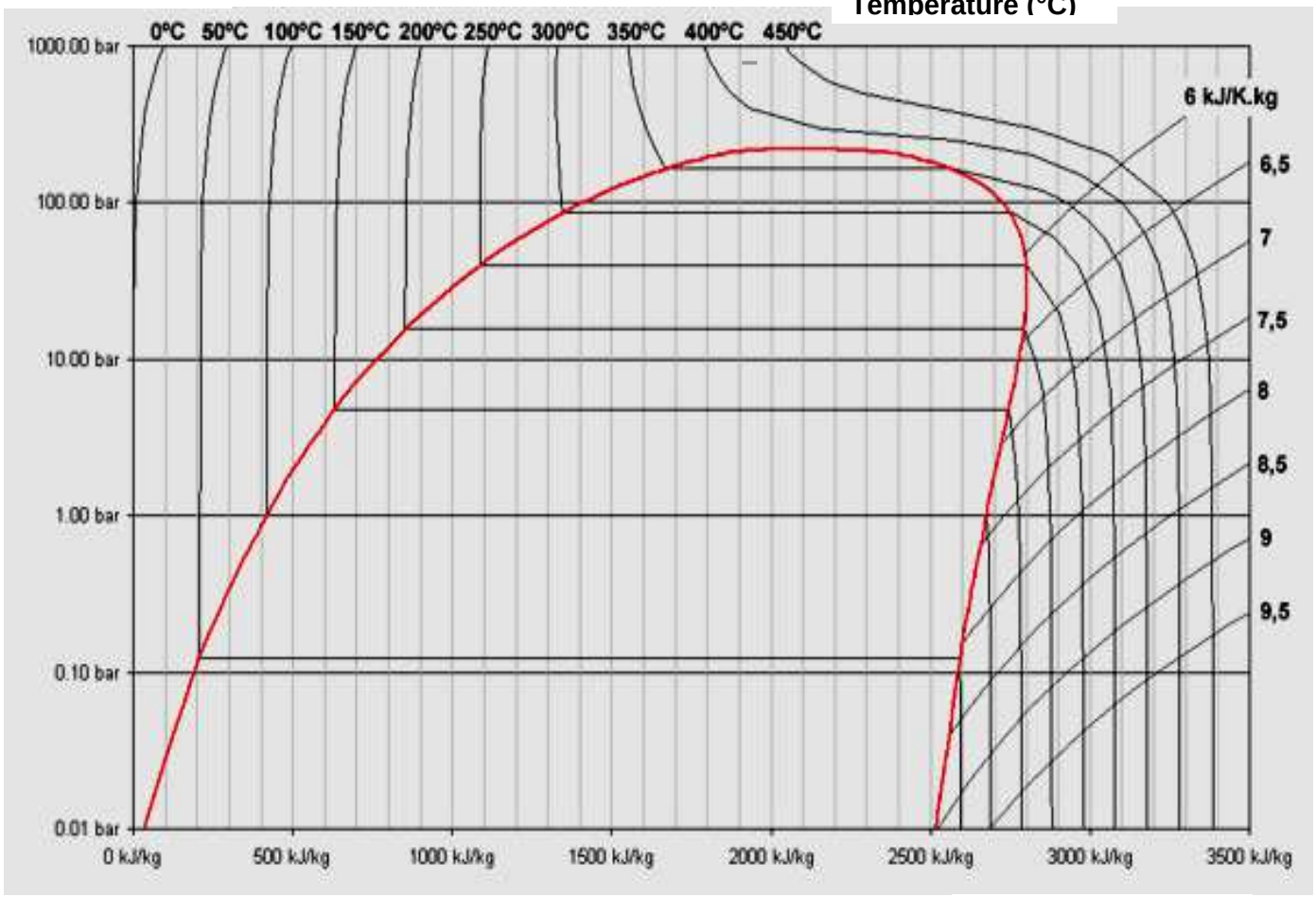
Tableau donnant les valeurs maximales autorisées pour les principaux polluants dans les rejets liquides.

Paramètre	Effluent rejeté		
	Valeurs Attendues moyennes (mg/L)	Valeurs Maximales (mg/L)	Flux moyen au débit nominal de 1500 m^3/h (kg/h)
Aluminium	0,05	1	0,075
Calcium	750	1000	1124,15
Cobalt	0,03	1	0,045
Chrome	0,05	0,5	0,075
Cuivre	0,02	0,5	0,030
Fer	0,02	4	0,030
Magnésium	6000	10 000	8995
Manganèse	100	200	150
Nickel	0,5	2	0,75
Phosphore total	0,5	10	0,75
Sulfate	24 000	50 000	35 979
Silicium	2	10	2,98
Zinc	0,05	2	0,075
Chrome hexavalent	0,02	0,1	0,030
Aluminium + Fer	1	5	1,53
Cadmium	0,1	0,2	0,153
Plomb	0,005	0,5	0,007
Cyanures	0,01	0,1	0,015
DCO		300	
DBO5	4	100	5,96
Hydrocarbures totaux	1	<10	1,50
MES	10-50	100	15
Arsenic	0,05	0,05	0,075
Mercure	0,001	0,05	0,0017
Azote total	0,1	30	0,15
Etain	0,05	2	0,075
Composés organiques halogénés		1	

DIAGRAMME ENTHALPIQUE DE L'EAU

Pression (bar)

Température (°C)



Enthalpie (kJ/kg)

On donne :

$$Q = q_m * (H_{finale} - H_{initiale})$$

La quantité d'énergie Q en kJ/h
Le débit massique en kg/h
L'enthalpie en kJ/kg

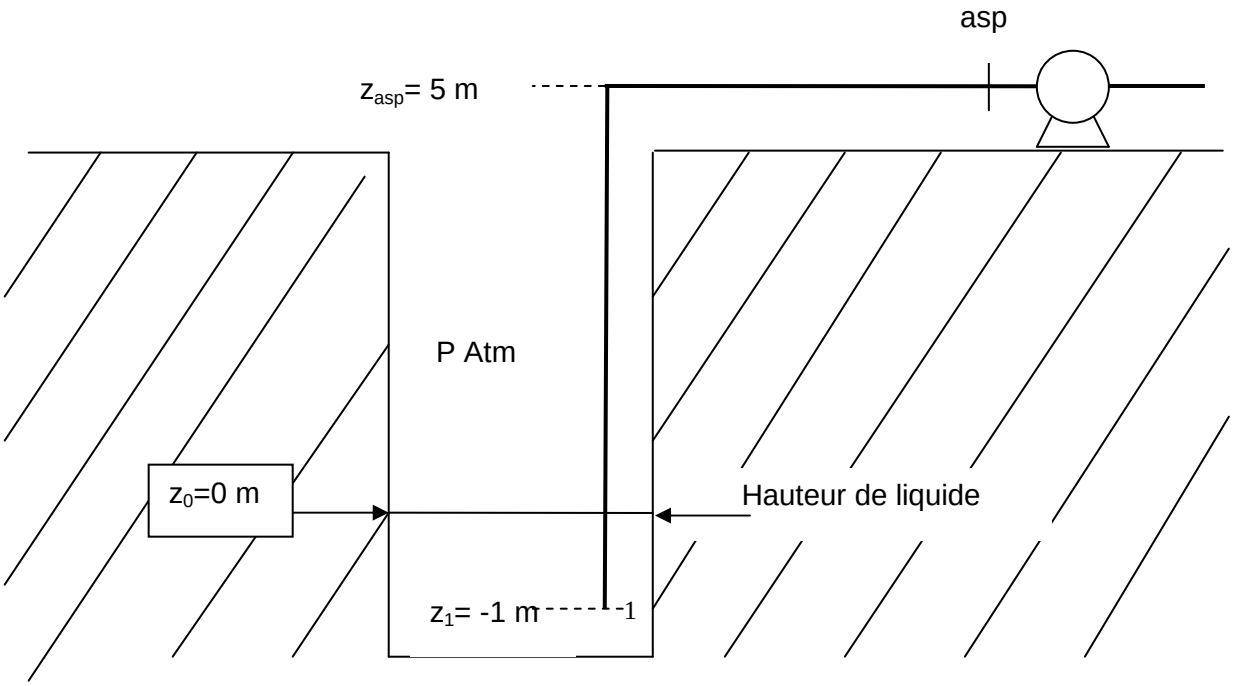
PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES DIFFÉRENTS SOLVANTS KETRUL® D70

Tableau *: extrait de la documentation TOTAL*

	UNITÉS	Kétrul® D70 D70	Kétrul® D70 D75	Kétrul® D70 D80	Kétrul® D70 D85	Kétrul® D70 D220	Kétrul® D70 D100
MASSE VOLUMIQUE À 20°C	kg/m^3	802	809	817	816	805	810
POINT ÉCLAIR PM	°C	68	77	76	85	92	103
TAUX D'ÉVAPORATION	Éther = 1	550	600	800	1000	900	> 1000
TENEUR EN AROMATIQUES	ppm	50	850	5	3	100	10
TENEUR EN BENZÈNE	ppm	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
TENEUR EN SOUFRE	ppm	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
PRESSION DE VAPEUR À 20°C	kPa	0,031	0,016	0,016	0,012	0,011	0,003
VISCOSITÉ À 20°C	Pa.s	0,0017	0,0019	0,0019	0,0022	0,0022	0,0027
NUMÉRO CAS		64742-47-8					

CONDITIONS D'ASPIRATION DU SOLVANT

Le Kétrul®D70 D70 est stocké dans une cuve enterrée selon le schéma simplifié ci-dessous. La pompe est donc montée en aspiration.
Pour amener le Kétrul®D70 D70 jusqu'à la colonne d'extraction on utilise une pompe centrifuge.



Données :

- Débit de solvant : Qv Kétrul®D70 D70 = 100 m^3/h
- Viscosité du solvant à 20°C : $\mu_{Kétrul®D70\ D70}$
- Masse volumique du solvant à 20°C : $\rho_{Kétrul®D70\ D70}$
- Pression de vapeur saturante du solvant à 20°C : Pv
- Diamètre interne de canalisation : D = 150 mm
- Rugosité de la canalisation : ε = 0,002 mm
- Longueur linéaire de canalisation : Aspiration : 130 m

} Se reporter au tableau page 7/11

Élément de tuyauterie :

Un filtre crépine à clapet (Longueur équivalente : 125 m)

Un robinet droit à soupape (Ouverture 1)

Trois coudes arrondis à 90 ° de rayon moyen.

Un clapet anti retour

Longueurs équivalentes à déterminer à partir du document : équivalence des pertes de charges en longueurs droites de tuyauteries

NPSH requis.

Ancienne pompe : 2,0 m Nouvelle pompe : 3,5 m

FORMULAIRE DE MÉCANIQUE DES FLUIDES

- Section de passage d'un tube :

$$S = \pi D^2/4$$

- Loi de la statique des fluides entre un point A et un point B (A étant situé en dessous de B) :

$$P_A - P_B = \rho \times g \times h$$

- Relation du débit volumique

$$Q_V = v \times S$$

- Théorème de Bernoulli applicable à l'aspiration d'une pompe entre un point A et B :

$$\frac{P_A}{(\rho \times g)} + z_A + \frac{v_A^2}{(2 \times g)} = \frac{P_B}{(\rho \times g)} + z_B + \frac{v_B^2}{(2 \times g)} + J_{AB}$$

- Nombre de Reynolds

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

- Pertes de charges (mCL)

$$J = \frac{1}{2} \times f \times v^2 \times \frac{(Ld + Léq)}{(D \times g)}$$

Avec :

f : coefficient de frottement

v : vitesse du fluide dans la canalisation (m/s)

D : diamètre de canalisation (m)

g : pesanteur g= 9,81 m/s^2

- Coefficient de frottement f
  - En régime laminaire $f = \frac{64}{Re}$
  - En régime turbulent $f = \frac{0,32}{Re^{0,25}}$

- NPSH disponible pour un montage en aspiration (m)

$$NPSH\,disponible = \frac{(Pasp - Pv)}{(\rho \times g)}$$

ÉQUIVALENCES DES PERTES DE CHARGES EN LONGUEURS DROITES DE TUYAUTERIES

Exemple :

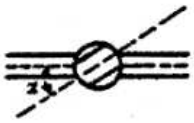
Calculer la longueur équivalente d'un clapet anti-retour placé sur une canalisation de 5 cm de diamètre.

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).

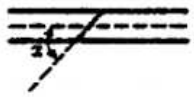
Robinet-vanne
- **— ouverture 1/4 : A**
- **— ouverture 1/2 : C**
- **— ouverture 3/4 : H**
- **— ouverture 1 : O**

Robinet droit à soupape, ouverture 1 : B
Robinet d'équerre à soupape, ouverture 1 : D

Robinet à tournant
- **α = 10 degrés : H**
- **α = 20 degrés : D**
- **α = 40 degrés : A**



Robinet à papillon
- **α = 10 degrés : G**
- **α = 20 degrés : D**
- **α = 40 degrés : A**



Coude à 180 degrés :



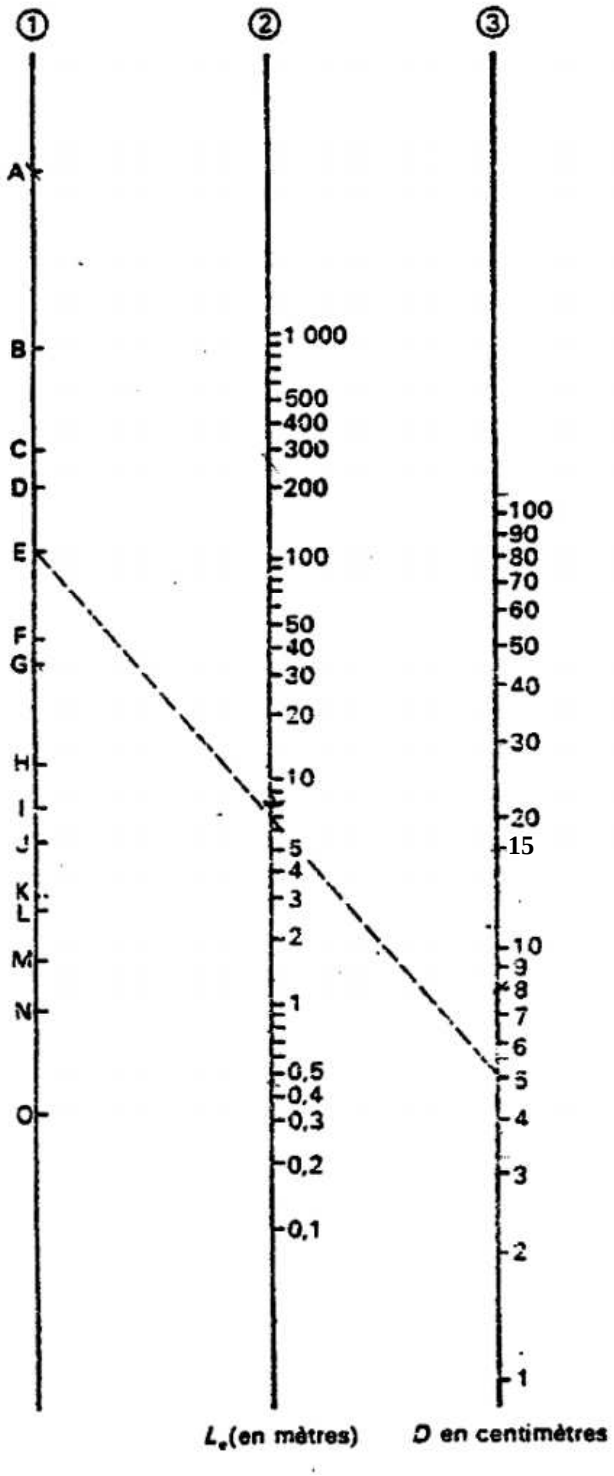
Coude brusque à 90 degrés : G
Coude arrondi à 90 degrés :
- **de petit rayon : I**
- **de rayon moyen : J**
- **de grand rayon : K**

Elargissement brusque :
- **— rapport des diamètres d/D = 1/4 : H**
- **— rapport des diamètres d/D = 1/2 : K**
- **— rapport des diamètres d/D = 3/4 : L**

Rétrécissement brusque :
- **— rapport des diamètres d/D = 1/4 : M**
- **— rapport des diamètres d/D = 1/2 : N**
- **— rapport des diamètres d/D = 3/4 : O**

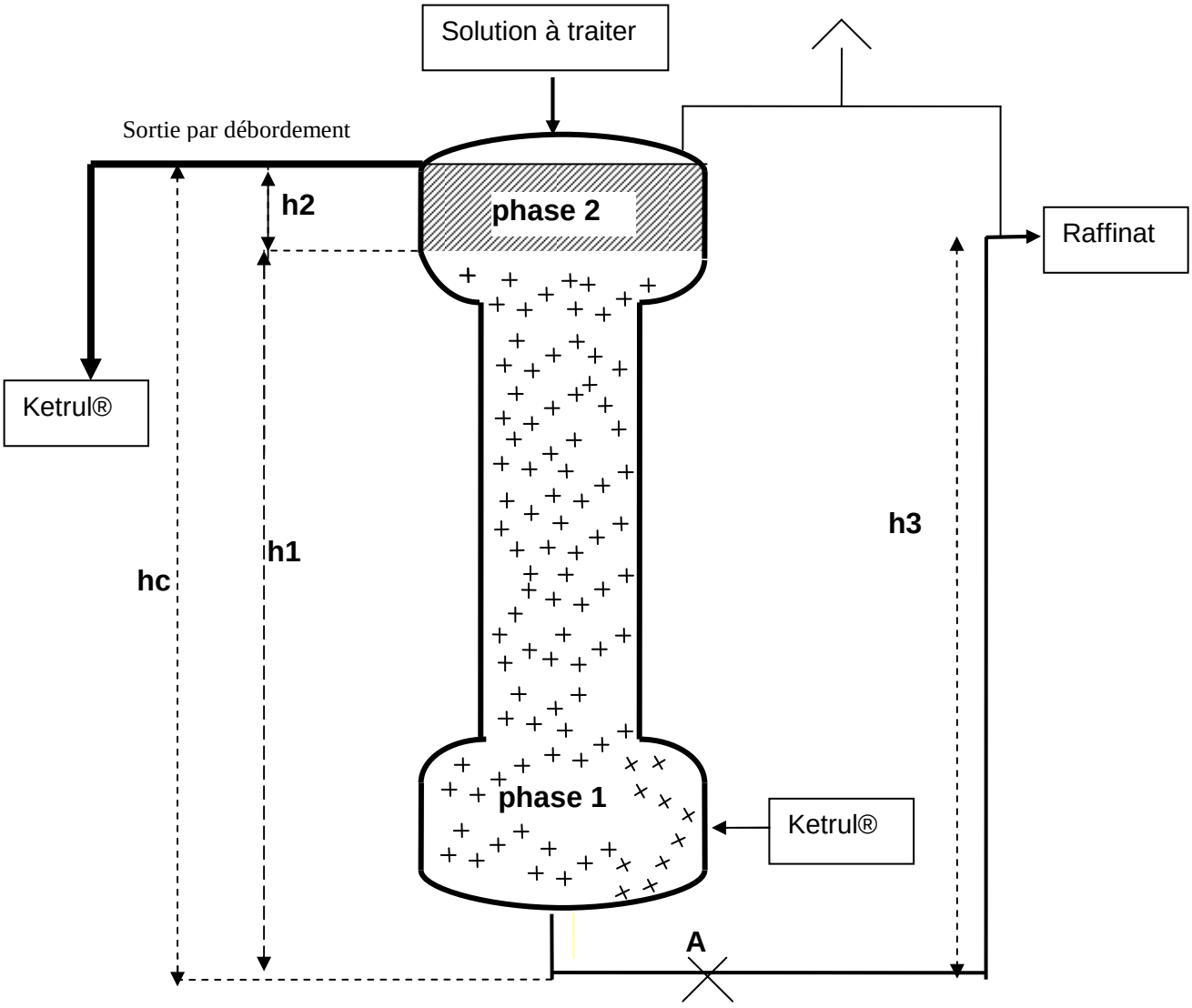
Clapet anti-retour : E
Té : G

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.



GARDE HYDRAULIQUE SUR UNE COLONNE D'EXTRACTION

Dans une colonne d'extraction liquide-liquide fonctionnant à contre-courant l'interface est réglée par une garde hydraulique sur la sortie phase lourde en fond de colonne.
La phase lourde est assimilée à de l'eau.



Données :

- Hauteur du débordement de la phase légère (par rapport au fond de colonne) :
  hc = 2,5 m

- Phase légère = Kétrul®
  ρ_2 = 802 kg/m^3

- Phase lourde = eau
  ρ_1 = 1000 kg/m^3

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.