



Le risque accidentel et les équipements sous pression

F. MALET

Sécurité des Procédés

Direction des Risques Accidentels

fabrice.malet@ineris.fr / 03 44 55 69 76

1/22



Le risque accidentel

Le **risque accidentel** analyse l'exposition d'une **cible** (employés, équipements, riverains/environnement) à un **danger**.

Le risque accidentel est évalué selon deux critères principaux : la **probabilité** et la **gravité**.

Dans certaines réglementations est présent la notion de « **risque acceptable** » : on utilise alors la notion de **criticité**, combinaison de la probabilité et la gravité.

Le risque accidentel

Différentes **méthodologies** existent, pour analyser les risques d'un procédé industriel ou d'un équipement :

- HAZOP
- AMDEC
- APR
- Forfaitaires consensuelles (normes)
- Forfaitaires réglementaires (lois, arrêtés)

Elles ont des **objectifs** et **angles de vue** différents. Elles dépendent des **connaissances apportées** (par le groupe de travail, par le texte).

Et par conséquent ne sont **pas exhaustives**.

Les analyses de risques

Une analyse des risques **forfaitaire** (normative ou réglementaire) se limite à étudier les scénarios décrits dans le texte : **étude à minima**, qui peut ne pas protéger le fabricant/exploitant en cas d'accident.

Les **autres analyses** de risques vont également envisager d'autres **scénarios connus** (*), même si leur évaluation (probabilité/gravité) sera parfois majorante.

* Pour les ESP : fatigue/vieillessement, corrosion, usure, ...

Les dangers des ESP

Les dangers qui peuvent être présentés par les ESP sont principalement :

- **Eclatement/rupture** (explosion libérant une énergie physique)
- **Fuite** de fluide et selon sa nature induire **divers dangers** : incendie, anoxie, ATEX, ...
- **Effet domino** (notamment éclatement) suite à d'autres évènements accidentels générés par l'environnement de l'équipement (incendie, chute/impact, ...).



Les dangers des ESP

- La **rupture** doit être gérée à la conception (**fabricant**).
- Les **fuites et leurs effets** doivent être gérés **à la fois** par le fabricant (précisant les limites d'utilisation) et l'exploitant (vérifiant que ses dangers sont maîtrisés soit par prévention soit par protection)
- Les **effets dominos** sont gérés par l'**exploitant**.

Les mesures de **prévention** diminuent la **probabilité** (et parfois la gravité).

Les mesures de **protection** diminuent la **gravité**.

Les dangers des ESP

- La synthèse des analyses de risques, pour chaque scénario doit lister :
- Nom du scénario (lieu/équipement, phénomène, ...)
- Mesure (technique et/ou organisationnelle) de prévention
- Mesure (technique et/ou organisationnelle) de protection
- Evaluation probabilité résiduelle
- Evaluation gravité résiduelle



Explosion d'ESP

Une explosion est caractérisée par :

- ✓ l'énergie totale libérée,
 - ✓ la vitesse de libération de l'énergie (ici comparable à une déflagration rapide voire à une détonation).
- Les effets d'une explosion peuvent être plus ou moins étendus selon qu'ils font intervenir des effets directs ou indirects



Effets d'une explosion

Effets directs :

- surpression (renversement, dégâts corporels)
- flammes (brûlures)

Effets indirects :

- missiles (débris de parois, objets mobiles),
- gaz toxiques (gaz de combustion),
- incendie,
- effets dominos sur d'autres installations,
- explosions secondaires.

9/22

L'explosion physique

L'énergie libérée dans l'éclatement peut être évaluée à partir de la relation de Brode :

$$E = \frac{PV}{\gamma - 1}$$

où

P est la pression du gaz dans le récipient,

V est le volume du récipient

γ est le rapport des capacités thermiques du gaz ($\gamma = c_p / c_v$)

Les conséquences (distances d'effets) sont évaluées en "équivalent TNT"

Cas 1 : ESP pris dans un incendie

- ESP correctement pris en compte à la conception/fabrication par la directive ESP mais dont l'intégration sur site n'est pas correctement gérée (notice ne précisant pas le risque)
- Cas **assez fréquent**, notamment dans un contexte de culture de sécurité faible
- La montée en température induite par l'incendie extérieur à l'équipement **augmente la pression interne** et **diminue la résistance** à la pression de l'équipement.
- Risque : éclatement

Cas 1 : ESP pris dans un incendie

- Évaluation du risque sans mesure de prévention/protection :
 - Probabilité : **importante** (cf Retour d'expérience publique comme dans la base de données ARIA accessible en ligne)
 - Gravité : **importante** (éclatement + présence potentiel de pompiers, extension importante de l'incendie)
- Mesures de prévention/protection :
 - Dispositif d'extinction incendie fiable (prévention)
 - Limiter les volumes sous pression (protection)
 - Signaler le risque (protection)
- Risque résiduel :
 - Probabilité : **faible** . Gravité : **modérée**

12/22

Cas 2 : ESP corrodé

- ESP dont le risque d'éclatement est correctement pris en compte par la directive ESP pour un équipement neuf, mais dont **la nature du gaz** et les **cyclages en pression/température** induisent une perte de performance au cours du temps
- Problématique assez **peu fréquente**
- Résultante d'un **manque de précision du cahier des charges** OU d'un **changement d'activité** sans analyse de risque
- Risques = fuite (corrosion ponctuelle)
éclatement (fragilité globale)

Cas 2 : ESP corrodé

- Évaluation du risque sans mesure de prévention/protection :
- Fuite : Probabilité **modérée**, gravité **dépendante de la toxicité**
- Eclatement : Probabilité **modérée**, gravité **importante**

- Mesures de prévention/protection :
 - Vérifications régulières d'adéquation aux nouvelles normes, d'absence de fuite, de test en pression (prévention)
 - Cahier des charges clair. Demande de certificat en cas de changement d'activité. (prévention)

- Risque résiduel :
 - Probabilités **faibles**. Gravités **inchangées**.

Cas 3 : ESP fragilisé en interne par une combustion

- ESP qui peut être le siège d'une combustion en interne. Si non prévue en analyse des risques (et donc absence de mesure de prévention) peut amener à une perte de performance de l'enveloppe par montée en température rapide.
- Cas notamment des compresseurs pourvus de déshuileur
- Risques : **éclatement ESP** puis **risques incendie** ou **explosion d'ATEX** à l'extérieur de l'équipement

Cas 3 : ESP fragilisé en interne par une combustion

- Évaluation des risques sans mesure de prévention/protection :
 - Éclatement : probabilité **faible**, gravité **modérée**
 - Incendie : probabilité **faible**, gravité **importante**
 - ATEX : probabilité **faible**, gravité **très importante**
- Mesures de prévention/protection :
 - Détection d'une combustion en interne : température dans le séparateur (prévention)
 - Maitrise des risques d'inflammation interne
- Risques résiduels :
 - probabilités **très faibles**, gravités **faibles**

L'ADR dans la conception

- EES de la DESP précise dès le 1^{er} chapitre « Remarques Préliminaires »
 - Point 2: « Les **obligations** découlant de ces exigences essentielles de sécurité **ne s'appliquent que** si le **danger correspondant existe** »
 - Point 3: « Le **fabricant** est **tenu d'analyser les dangers et les risques** afin de déterminer ceux qui s'appliquent à ses équipements du fait de la pression; il **conçoit et construit** ensuite ses équipements en **tenant compte de son analyse** »

L'ADR dans la conception

- Formaliser une ADR type AMDE/HAZOP permet de lister:
 - Les phases de vie,
 - Les fonctions des parties (composant/pièce),
 - Les dangers et les modes/mécanismes de défaillance lié (même si les codes/normes couvrent de toute façon une grande majorité des modes de défaillance),
 - Les cas de chargement,
 - Identifier les risques résiduels qui sont donc à expliciter dans la notice,
 - Identifier les EES applicables.

L'ADR dans la conception

- Formaliser une ADR type AMDE/HAZOP nécessite de former un groupe de travail impliquant les différents « intervenants » pour la conception et fabrication d'un ESP.

L'ADR dans la conception

- Le CETIM travaille avec les industriels sur l'ADR:
 - Formation sur la méthode,
 - Participation au groupe de travail pour réaliser l'ADR,
 - Avis sur l'ADR.

L'ADR dans la conception

- L'accompagnement se fait généralement:
 - Pour de la reconception,
 - Dans un nouveau domaine pour l'industriel,
 - Pour une conception particulière:
 - Utilisation d'ESP dans des nouveaux systèmes / domaines / procédés (pas ou peu de REX)
 - Utilisation d'ESP sur des bancs d'essai,
 - Utilisation d'ESP partiellement couvert par les codes.

L'ADR dans la conception

- Exemple d'application de l'ADR:
 - Pièces hautes pression pour des contrôles de fabrication,
 - Pièces en fabrication additive → propriétés du matériau/procédés de fabrication ?
 - Pièces sur des systèmes complexes: problématique d'accès, de maintenance, de suivi en service.