

## Contextes de régulation : Un exemple en industrie chimique

### \* Document de référence :

Sujet d'écrit en Génie Chimique à la session de juin 2012 du baccalauréat STLCLPI.

- Les travaux y portaient sur un procédé industriel de production de l'acétone par réaction de déshydrogénation du propan-2-ol.

Après traitement du produit à la sortie du réacteur, l'acétone se présente sous la forme d'un mélange liquide stocké dans un réservoir.

Il faut purifier en acétone le mélange par rectification.

Ce mélange, pompé dans le réservoir ( $R_2$  sur le schéma de l'installation) est injecté après préchauffage dans la colonne de distillation ( $D_2$  sur le schéma de l'installation). Les vapeurs de tête de colonne, purifiées en acétone, sont condensées et stockées provisoirement dans un réservoir (pot de recette  $R_3$  sur le schéma de l'installation).

De ce réservoir l'acétone purifiée est partiellement soutirée avec un débit  $q_D$  (distillat), l'autre partie (reflux) étant renvoyée en tête de la colonne avec un débit  $q_R$ .

**Le schéma "Plan de Circulation des Fluides" de l'installation, accompagné de la schématisation, est essentiel pour comprendre cet exemple.**

NB : Le schéma PCF ne détaille pas les composantes de la régulation comme le schéma TI. Il en montre juste la présence et la logique.

### \* La rectification réalisée présente 4 nécessités de régulation classiques :

° Deux de température :

-----> Celle de la température de préchauffage (i) **PCF zone 1**

-----> Celle de la température à un niveau dans la colonne (ii) **PCF zone 2**

(i) Le mélange doit entrer dans la colonne  $D_2$  à ébullition commençante.

(ii) Le maintien de la température assure que la séparation se fait avec la pureté voulue.

Souvent c'est la température de tête qui est réglée. Dans cet exemple ce n'est pas le cas.

° Différence de pression entre la tête et le pied de colonne  $D_2$  **PCF zone 3 :**

Il s'agit par ce biais de contrôler la puissance de chauffage au niveau du bouilleur (échangeur en thermosiphon  $E_5$ ).

La colonne n'est pas isobare. Les vapeurs ascendantes subissent des pertes de charge.

En tête la pression est imposée. En pied elle dépend de la puissance de chauffage.

En réglant la pression différentielle entre la tête et le pied de colonne, on assure l'ascension des vapeurs en limitant la puissance du chauffage.

° Niveau de liquide dans le réservoir "pot de recette"  $R_3$  **PCF zone 4 :**

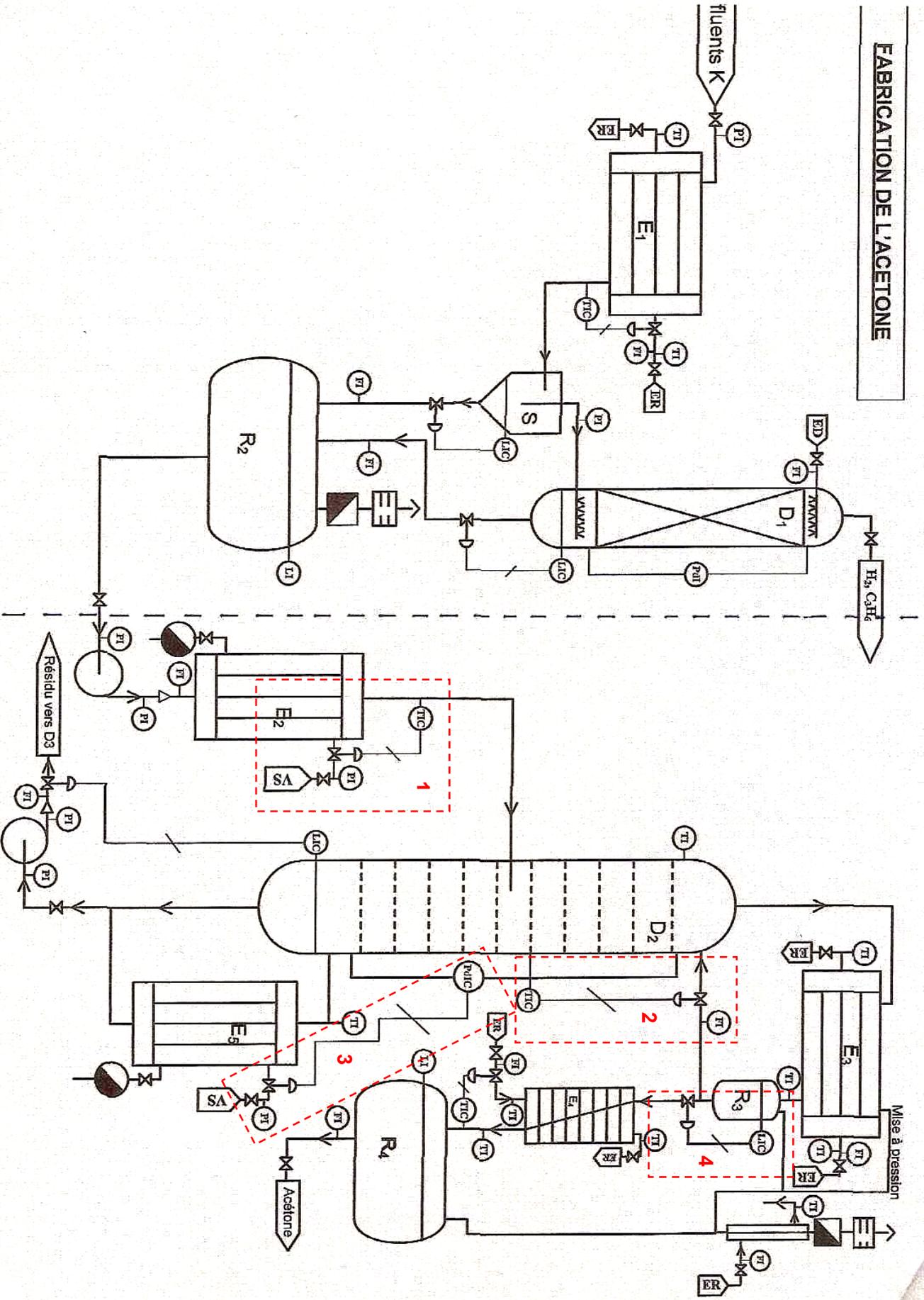
Le débit de vidange  $q = q_D + q_R$  doit être suffisant pour assurer un débit de reflux  $q_R$  lui-même suffisant.

La raison en est que la température réglée dans la colonne  $D_2$  est fonction du taux de reflux

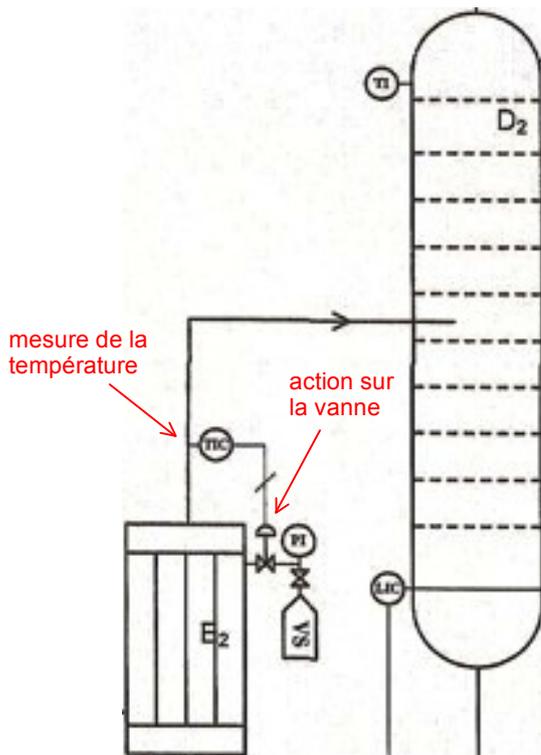
$\tau = q_R / q_D$ , donc du débit de reflux  $q_R$ .

Or  $q$  dépend du niveau dans le réservoir  $R_3$ , qui ne doit ni se remplir totalement, ni se vider totalement. En réglant le niveau dans  $R_3$ , on assure cette double contrainte et  $q_R$  suffisant.

# FABRICATION DE L'ACETONE



1 - Régulation de la température de préchauffage : PCF zone1



A la sortie de l'échangeur tubulaire  $E_2$ , le mélange doit être porté à une température  $\theta$  de telle manière qu'il entre dans la colonne  $D_2$  à ébullition commençante.

Le fluide de service est de la vapeur saturante VS. de débit  $q_{vap}$ .

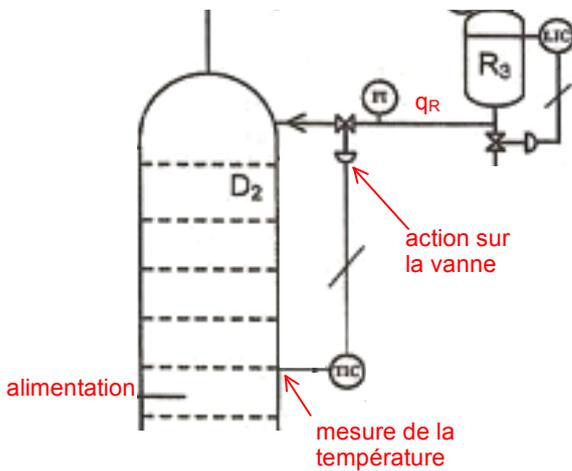
⇒ Son flux thermique est :  $\Phi_{vap} = q_{vap} L_{vap}$

Grandeur réglée :  $\theta$

Grandeur réglante :  $q_{vap}$

Consigne : valeur nécessaire de  $\theta$

2 - Régulation de la température au-dessus du niveau d'alimentation de la colonne : PCF zone 2



La température au niveau de reflux doit rester inférieure à une valeur  $\theta$ .

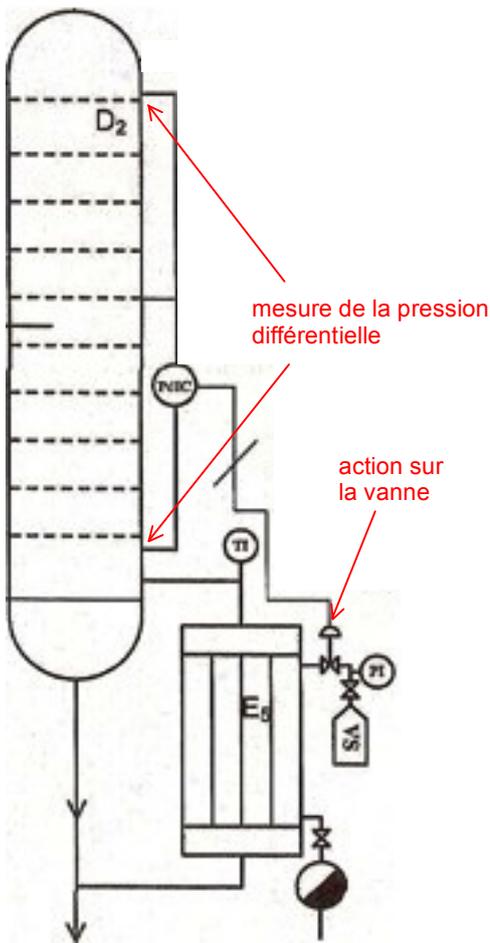
Les valeurs de la température le long de la colonne sont fonction du débit de reflux  $q_R$ .

Grandeur réglée :  $\theta$

Grandeur réglante :  $q_R$

Consigne : valeur limite de  $\theta$

3 - Régulation de la pression différentielle entre le pied et la tête de la colonne : PCF zone 3



La pression différentielle entre le pied et la tête de colonne doit avoir une valeur assurant l'ascension des vapeurs mais ne doit pas être trop grande. Si c'était le cas, la puissance de chauffage serait elle aussi trop grande. Il y aurait un risque éventuel d'engorgement de la colonne, c'est-à-dire un reflux difficile du liquide.

Le fluide de service est de la vapeur saturante VS. de débit  $q_{vap}$ .

⇒ Son flux thermique est :  $\Phi_{vap} = q_{vap} L_{vap}$

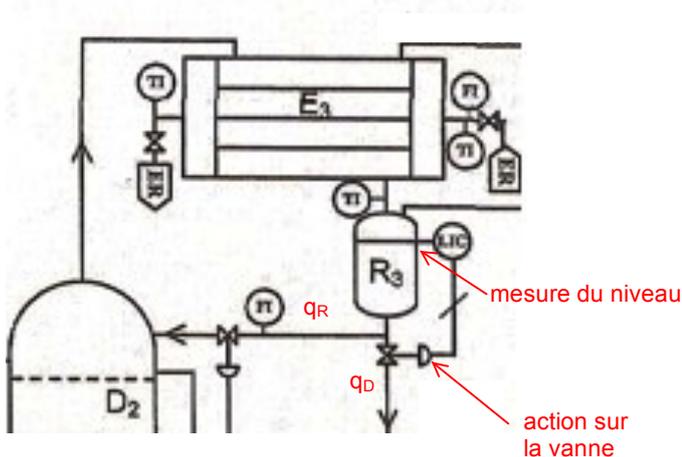
Grandeur réglée :  $\Delta P = P_{pied} - P_{tête}$

Grandeur réglante :  $q_{vap}$

Consigne : valeur nécessaire de  $\Delta P$

**Commentaire :** Le schéma de régulation ci-contre ne représente pas du tout la manière dont est captée la pression différentielle.

4 - Régulation du niveau dans le réservoir "pot de recette" R3 : PCF zone 3



Si  $q_R$  augmente alors le débit de vidange  $q_D$  augmente.  $q_D$  doit être corrigé pour ne pas vider le réservoir. Et réciproquement si  $q_R$  diminue. L'influence du débit de vidange sur le niveau dans le réservoir est un procédé instable intégrateur.

Grandeur réglée : hauteur  $h$  de liquide dans le réservoir

Grandeur réglante :  $q_D$

Consigne : valeur nécessaire de  $h$ .

**Commentaire :** Le schéma de régulation ci-contre ne représente pas du tout la manière dont est capté le niveau.