

Consignes de sécurité

Manipulation du dioxyde de carbone CO₂

Le dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone est un gaz incolore, quasiment inodore et insipide. Il est donc pratiquement indétectable par les organes des sens humains. Le dioxyde de carbone est considéré comme non toxique. Ce n'est pas une matière dangereuse au sens de la réglementation relative à ces substances. L'air que nous respirons contient environ 0,04 % de dioxyde de carbone en volume. Cette concentration est d'une importance vitale car elle stimule notre système respiratoire et détermine le débit et le volume inspiratoires.

Pour manipuler le dioxyde de carbone sans danger, il est indispensable de bien connaître les propriétés de ce gaz et de prendre des mesures de sécurité appropriées. Les présentes consignes de sécurité sont des recommandations issues de la pratique. Elles complètent les prescriptions de sécurité obligatoires mais ne sauraient les remplacer. Au quotidien, le dioxyde de carbone est souvent appelé gaz carbonique. Dans les présentes consignes de sécurité, le terme d'acide carbonique désigne la solution aqueuse du dioxyde de carbone (CO₂ dans H₂O).

Effet physiologique (que se passe-t-il quand on respire ?)

Lorsque le dioxyde de carbone a une concentration volumique supérieure aux 0,04 % naturels, il peut être dangereux pour la santé. L'impact nocif d'une concentration trop élevée de CO₂ ne s'explique donc pas par le manque d'oxygène mais par l'effet direct du dioxyde de carbone. Lorsque l'air inspiré arrive dans les poumons, il emprunte des conduits ramifiés de plus en plus fins (bronches et bronchioles) jusqu'aux alvéoles pulmonaires. C'est là qu'ont lieu normalement les échanges gazeux au travers d'une fine membrane : l'oxygène (O₂) contenu dans l'air passe dans le sang tandis que le dioxyde de carbone (CO₂) passe du sang dans l'air. Ce CO₂ est ensuite rejeté hors de l'organisme pendant l'expiration.

Si, toutefois, il y a trop de CO₂ dans l'air inspiré, c'est soudain ce gaz qui passe dans le sang à la place de l'oxygène, et il se produit un dysfonctionnement au niveau des échanges.



Suivant la concentration du CO₂ (pourcentage volumique dans l'air), on observe différents effets chez l'homme :

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1-1,5 % de CO ₂ | Léger impact sur le métabolisme au bout de quelques heures. |
| 3-5 % de CO ₂ | Migraines, troubles respiratoires et sensation de malaise (au plus tard après 30 minutes d'exposition). |
| 8-10 % de CO ₂ | A cette concentration, le CO ₂ peut provoquer des crampes, une syncope, un arrêt respiratoire et la mort. La teneur en oxygène de l'air inspiré n'est plus que de 19 % en volume et, par conséquent, insuffisante. |
| 10-100 % de CO ₂ | Lorsque la concentration du dioxyde de carbone est supérieure à 10 %, il y a perte de conscience en moins d'une minute. Si aucune contre-mesure n'est prise immédiatement, cette situation entraîne la mort. |

C'est la raison pour laquelle la valeur limite d'exposition au CO₂ au poste de travail (VLE) correspond à une concentration volumique de 0,5 %. (⇒ SUVA « Valeurs limites d'exposition aux postes de travail » / N° de commande 1903.f)



Veillez noter que le CO₂ n'a pas seulement un effet asphyxiant mais qu'il agit directement sur le métabolisme dans notre organisme, et ce, même s'il y a encore suffisamment d'oxygène dans l'air ambiant. La concentration du CO₂ doit être surveillée en effectuant des mesures, un contrôle de la teneur en oxygène donne une fausse impression de sécurité.

Attention «Risque d'asphyxie»

Un autre effet nocif du dioxyde de carbone sur l'organisme humain est celui du froid. En venant au contact de la peau, le CO₂ liquéfié à très basse température ou projeté à la suite d'une détente sous forme d'éclaboussures ou de neige peut provoquer des gelures, autrement dit des « brûlures par le froid » douloureuses. Les tissus cutanés sensibles, comme la cornée par exemple, sont particulièrement menacés. Les gelures assez étendues peuvent être mortelles. La formation de glace dans des canalisations et tuyauteries ou des appareils de robinetterie peut également présenter un risque mécanique pour les personnes qui se trouvent à proximité.



Veillez vous conformer exactement aux instructions de travail relatives à la manipulation du CO₂. Protégez votre peau en portant des vêtements et des gants de protection appropriés. Le port de lunettes de sécurité permet de protéger efficacement la cornée des brûlures par le froid.

Mise en garde contre les risques du froid

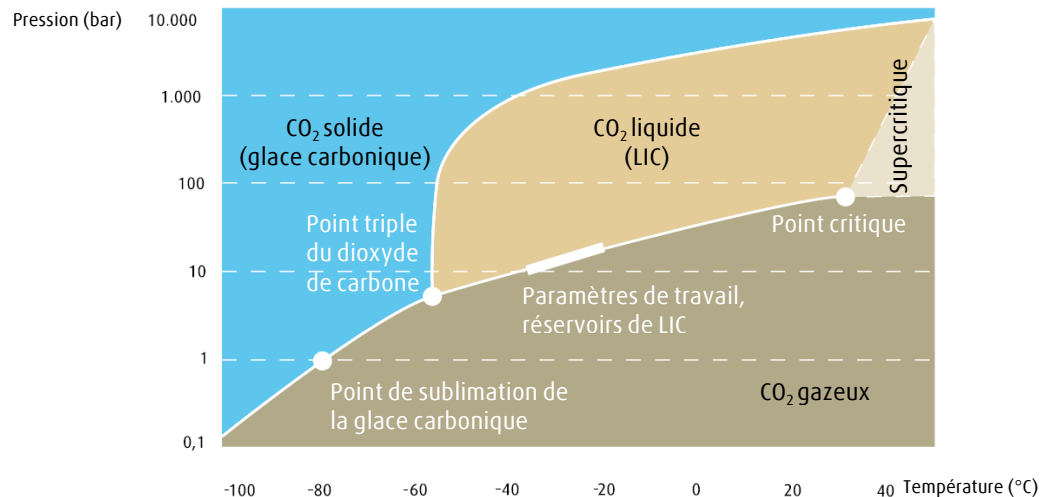
Propriétés du dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone est ininflammable, c'est un gaz inerte et chimiquement stable dans les conditions atmosphériques normales. Le CO₂ inhibe ou empêche totalement les réactions de combustion. Le dioxyde de carbone peut réagir violemment en présence de certaines substances comme l'ammoniac ou les amines. Il est soluble dans l'eau. Il se forme alors de l'acide carbonique qui est un acide faible et a un effet corrosif sur les aciers au carbone et certains métaux non ferreux.

Dans les conditions atmosphériques normales, le dioxyde de carbone est un gaz environ 1,5 fois plus lourd que l'air. C'est la raison pour laquelle le CO₂ va vers le bas et peut s'accumuler dans les fosses, les souterrains ou les dépressions de terrain. S'il y a peu de circulation d'air, de telles accumulations de CO₂ peuvent subsister pendant des heures.

Une attention particulière doit être portée aux états physiques qui dépendent de la pression et de la température :

- Dans les conditions atmosphériques normales, le CO₂ est à l'**état gazeux**.
- A une température comprise entre -56,6 et +31,1°C et sous une pression d'au moins 5,2 bar, le CO₂ peut se présenter sous à l'**état liquide**. Le CO₂ ne peut exister à l'état liquide à la pression atmosphérique (1 bar).
- Aux températures inférieures à -56,6 °C, le CO₂ peut se trouver à l'**état solide**.
- Il n'y a qu'au « point triple » (-56,6 °C, 5,2 bar) du que les trois états physiques sont possibles.



Dans une bouteille de gaz, il y a du CO₂ à l'état liquide, c'est-à-dire « liquéfié sous pression ». La pression du liquide dans la bouteille est voisine de 57 bar à 20 °C.

Si l'on prélève du CO₂ dans la bouteille avec un manodétendeur dont la pression secondaire est réglée à moins de 5,2 bar, on obtient du CO₂ gazeux. 1 kg de CO₂ liquide donne environ 550 litres de gaz en se détendant à la pression atmosphérique. Dans certaines conditions, il est possible de prélever du CO₂ dans la bouteille sous forme liquide. Lorsque du CO₂ liquide se détend brusquement au moment du prélèvement, il se refroidit intensément en donnant naissance à un mélange de CO₂ gazeux et de neige carbonique.



Le CO₂ peut facilement changer d'état physique en fonction de la pression et de la température. Son volume ainsi que ses propriétés physiques peuvent donc se modifier relativement vite.

Danger d'ordre général

Manipulation des bouteilles de CO₂

Il est impératif de se conformer aux directives qui s'appliquent d'une manière générale à la manipulation des bouteilles de gaz ; dans le cas des bouteilles de CO₂, il importe en outre de veiller aux points suivants :

- Le transvasement non autorisé de dioxyde de carbone d'une bouteille dans une autre est une opération risquée. Les bouteilles de gaz doivent satisfaire à des exigences déterminées pour résister à la pression de manière sûre. En règle générale, seul le personnel d'une entreprise de remplissage agréée ayant reçu la formation adéquate est à même de juger si une bouteille de gaz peut être remplie ou non. De plus, la surveillance de la quantité introduite et sa limitation par pesage pendant le remplissage sont absolument indispensables. Suivant l'ordonnance relative aux récipients sous pression, il est permis d'introduire au maximum 0,75 kg de CO₂ par litre de volume de la bouteille. Ce taux de remplissage garantit que la pression dans la bouteille de CO₂ n'atteindra la pression d'essai de 250 bar que si elle est portée à une température de 65 °C. Si le taux de remplissage admissible est dépassé, la pression dans la bouteille augmente déjà considérablement au moindre échauffement. Une bouteille de CO₂ trop remplie peut éclater en étant exposée au seul rayonnement solaire.
- La pression dans une bouteille de CO₂ ne dépend que de la température. A 20 °C par exemple, elle s'élève à 57 bar. Même une bouteille de CO₂ presque vide est à 57 bar à 20 °C tant qu'elle contient du gaz liquéfié.
- Le niveau de remplissage d'une bouteille de CO₂ ne peut être déterminé en mesurant la pression, il ne peut l'être que par pesage.
- Les bouteilles de CO₂ sont généralement constituées d'acier au carbone. Comme celui-ci est corrodé par l'acide carbonique (CO₂ dissous dans H₂O), il peut en résulter une diminution dangereuse de la résistance mécanique de la bouteille. Il convient donc de tenir les bouteilles de CO₂ à l'écart de l'eau ou des liquides aqueux (bière, limonade). L'entreprise de remplissage doit vérifier qu'il n'y a pas d'eau dans les bouteilles de CO₂ et les sécher si besoin est avant de les remplir.

Les utilisateurs doivent également veiller à ce qu'aucun liquide ne pénètre dans une bouteille de CO₂. L'installation d'un clapet anti-retour est une mesure de protection possible. Par ailleurs, les bouteilles de CO₂ ne doivent être vidées que jusqu'à une pression résiduelle voisine de 5 bar, et les robinets des bouteilles vides doivent être maintenus en position fermée. Ceci permet d'empêcher que de l'air humide pénètre dans la bouteille de CO₂.

- Les robinets des bouteilles de CO₂ sont souvent protégés contre les surpressions au moyen d'un disque de rupture qui est fixé sur le robinet à l'aide d'un écrou-raccord. Afin d'éviter tout échappement intempestif et dangereux du CO₂, il est interdit de « bricoler » ce dispositif de quelque manière.



Il est absolument déconseillé de transvaser du dioxyde de carbone (surpression en présence de variations de température). Si besoin est, le contenu de la bouteille de CO₂ doit être déterminé par pesage. Veillez à ce qu'il ne pénètre aucune humidité dans la bouteille. « Bricoler » un appareil de robinetterie peut présenter un danger de mort.

Mise en garde relative aux bouteilles de gaz

Manipulation du dioxyde de carbone CO₂ (solide / liquide / gazeux)

⇒ Dioxyde de carbone solide (glace carbonique)



Glace carbonique et réservoir de stockage approprié

La glace carbonique est constituée de neige carbonique comprimée qui est obtenue par détente de CO₂ liquide. A la pression atmosphérique, la glace carbonique a une température de -79 °C. Lorsqu'on chauffe de la glace carbonique se trouvant à cette pression, elle ne fond pas mais se vaporise (se sublime) en se transformant intégralement en dioxyde de carbone gazeux (d'où le nom de « glace sèche » qu'on lui donne parfois). A partir de 1 kg de glace carbonique, on obtient de 300 à 400 litres de CO₂ gazeux, suivant le degré de compression. Voilà pourquoi il peut y avoir une augmentation de pression considérable lorsque la glace carbonique contenue dans un récipient hermétiquement fermé se vaporise.

En raison de la basse température de la glace carbonique et de la formation de CO₂ gazeux, certaines précautions de manipulation spéciales s'imposent :

- La glace carbonique n'est pas de la glace alimentaire. Il ne faut ni l'avaler ni en mettre directement dans des boissons. Le froid et la pression créée peuvent porter sérieusement atteinte à l'organisme humain.
- La glace carbonique doit être tenue hors de portée des enfants !
- En raison de sa basse température, la glace carbonique ne doit pas être touchée à mains nues. Le port de gants ou l'utilisation d'une pince appropriée protègent des gelures lors de la manutention.
- Lorsque de la glace carbonique est broyée à la main à l'aide d'un outil approprié, il y a lieu de porter des lunettes de sécurité afin de protéger les yeux des projections de particules de glace.
- Ne pas stocker ni transporter de glace carbonique dans des récipients hermétiquement fermés. La pression générée par la vaporisation pourrait provoquer l'éclatement du récipient.
- L'accès des locaux dans lesquels est stockée de la glace carbonique ne doit être autorisé que si une ventilation suffisante permet d'évacuer le CO₂ gazeux formé.
- La glace carbonique ne doit être transportée dans l'espace de chargement d'un véhicule que si celui-ci est séparé de la cabine de conduite /du compartiment voyageurs par un dispositif étanche aux gaz.

⇒ Dioxyde de carbone liquide (GAC)



Bouteilles de CO₂ à tube plongeur (avec tube plongeur ou siphon)

A l'intérieur d'une bouteille de CO₂ de ce type, il y a un tube plongeur ou siphon qui va du robinet jusqu'à une très faible distance du fond de la bouteille. Pour autant que la bouteille soit en position verticale, le CO₂ prélevé à l'intérieur se trouve forcément à l'état liquide.

Les particularités suivantes doivent être prises en compte lors de l'utilisation :

- Les bouteilles de CO₂ à tube plongeur sont étiquetées en tant que telles par l'entreprise de remplissage, ils ont un symbole de la flèche (↓) sur la valve et d'un "Tube plongeur" étiquette ronde. L'utilisateur doit être conscient du fait qu'il se sert d'une bouteille de CO₂ à tube plongeur.
- Les bouteilles de CO₂ à tube plongeur ne doivent être utilisées que s'il est prévu de prélever du dioxyde de carbone en phase liquide.
- Les bouteilles de CO₂ à tube plongeur ne doivent pas être munies d'un manodétendeur car la neige carbonique formée par suite de la détente du dioxyde de carbone liquide bloquerait le manodétendeur en le rendant inopérant.
- Les bouteilles de CO₂ à tube plongeur doivent être en position debout pendant le prélèvement afin que l'ouverture du tube plongeur demeure au-dessous du niveau du CO₂ liquide. Ce n'est qu'à cette condition qu'il est possible de prélever le contenu de la bouteille sous forme liquide dans sa quasi intégralité.
- La pression du dioxyde de carbone liquide prélevé dans une bouteille de CO₂ à tube plongeur correspond à celle de la bouteille. Il faut donc que le dispositif de prélèvement utilisé résiste à la pression en conséquence et convienne pour le CO₂ liquide (un système de soutirage de boissons ne convient en aucun cas à cet usage).
- Les sections de tuyauterie pour CO₂ liquide isolables doivent être munies d'une soupape de sûreté.
- Si du dioxyde de carbone prélevé à l'état liquide dans une bouteille à tube plongeur est détendu à la pression atmosphérique, il se forme de la neige carbonique. C'est la raison pour laquelle les bouteilles à tube plongeur sont surtout utilisées quand on a besoin de neige carbonique (p. ex. pour refroidir des denrées alimentaires).
- La neige carbonique peut s'avérer dangereuse à différents égards. Si le jet de neige projeté vient au contact de la peau, il existe un risque de gelure. C'est la raison pour laquelle il y a lieu de protéger la peau au moyen de vêtements appropriés, et les yeux par le port de lunettes de sécurité. La neige carbonique peut obstruer le dispositif de prélèvement. Si un bouchon de neige carbonique se détache subitement, p. ex. parce qu'on a tapé sur le tuyau de prélèvement, le CO₂ liquide accumulé se détend brusquement. En tournoyant ou en éclatant, le tuyau de prélèvement peut être à l'origine de dommages corporels ou matériels. **Attention** : Un robinet de bouteille givré ne peut éventuellement plus être fermé de manière sûre. Par raison de sécurité, il convient d'attendre jusqu'à ce que le robinet soit dégivré. Ne visser en aucun cas un chapeau sur le robinet car il pourrait se retrouver sous pression en raison de la formation de glace ou de neige carbonique et représenter un risque de blessure élevé pendant la manutention.

- Un danger particulier peut survenir lorsque le CO₂ est utilisé pour inerte des gaz ou des vapeurs inflammables. Dans un mélange de neige carbonique/CO₂ gazeux, les « flocons de neige » peuvent se charger d'électricité statique et provoquer l'inflammation d'un mélange explosible gaz/air sous l'effet des étincelles de décharge électrostatique. Il ne faut donc jamais projeter de CO₂ directement dans un nuage de gaz ou de vapeur inflammable. Cette consigne importante s'applique aux bouteilles de CO₂ avec et sans tube plongeur.

⇒ Dioxyde de carbone gazeux



Bouteille de CO₂ pour prélèvement à l'état gazeux (sans tube plongeur)

Dans une bouteille de CO₂ sans tube plongeur, le dioxyde de carbone est prélevé directement dans la tête de la bouteille. Lorsqu'on ouvre le robinet, la pression diminue dans la bouteille. Le CO₂ en phase liquide se vaporise continuellement et s'échappe à l'état gazeux.

Pour l'utilisation de CO₂ gazeux, tenir compte des points suivants :

- Les bouteilles de CO₂ sans tube plongeur doivent être utilisées avec un manodétendeur de manière à ce que la pression soit ramenée à une valeur admissible pour l'utilisation du gaz prévue.
- Les bouteilles de CO₂ sans tube plongeur doivent aussi être en position verticale pendant le prélèvement de gaz. Si la bouteille était en position couchée, il s'échapperait du CO₂ liquide, ce qui pourrait provoquer l'obstruction du dispositif de prélèvement par de la neige carbonique.
- La vitesse de prélèvement dans les bouteilles de CO₂ sans tube plongeur est limitée parce que le CO₂ en phase liquide doit se vaporiser. Pour cela, de la chaleur ambiante est absorbée, c'est-à-dire que la bouteille de gaz et surtout son robinet risquent de givrer en se refroidissant. La manœuvrabilité du robinet s'en trouve compromise. Pour éviter cette situation, il y a lieu de réchauffer la bouteille de gaz avec de l'eau chaude (ne pas dépasser 50 °C) ou de faire fonctionner plusieurs bouteilles en parallèle si les besoins en CO₂ sont importants. En aucun cas la bouteille de gaz ne doit être réchauffée à l'aide d'une flamme.

Mesures à prendre au poste de travail

Les mesures de sécurité suivantes sont indiquées :

- Informez vos collaborateurs des dangers particuliers du CO₂.
- Les collaborateurs qui travaillent au voisinage d'applications utilisant du CO₂ doivent être formés et instruits en conséquence de manière à pouvoir interpréter correctement les alarmes et leurs propres observations.
- Etablir un descriptif des postes et une analyse des risques détaillés pour les secteurs utilisant du dioxyde de carbone.
- Veiller à l'étanchéité des installations utilisant du CO₂, remédier sans délai à toute fuite éventuelle.
- Les rejets de CO₂ provenant d'un équipement technique ou d'une soupape de sûreté doivent être évacués à l'air libre.
- Les locaux qui abritent des installations utilisant du CO₂ doivent posséder une ventilation efficace, en particulier s'ils sont situés en contrebas. Ces équipements de ventilation doivent faire l'objet d'un entretien et d'un contrôle réguliers.
- Un système de surveillance du CO₂ et d'alarme doit être installé dans les locaux où se trouvent des installations utilisant ce gaz. Les systèmes de surveillance et d'alarme doivent être contrôlés régulièrement, une maintenance périodique doit être effectuée par la société qui les a mis en place.
- En cas d'échappement soudain de CO₂, quitter immédiatement les lieux, surtout s'ils sont situés en sous-sol (fosses, caves), car le risque d'une accumulation de CO₂ y est particulièrement élevé.
- Ne pénétrer dans les locaux où se sont accumulées de grandes quantités de CO₂ qu'avec un appareil de protection respiratoire autonome. Ceci vaut également lorsqu'il y a dans la pièce des personnes accidentées ayant besoin d'être secourues d'urgence.
- Les systèmes d'extinction au CO₂ fixes ne doivent être mis en service à des fins de contrôle ou pour une intervention nécessaire que s'il n'y a personne dans la zone où existent des risques. Si le dioxyde de carbone peut pénétrer dans d'autres locaux par des canalisations, ouvertures dans le mur, installations de ventilation ou de climatisation, ces locaux sont aussi considérés comme zones à risque.

Remarque finale

Le dioxyde de carbone peut être utilisé à des fins très diverses sous ses différents états physiques. L'important est de mettre ses propriétés à profit afin d'obtenir les effets voulus tout en excluant les risques.

Sources :

- ASSOCIATION EUROPEENNE DES GAZ INDUSTRIELS (EIGA) / Safety Info 24/11/E
- Consignes de sécurité de Linde / 12 – La manipulation du dioxyde de carbone CO₂