



# La sécurité des fours en traitement thermique

# DISPOSITIONS GÉNÉRALES

AIR LIQUIDE S.A. et/ou ses sociétés affiliées (« AIR LIQUIDE ») déclinent toute responsabilité quant à l'utilisation ou aux conséquences de l'utilisation des informations contenues dans le document « La sécurité des fours en traitement thermique ». AIR LIQUIDE n'entend pas recommander l'utilisation des informations contenues dans le présent document ou leur mise en œuvre de quelque façon que ce soit, ne donne aucune garantie quant aux informations contenues dans le document et n'assume aucune responsabilité par rapport aux informations ou suggestions contenues dans le présent document. AIR LIQUIDE ne fait aucune déclaration ni n'émet de garantie quant à l'intégralité de ce document et DÉCLINE TOUTES GARANTIES DE BON FONCTIONNEMENT, EXPRESSES OU TACITES, CONCERNANT PAR EXEMPLE L'ADÉQUATION À UN USAGE OU OBJECTIF PARTICULIER.

Les informations contenues dans ce document reposent sur les informations techniques et les expériences dont dispose actuellement AIR LIQUIDE. Ce document ne saurait être confondu avec les réglementations (nationales ou européennes) ou les dispositions légales. Par ailleurs, le présent document n'a pas pour objet de définir les qualités, procédures ou méthodes d'essai ou de sécurité, les mesures de précaution ainsi que les équipements ou dispositifs locaux qui seraient nécessaires. L'utilisateur demeure responsable de la sécurité de son installation. L'utilisateur de ce document doit s'assurer qu'il dispose de l'édition la plus récente. AIR LIQUIDE se réserve le droit d'ajouter, de supprimer ou de modifier totalement ou partiellement les informations contenues dans ce document. AIR LIQUIDE décline toute responsabilité au cas où une ou plusieurs pages seraient retirées de ce document et utilisées indépendamment. Toute copie ou reproduction partielle ou intégrale de ce document est strictement interdite sans autorisation écrite préalable d'AIR LIQUIDE.

AIR LIQUIDE détient, se réserve et conserve tous les droits de propriété, y compris les copyrights, du présent document. Ce document et toutes les photographies ou images contenues dans celui-ci ne pourront être (1) copiés ou reproduits, (2) vendus, prêtés, cédés ou distribués de toute autre manière à des tiers et (3) utilisés pour un objectif ou d'une manière qui soit contraire aux intérêts d'AIR LIQUIDE. Les marques de fabrique, marques de service, appellations commerciales, logos et autres indications d'origine contenus dans ce document sont des marques déposées ou non d'AIR LIQUIDE ou d'une tierce partie ayant octroyé à AIR LIQUIDE le droit de les utiliser. L'utilisation de tout matériel protégé par un copyright et/ou des marques de fabrique exige l'approbation écrite d'AIR LIQUIDE sur un formulaire d'autorisation séparé.



# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>LES RISQUES LIÉS AUX ATMOSPHÈRES EN TRAITEMENT THERMIQUE</b> .....	<b>5</b>
	<b>Risque n° 1 : l'asphyxie</b> .....	<b>5</b>
	• Qu'est-ce que l'asphyxie ?	
	<b>Risque n° 2 : l'empoisonnement et l'intoxication</b> .....	<b>7</b>
	• Qu'est-ce que l'empoisonnement et l'intoxication ?	
	• Quels sont les types de valeurs limites ?	
	• Que faire en cas de fuite de l'atmosphère d'un four contenant des espèces toxiques ?	
	<b>Risque n° 3 : l'incendie et l'explosion</b> .....	<b>8</b>
	• Qu'est-ce que l'incendie ?	
	• Qu'est-ce que l'explosion ?	
	• Quels sont les produits potentiellement inflammables ou explosibles ?	
	<b>Risque n° 4 : les très basses températures</b> .....	<b>11</b>
	<b>Focus sur la classification des gaz</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>PRÉCAUTIONS À PRENDRE POUR ÉVITER LES EXPLOSIONS DANS UN FOUR</b> .....	<b>12</b>
	<b>Purge à la mise en service</b> .....	<b>12</b>
	• 1. La purge par un gaz inerte	
	• 2. La mise sous vide de l'enceinte avant introduction de l'atmosphère	
	• 3. La purge avec allumage spontané	
	<b>La purge de mise hors service</b> .....	<b>13</b>
	• 1. La purge sans allumage	
	• 2. La purge avec allumage spontané	
	<b>La bonne température pour un allumage sécurisé</b> .....	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>FOCUS SUR LES NORMES DE SÉCURITÉ POUR LE TRAITEMENT THERMIQUE</b> .....	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>15</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>16</b>



## 1. INTRODUCTION

Le traitement thermique consiste à chauffer des composants à des températures élevées et à les refroidir d'une manière qui **modifie la microstructure du métal**. Ceci permet de modifier des propriétés telles que la dureté, la résistance, la ductilité et l'élasticité. Plusieurs branches industrielles réalisent couramment ce type de procédés, entre autres **l'aérospatiale et l'automobile**.

La sécurité est la priorité du Groupe Air Liquide. Cette dimension est présente de la conception de nos solutions à leur utilisation par nos clients. Les informations suivantes ont pour objectif de livrer un éclairage général sur les risques liés à l'utilisation des gaz dans le traitement thermique des matériaux. Ce document aborde également les précautions usuelles visant à réduire les risques dans un four et la conduite à tenir en cas de problème, conformément aux normes adéquates. Les risques décrits pour les fours au même titre peuvent être présents dans le local ou l'atelier de travail où l'équipement de traitement thermique est installé.

Nous vous conseillons de prendre connaissance et de maîtriser les recommandations suivantes avant utilisation de nos produits. Pour toute information complémentaire, veuillez vous rapprocher de votre contact Air Liquide.

## 2. LES RISQUES LIÉS AUX ATMOSPHÈRES EN TRAITEMENT THERMIQUE

Selon la nature des gaz mis en œuvre, les atmosphères dans les fours ont pour but de :

- 1• protéger de l'oxydation les pièces en cours de chauffe.** Le recuit et la chauffe avant trempe sous atmosphère protectrice mettent en jeu des gaz neutres (azote, argon, hélium...) ;
- 2• améliorer les propriétés des pièces.** Les traitements de durcissement superficiels, comme la cémentation, la carbonituration ou la nitruration gazeuse, utilisent un mélange actif composé des plusieurs gaz tels que l'azote, le monoxyde de carbone, d'hydrogène, l'ammoniac ;
- 3• augmenter la dureté des pièces trempées et soumises ensuite à un traitement cryogénique** permettant la transformation de l'austénite résiduelle (constituant de faible dureté) en martensite (plus dure).

La mise en œuvre de ces atmosphères doit être faite en respectant scrupuleusement les normes et les procédures spécifiques du four, du traitement choisi, des cycles de travail, etc. Cela permet, en plus d'obtenir les résultats attendus, de maîtriser les risques inhérentes à l'utilisation de ces atmosphères. Les risques principaux sont résumés ci-dessous :

### RISQUE N° 1 : L'ASPHYXIE

#### Qu'est-ce que l'asphyxie ?

Elle se définit communément par l'arrêt ou la difficulté de la respiration. Par extension, elle désigne l'arrêt plus ou moins prolongé de l'hématose, phénomène permettant l'oxygénation du sang dans l'organisme. L'asphyxie peut mener à la mort et doit donc être considérée comme un cas d'urgence extrême.

Les atmosphères de traitement thermique sont exemptes d'oxygène et comportent de ce fait un risque d'asphyxie élevée. Avant de pénétrer dans une enceinte d'un four refroidi à la température ambiante avec atmosphère insuffisamment ventilée, il est indispensable de se munir d'un appareil respiratoire isolant (ARI) ou de tout autre dispositif respiratoire validé.

De même, il est primordial de veiller à la teneur en oxygène des zones pouvant devenir confinées, en cas de fuite ou fausse manipulation des gaz.

Tableau 1 : Asphyxie – Effets de la concentration d'Oxygène sur le corps humain<sup>[1]</sup>

O <sub>2</sub> (vol %)	Effets de l'asphyxie
18-21	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun symptôme évident ne peut être perçu par l'individu.</li> <li>• Une évaluation du risque doit être réalisée afin de comprendre les causes [de la faible teneur d'oxygène] et de déterminer s'il est possible de continuer à travailler en toute sécurité.</li> </ul>
11-18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminution des performances physiques et intellectuelles sans que la victime en ait conscience.</li> </ul>
8-11	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilité d'évanouissement en quelques minutes sans signe d'alerte.</li> <li>• [Le] risque de décès [existe pour un taux d'oxygène] au-dessous de 11 %.</li> </ul>
6-8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'évanouissement intervient très rapidement.</li> <li>• La réanimation est possible si elle est mise en œuvre immédiatement [après évacuation dans une zone à l'air ambiant].</li> </ul>
0-6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'évanouissement est quasiment instantané.</li> <li>• Lésions cérébrales, y compris en cas de sauvetage réussi.</li> </ul>

*Notes de l'auteur entre crochets*



## À SAVOIR

### Ce que dit et préconise l'INRS...

« Travailler dans une atmosphère appauvrie d'oxygène n'est pas sans risque. Il est recommandé que la teneur en oxygène de l'air inhalé se situe entre 19 et 21 % (vol.) et qu'elle ne soit, en aucun cas, inférieure à 17 % (vol.). Des troubles de la santé n'étant pas à exclure, une technique comme celle de la réduction de la concentration en oxygène au-delà de cette valeur ne peut donc pas être mise en œuvre sans prendre impérativement des mesures spécifiques. Il conviendra donc d'exclure tout risque pour toute personne devant pénétrer dans des locaux appauvris en oxygène ».<sup>[2]</sup>

# RISQUE N° 2 : L'EMPOISONNEMENT OU L'INTOXICATION

## Qu'est-ce que l'empoisonnement ou l'intoxication ?

Ces phénomènes caractérisent l'introduction dans l'organisme d'une substance toxique, capable d'altérer la santé ou d'entraîner la mort. Parmi les risques rencontrés dans les ateliers de traitements thermiques, l'empoisonnement est probablement le risque le plus insidieux (gaz incolore, inodore, irritant...).

Les substances toxiques avec lesquelles il est possible d'entrer en contact suite à une fuite ou dysfonctionnement sont les suivantes :

- certains composants des atmosphères : monoxyde de carbone ou ammoniac,
- les matières premières utilisées : hydrocarbures, méthanol, ammoniac, acétone.

En plus des intoxications aiguës sur des courtes durées, dues par exemple au monoxyde de carbone, des expositions plus faibles sur de longues périodes peuvent également engendrer des effets nocifs pour la santé. À ce sujet, les organismes de prévention des maladies d'origine professionnelle demandent une réduction au plus bas niveau des polluants potentiellement présents dans l'air sur les lieux de travail et la mise en place des systèmes de vigilance pour alerter en cas de dysfonctionnement ou fuites.

## Quels sont les types de valeurs limites<sup>[3]</sup> ?

- **Valeurs limites d'exposition à court terme (VLE).** Leur respect permet d'éviter les effets toxiques immédiats ou à court terme. La VLE est une valeur plafond qui est calculé par la moyenne des mesures sur une durée maximale de 15 minutes.
- **Valeurs limites de moyenne d'exposition (VME).** Elles sont destinées à protéger les travailleurs des effets à plus long terme et sont calculées ou estimées par la moyenne des mesures sur la durée d'un poste de travail de 8 heures.



Les gaz toxiques selon le règlement CLP

Fig. 1 – Les valeurs limites d'exposition<sup>[4]</sup>

## Que faire en cas de fuite de l'atmosphère d'un four contenant des espèces toxiques ?

Il est nécessaire de suivre les instructions définies pour cette situation et les instructions du responsable de la sécurité qui évaluera les actions à réaliser comme par exemple :

- **Couper les gaz ou l'alimentation du four.**
- **Limiter l'accès** des personnes aux zones présentant ce risque.
- **Porter des équipements de protection individuel (EPI)** appropriés tels que : appareil respiratoire isolant, lunettes de protection et gants. Il faut s'équiper d'un spray pour la détection des fuites et avoir une douche oculaire et un tube d'onguent pour des éventuels traitements d'urgences.
- **Éviter tout contact avec la peau.**

**RAPPEL :** Les barrières de limitation du risque d'empoisonnement sont sous-jacentes à une analyse de risque.

Tableau 2 : Valeurs limites d'exposition pour les principales substances chimiques présentes dans les atmosphères de traitement thermique<sup>[3]</sup>

Gaz	VME (ppm)	VME (mg/m <sup>3</sup> )	VLE (ppm)	VLE (mg/m <sup>3</sup> )
Acide cyanhydrique	2	2	10	10
Ammoniac	25	18	50	36
Méthanol	200	260	1 000	1 000
Monoxyde de carbone	50	55	-	-
Sulfure d'hydrogène	5	7	10	14

## RISQUE N° 3 : L'INCENDIE ET L'EXPLOSION

### Qu'est-ce que l'incendie ?

L'incendie est une combustion se développant sans contrôle dans le temps et dans l'espace. Il s'agit d'une réaction chimique d'oxydation d'un combustible par un comburant. Cette réaction est initiée par une source d'énergie : flamme, chaleur, étincelle.... Ce phénomène peut être schématisé par le « triangle du feu ».<sup>[6]</sup>

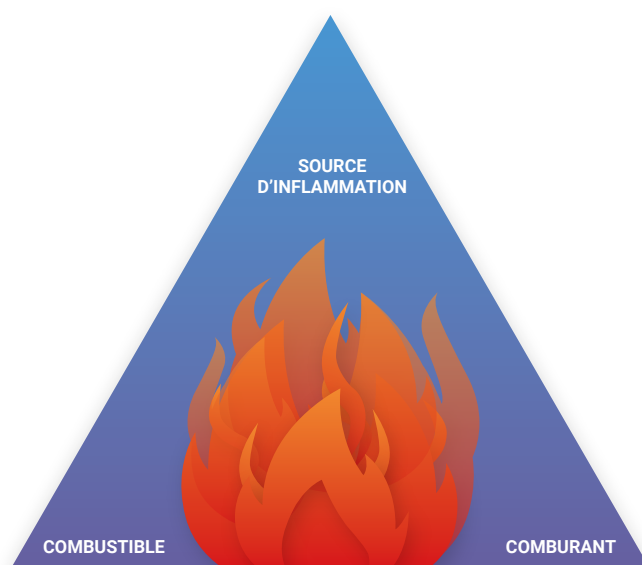


Fig. 2 – Triangle de feu<sup>[6]</sup>

## Qu'est-ce que l'explosion ?

À la différence de l'incendie, elle caractérise une combustion quasiment instantanée. Elle provoque un effet de souffle accompagné de flammes et de chaleur. L'explosion ne peut survenir qu'après formation d'une atmosphère inflammable dans un espace confiné. Celle-ci résulte d'un mélange avec l'air de substances combustibles, dans des proportions telles qu'une source d'inflammation d'énergie suffisante produise son explosion.<sup>[5]</sup>

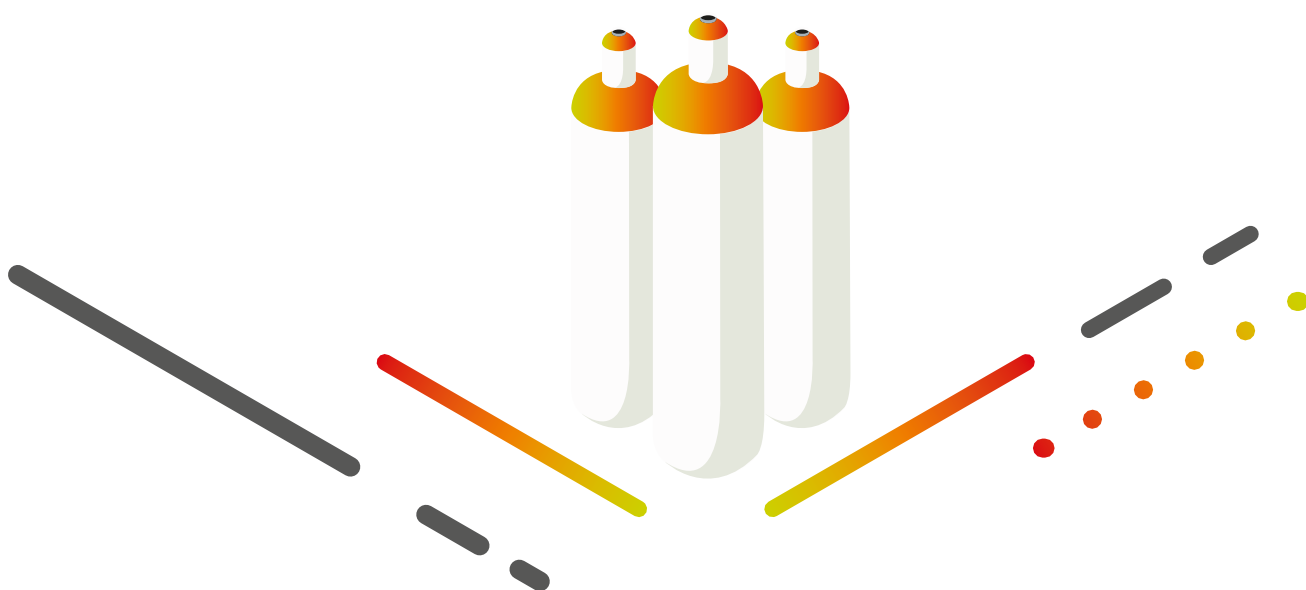
En effet, les incendies et les explosions peuvent être à l'origine de blessures graves voire de décès, et de dégâts matériels considérables. Chacun de ces risques fait l'objet d'une démarche de prévention spécifique dont l'objectif prioritaire est d'agir avant que le sinistre ne survienne :

- Pour prévenir le risque d'explosion, il faut éliminer les sources d'inflammation et mettre en œuvre des mesures permettant d'atténuer les effets potentiels d'une explosion.
- Pour prévenir le risque d'incendie, la priorité est d'intervenir le plus en amont possible, notamment au moment de la conception et de l'implantation des locaux ou de la mise en place d'un procédé de production. L'employeur doit tenir compte en premier lieu de la réglementation du code du travail et éventuellement d'autres réglementations en fonction du type d'établissement.

## Quels sont les produits potentiellement inflammables ou explosibles ?

- Les liquides ou gaz utilisés pour produire les atmosphères de traitement thermique : méthane, propane, ammoniac, méthanol, hydrogène...
- Les sous-produits de ces liquides ou gaz : gaz endothermique, gaz exothermique, ammoniac craqué, méthanol craqué...

Dans un espace confiné si ces mélanges s'enflamment en présence d'une étincelle, il y a explosion. L'onde de surpression se propage alors dans toutes les directions à partir du point d'ignition. Par exemple, un mélange d'hydrogène et d'air confiné dans une enceinte présente un risque potentiel très élevé. Si une quantité d'énergie suffisante est fournie en un point déterminé du mélange, la combustion peut se propager partout à partir de ce point. Ce phénomène n'a toutefois lieu que si la teneur en hydrogène est comprise entre deux valeurs  $L_i$  et  $L_s$ , appelées limite inférieure et limite supérieure d'explosivité ou d'inflammabilité de l'hydrogène dans l'air. En dehors de ces limites, le mélange contient soit trop d'air, soit trop d'hydrogène pour que la combustion puisse avoir lieu.



# FOCUS SUR LES LIMITES D'INFLAMMABILITÉ...

## 1. Limites d'inflammabilité en fonction de la température à pression constante

La température d'auto-inflammation d'un gaz ou d'une vapeur est la température la plus basse d'une surface chaude (voir  $T_m$ , fig. 3) à laquelle, dans des conditions spécifiées, l'inflammation d'une atmosphère explosive peut se produire spontanément en absence d'une source d'inflammation comme la flamme pilote.<sup>[7]</sup>

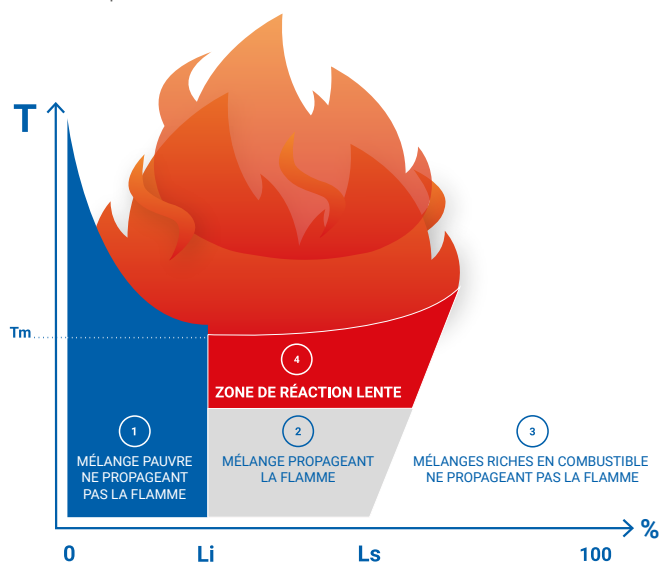


Fig. 3 – Limites d'auto-inflammation d'un gaz

## 2. Tableau 3 – Limites d'inflammabilité en volume % dans un mélange avec air<sup>[7]</sup>

Gaz	LIE (%)	LSE (%)	Température d'auto-inflammation (°C)	Densité (air = 1)
Hydrogène	4	75	500	0,1
Acétylène	2,5	81	300	0,9
Monoxyde de carbone	12,5	74	605	1,0
Méthane (gaz naturel)	5	15	535	0,6
Propane	2,2	10	450	1,6

### BON À SAVOIR

#### Obtenir toutes les données sur ces gaz...

Avant toute utilisation, il est indispensable de consulter la Fiche de Données de Sécurité (FDS) correspondant au gaz concerné. Vous pouvez aussi les obtenir, sur simple demande, auprès de votre agence régionale Air Liquide. Les données sur les principaux gaz et mélanges sont accessibles sur [www.quickfds.fr](http://www.quickfds.fr).

# RISQUE N° 4 : LES TRÈS BASSES TEMPÉRATURES

À très basse température, les gaz cryogéniques sont à l'état liquide. Ils sont alors contenus dans des stockages dits cryogéniques. Généralement, le gaz le plus utilisé dans l'industrie de traitement thermique est l'azote liquide. Son point d'ébullition est -195,8 °C à la pression atmosphérique.

Il présente les risques suivants :

- **en contact avec la peau** : gelures et brûlures à froid,
- **en contact avec les matériaux** : fragilisation de certains métaux, particulièrement les aciers au carbone,
- **en raison d'une variation de la masse volumique liquide/gaz importante** : risques l'asphyxie et forte augmentation de la pression dans les volumes fermés.

## FOCUS SUR LA CLASSIFICATION DES GAZ

Les gaz industriels possèdent une ou plusieurs caractéristiques dangereuses (asphyxiant, inflammable, oxydant, toxique, corrosif...). Afin d'identifier visuellement les risques relatifs à ces gaz, des symboles en losange (symboles ADR-Accord for Dangerous goods by Road) sont utilisés et affichés dans les endroits d'emploi et de stockage.



### Gaz asphyxiants, neutres ou inertes

Ces gaz (par exemple l'argon, l'hélium ou l'azote) n'entretiennent pas la combustion et ne sont pas toxiques. Cependant, ils présentent un risque d'asphyxie par diminution de la teneur en oxygène dans l'air pouvant être mortel.

**Quand y a-t-il danger ?** Lorsqu'il y a moins de 17 % d'oxygène dans l'air, des mesures de prévention sont à prendre lorsqu'il y a moins de 19 % d'oxygène.



### Gaz inflammables

Ces gaz (par exemple les hydrocarbures, l'hydrogène ou le monoxyde de carbone) peuvent s'enflammer en présence d'air ou de tout autre gaz oxydant et une source d'énergie.

**Quand y a-t-il danger ?** Quand ils créent une atmosphère explosive car mélangés dans certaines proportions avec de l'air ou un gaz oxydant.



### Gaz oxydants et comburants

Ces gaz favorisent et entretiennent la combustion mais sont ininflammables. Les plus courants sont l'oxygène et le protoxyde d'azote (monoxyde de diazote).

**Quand y a-t-il danger ?** Quand ils sont en contact avec le feu.



### Gaz toxique et/ou corrosif

Ces gaz, dont l'ammoniac, le monoxyde de carbone, le chlore, peuvent attaquer de nombreux matériaux y compris les métaux et nuisent à l'environnement. Ils peuvent altérer la vue, la peau et le système respiratoire de l'Homme.

**Quand y a-t-il danger ?** Quand il y a exposition directe à l'environnement ou aux personnes physiques.

### 3. PRÉCAUTIONS À PRENDRE POUR ÉVITER LES EXPLOSIONS DANS UN FOUR

Les incendies dans l'atelier où l'équipement de traitement thermique est installé et les explosions dans les fours peuvent être à l'origine de dégâts matériels considérables, voire de blessures ou de décès. Les risques d'explosion et feu, cités dans les paragraphes précédents, nécessitent de respecter des modes de mise en œuvre précis d'une atmosphère potentiellement inflammable dans un four de traitement thermique.

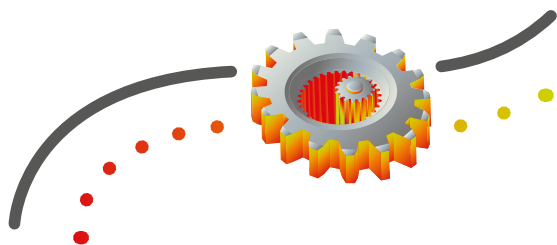
- 1• **Prévenir une explosion** : la priorité est d'empêcher la formation d'atmosphères explosives dans le four. À défaut, il est essentiel d'éliminer les sources d'inflammation et mettre en œuvre des mesures permettant d'atténuer les effets potentiels d'une explosion.
- 2• **Prévenir l'incendie** : la priorité consiste à intervenir le plus en amont possible, particulièrement au moment de la conception et de l'implantation des locaux ou de la mise en place d'un procédé de production. L'employeur doit alors impérativement tenir compte en premier lieu du code du travail et éventuellement d'autres réglementations, en fonction du type d'établissement concerné.

Ces précautions avant la mise en œuvre d'une atmosphère potentiellement inflammable nécessitent de respecter des opérations spécifiques dans une enceinte ou un four de traitement thermique. Elles vous sont détaillées ci dessous pour les différentes étapes d'un cycle de production :

## PURGE À LA MISE EN SERVICE

Lors de la mise en service, l'air contenu dans l'enceinte du four doit être remplacé par le gaz d'atmosphère. Il existe **3 procédés** pour opérer **en toute sécurité** :

- la purge par un gaz inerte,
- la mise sous vide de l'enceinte avant l'introduction du gaz d'atmosphère,
- la purge avec allumage spontané.



### 1 – LA PURGE PAR UN GAZ INERTE

Cette méthode, utilisée typiquement dans les fours de traitement thermique, consiste à remplacer l'air par un gaz inerte avant d'introduire le gaz inflammable. La purge est réalisée généralement à l'azote et souvent menée à froid.

La technique consiste à maintenir le brassage du gaz dans le four pour éviter la formation de « poches d'air » entre les orifices d'entrée et de sortie, ainsi de celle de la « zone morte » (où le gaz est renouvelé difficilement). L'azote se mélangeant presque instantanément à l'air, ce n'est donc pas de l'air pur qui sort de l'enceinte, mais un mélange d'air et d'azote dont la teneur en oxygène diminue au cours de la purge. À la fin de la purge la valeur en oxygène dans le four doit être inférieure à 1 % (V/V). Le volume de gaz nécessaire pour purger est pratiquement égal à 5 fois le volume du four à purger.

## 2 – MISE SOUS VIDE DE L'ENCEINTE AVANT INTRODUCTION DE L'ATMOSPHÈRE

Cette méthode consiste à réduire la teneur d'oxygène résiduel dans l'enceinte par des moyens mécaniques. Une pompe à vide est utilisée afin d'extraire l'air initialement présent dans l'enceinte. Le gaz d'atmosphère est introduit dans un second temps.

Le pourcentage de l'oxygène résiduel résulte de la formule suivante:  $\%O_2 = 21 \cdot \frac{P_v}{P_{atm}}$ , où  $P_v$  est la pression dans le système mis sous vide et  $P_{atm}$  est la pression atmosphérique. Lorsque le pourcentage d'oxygène est inférieur à 1 %, le niveau de vide est considéré suffisant pour assurer la sécurité de l'enceinte. Ce niveau a été fixé à une pression absolue de 45 mbar.

## 3 – LA PURGE AVEC ALLUMAGE SPONTANÉ

Un four exposé à l'air est chauffé à une température supérieure à la température d'auto-inflammation du gaz que l'on souhaite utiliser pour le traitement thermique des produits. Théoriquement, ce dernier s'enflamme dès qu'on l'introduit dans l'enceinte.

La totalité de l'oxygène contenu dans l'air est alors consommée par la réaction de combustion, les autres gaz étant remplacés par les produits de réaction.

Lorsque tout l'oxygène présent dans le volume est épuisé (en fonction du temps et du débit gazeux), l'enceinte ne contient plus que le gaz d'atmosphère. Notons que le gaz d'atmosphère doit être enflammé à la sortie de l'enceinte au contact avec l'air ambiant. En pratique, l'atmosphère ne doit être introduite dans le four que lorsque la température au point d'injection dépasse 750 °C. Cette température, dite d'allumage en toute sécurité, est plus élevée que la température minimale d'auto-inflammation de tous les gaz utilisés. Elle comporte une marge de sécurité prenant en compte des facteurs tels que les erreurs de mesure de température, les différences de température au sein de l'enceinte, ou encore le retard d'inflammation par manque d'uniformité du mélange entre le combustible et le comburant.

Cette méthode est surtout utilisée dans des fours à chambre. Les précautions à prendre lorsqu'ils comportent une zone froide doivent être abordées directement avec le fournisseur.

# LA PURGE DE MISE HORS SERVICE

Après avoir effectué une purge de mise hors service, il est important de veiller à ce que l'enceinte soit suffisamment ventilée lorsque le four est à l'arrêt. L'accès à celui-ci doit être notifié par des **panneaux indicatifs** affichés surtout pour les fours de grandes tailles mais aussi bien pour les autres fours. En ce qui concerne les opérations de maintenance, une **ventilation forcée** et complétée par un contrôle d'atmosphère devra être prévue suffisamment à l'avance pour permettre des interventions. **Tout réside dans la faculté d'anticipation.**

## 1 – LA PURGE SANS ALLUMAGE

Pendant la mise hors services d'un four, lorsque la température passe en-deçà de 750 °C, il faut prévoir une purge avec un gaz inerte réglé au débit requis. Cette procédure doit se faire à travers deux opérations simultanées: la fermeture de la vanne d'alimentation du gaz d'atmosphère et l'ouverture de celle du gaz inerte (le plus souvent est l'azote), via un asservissement par synchronisation.

### À SAVOIR

Le gaz d'atmosphère doit être enflammé à la sortie de l'enceinte du four au contact avec l'air ambiant.

L'injection du gaz inerte doit être maîtrisée par le débit et le temps de manière assez longue pour que tout le gaz d'atmosphère soit évacué.

L'enceinte peut être aérée et ouverte quand la purge sera terminée et sa température atteint la température ambiante.

## 2 – LA PURGE AVEC ALLUMAGE SPONTANÉ

Si l'enceinte à purger est chauffée à une température supérieure à 750 °C et si l'on est certain que le gaz brûlera en toute sécurité, il est possible de **couper l'alimentation en atmosphère** et de laisser la combustion se poursuivre à l'intérieur de l'enceinte.

Pour les fours à plusieurs chambres, il est conseillé de se référer aux instructions du fournisseur.

## LA BONNE TEMPÉRATURE POUR UN ALLUMAGE SÉCURISÉ

La sécurité de fonctionnement d'une enceinte de traitement thermique dépend du maintien de la température de travail à une valeur minimale de sécurité. La norme NF EN 746-3+A1 : 2009-8 préconise 750 °C.

L'enceinte doit être équipée d'un capteur de température, un dispositif de pilotage des gaz et une alarme. Ce système doit :

- **empêcher toute injection** d'une atmosphère inflammable avant que le seuil de température minimale ne soit franchi,
- **signaler par une alarme** si la température diminue à tout moment au-dessous de la valeur de sécurité prééglée (> 750 °C).

### RAPPEL

Au cas où la baisse de température n'est pas corrigée dans un délai défini, le dispositif doit alors lancer une procédure automatique de purge et d'arrêt d'injection de gaz d'atmosphère inflammable.



## 4. FOCUS SUR LES NORMES DE SÉCURITÉ POUR LE TRAITEMENT THERMIQUE

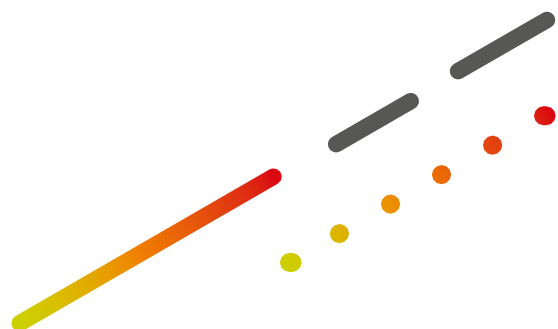
Dans tous les secteurs industriels, notamment l'aérospatiale et l'automobile, le défi majeur est d'assurer une productivité optimale dans des conditions spécifiques, pour cela des normes sont mises en oeuvre par des organismes accrédités afin de donner des prescriptions concernant la sécurité des fours et ses environnements. Nous pouvons citer :

- **NFPA 86C** : cette norme Américaine National Fire Protection Association NFPA 86C s'applique aux fours industriels utilisant une atmosphère spécial de traitement.
- **NF EN 746-3+A1/2009** : cette norme Française/Norme Européenne NF EN 746-3+A1/2009 fixe les prescriptions de sécurité pour les systèmes à gaz d'atmosphère et leur utilisation dans les équipements thermiques industriels et usines associées, y compris les systèmes de production de gaz d'atmosphère par réaction à l'intérieur de l'équipement thermique industriel.

## 5. CONCLUSION

Vous avez pu découvrir ou redécouvrir ici les risques majeurs engendrés par les gaz utilisés pour le traitement thermique. Les équipement utilisés pour ces procédés constituent des défis importants en termes de sécurité. En effet, il faut garantir une productivité convenable tout en maîtrisant les risques qui pourraient se présenter pour les travailleurs et les installations.

Prévenir les accidents nécessite à la fois d'avoir une bonne connaissance de l'environnement de travail, de se conformer aux procédures de sécurité et de veiller à l'adoption de règles de protection personnelle efficaces. Ce document s'inscrit dans la politique de sécurité du Groupe Air Liquide. Les informations apportées visent à renforcer les connaissances pratiques des personnes ayant des activités liées au traitement thermique.



# BIBLIOGRAPHIE

[1] Numéro spécial: campagne contre l'asphyxie – EIGA Safety Newsletter SAG NL N° 77/03/E.

[2] M.FALCY, F.MARC, JM.PETIT, B.SALLÉ – Travaux dans une atmosphère appauvrie en oxygène/Préconisations pour la protection des travailleurs et prévention – Édition INRS ED 6 126 1<sup>re</sup> édition à février 2012, ISBN 978-2-7389-1991-5.

[3] R. Fayolle, service Prévention, CRAM de Rhône-Alpes; B. Courtois, Département Risques chimiques et biologiques, INRS, avec la collaboration de R. Rottier, Centre technique des industries mécaniques (CETIM) – Cahiers de notes documentaires – Hygiène et sécurité du travail – N° 183, 2<sup>e</sup> trimestre 2001 (INRS) – Ateliers de traitement thermique Hygiène et sécurité.

[4] Catalogue gaz spéciaux Air Liquide Air Liquide France Industrie – octobre 2017.

[5] Explosion sur le lieu de travail – INRS 2018 – Mis à jour le 30/01/2017 – <http://www.inrs.fr/risques/explosion/ce-qui-il-faut-retenir.html>

[6] Incendie sur le lieu de travail – INRS 2018 – Mis à jour le 30/01/2017 – <http://www.inrs.fr/risques/incendie-lieu-travail/conditions-survenue.html>

[7] JM.PETIT, JL.POYARD – Les mélanges explosifs. Partie 1: gaz et vapeurs – Édition INRS ED 911 1<sup>re</sup> édition (2004), réimpression juillet 2015, ISBN 2-7389-1183-8.

SI VOUS DÉCIDEZ DE  
NOUS FAIRE CONFIANCE,  
CONTACTEZ  
NOS SPÉCIALISTES :



Mohamed Amine JAMLI  
[mohamedamine.jamli@airliquide.com](mailto:mohamedamine.jamli@airliquide.com)



Lucas BUSTAMANTE-VALENCIA  
[lucas.bustamante-valencia@airliquide.com](mailto:lucas.bustamante-valencia@airliquide.com)

.....

[fr.airliquide.com](http://fr.airliquide.com)



La branche d'activité Industriel Marchand d'Air Liquide fournit des gaz industriels et des solutions innovantes, incluant des technologies d'application, des équipements et des services. Présents dans 75 pays, nos 34 000 collaborateurs accompagnent au quotidien plus de deux millions de clients, de l'artisan indépendant aux grandes sociétés industrielles. Ils s'appuient sur des capacités commerciales et techniques hors pair pour développer des solutions qui optimisent la performance des industriels, améliorant la qualité de leur produit, leur compétitivité, tout en minimisant leur empreinte environnementale.