

Exercice 1 (10 pts)

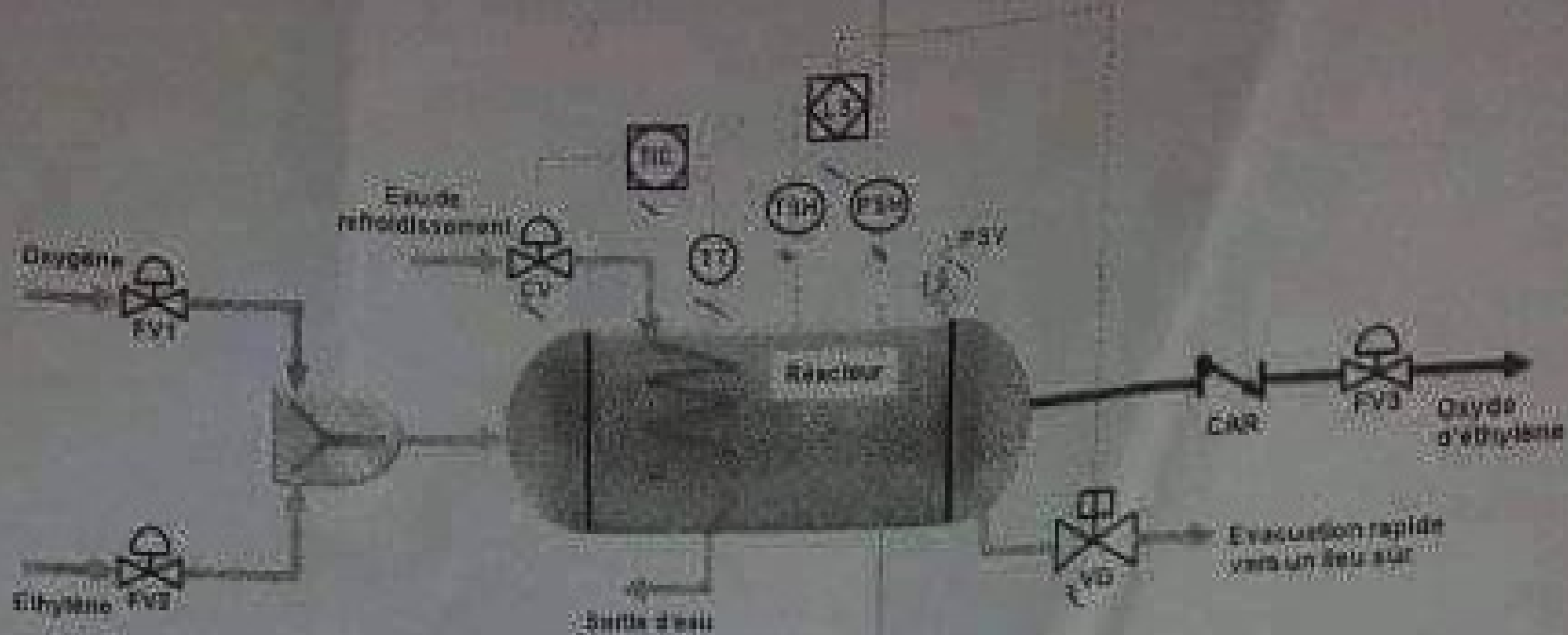
La figure suivante montre un schéma simplifié d'un réacteur qui convertit l'éthylène (C_2H_4) en oxyde d'éthylène (C_2H_4O) en utilisant de l'oxygène et un catalyseur (réaction exothermique). La température de fonctionnement du réacteur est de $280\text{ }^\circ\text{C}$ et la pression de fonctionnement est de 8 atm. L'oxyde d'éthylène est très dangereux, cancérigène, inflammable et explosif. Lorsqu'il atteint sa température de décomposition d'environ $400\text{ }^\circ\text{C}$, une explosion dévastatrice pourrait se produire. Afin de contrôler la température du réacteur et éviter l'emballement de la réaction, ce dernier est doté d'un circuit d'eau de refroidissement comportant : un transmetteur de température (TT), un contrôleur (TIC) et une vanne de contrôle (CV).

L'oxygène et l'éthylène sont combinés et forment le flux d'alimentation du four. Leurs débits sont respectivement contrôlés par deux vannes de contrôle **FV1** et **FV2**. Une concentration élevée d'oxygène à l'intérieur du réacteur conduirait à une augmentation rapide de la température, ce qui pourrait engendrer une explosion due à la décomposition de l'éthylène (cette décomposition est accompagnée d'une surpression). La décomposition de l'éthylène est tellement rapide que le circuit d'eau de refroidissement n'arrive jamais à contrôler la température. Aussi, une concentration élevée d'éthylène conduit à la formation d'un mélange explosif à l'intérieur du réacteur. Pour éviter l'explosion du réacteur, un transmetteur de température élevée (**TSH**) et un transmetteurs de pression élevée (**PSH**) sont prévus pour ouvrir la vanne de décharge **VD** par le biais de l'unité logique **LS**. Des concentrations faibles d'oxygène ou d'éthylène provoquent des perturbations non dangereuses au niveau du réacteur.

Finalement, on note que le réacteur est pourvu d'une soupape de sécurité (**PSV**) le protégeant contre la surpression. Cette surpression, en plus des causes citées précédemment, peut être induite par une alimentation excessive du réacteur. Par ailleurs, le flux d'oxyde d'éthylène à la sortie du réacteur passe par un clapet anti-retour (**CAR**) pour empêcher son retour dans le réacteur, ce qui constitue une source potentielle de surpression et donc d'explosion. Le débit à la sortie du réacteur est contrôlé par la vanne **FV3**.

1. Effectuer une analyse HAZOP en considérant les deux paramètres suivants :
 - *Température à l'intérieur du réacteur,*
 - *Pression à l'intérieur du réacteur.*

Remarque : pour le tableau HAZOP, considérer les éléments suivants : paramètre, mot-guide, cause, conséquences, barrières.



2. Construisez l'arbre des défaillances (AdD) relatif à l'événement redouté « **Explosion du réacteur suite à une défaillance dans le circuit de refroidissement** », en considérant les composants suivants : TT, CV, TIC, PSY, FSH, TSH, LS, VD