

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE COMPIÈGNE

UTC

Maitrise des Risques

TD 6 : révisions-précisions

UV TS01

Resp : christophe.proust@utc.fr

donnons un sens à l'innovation



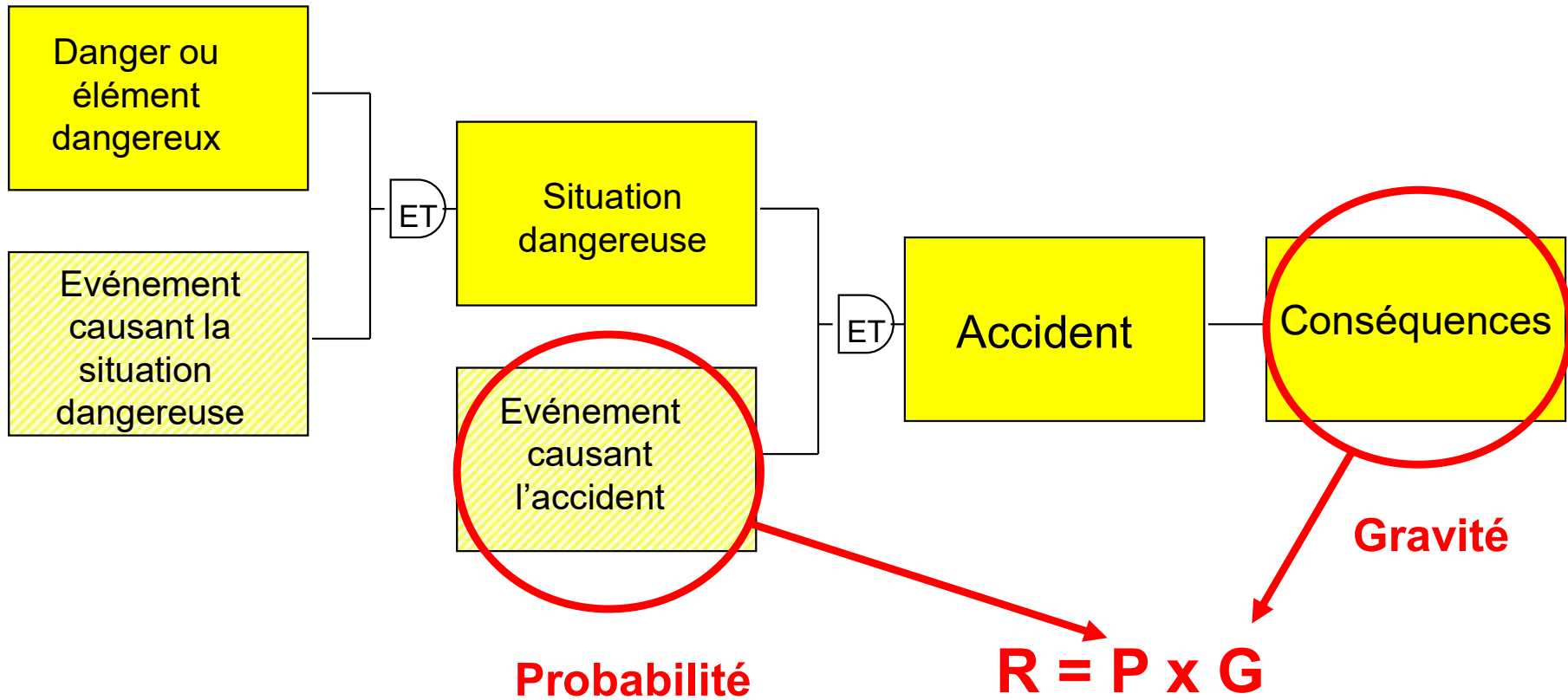
Une démarche progressive

- Un risque c'est
- J'analyse un accident pour en extraire des enseignements (constitution d'un REX,...)=>AdC
- Pour un contexte donné, j'identifie les risques => carto
- Pour des risques donnés, je définis le thermomètre => identification (REX, grille)
- Pour une catégorie de risques (précédés, professionnels, majeurs), je cherche les causes et éventuellement les combinaisons de causes => HAZiD, HAZoP, APP
- Et je calcule les conséquences !



Les Risques...

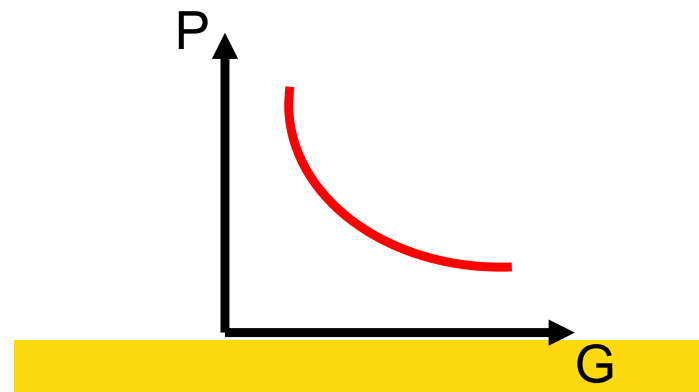
Vos questions résiduelles



Gravité \ Probabilité	Mineure	Significative	Critique	Catastrophique
Fréquent ou Peu fréquent	C2	C3	C3	C3
Rare	C1	C2	C3	C3
Extrêmement rare	C1	C1	C2	C3
Extrêmement improbable	C1	C1	C1	C2

La « Grille de Criticité »

C1 : acceptable en l'état => aucune action nécessaire
 C2 : acceptable sous contrôle
 C3 : inacceptable => empêcher les scénarios



AdC

3 explosions de bouteilles de gaz chez Air Liquide Mitry-Mory

- Bancs tests d'étanchéité à l'azote (à 30 et 250 bar) + eau savonneuse
- Erreur de branchement
- 1^{ère} explosion (9h35)
- Evacuation du personnel
- Salarié seul, en formation et non habilité
- Reprise de l'activité (10h50)
- Enquête du BEA-RI



Enquête



TRIPLE DEFLAGRATION A L'AEB DU SITE INDUSTRIEL ALFI DE MITRY-MORY du 25/03/2022

Enquête des élus CGT de la CSSCT et du CSE ALFI IM IDF NORD

25 mars 2022



■ Configuration du poste

La rampe sur laquelle s'est produit l'accident sert à tester l'étanchéité des bouteilles après montage des robinets. Le poste est constitué de deux rampes distinctes :

- Une rampe basse pression azote 30 bars pour les bouteilles acier tôlees.
- Une rampe haute pression azote 250 bars pour les bouteilles alu et acier.

Le test est effectué en aspergeant un liquide savonneux sur le collet de la bouteille sous pression.

■ Relevé des faits

L'opérateur qui travaillait seul sur le poste n'était pas informé qu'il y avait une rampe basse pression dédiée aux bouteilles tôlees. Selon ses propos, la formation sur le poste a duré deux jours.

- L'opérateur a connecté quatre S14 tôlees, une S05 et une S10 aluminium sur la rampe haute pression, puis a ouvert la vanne d'azote partiellement pour mettre en pression les bouteilles.
- Pendant la montée en pression de la rampe, l'opérateur a rapporté deux bouteilles sur le poste montage parce que les robinets montés ne correspondaient pas à l'ordre de fabrication.
- La 1^{ère} explosion qui s'est produite à 9:20 a déclenché le POI et le confinement du personnel.
- La 2^{ème} explosion s'est produite quelques secondes plus tard, lorsque le personnel de l'AEB évacuait le service pour se rendre dans la zone de confinement.
- La 3^{ème} explosion s'est également produite quelques secondes plus tard.
- L'ensemble du personnel a été confiné jusqu'à 9h45.
- La police et les pompiers du SDIS accompagnés d'un infirmier sont arrivés sur le site de Mitry-Mory peu de temps après.

A faire :

1. Etablir la liste des faits
2. Fait(s) ultime(s)
3. Construire l'arbre des causes
4. Comparer avec AdC du syndicat...

Liste des faits

- Test d'étanchéité par mise sous pression
- L'opérateur est seul
- L'opérateur non habilité
- Ignorait l'existence d'une rampe BP
- Formation au poste courte
- Branche les bouteilles tôlees sur la rampe HP
- Ouverture de la rampe HP
- Ramène des bouteilles non conformes
- Éclatement de la 1^{er} bouteille
- Déclenchement du POI
- Évacuation et confinement du personnel
- Éclatement d'une seconde bouteille (différé)
- Éclatement d'une 3eme bouteille (différé aussi)
- Arrivée des secours
- [Déconfinement]

Fait ultime ?

Pour un arbre des causes, le ou les faits ultimes sont souvent les accidents. Des blessés, une pollution par exemple. Ils résultent de la conséquence d'une chaîne causale. Au-delà de l'accident, des actions peuvent avoir lieu, dans le temps, qui résultent de l'accident, comme l'enquête par exemple. Mais l'enquête sert en général à élucider les circonstances et les causes de l'accident rien de plus. Dans ce cas précis, il n'y a pas de victime mais on va montrer sur la base des dégâts que l'opérateur a eu beaucoup de chance. Finalement, les événements dont on peut trouver les causes dans la liste des faits mais pas de conséquences sont les faits ultimes. Ici, **l'éclatement des bouteilles 2 et 3**, le **confinement du personnel** et **l'arrivée des secours**. On peut se demander pourquoi ne pas inclure le déconfinement. Une raison est que dans les faits on ne dispose pas d'indication sur le processus de décision (les raisons) qui ont décidé le déconfinement. Ce fait est « orphelin » en quelque sorte.

A propos de l'éclatement des bouteilles. Il est précisé qu'il y a un délai entre les éclatements ce qui rend impossible un effet domino sous l'effet de l'onde de pression ou d'un projectile compte tenu de la vitesse de ces phénomènes de plusieurs centaines de mètres par secondes.

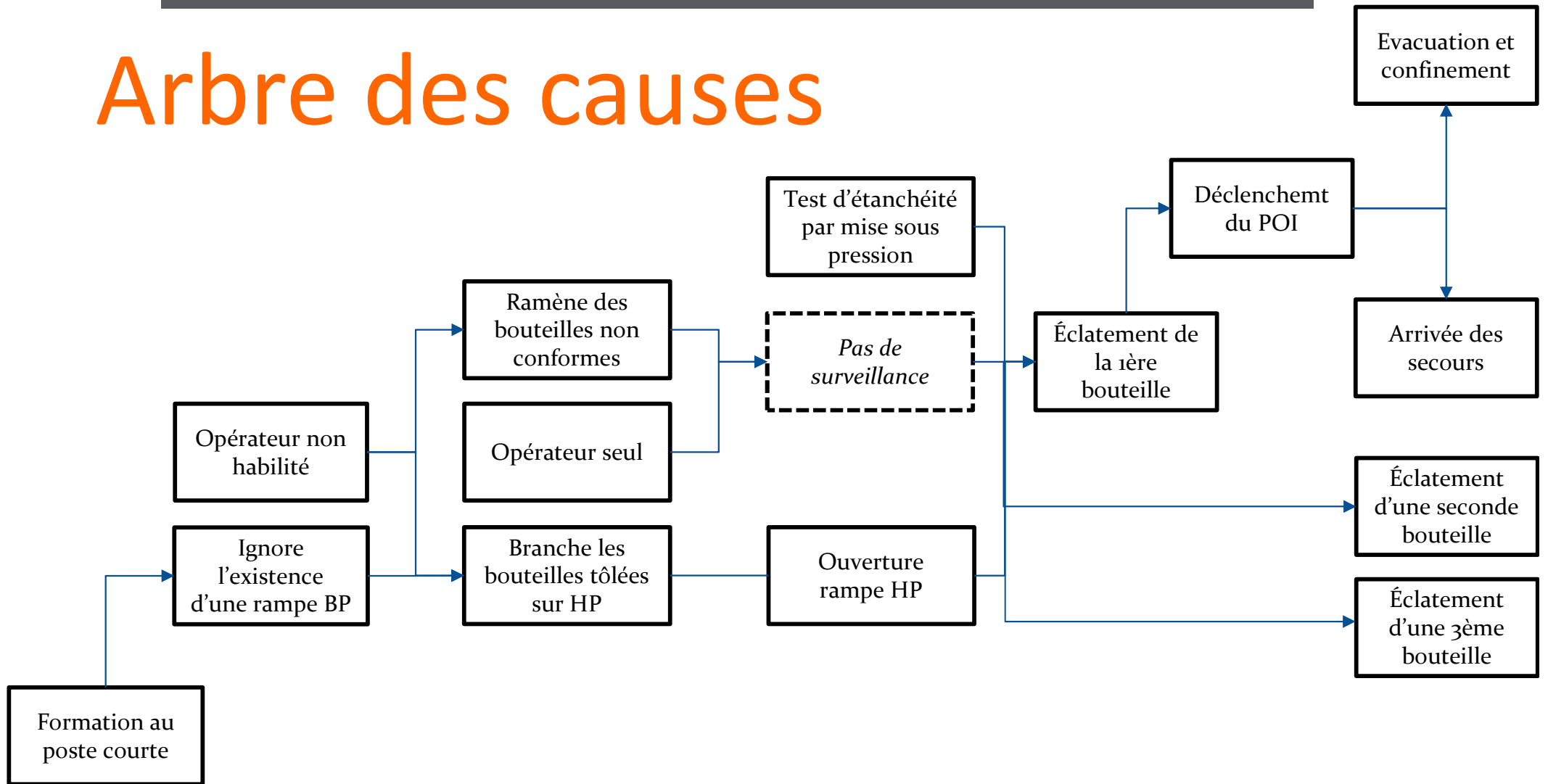
Fait ultime ?

Mais il est aussi vrai que la cause de chacun des éclatements est la même. C'est l'effet de l'augmentation de la pression jusqu'au point de rupture. La première bouteille était peut-être légèrement plus fragile que la 2nde et que la 3^e. Si la 4^e n'a pas éclaté c'est sans doute par chance, parce que l'éclatement d'une des autres bouteilles, la 3^e sans doute, a endommagé la rampe basse pression et a provoqué une fuite m'empêchant de ce fait la pressurisation de la 4^e bouteille jusqu'à son point de rupture.

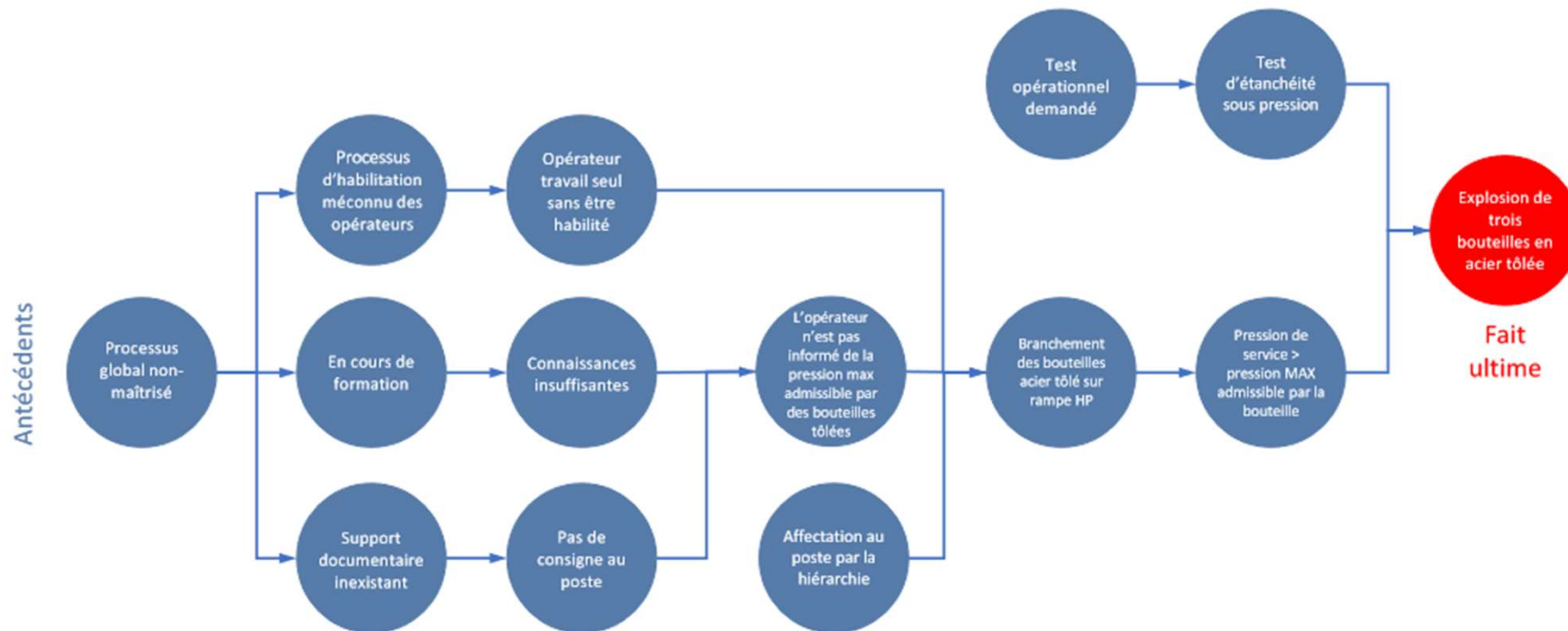
Un dernier aspect mérite d'être précisé. Traditionnellement, on teste les bouteilles à une pression légèrement supérieure à leur pression d'utilisation dite de service. Cette pression de test est la pression d'épreuve, elle correspond approximativement au seuil de plasticité du métal. On peut estimer que la pression de rupture correspond à 2 fois la pression d'épreuve. Il est précisé que les bouteilles tôlées sont testées à 30 bars c'est à dire à leur pression d'épreuve. Leur pression de rupture et donc probablement voisine de 60 bars.

Par ailleurs la référence des bouteilles, par exemple S14 pour les bouteilles tôlées, indique la contenance : 14 pour 14 litres.

Arbre des causes



Enquête : Arbre des causes



Commentaires

Il me semble que l'arbre des causes proposées par la CGT n'est pas tout à fait complet ni honnête. Il y apparaît notamment des éléments organisationnels par exemple qui ne figurent pas dans la liste des faits. C'est une interprétation. Par ailleurs, le fait que l'opérateur se soit absenté pendant la mise sous pression est passé sous silence, témoignant d'une volonté de le protéger alors que son attitude a été un peu légère.

On rappelle qu'il est très important que l'arbre des causes reste très factuel de manière à ce qu'il puisse être partagé et conduisent à prendre des décisions à l'avantage de tous .

Commentaires

Quelles mesures prendre ?

Évidemment on pourrait penser à une meilleure formation, à une habilitation systématique mais s'agissant d'air liquide, un grand groupe gazier qui maîtrise parfaitement la technologie des gaz et les les risques associés, pour qu'un accident de ce type puisse arriver cela suppose une organisation très lâche. Donc rien ne garantit qu'une mesure organisationnelle aurait un quelconque effet.

Il vaut donc mieux imaginer des barrières techniques. Il est intéressant d'observer la forme de la bouteille qui n'a pas éclaté alors qu'elle a été soumise à une pression de 60 bars comme les autres. Elle ne ressemble plus à un cylindre mais plutôt à une sphère. Elle s'est largement déformée si bien qu'il est possible d'imaginer une technique qui détecte ce changement de forme. Par exemple on pourrait disposer les bouteilles dans des cerclages relativement ajustés au diamètre et équipés d'un capteur piézoélectrique par exemple qui couperait automatiquement la mise sous pression dès qu'une déformation du cercle serait détectée.



Calculs de conséquences

Nuages toxiques-explosions-incendies

Objectifs

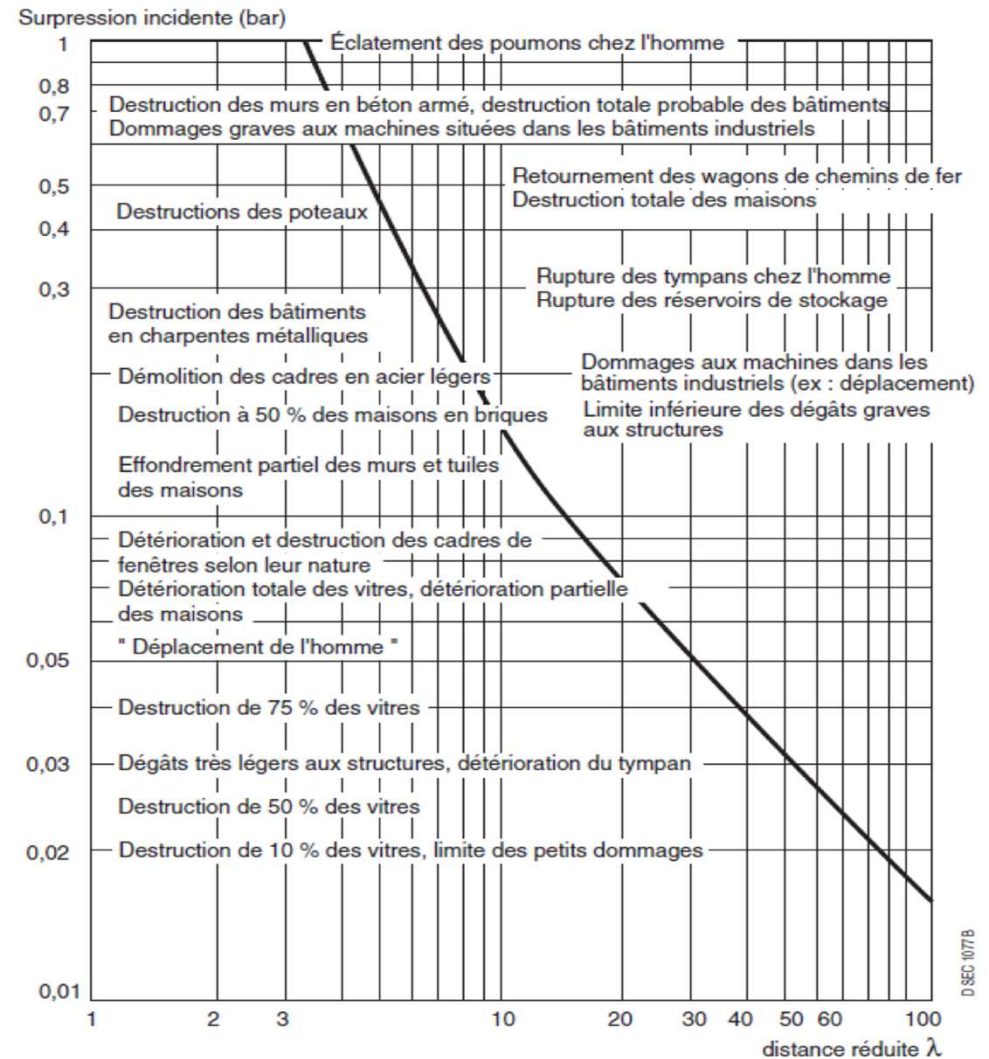
Souvent en parallèle de la recherche de l'arborescence des causes elle complète une analyse d'accident par des calculs d'effets. L'objectif est de s'assurer que l'on maîtrise bien la cause de l'accident à partir des relevés des dégâts. C'est une partie importante de l'enquête. Dans le cas précis, on va calculer les effets produits par l'éclatement de l'une des bouteilles tôlees et les confronter aux dégâts observés pour s'assurer que notre calcul est réaliste. Puis après s'être assuré de cette cohérence, on disposera d'un moyen d'estimer par exemple les distances d'effet qui permettent de protéger au mieux les biens et les personnes.

On rappelle que les effets d'un éclatement de réservoir sont comparables à ceux de la détonation d'un explosif comme le TNT. Traditionnellement, on rapporte l'énergie de pression de l'éclatement à une certaine quantité de TNT qui produirait la même énergie. Cela permet d'utiliser le graphe universel des explosifs qui représente l'atténuation du niveau de pression depuis l'épicentre de l'explosion en fonction de la distance. On a montré il y a longtemps que toutes les courbes d'atténuation pour toutes les charges pouvaient être représenté sur un seul graphe où on substitue la distance réelle par un paramètre composite associant cette distance réelle et la racine cubique de la charge d'explosif. C'est la distance réduite.

L'explosion de substances instables

- Méthode de « l'équivalent TNT » :
 - TriNitroToluène : explosif de référence délivrant 4,6 MJ/kg d'énergie thermique,
 - Beaucoup de substances instables ont un rendement de transformation en chaleur de 1 et une énergie comparable :

$$M_{eqTNT} = M_{inventaire}$$



$$\text{Distance réduite } \lambda \text{ (m)} = \frac{\text{Distance au centre de l'explosion}}{\sqrt[3]{\text{masse de TNT explosant}}}$$

Effets des déflagrations en fonctions de la distance réduite au centre de l'explosion (abaque de Lannyoy)

... extension aux éclatements

- Causes :
 - affaiblissement mécanique (corrosion, chocs, incendie)
 - surpression
 - explosion interne
- => libération de l'énergie de pression (« Brode ») et application de l'abaque TNT.

$$M_{eqTNT} = \frac{P_{rupture} \cdot V_{capacité}}{W_{TNT}}$$

Nature de la paroi	Surpression de ruine (statique) Prupture
Tour de manutention en béton	100 à 300 mbar
Tour de manutention en bardage métallique ou en fibrociment	15 à 100 mbar
Tour de manutention en palplanches (tôles résistantes, type profils Omega)	300 à 1000 mbar
Cellules en béton : parois	150 à 1000 mbar
Cellules en béton : toits	100 à 400 mbar
Cellule métalliques : parois	300 à 1000 mbar
Cellules métalliques : toits	100 à 200 mbar
Galeries sur-cellules en béton	100 mbar
Briques	100 à 300 mbar
Tuiles	5 mbar
Verre simple/armé	3 à 25 mbar
Plaque polyester transparente (fixations crochets)	10 mbar
Polycarbonate avec des fixations crochets	10 mbar
Plaque amiante-ciment (fixations crochets)	10 à 100 mbar

$$Proj_{dist} < \frac{P_{rupt} \cdot V_{capacity}}{g \cdot M_{fragment}}$$

- Projection de fragments : chute libre (pas d'effets de freinage par l'atmosphère)

Utilisation

On commence donc par calculer la masse d'explosifs équivalent à l'énergie libérée par l'éclatement d'une bouteille tôle de 14 l éclatant à 60 bars. Pour cela on utilise la formule encadrée et on fait attention à utiliser le système d'unité universel c'est-à-dire des volumes en mètre cube et des pressions en Pascal. On trouve assez aisément que la charge d'explosif équivalente est de 0,018 kilo de TNT.

Utilisation

On repère ensuite sur le graphe les éléments de structure qui peuvent correspondre à ceux qui se trouvent dans notre atelier. On y a vu une grande porte, un petit muret maçonné sur lequel reposent les bouteilles, à l'arrière un mur probablement en béton à un ou 2 m derrière les bouteilles. Il y a probablement également une salle de contrôle en matériau léger et une charpente que l'on imagine métallique à plusieurs mètres d'altitude.

La surpression à partir de laquelle ces éléments de structure peuvent être détruits (par une onde de pression) est à la même hauteur que la ligne qui décrit l'élément de structure. Par exemple la charpente métallique serait endommagée à partir de 250 millibars. Les murs maçonnés seraient endommagés à partir de 150 millibars environ tandis qu'un mur de béton armé résisterait à 600 millibars. Les portes et fenêtres souffriraient à partir de 100 millibars et les vitres seraient nettement endommagées dès 50 mbar.

On utilise ensuite la courbe d'atténuation de pression pour associer ces niveaux de surpression à leur distance réduite. Un exemple est donné pour les cadres des portes et fenêtres. À 100 millibars la distance réduite est de 12. On fait cela pour tous les éléments de structure répertoriés et on établit un tableau qui permet connaissant la charge d'explosif équivalente de trouver les distances où ces niveaux de surpression sont atteints.

Les éclatements de capacités



Figure 2 - S14 déformée par excès de pression



Figure 1 - Deux S14 éventrées

mur béton armé	600	4	1,1
charpente	250	7	1,8
mur maçonné	150	10	2,6
encadrements	100	12	3,2
vitrages	50	30	7,9

Commentaires

On constate que les dégâts observés sont assez cohérents avec ces estimations. Par exemple le mur maçonné est en contact avec les bouteilles a été endommagé ce qui est cohérent puisque la pression est plus grande 150 millibars à proximité immédiate de la bouteille. Par ailleurs le mur de béton armé situé derrière les bouteilles, probablement à plus d'un mètre, ne semble pas avoir souffert ce qui est cohérent avec les estimations, la pression étant plus petite que le seuil de dommage au-delà d'un mètre. En revanche on constate que l'encadrement de la grande porte semble avoir souffert ainsi que les ouvrants de la salle de contrôle. On peut supposer que cette dernière est à quelques mètres au plus des bouteilles. Les dégâts observés sont aussi cohérents. On n'observe pas de morceaux de charpente à terre ce qui également et logique si on suppose que cette charpente est située à une dizaine de mètres de hauteur.

Uniquement des dégâts internes donc. Cependant le seuil des effets irréversibles sur l'homme et de 50 millibars et correspond à des blessures infligées par des fragments produit par l'explosion. Des morceaux de verre la chute d'une plaque de faux plafond. Ce niveau est atteint à 5 m environ des bouteilles. Donc si l'opérateur avait été présent il aurait pu être blessé par l'onde de pression et probablement également par les projectiles notamment ceux soulevés par l'onde de pression.

Réservoir d'ammoniac



- Cuve de 2 m³,
- Ammoniac, 500 kg/m³ en phase liquide
- Liquide à la température ambiante sous 7 bar.
- Diamètre de canalisation : 25 mm
- U_{vent}=10 m/s
- SEI=300 ppm
- SEL=3000 ppm

Explications

Voici quelques années, les agriculteurs utilisaient de l'ammoniac liquide pour apporter au sol les quantités d'azote nécessaires pour la croissance des céréales. Le principe est simple. Une cuve d'ammoniac liquéfié est transportée par le tracteur et reliée via une canalisation de un pouce, c'est-à-dire 25 millimètres de diamètre interne, à la herse à l'arrière du tracteur. L'ammoniac est injecté sous le soc de la charrue directement dans le sol et s'hydrate localement. Cependant l'ammoniac est un produit dangereux et on craint des accidents graves. L'objectif de cet exercice est d'identifier la gravité d'un accident potentiel.

La cuve est probablement assez résistante et donc peu vulnérable mais on peut facilement identifier un événement redouté central très plausible comme la rupture de la canalisation d'alimentation de la charrue ou même le comportement de l'agriculteur qui ne respecterait pas les procédure (alimenter uniquement lorsque la herse est enfoncée). Cette canalisation est visible sous la cuve avec sa vanne d'isolement. La rupture de cette canalisation peut avoir lieu lors de la manœuvre du tracteur par exemple lors du rangement du matériel dans le hangar.

Les seuils toxiques SEI et SEL de l'ammoniac dans l'air sont donnés sur le transparent précédent.

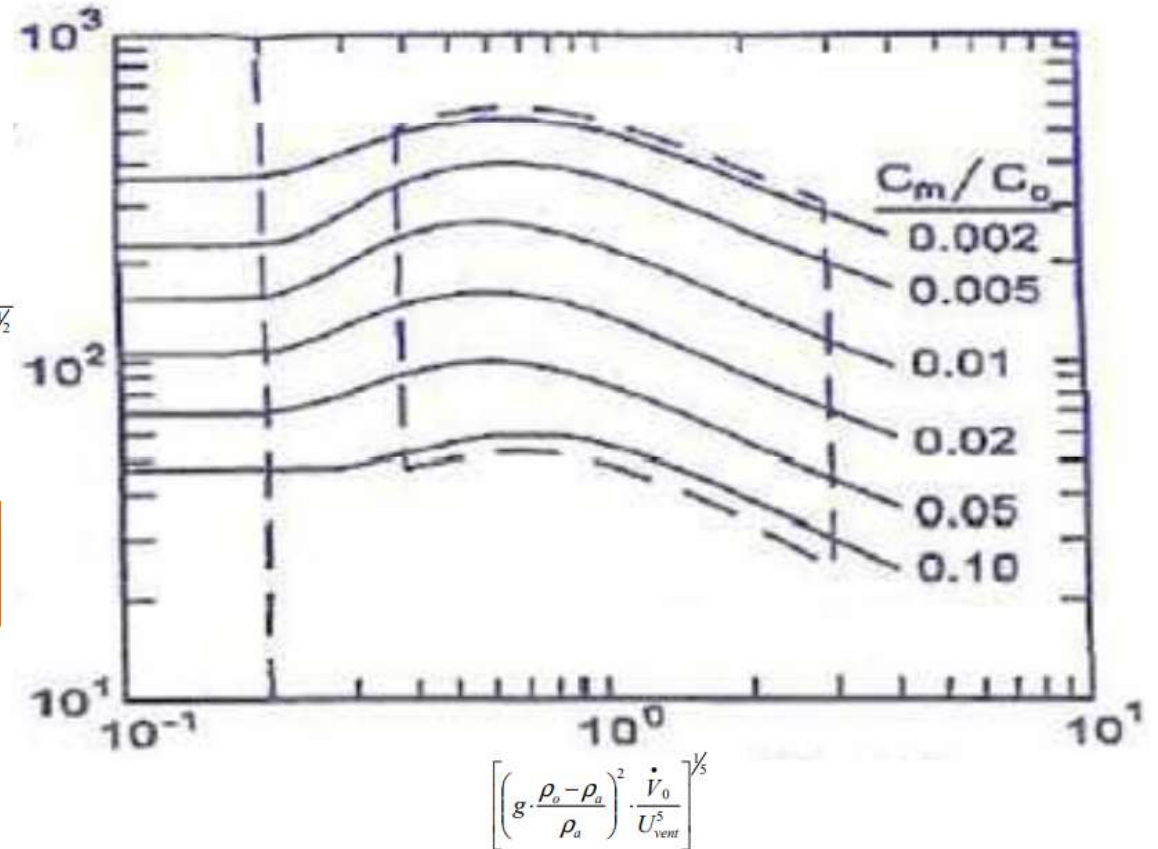
Les fuites de produits toxiques dans l'air

- Les seuils à prendre en compte =
- Facteurs importants :
 - Débit de la fuite
 - Conditions atmosphériques
 - Valeur des seuils
- Loi de diffusion « classiques »

$$\left[\frac{\dot{V}_0}{U_{vent}} \right]^{1/2}$$

$$Concentration_{at-receiver} = \frac{Flowrate_{volumetric}}{\pi \cdot Speed_{wind} \cdot \sigma^2}$$

$$\sigma = 0,07 \cdot distance^{0,9}$$



Débits des fuites...

- Plusieurs types:

- gaz
- Liquide flashant ($T_{boil} < T_{amb}$)
- Sinon liquide purs

$$\frac{\dot{m}_c}{\Omega} \cdot \frac{1}{\sqrt{P_0 \cdot \rho_0}}$$

- Formules **approximatives** :

- Gaz:

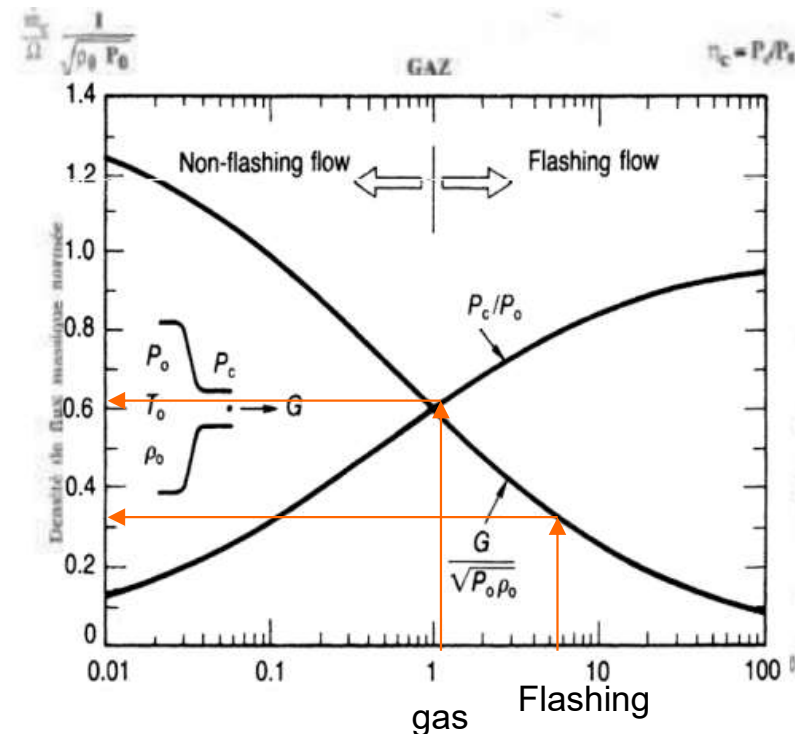
$$\frac{\dot{m}_c}{\Omega} \cdot \frac{1}{\sqrt{P_0 \cdot \rho_0}} = 0.6$$

- Liquide flashant

$$\frac{\dot{m}_c}{\Omega} \cdot \frac{1}{\sqrt{P_0 \cdot \rho_0}} = 0.3$$

- Liquide pur

$$\frac{\dot{m}_c}{\Omega} \cdot \frac{1}{\sqrt{(P_0 - P_{atm}) \cdot \rho_0}} = 1$$



$$\eta_c = \frac{P_c}{P_0}$$

Notes :

- \dot{m}_c débit massique
- Ω section de fuite
- Indice « 0 » conditions de réservoir

Commentaires

Plusieurs remarques. Tout d'abord les seuils toxiques sont donnés en PPM qui représente le nombre de volumes (ou de moles) dans un mélange comportant 1000000 volumes (ou moles). La concentration dans la formule est une fraction volumique (molaire). 300 ppm équivaut donc à une fraction molaire de 300 divisé par 1000000. On rappelle que les fractions molaires (volumiques) sont sans unité.

Dans l'expression de la concentration ou plus exactement de la fraction molaire de toxique dans l'air Sigma est en m et Uvent en m/s. Le dénominateur est donc en m³/s. Il faut donc que le débit soit exprimé m³/s aussi. L'ammoniac est à l'état gazeux dans les conditions atmosphériques. On peut donc déduire le débit volumique d'ammoniac du débit massique de la fuite* en divisant par la masse volumique de l'ammoniac dans les conditions ambiantes c'est-à-dire à la pression atmosphérique et à la température de 20° par exemple. On trouve très simplement cette dernière en divisant la masse d'une mole d'ammoniac (0,017 kg) par son volume dans les conditions standard (0,024 m³) et on trouve approximativement 0,7 kg/m³.

On déduit ce débit volumique du débit massique de la fuite....

**car un éventuel résidu liquide se vaporisera au contact de l'environnement et participera à la formation du nuage tout comme la fraction flashée*

Commentaires

...pour l'obtenir, il faut employer le graphe de la diapo 27 ou les formules associées. Si c'est un produit qui est liquide dans le réservoir mais normalement gazeux à l'air libre (ex : propane), on peut s'attendre à l'apparition de vapeur pendant la dépressurisation depuis le réservoir vers le point de fuite. On parle alors d'une fuite « flashante » (impression visuelle de ce type de fuite). D'expérience ce taux de vide est de l'ordre de 5 et le coefficient de débit est alors de 0,3. Si le produit stocké est un gaz alors il reste gaz et il n'y a pas de supplément de volume gazeux et donc le taux de vide est 1 et le coefficient de débit = 0,6. Pour une fuite liquide sans flash, ce diagramme ne donne pas de réponse et il faut employer la théorie des écoulements incompressibles c'est-à-dire l'équation de Bernoulli. Un coefficient de débit de 1 peut être employé mais il faut remplacer P_o dans le dénominateur par la différence à la pression atmosphérique soit $(P_o - P_a)$ au lieu de P_o .

Dans le cas présent, l'ammoniac est liquide dans le réservoir mais gazeux aux conditions ambiantes donc la fuite est « flashante ». On trouve alors :

$$\dot{m} = 0,3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,025^2 \cdot \sqrt{7 \cdot 10^5 \cdot 500} = 2,75 \text{ kg/s}$$

Commentaires

On trouve un débit massique de fuite de 2,75 kg/s ce qui donne un débit volumique d'ammoniac sous forme gazeuse de 4 m³/s. On applique ensuite la formule de gauche de la diapo 26 en choisissant comme valeurs de la concentration reçue d'abord le SEI (0,0003) puis le SEL (0,003). Comme le débit volumique et la vitesse du vent sont connus, on déduit facilement les valeurs de sigma correspondantes.

On constate que le nuage est toxique jusqu'à 1200 m du point de fuite et même létal à 300 m environ. Si une fuite venait à se produire dans le hangar, la vie du personnel de l'exploitation et même du village serait en grave danger.

Pour cette raison, cette pratique d'amendement a été abandonnée.

Seuils	ppm	fraction vol	Sigma (m)	x au seuil (m)
SEI	300	0,0003	20	544
SEL	3000	0,003	6	151
m	3 kg/s			
masse vol	0,7 kg/m ³			
Q	4 m ³ /s			
Uvent	10 m/s			



HAZOp

révision

Mots guides

- **TROP DE** excès d'un paramètre (débit, pression, température, viscosité,...)
- **PAS DE** absence du paramètre désiré
- **INVERSION DE SENS**
- **MOINS DE (PAS ASSEZ de)** insuffisance d'un paramètre
- **EN PLUS** présence intempestive (phase : vapeur, solide,... impuretés, eau, air,...)
- **AUTRES** démarrage intempestif, arrêt, fonctionnement trop rapide, trop lent,....

Principe de la démarche HAZOP

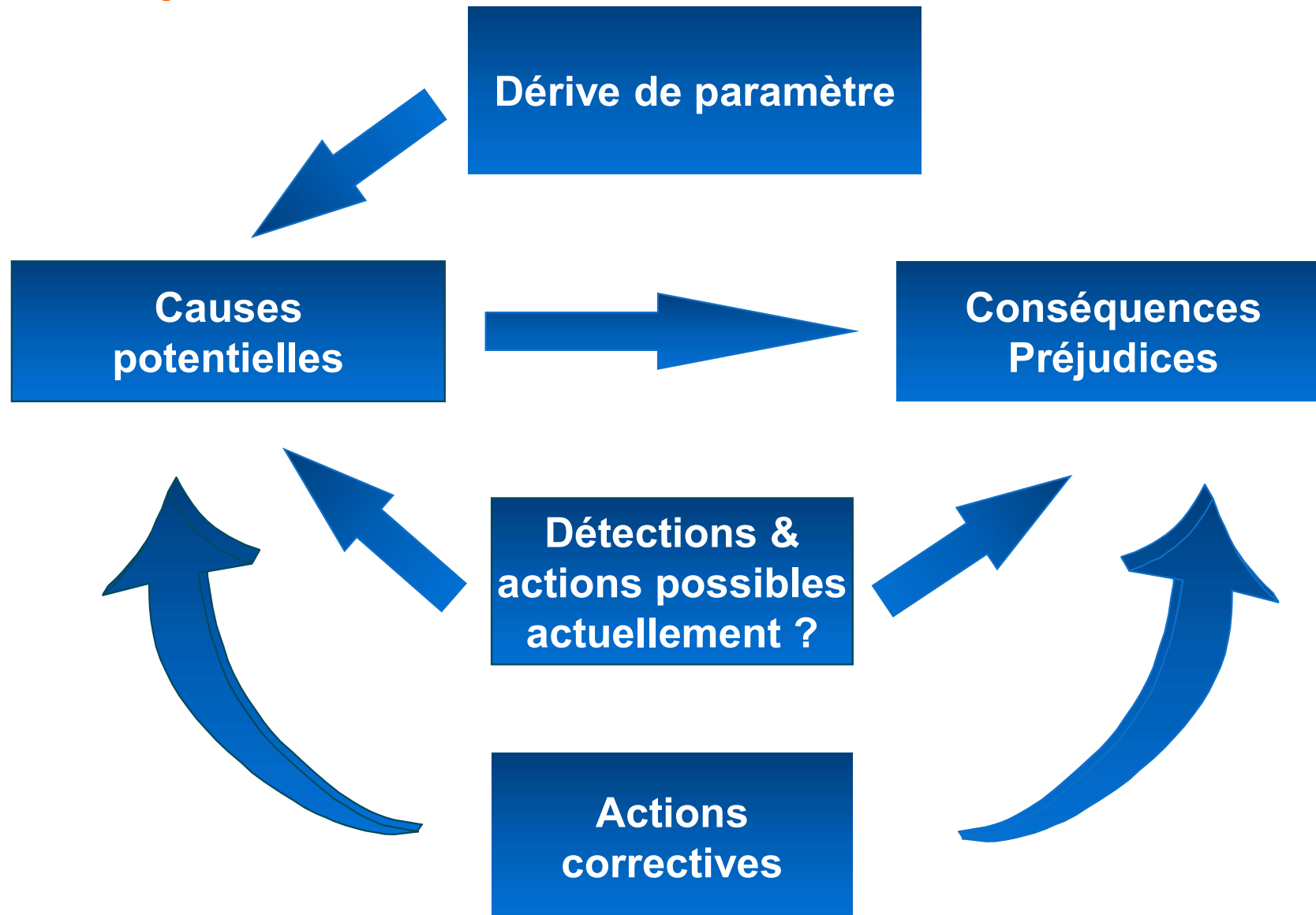


Tableau HAZOP

–Phase :

–Point du circuit :

REPERE	DERIVE	CAUSES POSSIBLES	CONSEQUENCES	MOYENS DE DETECTION	ACTIONS CORRECTIVES	REMARQUES
				Existants		

Possibles en fonction :

- des installations
- des procédures existantes

Remarques liminaires

Dans les stockages le chlore est à l'état biphasique c'est à dire que coexistent un ciel gazeux et une fraction liquide en équilibre thermodynamique. Sur la ligne de changement d'état liquide-vapeur, on sait que la masse volumique du liquide varie assez fortement avec la température.

Or ces stockages sont à la température ambiante. Or la température ambiante peut varier de quelques dizaines de degrés selon la saison, selon le jour, et on a vérifié que dans ces conditions les gaz liquéfiés peuvent voir leur masse volumique liquide varier de 10 à 15%.

Si le volume de stockage est trop rempli en liquide alors il est possible que la dilatation de la phase liquide puisse faire disparaître la phase gazeuse. Dans ces conditions plus rien ne limite l'augmentation de la pression dans le réservoir lorsque la température augmente puisqu'il n'y a plus de phase vapeur et c'est la « rupture liquide » susceptible de conduire à un BLEVE.

Les industriels connaissent bien ce risque et se gardent bien de trop remplir les réservoirs. En principe le taux maximum de remplissage est de 80 à 90% en volume.

Un petit point de gestion des livraisons en vrac. Il est fréquent que les industriels se fassent livrer des produits en vrac sous forme liquide à partir de citernes, sous forme poudre ou gravier à partir de camions bennes. Ces citernes ou ces camions bennes passent d'un site à l'autre pour faire des déchargements partiels. C'est le cas aussi des wagons. Pour contrôler la quantité livrée le vraquier est pesé à l'entrée du site et à la sortie sur un plateau disposé au milieu d'une route ou sous les rails.

Une telle installation comportant une telle quantité de chlore serait identifiée aujourd'hui comme une installation à haut potentiel de risque c'est-à-dire une installation Seveso seuil haut. Nous verrons cette classification ultérieurement mais elle impose un contrôle très serré des risques majeurs et notamment dans ce cas précis les fuites massives de chlore. Parmi les obligations réglementaires il y a celles qui consistent à mettre en place un plan d'opération interne ou POI. Il s'agit de former des pompiers internes et de se procurer des moyens techniques pour lutter contre les accidents graves par exemple de puissants incendies, des fuites massives...

Pour l'installation de chlore

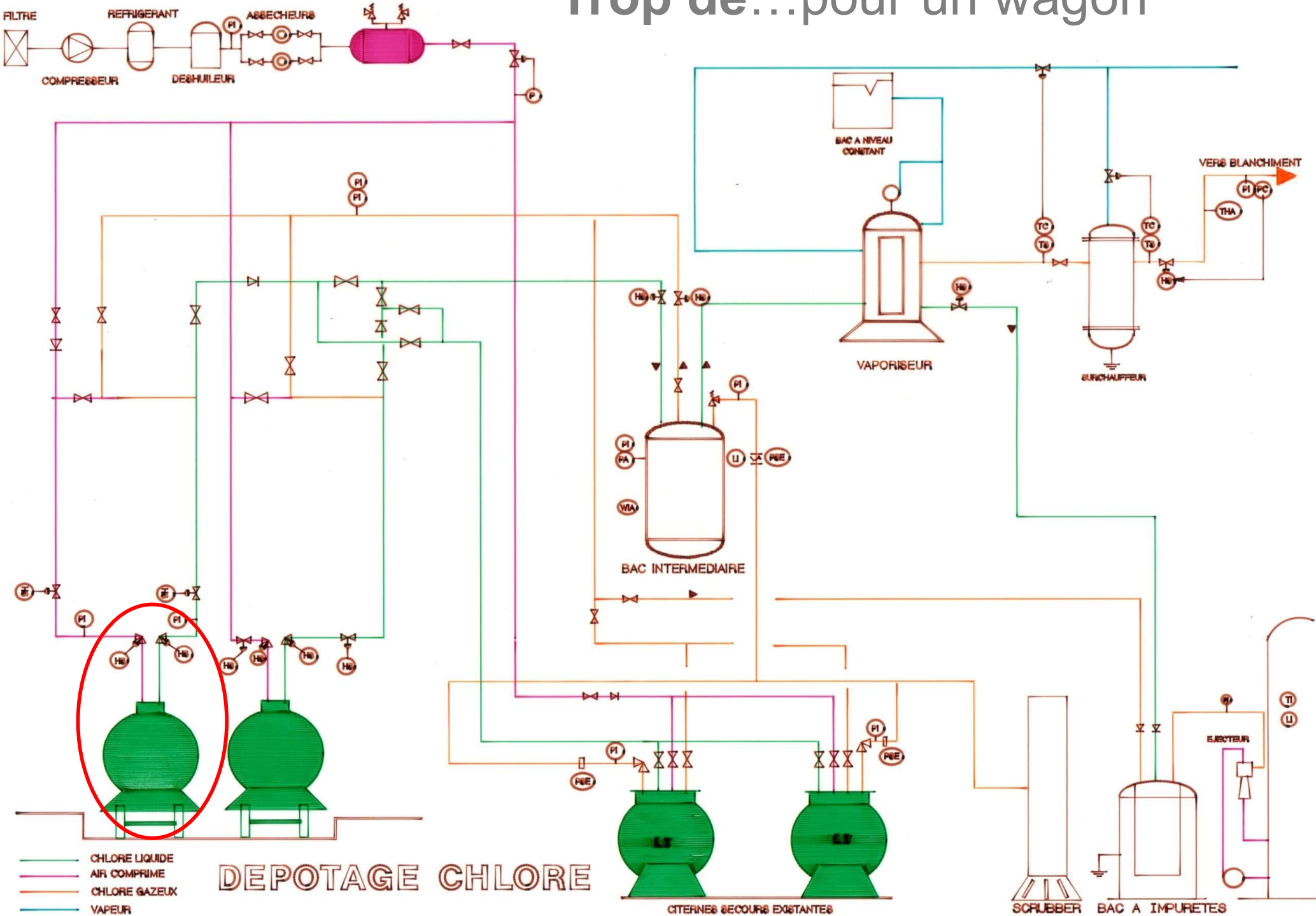
Paramètres

- Niveau
- Pression
- Température
- Impuretés
- Débit (entrant & sortant)

Mots-Guides

- TROP DE
- INVERSION DE SENS
- PAS DE
- PAS ASSEZ de
- EN PLUS présence intempestive (phase : vapeur, solide,... impuretés, eau, air,...)

Trop de...pour un wagon



Mot guide	Dérive	Causes possibles	Conséquences	Moyens de détection	Actions correctives	Remarques
Trop de	Trop de niveau	Wagon trop rempli lors du chargement chez le fournisseur	Risque de rupture liquide	?	?	Procédure de réception (détection lors de la pesée d'entrée sur site)
		Erreur de branchement : Transfert d'un wagon (sous pression) vers l'autre (pas encore sous pression)	Idem	? (Absence de débit en aval ?)	Clapets anti-retour (lignes liquides)	Insuffisant car possibilité de passage par ligne chlore gazeux si vannes ouvertes : autres clapets AR ?
	Trop de pression	Défaillance compresseur	Trop de débit (cf ci après)			
	Présence d'impuretés dans l'air comprimé (dérive EN PLUS normalement..)	Réactions exothermiques dangereuses (corrosion, fuites ?)	PI	Filtres, dessiccateur	Définir la procédure d'entretien et les tolérances d'impuretés	
		Trop de température (cf ci-après)				
		Trop de niveau (cf ci-dessus)				

Mot guide	Dérive	Causes possibles	Conséquences	Moyens de détection	Actions correctives	Remarques
Trop de	Trop de température	Echauffement solaire intense	Montée en pression, perturbation possible du fonctionnement des équipements	Au niveau du bac intermédiaire (perte de l'équilibre thermo ?)		Arrosage préventif
		Incendie à proximité	Trop de pression, dégradation et fuite	Visuel		Action POI
		Présence d'impuretés dans l'air comprimé cf ci-dessus				
		Reflux de chlore vapeur chaud venant du vaporiseur ?	dérive au niveau du vaporiseur (cf étude du vaporiseur)	Au niveau du bac intermédiaire (perte de l'équilibre thermo ?)	Intervention éloignement	cf étude du vaporiseur + clapet anti-retour sur entrée vaporiseur
	Trop de débit sortant	Trop de débit entrant d'air ou réglage défectueux du débit de sortie	Est-ce dangereux ?	PI		À étudier..

Filtre à charbon actifs IED



HAP
Nox, Sox
CO
...



Filtre à charbon actifs IED

Les IED sont des installations de production d'énergie et de traitement des déchets. Elles sont dangereuses non pas tant à cause des stockages de matières premières, souvent assez modestes, mais en raison de la nocivité des effluents gazeux produits par la combustion. Il est absolument nécessaire de traiter les fumées avant le rejet dans l'atmosphère. On y trouve de nombreux composés toxiques comme les gaz acides (dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, oxyde d'azote, parfois acide cyanhydrique, acide chlorhydrique,..). Des métaux lourds également. Et de la poussière. L'objectif de la filtration est d'enlever tous ces toxiques. Il existe plusieurs étages de traitement dont le dernier est cette grosse boîte qui est un filtre à particules et en amont, on peut trouver un filtrage au charbon actif. Le charbon actif est très efficace pour retirer de nombreux composés dont les métaux lourds les COV et certains gaz acides. Donc on s'intéresse au fonctionnement de ce filtre à charbon actif. On supposera que c'est un filtre fixe poreux, cylindrique, qui laisse passer les effluents et en retient les composés toxiques. Le charbon actif est un charbon végétal de type charbon de bois qui a été traité à la vapeur d'eau pour le rendre extrêmement poreux. Ce faisant ce matériau est très réactif et il peut prendre feu s'il est trop chauffé. Évidemment, il a une durée de vie limitée: il peut se saturer.

Pour le filtre à charbon actif

Paramètres

- débit
- température
- impuretés

Mots-Guides

- TROP DE
- ~~INVERSION DE SENS~~
- ~~PAS DE~~
- PAS ASSEZ de
- EN PLUS présence
intempestive (phase : vapeur,
solide,... impuretés, eau,
air,...)

Trop de...Pas assez de

dérive	Causes	Conséquences	Moyen de détection	Action corrective	RQ
Trop de débit	Réglages d'air du four (purge, erreur, automate)	Temps de séjour trop court -> pollution trop forte	Contrôle sortie Contrôles combustion %O ₂ , T ?	Alarme et Procédure de rattrapage	A vérifier ?
Trop d'impuretés	Trop de déchets (bourrage, réglages alim,..)	Épuration insuffisante -> pollution trop forte Trop de température	Contrôle sortie Contrôles combustion	Alarme et Procédure de rattrapage	idem
	Combustion défectueuse (trop humide, Tfour trop basse)	Pas assez de T Épuration insuffisante -> pollution trop forte risque ATEX ?	Contrôle sortie ? Contrôles combustion	Alarme et Procédure de rattrapage	Etudier le risque ATEX ...
Trop de température	Trop de déchets	Épuration insuffisante -> pollution trop forte Incendie filtre-> Pollution extrême	Contrôle sortie Contrôles combustion	Alarme et Procédure de rattrapage	+ Contrôle de Tfiltre et procédure de refroidissement
	Pas assez de débit (d'air)	Épuration insuffisante ? Incendie filtre	Contrôle sortie ? Contrôles combustion	Alarme et Procédure de rattrapage	+idem
	Trop de PCI (EN PLUS de pour four)	Incendie filtre	Contrôle sortie ? Contrôles combustion	?	Contrôle de Tfiltre et procédure de refroidissement

dérive	Causes	Conséquences	Moyen de détection	Action corrective	RQ
Pas assez de débit	Réglages d'air du four (phase transitoire, erreur, automate)	Effet sur pollution (temps de séjour + long...) ? Effet sur T (dépend de la cause) ?	Contrôle sortie Contrôles combustion %O ₂ , T ?	Alarme et Procédure de rattrapage	A étudier (fnct du four)?
	Fuite en amont sur les conduits (corrosion,..)	Forte pollution	?	?	Détection des débits entrée/sortie du trt des fumées
Pas assez d'impuretés	Phase de fonctionnement du four (préchauffage, panne d'alimentation déchet)	Épuration améliorée			
	Pas assez de débit				
Pas assez de température	Pas assez de débit de déchets (four)	Épuration améliorée			
	Mauvaise combustion	cf TROP d'IMPURETES			