

Quelques facteurs potentiels d'accidents liés à la verrerie et à son emploi. Quelques précautions à prendre.

par Mme J. TONNELAT
Retraitée, Paris

Certains de ces facteurs potentiels d'accidents et les précautions indiquées permettant généralement de les neutraliser, ont été mentionnés à propos du montage d'un appareil de préparation d'un gaz à froid (B.U.P. n° 666, septembre 1984, pp. 1336-1339).

Il s'agit ici de les reprendre et surtout de les compléter, mais en se limitant à l'emploi d'objets en verre dans l'enseignement général des collèges et des lycées. Les facteurs potentiels d'accidents propres à la fabrication d'objets en verre mis sur le marché ne seront pas évoqués.

1. FRAGILITÉ

Tout le monde connaît la fragilité du verre en général, avec des différences appréciables selon les diverses catégories de verre.

Le bris de récipients, de tubes, de baguettes entraîne des blessures pour l'expérimentateur et pour ses voisins.

Les fragments de verre brisé sont extrêmement coupants, avec des bords acérés. Il peut aussi se former de tous petits éclats, eux aussi très acérés, donc dangereux, et en particulier pour les yeux.

Par exemple, il peut arriver que le ballon que l'on range ou que l'on nettoie heurte un autre récipient, ou l'évier, ou un meuble. D'où bris d'au moins un récipient.

On peut aussi heurter, en passant, des tubes de verre rangés verticalement et dont l'une des extrémités déborde dans le passage. Ici également il y a bris de verre et formation d'arêtes coupantes.

Cette liste n'est pas limitative.

PRÉCAUTIONS :

- Éviter les chocs pendant le rangement, l'utilisation, le nettoyage.
- Ne jamais utiliser la main nue pour ramasser des débris de verre, par exemple dans l'évier.
- Utiliser une poubelle spéciale pour le verre cassé, de manière à éviter tout accident à autrui par ignorance du danger.
- Utiliser une pelle et un balai réservés au verre cassé pour ramasser des morceaux de verre. Terminer avec une feuille de carton léger ou du papier fort. Tout chiffon ayant servi à ramasser du verre cassé, et surtout les petits éclats, doit être immédiatement jeté dans la poubelle réservée au verre cassé de manière à éviter tout accident à autrui par inadvertance.
- Jeter immédiatement tout objet en verre dès qu'il est ébréché ou non bordé. Dans la poubelle au verre cassé, naturellement.
- Toujours utiliser des récipients, des tubes, des baguettes, en bon état.
- Toujours utiliser des tubes et des agitateurs bordés. Les border avant tout emploi, en cas de besoin.

2. RIGIDITÉ

A la température ordinaire, dans les conditions habituelles d'utilisation, le verre est rigide.

Ainsi il est impossible de courber un tube à la température ordinaire : il casse en projetant en tous sens de très petits éclats très acérés, dangereux pour les yeux.

Si on met la paume de la main sur la partie courbe d'un tube à dégagement pour introduire l'une de ses extrémités dans le trou d'un bouchon, on risque de graves blessures : les tendons des muscles qui permettent la flexion des doigts peuvent être très sérieusement atteints.

Quand on tient un tube à dégagement, un tube en S, ou un tube à boules, ou un tube à entonnoir, à quelques centimètres de l'extrémité introduite dans le trou d'un bouchon, on casse presque toujours le tube avec risque de pénétration de l'une des parties acérées dans la paume de la main, dans les doigts. Ici aussi la blessure peut être grave. Il y a en outre un risque sérieux pour les yeux avec les très petits éclats projetés en tous sens.

Lorsqu'on tient un tube avec plusieurs parties parallèles entre elles (tube

en S, tube à boules), on a les mêmes risques que dans le cas précédent : en effet, on serre instinctivement l'ensemble des tubes avec les doigts et il y a éclatement au niveau d'une courbure, ou de plusieurs. En général, cela se produit quand on fait le nettoyage des tubes, le montage d'un appareil ou son démontage.

PRÉCAUTIONS :

- *Toujours tenir un tube à boules, un tube en S, un tube à entonnoir, un tube à dégagement très près de l'extrémité introduite dans le trou d'un bouchon.*
- *Toujours tenir par une partie rectiligne, et une seule, un tube présentant une ou plusieurs courbures (tube à boules, tube en S, tube à dégagement coudé).*
- *Ne jamais tenir ensemble deux ou plusieurs parties rectilignes parallèles (tube à boules, tube en S).*
- *Ne jamais mettre la main sur une partie courbe d'un tube (tube à boules, tube en S, tube à dégagement coudé).*

3. CHOC THERMIQUE

Il s'agit ici d'un échauffement et d'un refroidissement à la fois brutal et localisé.

On constate expérimentalement qu'en versant un produit très chaud ou très froid dans un récipient en verre, lui-même à la température ordinaire, on en provoque très fréquemment le bris. Très souvent il y a une véritable coupure du récipient dont les fragments se séparent et s'affaissent sur la pailleasse. C'est lorsqu'il faut ramasser les débris de verre qu'apparaît un risque sérieux de blessure.

Cette rupture du verre est en relation directe avec à la fois la valeur du coefficient de dilatation et celle de la conductibilité thermique. Les valeurs numériques dépendent des produits utilisés dans la fabrication du verre et de leurs proportions.

De toute façon, les coefficients de dilatation ne sont pas négligeables et la conductibilité thermique est extrêmement faible. Un échauffement ou un refroidissement brutal et localisé provoque des tensions internes importantes entre le point chaud ou très froid et le verre qui est autour et qui, lui, est à la température ordinaire. D'où la rupture du verre.

On a constaté que ces tensions sont moins importantes lorsque le

réceptient a une forme arrondie (ballon, tube à essais) que lorsqu'il présente des angles (flacon).

a) exemples d'échauffement brutal :

- oxydation du fer dans un flacon d'oxygène
On observe des projections d'oxyde de fer très chaud qui peuvent s'incruster dans le verre et provoquent souvent la rupture du flacon.
- liquide très chaud versé brutalement dans un réceptient froid
Ce fait est bien connu. Verser un liquide bouillant dans un flacon ou un verre à pied provoque très fréquemment la rupture du réceptient en verre.

b) exemples de refroidissement brutal :

- reflux d'un liquide froid dans un réceptient chaud
Ce peut être le cas avec un appareil de préparation d'un gaz à chaud : le liquide du premier flacon, à la température ordinaire, reflue dans le ballon chaud par suite d'un arrêt inattendu du dégagement gazeux. Le refroidissement brutal au contact du liquide froid entraîne la rupture du ballon. Il s'y ajoute d'ailleurs un phénomène de caléfaction du liquide froid qui engendre une forte surpression interne de sorte que la rupture du ballon se fait presque toujours avec éclatement. Il y a risque de blessures par le verre chaud, et de brûlures corrosives par les produits chimiques en même temps que de brûlures thermiques.
On a les mêmes risques lorsqu'on utilise un appareil simplifié constitué par un tube à essais chaud et que le gaz formé barbote dans une solution destinée à caractériser ce gaz et qui est à la température ordinaire. Ici aussi il peut y avoir reflux du liquide froid dans le tube à essais chaud, d'où rupture de ce dernier.
- refroidissement d'un réceptient chaud avec de l'eau froide
Lorsqu'on veut refroidir rapidement un réceptient chaud et son contenu, on peut le mettre sous le filet d'eau froide du robinet, ou encore l'immerger dans l'eau d'un cristalliseur. Le terme froid est ici synonyme de température ordinaire. Le réceptient casse ou ne casse pas. On se trouve ici encore avec des tensions internes plus ou moins localisées et plus ou moins importantes. Lorsqu'on prévoit un refroidissement de ce genre, il est préférable d'utiliser un verre à très faible coefficient de dilatation (pyrex, par exemple).
- transvasement d'azote liquide dans un réceptient en verre
Lorsqu'on utilise un réceptient en verre ordinaire, on a un risque sérieux d'accident. Il faut prendre des réceptients spécialement prévus pour cet usage : les vases DEWAR, à double paroi avec vide interstitiel.

PRÉCAUTIONS :

- Utiliser des récipients en verre à faible coefficient de dilatation (ex. pyrex) pour tout ce qui nécessite chauffage ou refroidissement.
- Utiliser des récipients arrondis ou aux angles arrondis (ballon, becher, tube à essais) pour utilisation à chaud.
- Ne pas verser brutalement un liquide chaud dans un récipient froid.
- Ne pas refroidir brutalement un récipient chaud (par exemple en le mettant sous le filet d'eau du robinet).
- Ne jamais verser rapidement un liquide froid dans un récipient chaud. Une explosion est alors possible par suite d'une importante surpression due au phénomène de caléfaction.
- Toujours intercaler un flacon de sécurité, vide, dans l'appareil de préparation d'un gaz à chaud entre le ballon-réacteur chaud et le premier flacon laveur, froid.
- Intercaler également un récipient de sécurité, vide, entre un tube à essais chaud et un récipient, froid, contenant une solution destinée à réagir avec le gaz formé.
- Utiliser UNIQUEMENT des vases DEWAR pour faire des expériences avec de l'azote liquide.

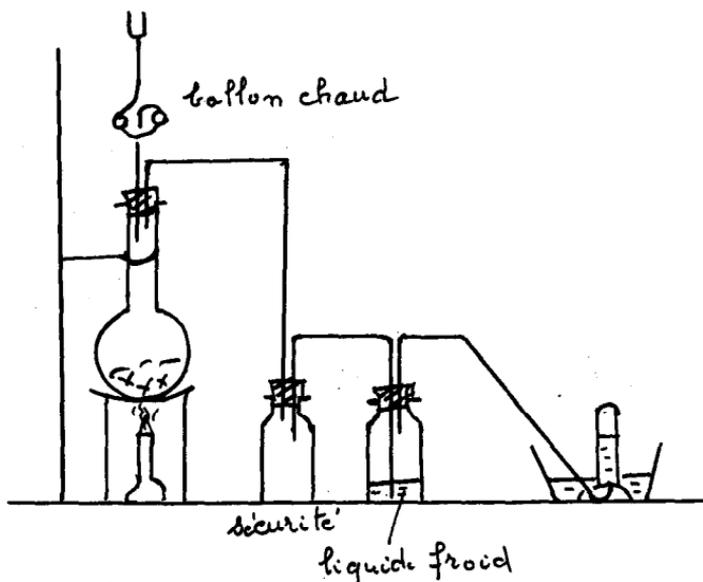


Figure 1

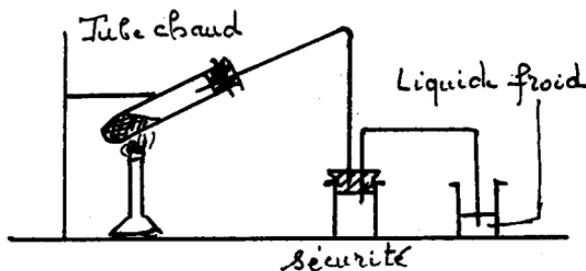


Figure 2

4. RAYURE DU VERRE

On l'utilise pour couper le verre, en plaques, en tubes, en baguettes.

Après avoir fait la rayure sur une plaque, on donne un léger choc mécanique pour séparer les deux morceaux. Les arêtes sont coupantes, d'où risque de blessure.

Pour couper un tube de faible diamètre, il suffit presque toujours d'amorcer la rayure, puis de **TIRER**, avec les deux mains, de chaque côté de celle-ci, **DANS LA DIRECTION DU TUBE**. Lorsqu'on tire en ramenant les coudes vers le corps, on exerce non seulement un effort de traction, mais aussi un effort de flexion. La rigidité du verre provoque alors la cassure du tube avec projections de très petits éclats, dangereux pour les yeux. Il y a également risque de blessure.

Lorsqu'on veut sectionner un tube de diamètre plus important, on fait la rayure sur tout le pourtour de celui-ci, puis on provoque la rupture avec une goutte de verre liquide, chaud, déposée sur la rayure. On a un risque de brûlure thermique et de blessure par les arêtes coupantes.

PRÉCAUTIONS :

- Tenir toujours la main gauche en dehors du trajet de la lime ou du couteau à verre utilisé pour faire la rayure.
- Ne jamais mettre les doigts sur le bord acéré des morceaux de verre séparés.
- Pour séparer les deux parties d'un tube à dégagement ou d'une baguette de verre, exercer une **TRACTION DANS LA DIRECTION DU TUBE OU DE LA BAGUETTE**. Ne jamais rabattre les coudes près du corps. *Border sans tarder.*

- *Lorsqu'on transporte une goutte de verre liquide, éviter très soigneusement de la faire passer au-dessus de l'autre main.*

5. CHAUFFAGE PROLONGÉ D'UNE PETITE PARTIE D'UN OBJET EN VERRE

On observe alors la fusion pâteuse qui permet de modifier la forme d'un objet, de faire une soudure (verre sur verre).

Par exemple, on veut courber un tube à dégagement. On chauffe la région dans laquelle on veut faire la courbure ; lorsque cette partie est chaude, que le verre est suffisamment mou, on le courbe sans risque.

Si l'on n'a pas encore un entraînement suffisant pour repérer le bon moment, on agit parfois trop tôt ; on provoque alors l'éclatement du tube qui est encore trop rigide. Les très petits éclats formés sont projetés en tous sens et sont dangereux pour l'œil.

Il y a un autre risque qui ne présente pas de danger immédiat : on chauffe un peu trop longtemps et la fusion du verre est suffisante pour que la paroi du tube s'affaisse sur elle-même. Après refroidissement, on constate la présence d'un véritable bouchon à l'intérieur du tube. Le risque apparaît quand on veut utiliser ce tube pour un dégagement gazeux : le gaz s'accumule en amont de ce bouchon entraînant une surpression dans l'appareil de production avec explosion possible de ce dernier. Il est donc indispensable de vérifier, après refroidissement, que le tube a conservé son diamètre intérieur dans toute la zone qui a été chauffée.

On peut aussi vouloir refaire le fond d'un tube à essais. On est amené à fermer le fond du tube, puis à opérer par soufflage pour arrondir le nouveau fond. Ce faisant, on amincit la paroi dans la partie arrondie ; il peut arriver que la bulle formée éclate avec projection de très petits éclats dangereux pour les yeux.

Lorsque l'on veut souder un tube à un autre, en faisant un angle droit, on commence par chauffer la zone sur laquelle on fera la soudure, qui est naturellement très limitée. Puis on utilise le soufflage pour provoquer une petite ouverture avant de souder le deuxième tube sur ce premier. Le soufflage entraîne la projection de très petits éclats, acérés et chauds, dangereux pour les yeux.

Il existe un autre risque lorsque des traces invisibles de produits

chimiques adhèrent au verre : il peut y avoir intoxication ou corrosion, ou les deux.

Quand on chauffe le fond d'un tube à essais ou d'un ballon contenant un ou plusieurs produits chimiques en le maintenant immobile au-dessus d'une flamme, on risque de provoquer la fusion du verre en ce point et par conséquent la chute sur la pailleasse des produits contenus dans le récipient utilisé. Il y a risque de brûlures thermiques et corrosives, et même d'intoxication. Cela dépend des produits utilisés.

Les quelques exemples précédents ne sont pas limitatifs.

On remarquera qu'il existe deux situations :

- a) On cherche à OBTENIR la fusion pâteuse pour modifier la forme d'un tube, celle d'un récipient ;
- b) on cherche à ÉVITER la fusion pâteuse pour assurer le chauffage d'un récipient et de son contenu.

PRÉCAUTIONS :

- Porter des lunettes de protection lorsqu'on fait du travail du verre, plus particulièrement pour courber un tube ou utiliser le soufflage.
- Utiliser des récipients de forme arrondie et de faible coefficient de dilatation (ex : pyrex) chaque fois que l'on doit chauffer.
- Pour chauffer un tube à essais ou un petit ballon (100 ou 125 ml) tenus à l'aide d'une pince à tube, déplacer l'ensemble latéralement et verticalement d'un mouvement très souple, de manière à le faire passer plusieurs fois dans la flamme. Pas d'arrêt brusque dans ce déplacement. On évite ainsi la fusion du récipient en verre et on fait un échauffement progressif.
- Lorsqu'on chauffe, à l'aide d'une flamme, un ballon maintenu par un support, TOUJOURS INTERPOSER UNE TOILE MÉTALLIQUE EN BON ÉTAT entre la ballon et la flamme. La flamme est arrêtée par la toile métallique : on évite la fusion pâteuse en un point du ballon et la formation d'un trou. Le chauffage est assuré par les gaz chauds entourant le ballon d'un courant constamment renouvelé. Le ballon est soumis à un bain de gaz chauds.
- Lorsqu'on utilise un chauffe-ballon électrique, le ballon subit l'action

d'un bain d'air chaud sur une assez grande surface. Régler les positions relative du ballon et du chauffe-ballon pour atteindre, puis maintenir, la température choisie.

- *Pour le soufflage, il est recommandé d'utiliser du verre neuf pour éviter le risque supplémentaire d'intoxication ou de corrosion par des traces invisibles de produits chimiques.*

6. ÉMISSION DE RADIATIONS INFRA-ROUGES, VISIBLES, ULTRA-VIOLETES

Dans la flamme, le verre devient lumineux et donc parfaitement visible. Un certain éblouissement ne peut pas être exclu.

Mais il y a plus grave pour l'œil : il s'agit de l'émission de radiations infra-rouges et ultra-violettes, dangereuses pour l'œil et que celui-ci est incapable de déceler.

Les verriers, qui travaillent à la bouche cinq jours par semaine et huit heures par jour, en subissent les effets qui sont malheureusement cumulatifs. Il est à noter que, dans les ateliers, il y a également un rayonnement thermique émis par l'ensemble de l'installation.

Il est bien évident qu'un enseignant ou un aide de laboratoire ne travaille pas dans les mêmes conditions. Le rayonnement thermique dû à la proximité des fours n'existe pas, et, en outre, le travail est épisodique.

Il est cependant recommandé de tenir compte de la fatigue oculaire qui peut survenir chez certaines personnes par suite d'une sensibilité personnelle.

On a quelques précisions :

- les radiations de longueur d'onde inférieure à 200 nm sont rares.
- les radiations ultra-violettes dont la longueur d'onde est comprise entre 200 nm et 400 nm (limite des radiations visibles) peuvent être dangereuses et l'œil ne les décèle pas.
- les radiations infra-rouges dont la longueur d'onde est comprise entre 800 nm (limite des radiations visibles) et 3 000 nm peuvent également être dangereuses. L'œil ne les détecte pas non plus.

Il faut bien préciser que les effets nocifs de ces radiations ne sont

pas décelés par l'œil pendant le temps de leur action. Il a déjà été indiqué plus haut que ces effets sont cumulatifs et on ne les repère qu'après un certain temps d'exposition, lorsqu'il y a une lésion visible de l'œil.

Les effets répertoriés chez les verriers sont des conjonctivites, des cataractes, des brûlures de la cornée.

PRÉCAUTIONS :

- *Se limiter à des travaux de courte durée.*
- *En cas de fatigue de l'œil, porter des lunettes. Des lunettes correctives sont souvent suffisantes pour un travail épisodique.*
- *Prendre également les précautions indiquées dans le paragraphe précédent concernant les diverses utilisations de la fusion pâteuse, ainsi que l'emploi de la verrerie.*

7. ABSENCE DES RAYONNEMENTS THERMIQUE ET LUMINEUX DU VERRE CHAUD EN DEHORS DE LA FLAMME

Pendant le travail du verre, quel qu'en soit le but, il y a émission de lumière colorée ; toute la partie chauffée est incandescente et visible.

A l'instant même où on retire le verre de la flamme, il n'émet plus aucune lumière et reprend son aspect habituel à la température ordinaire.

C'est à ce moment-là que ce verre devient dangereux : lorsqu'on approche la main, on ne ressent aucune impression de chaleur, même à faible distance.

Si l'on touche alors ce verre, on a instantanément une brûlure thermique, plus ou moins étendue, plus ou moins profonde.

Il faut savoir que si le verre chaud est visible pendant la durée du chauffage dans la flamme, il n'émet plus aucune radiation lumineuse dans l'air environnant dès qu'il est sorti de la zone de chauffage.

Le risque de brûlure thermique existe non seulement pour l'opérateur, mais aussi pour toutes les personnes circulant dans le laboratoire et venant à toucher ce verre avant son refroidissement complet. Aucun signe extérieur n'indique d'ailleurs qu'il est complètement froid.

D'où la nécessité de signaler par une pancarte le verre chaud en cours de refroidissement.

PRÉCAUTION :

- *Placer le verre chaud sur un support spécial et joindre un écriteau indiquant que le verre est chaud et qu'il y a risque de brûlure thermique.*

8. IMPORTANTE DIFFÉRENCE DE PRESSION ENTRE LES FACES INTERNE ET EXTERNE DE LA PAROI D'UN RÉCIPIENT

Dans la pratique expérimentale des collèges et des lycées on utilise des récipients placés dans l'air ambiant. De ce fait la pression exercée sur la face externe d'un récipient est la pression atmosphérique ; celle-ci ne subit que de faibles variations, ce qui ne crée pas de facteurs potentiels d'accidents. Il y a risque d'accident lorsque la surpression ou la dépression interne est importante par rapport à la pression atmosphérique.

A. SURPRESSION INTERNE**a) explosion d'un mélange de gaz inflammable et d'air ou d'oxygène :**

Par exemple : hydrogène et oxygène, méthane et air, butane ou propane et air, éther ou sulfure de carbone et air.

Le mélange explosible étant réalisé et la réaction chimique amorcée, il se produit une montée en pression très rapide et très importante (7 bars avec le mélange hydrogène et air en 10 microsecondes). Cette surpression, très importante et très brutale, provoque un choc, tout aussi important et tout aussi brutal sur la face interne de la paroi du récipient utilisé, surtout lorsqu'il est fermé.

En règle générale, le récipient explose, envoyant de tous côtés des fragments plus ou moins volumineux parfois accompagnés de très petits éclats très acérés très dangereux pour l'œil. Il y a en même temps risques de brûlures thermiques et corrosives.

b) préparation d'un gaz :

Elle peut être faite à chaud ou à froid, dans un appareil complet (ballon ou flacon réacteur, tubes à dégagement, flacon de sécurité, flacon laveur, cuve à eau ou à mercure, ou dégagement à l'air libre) ou dans un appareil simplifié (tube à essais, tube à dégagement, récipient de sécurité, verre à pied pour caractérisation ou absorption).

Je considère ici l'appareil complet, les mêmes remarques s'appliquant à l'appareil réduit à sa plus simple expression.

Pour éviter toute surpression excessive dans l'ensemble, il faut et il suffit que le gaz puisse circuler facilement dans les diverses parties de l'appareil sans possibilité de s'accumuler dans l'un ou l'autre des récipients utilisés.

Lorsque la totalité du gaz formé n'est pas transformée dans l'appareil, on peut recueillir le surplus sur la cuve à eau ou à mercure, ou le laisser dégager dans l'atmosphère (à condition qu'il ne soit ni toxique, ni corrosif), en faible quantité. L'eau ou le mercure constitue une fermeture hydraulique qui permet le dégagement du gaz dans l'atmosphère. Aucun risque de surpression à l'intérieur de l'appareil, donc aucun risque d'explosion par simple surpression.

Cette précaution n'est pas suffisante lorsque le gaz produit est inflammable : il faut en outre supprimer toute source d'énergie.

Une surpression dangereuse peut également se produire dans une partie de l'appareil, dans le récipient-réacteur, dans un flacon-laveur, par suite d'un bouchon dans le tube à dégagement. Un tube insuffisamment nettoyé peut être bouché par un petit amas d'un produit condensé. D'où une surpression en amont.

Il peut aussi se former un bouchon de verre lorsque, par exemple, un élève s'est exercé au travail du verre et a courbé un tube. Par manque de pratique, on a laissé le verre s'affaisser dans la zone chauffée. Il est prudent de vérifier que les tubes ont gardé une section intérieure normale avant de les utiliser.

Il peut également se produire une surpression excessive lorsqu'il y a reflux d'un liquide froid dans un récipient chaud. Il s'y ajoute un refroidissement brutal qui contribue à provoquer la rupture du récipient. Le liquide froid se trouve porté à haute température à peu près instantanément, d'où une importante surpression et éclatement du récipient. (B.U.P. n° 700, janvier 1988, pp. 109-112).

Il peut y avoir en outre des réactions non voulues par suite de l'arrivée de produit chimique primitivement placé dans le premier flacon laveur, ce qui présente parfois des risques supplémentaires d'explosion.

c) jet de gaz comprimé dans un récipient à paroi mince :

On a, ici aussi, une brutale montée en pression à l'intérieur d'un récipient qui peut exploser par simple surpression. En outre, si ce gaz est inflammable, le jet de gaz peut s'enflammer à l'air par formation d'électricité statique entraînant l'amorçage de la flamme.

D'où l'importance du double détendeur des bouteilles de gaz comprimés.

B. DÉPRESSION INTERNE

a) faire le vide dans le ballon pour montrer que l'air est pesant :

La partie arrondie d'un ballon est généralement plus mince que le col, et donc plus fragile. Lorsqu'on y fait le vide, la diminution de pression est de l'ordre de un bar, très suffisante pour provoquer «l'implosion» du ballon. Pour l'expérimentateur, le risque de blessures par éclats de verre est le même que dans une explosion.

En effet, les éclats de verre ne restent pas sur place ; ils rebondissent ou continuent leur trajectoire avec une énergie non négligeable.

On peut se procurer des ballons suffisamment solides en précisant au fournisseur que l'on veut y faire le vide. On aura par la même occasion un système de fermeture efficace pour tenir le vide.

b) absorption d'un gaz très soluble dans l'eau :

On dit aussi expérience du jet d'eau, par exemple avec le gaz ammoniac.

On emploie un ballon servant à d'autres expériences de chimie. Certains peuvent «imploser». C'est arrivé, heureusement sans accident.

Il serait préférable d'avoir un ballon réservé à cet usage pour lequel on est sûr que la paroi arrondie est suffisamment solide pour résister à une dépression de une atmosphère. Il est nécessaire de le préciser lors de l'achat.

c) risque d'implosion de certains téléviseurs :

C'est le tube cathodique qui peut imploser. Cela se produit après une assez longue durée d'utilisation.

Les fragments de verre sont projetés en dehors de l'appareil, comme dans les exemples précédents, avec les mêmes risques de blessures pour les personnes présentes.

Il s'y ajoute un important risque d'incendie. Des accidents de ce genre ont été mentionnés dans la presse.

L'énumération faite ici n'est pas limitative.

PRÉCAUTIONS :

- *Veiller au bon état et à la qualité du verre chaque fois qu'une surpression importante ou une dépression importante peut se produire, dans un récipient isolé aussi bien que dans un appareil plus ou moins compliqué.*
- *Les précautions indiquées ci-dessus doivent être prises pour faire délibérément une explosion avec un mélange d'air ou d'oxygène et d'un gaz ou une vapeur inflammable. Opérer en outre avec un volume réduit du mélange (moins de 700 ml) et éviter le confinement. Au besoin, placer des écrans de protection contre les effets de projection de débris de verre.*
- *Penser, chaque fois que l'on manipule un gaz ou une vapeur inflammable, que les précautions précédentes doivent être prises. Lorsqu'on veut éviter une explosion, supprimer le comburant ou l'apport d'énergie.*
- *Pendant toute la préparation d'un gaz à chaud ou à froid, surveiller la pression à l'aide d'un dispositif manométrique.*
- *Chaque fois qu'il y a possibilité de reflux d'un liquide froid dans un récipient chaud, intercaler un récipient de sécurité.*
- *Chaque fois qu'il y a possibilité d'une (ou plusieurs) réaction(s) chimique(s) entre le liquide du premier flacon-laveur (ou du récipient en tenant lieu) et l'un des produits mis au début ou formés en cours d'expérience, intercaler un récipient de sécurité. On évitera ainsi toute montée intempestive de la pression. (Voir B.U.P. n° 666, septembre 1984, pp. 1336 et 1341).*
- *Tous les tubes à dégagement utilisés doivent être rigoureusement propres et ne présenter aucun rétrécissement de leur section intérieure. Ce dernier point concerne surtout les tubes coudés.*
- *Aucun appareil producteur de gaz, aucun récipient, ne doit être vraiment «fermé» : ménager toujours une possibilité de sortie pour le gaz formé, par exemple une fermeture hydraulique (cuve à eau ou à mercure) permettant la sortie du gaz si la pression augmente au-delà de la valeur prévue.*
- *Contrôler très soigneusement la pression d'un gaz à la sortie d'une bouteille de gaz comprimé avant de l'envoyer dans un récipient en verre. La pression de sortie doit être très peu supérieure à la pression atmosphérique.*
- *Utiliser un ballon dont la partie arrondie est suffisamment solide pour supporter une dépression de une atmosphère, par exemple, quand on fait le vide pour montrer ou mesurer la masse volumique de l'air, ou*

pour faire l'expérience du jet d'eau. Au moment de l'achat, préciser au fournisseur l'usage auquel ce ballon est destiné.

- *Indiquer aux élèves le risque d'implosion du tube cathodique de téléviseurs ayant déjà beaucoup fonctionné. Se renseigner auprès du vendeur pour savoir à quel moment le remplacement du téléviseur est souhaitable pour éviter tout accident.*

9. CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE

a) A la température ordinaire, on utilise fréquemment le verre comme isolant électrique.

En fait, ce n'est pas un isolant rigoureusement parfait. Il possède une faible conductivité superficielle. Celle-ci n'intervient généralement pas dans les expériences faites dans les collèges et les lycées. Ce facteur potentiel d'accident peut alors être négligé.

Cette remarque n'est valable que si le verre est SEC et si AUCUNE TRACE D'HUMIDITÉ, même la plus faible et la plus invisible à l'œil, ne s'est déposée sur le verre en question. Ce fait est très important lorsqu'on utilise, comme isolants, des supports en verre, surtout avec des intensités importantes ou des tensions élevées. Un peu de sueur sur la main suffit pour que le verre ne joue plus le rôle d'isolant. Une main mouillée ou moite constitue alors un facteur potentiel d'accident.

b) A température plus élevée, sans atteindre celle de la fusion, la conductibilité du verre est nettement plus grande. On peut alors la mettre en évidence par une expérience décrite dans le B.U.P. n° 634, mai 1981, pp. 1069-1070. On utilise les fils soudés au verre près de la partie restée intacte après la rupture de l'ampoule.

PRÉCAUTIONS :

- *Vérifier que toute baguette, toute tige de verre, utilisée comme isolant électrique est parfaitement SÈCHE à la température ordinaire.*
- *Si l'on veut mettre la main sur un récipient en verre contenant de l'eau, ou une solution électrolysable, placée dans un circuit électrique, s'assurer que la partie du verre en contact avec la main est parfaitement SÈCHE.*
- *Ne jamais tenir un objet en verre avec la main mouillée ou humide chaque fois qu'il y a possibilité de contact électrique par l'intermédiaire de cet objet.*

10. FORMATION D'ÉLECTRICITÉ STATIQUE

On la provoque volontairement et sans danger en frottant une baguette de verre.

Mais, il arrive que la formation d'électricité statique ne soit pas voulue et qu'elle entraîne un accident.

Par exemple, transvaser un solvant volatil et inflammable d'un récipient dans un autre, avec ou sans entonnoir, peut provoquer l'inflammation brutale des vapeurs du solvant par suite de la neutralisation de charges électriques de signes contraires.

PRÉCAUTION :

— *Mettre à la masse tous les objets en verre utilisés pour transvaser un liquide inflammable.*

11. ATTAQUE DU VERRE PAR DES PRODUITS CHIMIQUES

Le verre subit peu l'action des produits chimiques. Dans certains cas, elle peut être gênante ; dans d'autres, elle est utile.

Elle est utile lorsqu'on utilise l'acide fluorhydrique pour la gravure sur verre.

Elle est gênante lorsqu'on veut nettoyer un récipient. Certains produits chimiques nécessitent un lavage spécial des récipients les ayant contenus.

Par exemple, il reste souvent des traces de produits basiques après un simple lavage à l'eau, même prolongé.

PRÉCAUTION :

— *Pour terminer le nettoyage de récipients en verre ayant contenu des produits à caractère basique, ou lavés avec ces produits, utiliser une solution de caractère acide (en général une solution d'acide chlorhydrique) avant le lavage à l'eau.*

12. STABILITÉ INSUFFISAMMENT ASSURÉE D'UN RÉCIPIENT OU D'UN MONTAGE

Il s'agit de l'équilibre stable d'objets ayant une surface d'appui, pas de celui d'objets suspendus.

L'équilibre est stable lorsque le corps revient à sa position primitive quand il en a été légèrement écarté.

Cette possibilité est en relation directe avec la position primitive et le déplacement du centre de masse du ou des récipients utilisés.

Premier exemple : becher chauffé sur une toile métallique.

C'est souvent le cas pour l'expérience de la lampe sans flamme.

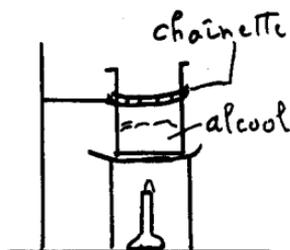


Figure 3

Il suffit d'un frôlement de la main pour déséquilibrer le becher sur sa toile métallique et le faire tomber sur la paille, ce qui entraîne l'inflammation de l'alcool répandu.

La stabilité est assurée par un support muni d'une pince et d'une chaîne faisant le tour du becher (Figure 3).

Deuxième exemple : éprouvette à pied posée sur un plan horizontal.

Son socle a un diamètre nettement supérieur au diamètre de la partie cylindrique, creuse. Malgré cela on la fait tomber un peu trop facilement.

Son centre de masse, point d'application de son poids, se trouve non point à mi-hauteur, mais légèrement plus bas sur l'axe de symétrie.

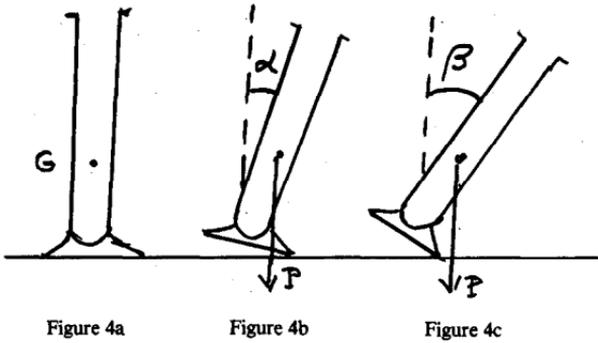


Figure 4a

Figure 4b

Figure 4c

Lorsque l'éprouvette est verticale (figure 4a), son poids est annulé par la réaction du plan horizontal.

Lorsque l'éprouvette est légèrement inclinée (figure 4b, angle α), elle est ramenée à sa position d'équilibre sous l'effet de son poids.

Lorsque l'éprouvette est fortement inclinée (figure 4c, angle β), elle continue de s'éloigner de sa position primitive d'équilibre et tombe sur la paillasse.

Troisième exemple : appareil de préparation d'un gaz à chaud.

Un ballon à fond rond ne reste pas en équilibre stable sur une toile métallique courbe. Il est indispensable de le maintenir à l'aide d'un support muni d'une pince. Voir figure 1.

Le tube à boules assure une meilleure stabilité de l'ensemble qu'il forme avec le ballon que le tube en S.



Figure 5a



Figure 5b

Le centre de masse du tube à boules (figure 5a) est presque à la verticale du trou du bouchon dans lequel ce tube est engagé.

Avec le tube en S, le centre de masse est nettement en porte-à-faux.

Le reste du montage comporte des flacons et des tubes à dégagement.

Les tubes à dégagement sont au-dessus des flacons. Le centre de masse de l'ensemble se trouve, de ce fait, plus haut que les centres de masse des flacons pris séparément. La stabilité de l'ensemble s'en ressent.

On a donc intérêt à utiliser des tubes à dégagement aussi bas que possible, compte tenu des nécessités de l'expérience.

Les indications précédentes ne concernent que trois exemples. Il y a d'autres types de montages pour lesquels la stabilité serait un grave problème en l'absence d'autres supports que celui du ballon-réacteur.

PRÉCAUTIONS :

- *Tout récipient chauffé sur une toile métallique doit être maintenu en place à l'aide d'un support muni d'un système approprié au récipient utilisé (pince, chaînette, etc.).*
- *Tout récipient à fond arrondi (ballon, par exemple) doit être maintenu par un valet (anneau en bois, en raphia, etc...) pour rester en équilibre stable quand on le pose sur la paillasse.*
- *Les tubes à dégagement d'un montage seront aussi bas que possible, compte tenu des nécessités expérimentales.*
- *L'emploi des dispositifs hauts (par ex. réfrigérateurs verticaux) oblige à utiliser des supports supplémentaires.*

CONCLUSION

Plusieurs facteurs potentiels d'accidents liés à la verrerie et à ses emplois dans l'enseignement général sont indiqués dans cet article. Naturellement cette liste n'est pas limitative. D'autres situations, d'autres verres que ceux utilisés actuellement, feront apparaître d'autres facteurs potentiels d'accident liés à la verrerie.

Il n'a pas été question dans cet article des facteurs potentiels d'accidents liés à l'expérimentateur. L'attention, le soin, l'adresse de celui-ci permettent souvent d'éviter un accident grâce à l'esprit d'initiative et au sang-froid.

Une bonne information préalable de l'expérimentateur lui permet une initiative rapide neutralisant un facteur potentiel avant que ce dernier ne devienne réel.

Les risques réels sont ainsi beaucoup moins importants que les risques potentiels.