

**BACCALAUREAT PROFESSIONNEL
INDUSTRIE DES PROCÉDES
Session 2006**

**ÉPREUVE E2 : Etude et conduite des
opérations unitaires**

DOSSIER RESSOURCES

Ce dossier contient 12 pages

Durée : 4h

Coef :3

SOMMAIRE

Description du procédé	3
Schéma de procédé	4
Données de l'évaporation	5
Données de dynamique des fluides	6-7
Fiche sécurité du nitrate d'uranyle	8
Description de l'installation d'automatisme	9-10-11
Formulaire	12

PROCEDE DE SYNTHESE DES OXYDES D'URANIUM

INTRODUCTION

Les concentrés en uranium, en provenance du monde entier sont reçus en fûts de 225 l, transportés dans des transcontainers maritimes. Les concentrés préparés en France sont généralement transportés dans des containers de 1000 l.

Les concentrés, appelés communément « yellow cake », contenant de 70 à 75% d'uranium ont des natures chimiques diverses : uranates de magnésium, de sodium, d'ammonium et oxydes provenant de la calcination plus ou moins poussée de l'uranate d'ammonium (peroxydes d'ammonium).

Les produits en attente de traitement sont stockés sur des « parkings » parfaitement repérés. Une comptabilité matière rend compte en permanence de ce stock de grande valeur.

REACTION DE DISSOLUTION :

Le yellow cake est obtenu à l'issue d'une opération de concentration du minerai. Les concentrés contenus dans les fûts et les containers sont vidés dans un silo, d'où ils sont extraits pour alimenter la cuve de dissolution qui est alimentée d'acide nitrique. Le yellow cake est alors attaqué par de l'acide nitrique selon la réaction :

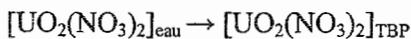


Ce traitement est suivi d'une filtration.

PURIFICATION :

Cette opération unitaire permet d'obtenir la "pureté nucléaire". La pureté nucléaire ne tolère la présence que de quelques ppm, voire moins, de certains poisons neutroniques (bore, cadmium, hafnium, gadolinium... dont certains isotopes sont neutrophages.)

Cette purification est effectuée par une extraction liquide/liquide entre la solution aqueuse de nitrate d'uranyle et une solution de tertiobutyl phosphate (T.B.P.) dans le kérosène (ou parfois le dodécane). Ce transfert de matière est modélisé par l'équation suivante :



Le T.B.P. fixe le nitrate d'uranyle sous forme d'un complexe. Les deux liquides n'étant pas miscibles, la réaction ne peut se faire qu'à la surface de séparation des phases aqueuse et organique. Ce transfert de matière est effectué dans une colonne divisée en étages par des plateaux, chaque étage contenant un agitateur.

REEXTRACTION DU NITRATE D'URANYLE

L'objectif est de refaire passer le nitrate d'uranyle purifié en phase aqueuse

La réextraction du nitrate d'uranyle $[\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 = 0,394 \text{ kg.mol}^{-1}]$ en solution dans un diluant mixte (30% de T.B.P. – 70% de kérosène, en masse) se fait par de l'eau.

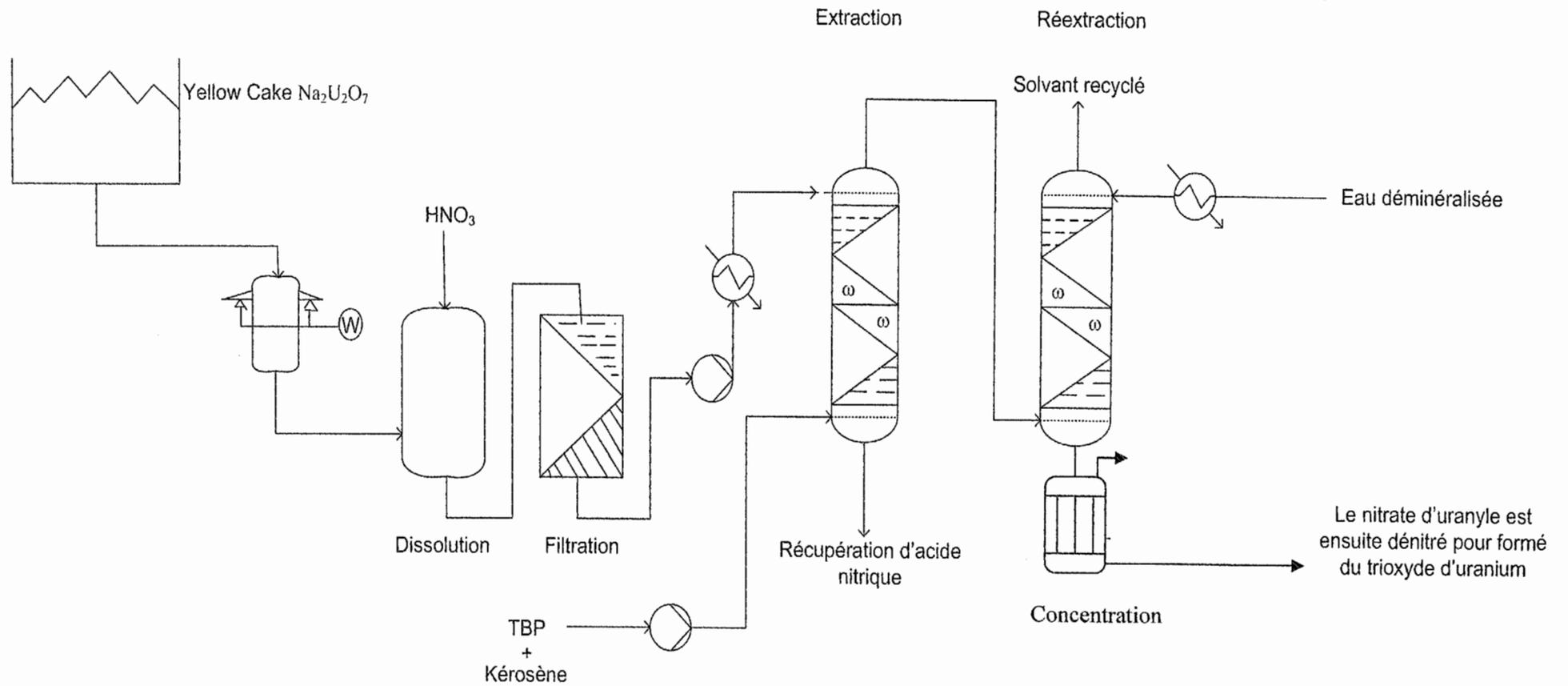
On alimente la colonne avec un débit d'alimentation de $1230,6 \text{ kg.h}^{-1}$ ($1,333 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$). La concentration en nitrate d'uranyle dans l'alimentation est de 315 mol.m^{-3} .

On récupère un raffinat ayant un débit de $1,297 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$, et un extrait de 2235 kg.h^{-1} ($2,067 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$) dont la concentration en nitrate d'uranyle est de 200 mol.m^{-3} (phase aqueuse).

DENITRATION DU NITRATE D'URANYLE

Le nitrate d'uranyle purifié est ensuite concentré avant d'être dénitré suivant l'équation ci-dessous :
 $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{UO}_3 + 2 \text{NO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2$

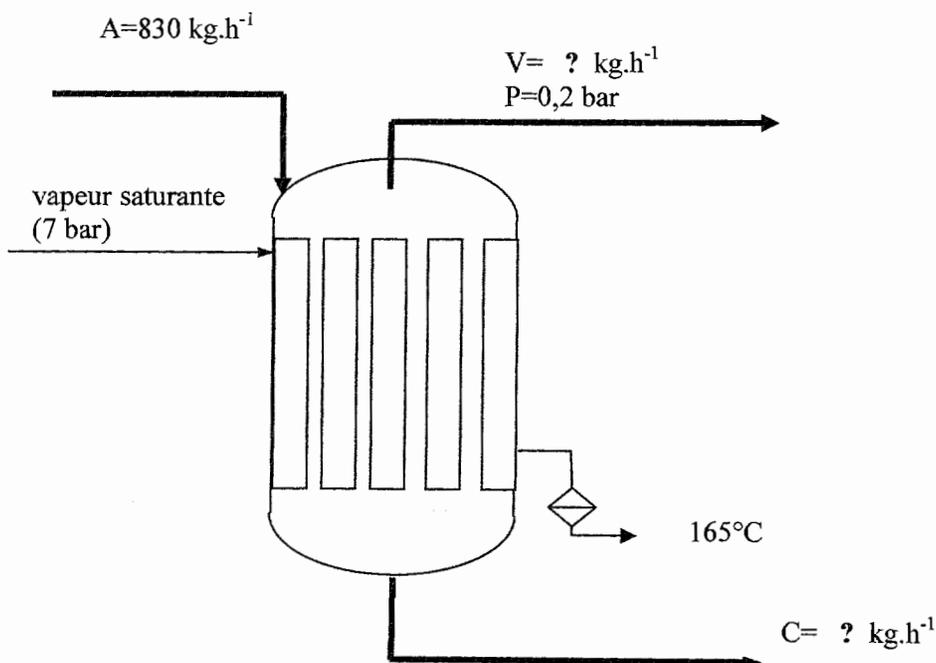
SYNTHESE DU NITRATE D'URANYLE



BILAN THERMIQUE DE L'EVAPORATION

Un évaporateur à un effet, fonctionnant sous vide, permet d'assurer la concentration de la solution aqueuse de nitrate d'uranyle. Les paramètres opératoires sont les suivants :

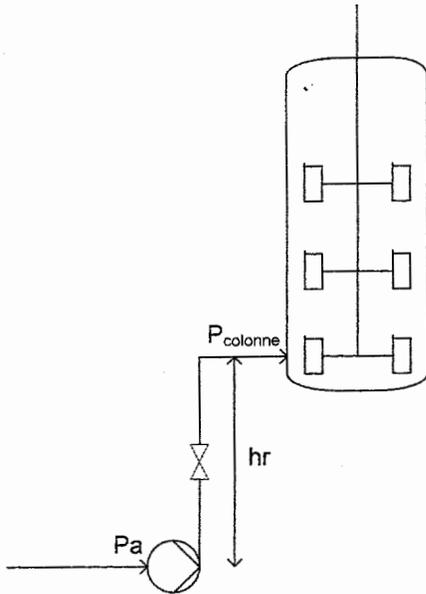
- Pression absolue à l'intérieur de l'évaporateur : 0,2 bar
- Pression absolue de la vapeur de chauffage : 7 bars
- Débit massique de solution à concentrer : $830 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$
- Titre massique, en nitrate d'uranyle, de la solution d'alimentation : 19,28%
- Titre massique, en nitrate d'uranyle, de la solution concentrée : 59,26%
- Température des condensats, dans le purgeur : 165°C
- Enthalpie massique de la solution d'alimentation : $220 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
- Enthalpie massique de la solution concentrée : $159 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$



• **Tableau d'enthalpie massique de l'eau**

Pression <i>bar</i>	Température $^\circ\text{C}$	Enthalpie liquide $\text{KJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	Enthalpie vapeur $\text{KJ} \cdot \text{kg}^{-1}$
0,1	45,833	191,83	2584,8
0,2	60,086	251,45	2609,9
0,3	69,124	289,30	2625,4
0,4	75,886	317,65	2636,9
0,5	81,345	340,56	2646,0
1	99,632	417,51	2675,4
2	120,23	504,70	2706,3
3	133,54	561,43	2724,7
4	143,62	604,67	2 737,6
5	151,84	640,12	2 747,5
6	158,84	670,42	2755,5
7	164,96	697,06	2 762,0
8	170,41	720,94	2767,5
9	175,36	742,64	2 772,1
10	179,88	762,61	2 776,2

CARACTERISTIQUES DE LA POMPE D'ALIMENTATION EN SOLVANT DE LA COLONNE D'EXTRACTION



Débit de l'installation $1,263\text{m}^3.\text{h}^{-1}$

Caractéristiques du fluide :

Masse volumique : $\rho = 845\text{ kg.m}^{-3}$

Viscosité : $\mu = 1,323\ 10^{-3}\text{ Pa.s}$

Circuit d'aspiration :

Pression (absolue) à l'aspiration : 0,8 bar

Circuit de refoulement :

Le diamètre du tuyau de refoulement est de 19 mm

La rugosité de la tuyauterie est $\varepsilon = 1,9.10^{-5}\text{ m}$

Hauteur de refoulement $h_r = 3\text{ m}$

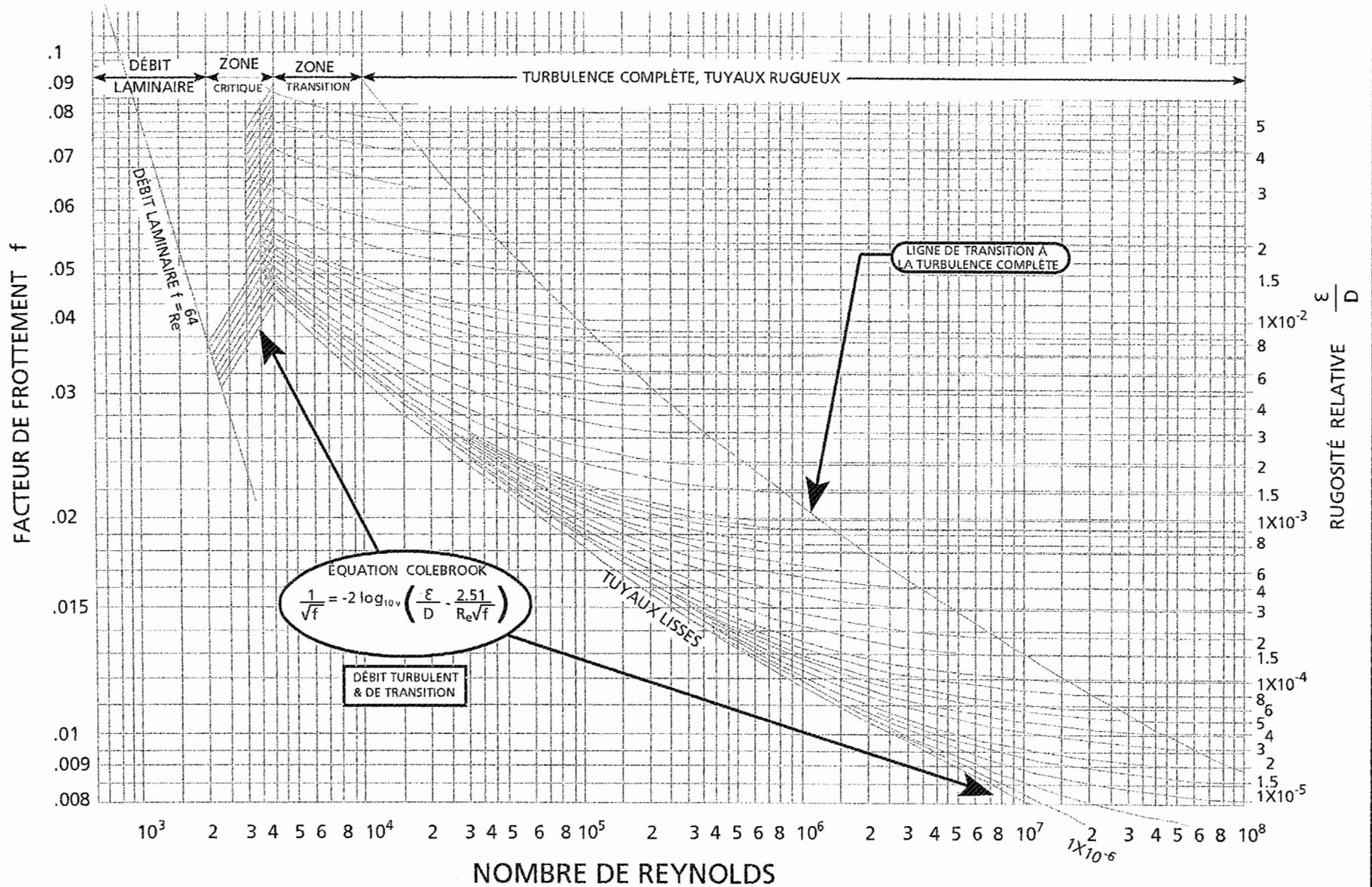
Longueur totale de canalisation : $L_T = 3,5\text{ m}$

Pertes de charges dues au robinet : $J_R = 0,32\text{ m de colonne de liquide}$

Pression (absolue) du pied de colonne : $P_{\text{colonne}} = 1,2\text{ bar}$

Caractéristique de la pompe :

Rendement mécanique de la pompe $\eta = 65\%$



FICHE DE SECURITE DU NITRATE D'URANYLE

Numéro CAS : 10102-06-4

Identification :

Formule moléculaire brute : $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$

Principaux synonymes :

Noms français :

- Oxynitrate d'uranium
- Nitrate d'uranyle

Noms anglais :

- Uranium oxynitrate
- Dinitratodioxouranium
- Uranium nitrate oxyde

Hygiène et sécurité

Apparence : Solide cristallin, jaune inodore

Danger immédiat pour la vie et la santé : 10 mg/m^3 exprimé en Uranium

Etat physique : Solide

Masse moléculaire : 394,04 g/mol

Solubilité dans l'eau : Soluble

Limite de détection olfactive : Sans objet

Inflammabilité : Ce produit peut s'enflammer au choc ou par friction.

Techniques et moyens d'extinction : l'eau

Techniques spéciales : porter un appareil respiratoire autonome

Prévention

Stabilité : Ce produit est instable dans les conditions suivantes : peut exploser au choc, à la friction. Si le produit est chauffé jusqu'à sa décomposition, il émet des fumées d'oxydes d'azote.

Incompatibilité : Ce produit est incompatible avec les substances organiques et les agents réducteurs.

Manipulation : éviter tout contact avec la peau. Porter un appareil de protection aux yeux et en cas de ventilation insuffisante porter un appareil respiratoire approprié. Porter des vêtements appropriés.

Stockage : conserver dans un récipient hermétique placé dans un endroit frais et sec.

Toxicologie :

Ce produit peut être absorbé par les voies respiratoires, la peau et les voies digestives.

Effets chroniques : atteintes pulmonaires (pneumoconiose) et sanguines possibles ; dommages hépatiques.

Effets cancérogènes confirmés chez l'homme.

AUTOMATISME

1/ Description du système :

On se propose d'étudier l'automatisation de l'unité de dissolution qui alimente la zone de stockage de l'unité de synthèse des oxydes d'uranium.

Cette unité est constituée :

- D'un silo **S** contenant le concentré uranifère.
- D'un bac **A** de préparation dans lequel est incorporé le HNO_3 .
- D'un bac tampon **B** qui alimente le silo de stockage.

Des sondes de niveaux permettent de transmettre des informations :

- Silo **S** : sonde de présence de produit **pp**.
- Bac **A** : sonde de niveau bas **ba**.
- sonde de niveau intermédiaire **ma**.
- sonde niveau haut **ha**.

- Bac **B** : sonde de niveau bas **bb**.
- sonde de niveau haut **hb**.

Des électrovannes permettent le transfert des produits :

- Alimentation du bac **A** en concentré uranifère **EV1**.
- Alimentation du bac **A** en HNO_3 **EV4**.
- Transfert vers le bac tampon **B** **EV2**.
- Transfert vers la zone de transfert **EV3**.

Un agitateur **A** permet d'obtenir le mélange du produit.

Le pupitre opérateur est constitué :

- D'un bouton poussoir **m** de départ de cycle.
- D'un bouton poussoir **a** de validation de vidange.
- D'un voyant vert **LV** d'autorisation de vidange.

Remarque :

Tous les capteurs sont de types NO.

Toutes les électrovannes sont de types monostables fermés au repos.

Les capteurs non actifs seront notés suivant l'exemple : un capteur **x** non actif est noté \bar{x}

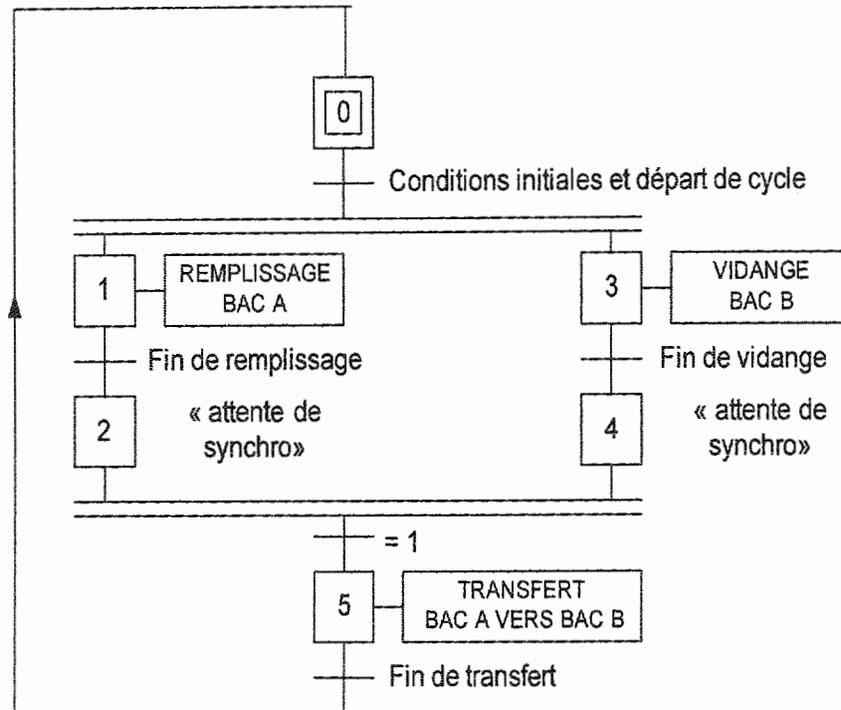
2/ Fonctionnement de l'installation :

L'unité de dissolution fonctionne en flux tendu. L'autorisation de vidange vers la zone de stockage est matérialisée par un voyant vert situé sur le pupitre opérateur. Le remplissage du bac A et la vidange du bac B se font simultanément.

Conditions initiales :

Le cycle ne pourra commencer que si le bac A est vide, le bac B plein, le silo S contient du produit et que l'opérateur appuie sur le bouton poussoir m.

Le cycle pourra alors commencer tel que décrit par le Grafcet de production normal.



Remplissage du bac A :

- Le remplissage commence par le concentré uranifère jusqu'au niveau **ma**.
- Le niveau étant atteint, on complète le niveau avec le HNO₃ jusqu'au niveau **ha**.
- pour obtenir un produit homogène on procède à un mélange pendant 30 minutes.

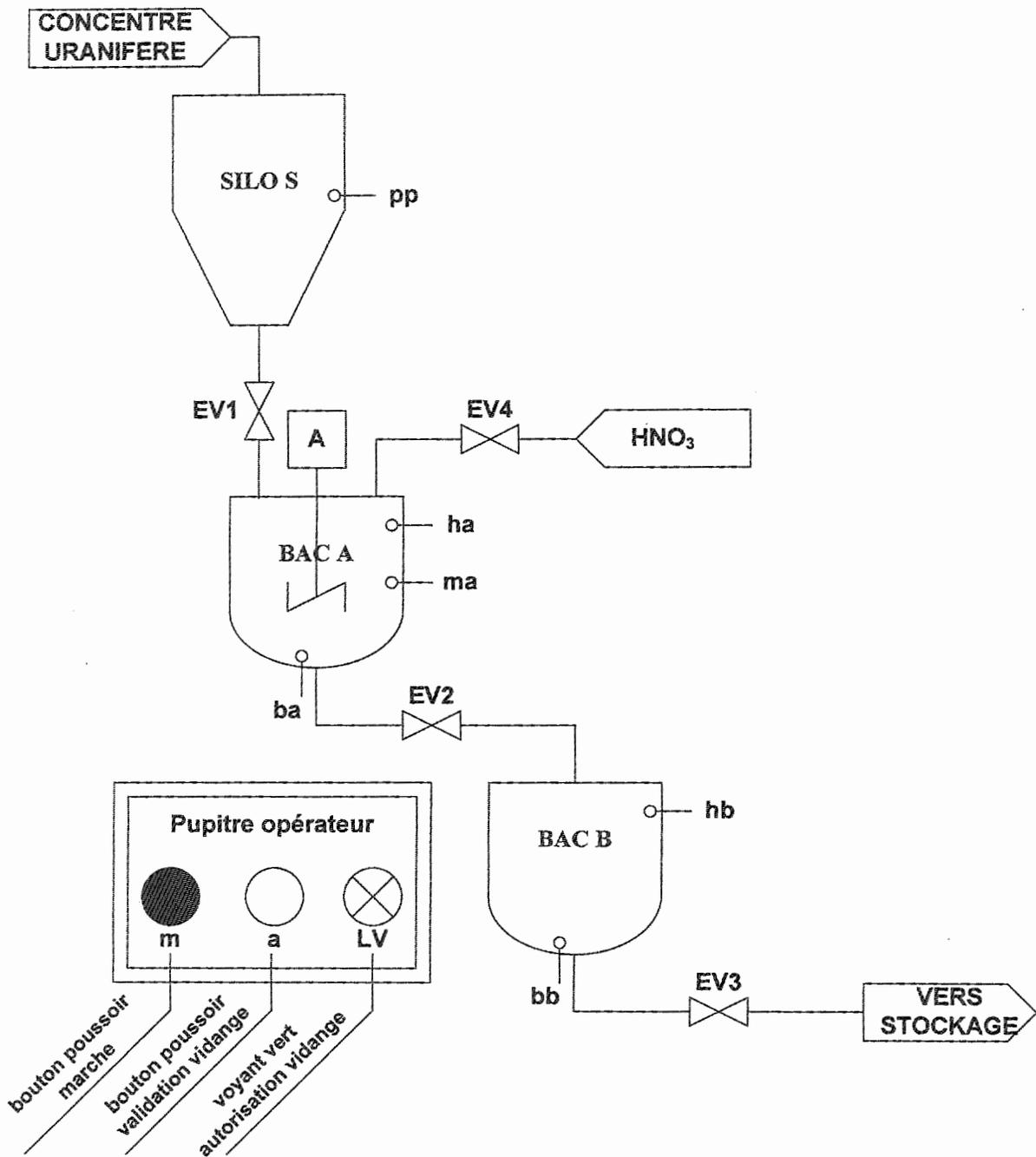
Vidange du bac B :

- Un voyant vert **LV** s'allume sur le pupitre opérateur permettant la vidange du bac.
- L'appuie sur le bouton poussoir **a** permet la validation de la vidange et ouvre le robinet **EV3**.

Transfert du bac A vers le bac B :

- Le transfert du bac A vers le bac B s'obtient par l'ouverture du robinet **EV2**.

Schéma de l'installation



FORMULAIRE

Le nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{\rho u D}{\mu}$$

La pression atmosphérique normale vaut 101325 Pa.

Les hauteurs manométriques de la pompe :

A l'aspiration :

$$H.M.A. = \frac{Pa}{\rho g}$$

On prendra $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

Au refoulement :

$$H.M.R. = \frac{P_{\text{colonne}}}{\rho \cdot g} + hr + \frac{u_r^2}{2 \cdot g} + J_T$$

Avec J_T , Pertes de charge totales définies par

$$J_T = J_{\text{singulieres}} + J_{\text{linéaires}}$$

Et *Jlinéaires*:

$$J_{\text{linéaires}} = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{u^2}{2g}$$

f : coefficient de friction
L : longueur droite

Hauteur manométrique totale :

$$H.M.T. = H.M.R. - H.M.A.$$

Puissance de la pompe :

Puissance utile :

$$Pu = Qv \cdot \rho \cdot g \cdot H.M.T.$$

Rendement de la pompe :

$$\eta = \frac{Pu}{Pabs}$$