

III.1.Introduction :

L'incendie est un phénomène de combustion qui peut dégénérer rapidement. Il est souvent dévastateur car il peut entraîner de nombreuses victimes et des dégâts importants avec des coûts élevés, particulièrement dans les installations industrielles, les entrepôts et les établissements recevant du public (ERP) dont les magasins de ventes sont les plus nombreux. Tout est réduit en fumée en un temps très court; c'est l'accident le plus redouté.

L'explosion, une réaction chimique violente et accompagnée de dégagement gazeux, est aussi souvent à l'origine d'incendies. Les origines d'incendies peuvent être nombreuses : réactions chimiques dangereuses, incompatibilités de produits, explosifs, emballement thermique, fuite de gaz, électricité (surtension, appareils défectueux), malveillance, imprudence, ignorance....

La lutte contre le feu est un élément déterminant pour la sauvegarde des personnes et des biens. Nous rappelons ici les éléments à l'origine des phénomènes d'incendie et d'explosion.

III.2. La combustion :

La combustion est une réaction chimique qui se produit entre deux corps un combustible et un comburant en présence d'une source d'inflammation, s'accompagne d'un dégagement de la chaleur. La combustion peut être lente (cas de la rouille) ou vive avec apparition de flamme. Cette dernière est instantanée, elle provoque un échauffement des produits et les décompose en partie avec une augmentation de fortes pressions de gaz et de vapeurs entraînant l'explosion.

III.2.1. Triangle du feu :

Le feu ne peut être présent que si les trois éléments du triangle du feu sont réunis:

- combustible,
- comburant,
- une source d'inflammation ou source de chaleur ou énergie d'activation

Ces trois éléments doivent être présents dans des proportions optimales pour que le feu puisse se produire.

On appelle ceci le « **Triangle du feu** ».L'incendie se déclare chaque fois les trois éléments sont en présence.

Si l'un de ces trois éléments n'est pas présent ou disparaît lors de la combustion, le feu n'existe pas.

III.2.2. Les comburants :**III.2.2.1. Oxygène de l'air :**

Le comburant est l'autre réactif de la combustion. La plupart du temps, il s'agit de l'air ambiant, et plus particulièrement de l'un de ses composants principaux, le dioxygène. En

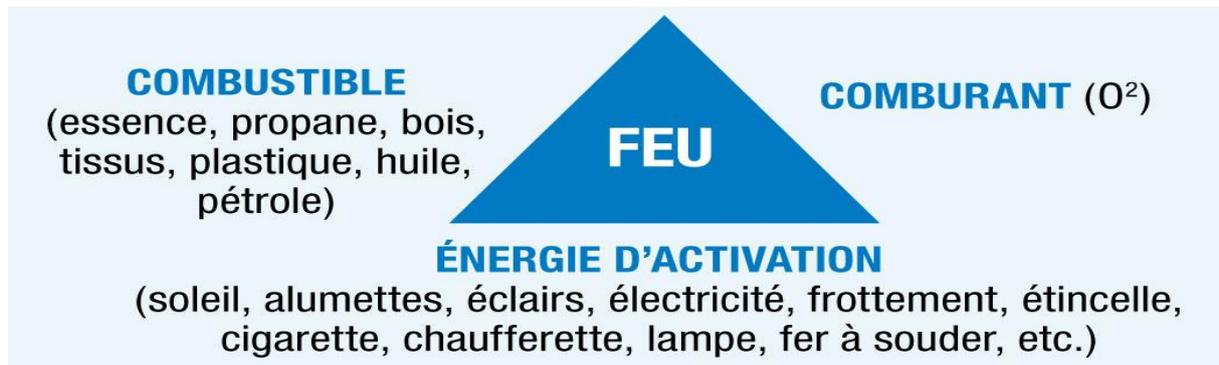


Fig.III.1. Triangle du feu

privant un feu d'air, on l'éteint ; par exemple, si on place une bougie chauffe-plat allumée dans un bocal de confiture et qu'on ferme le bocal, la flamme s'éteint ; à l'inverse, si l'on souffle sur un feu de bois, cela l'active (on apporte plus d'air). Dans certains chalumeaux, on apporte du dioxygène pur pour améliorer la combustion et élever la température de la flamme.

Dans certains cas très particuliers (souvent explosifs comme avec l'aluminium), le comburant et le combustible sont un seul et même corps ; par exemple, la célèbre nitroglycérine, molécule instable comportant une partie oxydante greffée sur une partie réductrice.

III.2.2.2. Autres comburants : Certains corps chimiques contenant ou non de l'oxygène sont des comburants car ils réagissent violemment avec les matières combustibles et organiques.

Exemples :

- L'acide nitrique, le peroxyde d'hydrogène (ou eau oxygénée) concentrés enflamment la plupart des matières organiques
- Les matières organiques imprégnées de chlorate de sodium sec peuvent facilement s'enflammer sous l'effet d'un frottement, d'un choc ou d'une élévation de température
- Le fer brûle dans le chlore humide et chaud ($T > 120^\circ$)
- Le fluor est un comburant plus actif que l'oxygène et enflamme la plupart des produits

III.2.3. Les combustibles : appelé aussi substances inflammables sont des produits qui ont la propriété de se combiner à l'oxygène pour conduire à une réaction de combustion. La grande majorité des produits organiques contenant du carbone et de l'hydrogène sont combustibles. Plusieurs produits minéraux : l'hydrogène, l'oxyde de carbone, l'ammoniac, l'hydrogène sulfuré, l'acide cyanhydrique, le sulfure de carbone sont également combustibles même s'ils ne renferment pas toujours du carbone et de l'hydrogène. Les principaux produits formés lors des combustions sont la vapeur d'eau et le gaz carbonique. Les produits azotés dégagent en plus des oxydes d'azote et les produits soufrés de l'anhydride sulfureux. La combustion des produits naturels (charbon, dérivés du pétrole, alcools, etc.) dégage de la chaleur, de la vapeur d'eau et du gaz carbonique. La combustion ne peut se produire qu'aux conditions suivantes :

- Le combustible, d'une façon générale, se trouve en phase gazeuse. Il n'existe que peu de corps susceptibles de brûler à l'état solide (phosphore, sodium)
- Le combustible et le comburant doivent être dans des proportions convenables. De nature très variée, les combustibles peuvent se trouver sous forme :
 - ✓ de gaz ou de vapeurs : hydrogène, hydrocarbures gazeux, H₂S, ...
 - ✓ de gaz liquéfiés : propane, ammoniac, ...
 - ✓ de liquides, de gouttelettes, d'aérosols : alcools, cétones, aldéhydes, hydrocarbures liquides, soufre liquide, solvants
 - ✓ de poussières : polystyrène, polyéthylène, soufre, farine ainsi que certains métaux (sodium, fer, aluminium, magnésium).
- La condition nécessaire à la combustion « ATMOSPHERE EXPLOSIVE » Une zone dangereuse est définie comme une zone dans laquelle des atmosphères sont - ou sont susceptibles – d'être présentes dans des quantités telles qu'elles nécessitent une prise de précaution particulière lors de la construction et de l'utilisation de matériel électrique. On appelle "**atmosphère explosive**" ou **ATEX**, le mélange avec l'air, dans les conditions atmosphériques de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé.



Fig.III.2. Atmosphère explosive ATEX

Exemples d'atmosphères explosives : En exploitation courante ou en situation accidentelle, ces atmosphères explosives peuvent se former:

- Dans les installations de combustion (fours, chaudières,...) en particulier en cas d'extinction de flammes si le combustible n'est pas coupé.
- Au voisinage d'équipement: pompes, compresseurs, réacteurs, échangeurs de chaleurs,.....
- Dans les installations elles mêmes: remplissage de réservoir.
- A l'air libre: vapeurs de solvants lors de nettoyage, dégraissage, travaux de peinture,.....

III.3. Différents types de combustion : On parle assez couramment:

- **D'incendie** : le gaz brûle au dessus d'un liquide ou d'un solide
- **D'explosion** : l'ensemble du mélange gazeux brûle.

III.3.1. Le phénomène d'explosion :**III.3.1.1. Généralités :**

L'explosion, à la différence de l'incendie, est une combustion quasiment instantanée. Elle provoque un effet de souffle accompagné de flammes et de chaleur. La violence de l'explosion est essentiellement fonction de la qualité d'énergie libérée et de la cinétique du processus de libération. L'énergie libérée peut avoir différentes origines :

III.3.1.1.1. Explosion due à une réaction chimique :

Réaction entre deux composés chimiques réactifs entre eux avec une vitesse de réaction très rapide et une énergie libérée très importante. Le système déclenche lui-même le processus d'explosion, les causes de la réaction peuvent être :

- ✓ Mise en présence accidentelle
- ✓ Présence d'impuretés dans une cuve de stockage,
- ✓ une canalisation...

III.3.1.1.2. Explosion due à une cause physique :

Le système reçoit un apport d'énergie de l'extérieur. Le système est stable ou stabilisé dans les conditions normales d'utilisation • L'instabilité peut être due à un point chaud, un choc...

III.3.1.1.3. Explosion nucléaire :

La désintégration de noyaux atomiques lourds en éléments plus légers a lieu en libérant une énergie considérable.

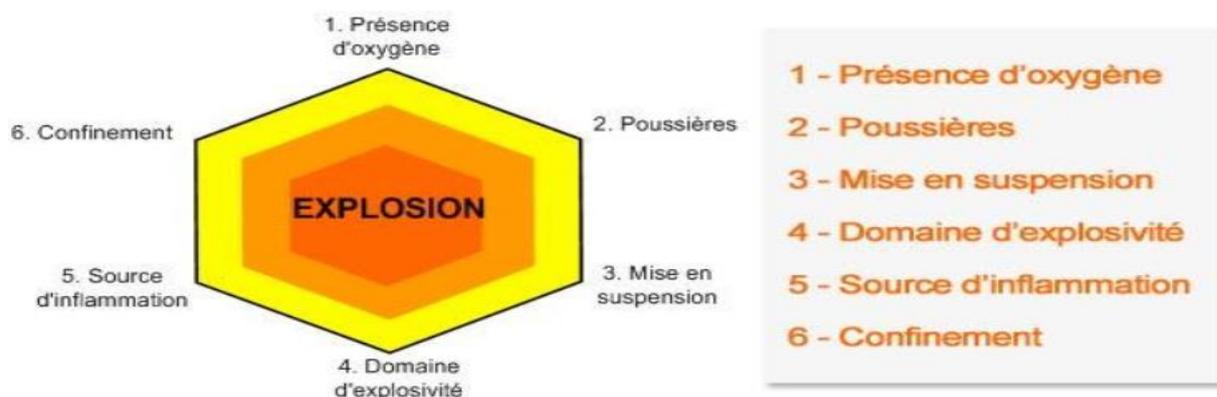
III.3.1.2. Conditions d'une explosion : (l'hexagone de l'explosion)

Fig.III.3. l'hexagone de l'explosion

III.3.1.2.1. Présence d'oxygène:

- Lorsque la teneur en oxygène dans le nuage < à une valeur critique, l'explosion ne peut pas se développer. La teneur seuil en oxygène est appelée **CLO** (Concentration Limite en Oxygène). La CLO est de l'ordre de 10% pour la plupart des poussières organiques.
- Il est possible d'influer sur la CLO par inertage. En effet l'ajout d'un gaz inerte avec l'air abaisse la teneur en oxygène de l'atmosphère, et de ce fait rend la combustion du

mélange air -poussière impossible. Les gaz inertes les plus employés sont l'azote (N_2), le dioxyde de carbone (CO_2) et la vapeur d'eau.

III.3.1.2.2. Poussières combustibles:

- Poussières = Particules de diamètre $< 0,5 \text{ mm}$ [$500 \mu\text{m}$], qui dans l'atmosphère reste en suspension un certain temps en se déposant sous l'effet de leur propre poids.
- **Pour exploser, les poussières doivent être des poussières combustibles**, c'est-à-dire qu'elles puissent réagir avec l'oxygène de l'air en dégageant de la chaleur, exemples le bois, le charbon, les matières plastiques et des métaux sous forme fine (laine d'acier, poussières d'aluminium). (**Exemple de poussière incombustible : le sable**)
- La puissance de combustion développée par la poussière dépend de :
 - Sa granulométrie (la vitesse de combustion \uparrow si D particule \downarrow)
 - Son humidité H (la vitesse de combustion \uparrow si H \downarrow)

III.3.1.2.3. Mise en suspension (gaz, poussières, aérosols..) :

- Pour que l'explosion puisse se développer : il faut que les particules de poussières doivent être maintenues en suspension un temps suffisant.
- La "stabilité d'un nuage" : est sa capacité à rester en suspension dans l'air. Elle est caractérisée par le "pouvoir de re-suspension".

Pouvoir de re-suspension augmente \uparrow : Le nuage reste en suspension ;

Pouvoir de re-suspension diminue \downarrow : Le nuage sédimente (forme dépôt).
- Le pouvoir de re-suspension dépend de :
 - la densité du nuage de poussières (concentration de la poussière dans l'air) ;
 - la masse, la forme et la taille des particules
 - des conditions ambiantes (humidité relative et température).

III.3.1.2.4. Domaine d'explosivité - Concentration de poussière :

- Pour qu'un nuage de poussières soit un "nuage explosible", la concentration de poussières dans l'air doit être située entre 2 valeurs :
 - ✓ la LIE (Limite [C] Inférieure d'Explosion)
 - ✓ la LSE (limite [C] Supérieure d'Explosion)

Zone 1 : Mélange air-combustible gazeux trop pauvre en gaz, la combustion est impossible:

- L'air (21 % O_2 , 79 % N_2) encombre le milieu réactionnel et gêne les rencontre molécules d'oxygène et de combustible.

- La quantité de chaleur dégagée par la réaction amorcée en un point est dissipée volume inerte entourant ce point. La température atteinte n'est pas suffisante pour molécules des couches voisines puissent réagir entre elles. La combustion s'arrête.

Zone 2 : Mélange air-combustible gazeux en proportions convenables, la combustion peut se développer. Le "domaine d'explosivité" se situe entre ces deux valeurs de concentration.

- ✓ **LSE (Limite supérieure d'explosivité) :** concentration maximale au dessous de laquelle le mélange peut être enflammé, ou encore, c'est la limite au dessus de laquelle l'onde explosive ne se propage pas, le gaz et les vapeurs brûlent sans exploser.
- ✓ **LIE (Limite inférieure d'explosivité) :** concentration minimale au dessus de laquelle le mélange peut être enflammé.

Zone 3 : Mélange air-combustible trop riche en gaz, la combustion est impossible :

- Le combustible encombre le milieu réactionnel
- La chaleur dégagée est insuffisante pour propager la combustion.

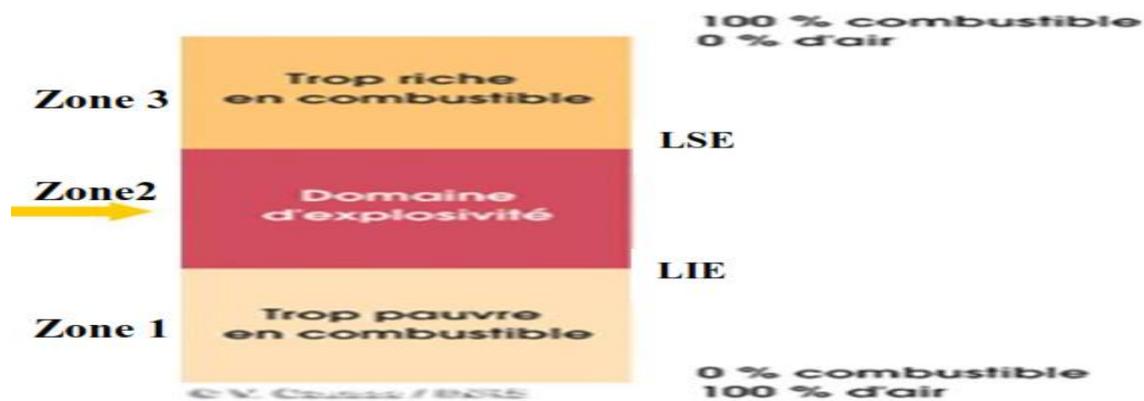


Fig.III.4. Domaine d'explosivité

III.3.2. Incendie:

Un incendie est un feu violent et destructeur pour les activités humaines ou la nature. L'incendie est une réaction de combustion non maîtrisée dans le temps et l'espace, l'incendie peut être maîtrisé par :

- Refroidir, en déversant par les moyens fixes ou mobiles de grande quantité d'eau, les surfaces exposées au feu pour absorber la chaleur rayonnée par les flammes.
- Suppression de l'air:
 - En constituant un matelas de mousse
 - En créant un nuage de gaz carbonique etc...
- Dilution par l'air des gaz inflammables pour tomber en dessous de la LIE en utilisant de l'eau pulvérisée.
- Rideaux vapeur ou rideaux d'eau pulvérisée autour des unités.

- a) **Classe A:** Feux de solides: Incendie causé par des matériaux combustibles tels que :
- Les végétaux, le bois
 - Le charbon, le caoutchouc.
 - Papiers, cartons.
 - Les textiles naturels, synthétiques.
 - Les plastiques.
- b) **Classe B:** Feux de liquides ou de solides liquéfiables : Incendie causé par :
- Les liquides particulièrement inflammables: Ethylène, propylène,
 - Les liquides inflammables miscibles à l'eau: Les alcools, les éthers,...
 - Les liquides inflammables:
 - De 1ère catégorie PE< 55°C (alcools, essences,...)
 - De 2ème catégorie PE< 100°C (gaz-oil, fuels légers,...)
 - De 3ème catégorie PE> 100°C (huiles, bitumes, solides liquéfiables, graisses, paraffines,...)

Remarque : Le point d'éclair est la température la plus basse à laquelle le liquide libère assez de vapeur pour s'enflammer (commencer à brûler).

- c) **Classe C:** Feux de gaz:
- Hydrocarbures gazeux: méthane, éthane, propane, butane.
 - Acétylène.
 - Hydrogène.
- d) **Classe D:** Feux de métaux: Incendie causé par des métaux combustibles tels que:
- Aluminium, Magnésium.
 - Sodium, Potassium.
 - Lithium, Calcium.

III.3.2.2. Types d'extincteurs :

Les extincteurs constituent un équipement qui permet de lutter contre le feu. On distingue plusieurs types :

a) **Extincteur à eau:**

- Ils contiennent toujours un additif émulseur, rendant l'eau plus pénétrante, plus mouillante résultant en une meilleure efficacité dans la lutte contre les flammes.
- Attention toutefois à ne pas projeter la vidange sur le corps, l'additif étant irritant.
- Ce type d'extincteurs est donc très efficace dans les feux de classe A. Ils doivent être inspectés tous les ans, et subir un contrôle visuel au moins tous les 6 mois.

b) Extincteur à mousse :

- Leur contenu est exactement le même que les extincteurs à eau et additif. Ceci dit, le déversement de la vidange réagit au niveau du diffuseur, se **transformant en une mousse lourde**. En effet le diffuseur constitué d'un long tube en mousse faisant intervenir de l'air grâce à une entrée percée plus haut va entraîner cette transformation.
- La mousse est l'unique agent permettant d'**éteindre des flammes proprement**, en réduisant à néant tout risque de redémarrage des flammes, notamment pour les feux liquides (de classe B). Tout comme l'eau, elle isole de l'air les combustibles, en retenant également les vapeurs inflammables.
- Veillez à ne pas utiliser d'extincteur à mousse sur des installations électriques, la **mousse étant en effet conductrice**.

c) Extincteur à poudre :

- Il contient un produit chimique agissant par **étouffement des flammes**, tout en isolant le combustible
- Par ailleurs, leur utilisation engendre la naissance de **nuages de poudre diminuant la visibilité et très irritant**.
- Cependant, ce sont les **extincteurs les plus rapides en matière d'extinction du feu**, et constituent la solution la plus efficace pour les feux de classe C. De surcroît, ce sont les seuls appareils utilisables dans des conditions à température négatives.
- Les **extincteurs à poudre de classe D** : sont propres à chaque combustibles (type de métal donc).

d) Extincteur à gaz :

- En **baissant le taux d'oxygène dans l'air**, le gaz contenu dans l'extincteur (très souvent du dioxyde de carbone) **étouffe le feu**. Conservé sous pression à l'état liquide, et donc à basse température, il agit également par refroidissement.
- Le dioxyde de carbone est plus léger que l'air au-delà de 179°C ce qui explique la nécessité de bien couvrir toute la surface occupée par les flammes afin que le gaz puisse agir. L'utilisation d'un extincteur au CO₂ n'est réellement efficace que contre les petits feux de gaz, de liquides ou encore de solides lorsqu'ils sont peu épais.