



Charge des batteries d'accumulateurs au plomb

Prévention du risque explosion

ED 6120

AIDE-MÉMOIRE TECHNIQUE

B. Sallé, F. Marc, INRS
C. Duparc, S. Lefebvre, Sté STEF
G. Mauguen, Carsat Bretagne
P. Lesné, Carsat Normandie
N. Tifine, Carsat Rhône-Alpes

L'INRS remercie les sociétés EXIDE, HAWKER et FENWICK
pour leur aimable collaboration.

ED 6120 • mise à jour avril 2018

© INRS • ISBN 978-2-7389-2353-0 • Disponible uniquement en version électronique
Mise en pages: EPBC • Illustrations: V. Causse

Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris • Tél. 01 40 44 30 00 • www.inrs.fr • info@inrs.fr

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite.
Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

SOMMAIRE

1 Principe de fonctionnement de l'accumulateur au plomb	4
2 Différents types d'accumulateurs au plomb	6
2.1. Batteries au plomb ouvertes avec électrolyte liquide.	6
2.2. Batteries au plomb étanches à recombinaison de gaz	6
3 Explosion : risques et zones	7
3.1. Explosion gaz/vapeurs	7
3.2. Zones à risque d'explosion	7
4 Démarche de prévention	8
4.1. Zonage initial	8
4.2. Mesures techniques pour le local de charge	8
4.3. Mesures organisationnelles	10
4.4. Zonage final retenu	11
5 Dispositions constructives	12
Annexe	
Exemples de calcul de débit de ventilation.	13



© G. Herbaut / INRS

Des incidents ou accidents sont provoqués par des explosions dues aux batteries d'accumulateurs au plomb. Ces explosions ont lieu principalement pendant la charge de la batterie, car il se dégage alors une quantité d'hydrogène qui, mélangé à l'air ambiant, peut créer une atmosphère explosive.

Pour réduire le risque, il est important que, en complément des textes réglementaires en vigueur, l'employeur suive les recommandations préconisées dans ce document pour les locaux de charge de batteries de traction au plomb.

Seul le risque d'explosion est abordé dans ce document.

Toutefois, l'évaluation des risques doit être globale et ne doit pas se limiter au sujet traité ici.

Ainsi, il est nécessaire de vérifier les mesures essentielles de sécurité relatives à la charge, à la manipulation et à la maintenance des batteries dont les principaux dangers sont dus à l'explosion mais également aux brûlures chimiques (par l'électrolyte ou l'acide sulfurique), aux décharges électriques et au port de charges lourdes...

1 Principe de fonctionnement de l'accumulateur au plomb

Un élément de batterie d'accumulateurs au plomb est constitué de deux ensembles de plaques, l'un formant le pôle positif, l'autre le pôle négatif, les deux étant immergés dans une solution d'électrolyte :

- l'**électrode négative** : groupe de plaques à surface gaufrée dont les alvéoles sont garnies de plomb spongieux (Pb);
- l'**électrode positive** : groupe de plaques renforcées par des nervures entre lesquelles sont disposées des lamelles ou des tubes constitués par de l'oxyde de plomb (PbO₂);
- l'**électrolyte** : solution aqueuse d'acide sulfurique (H₂SO₄) dont la densité varie en fonction de l'état de charge de la batterie.

Lorsque les bornes de la batterie sont reliées par un circuit, il y a transformation de l'énergie chimique en énergie électrique. Lors de cette décharge, le dioxyde de plomb, pôle positif, et le plomb, pôle négatif, se transforment

progressivement en sulfate de plomb (PbSO₄). Ainsi, les matières actives des plaques positives et négatives se sulfatent par l'intermédiaire de l'électrolyte, dont la densité et le niveau diminuent.

La charge d'une batterie consiste à relier ses bornes à celles d'une source de tension continue. Il y a ainsi transformation de l'énergie électrique en énergie chimique. Il se produit une désulfatation des plaques positives et négatives, le sulfate de plomb étant dissous par le passage du courant et les plaques revenant à leur état initial. Parallèlement, la densité de l'électrolyte revient à sa valeur nominale et le niveau de l'électrolyte remonte. Lors de la charge, l'acide sulfurique, étant plus lourd que l'électrolyte de l'élément déchargé, se concentre au fond de celui-ci avec une différence importante de densité entre la partie haute et la partie basse. L'homogénéisation de l'électrolyte, essentielle pour le fonctionnement de l'accumulateur, s'effectue en fin de charge avec l'électrolyse de l'eau (décomposition, du fait du courant électrique, de l'eau en hydrogène et oxygène). Il est donc nécessaire de prolonger la charge (surcharge) afin que les bulles de gaz formées homogénéisent parfaitement la densité de l'électrolyte.

La réaction chimique globale est :

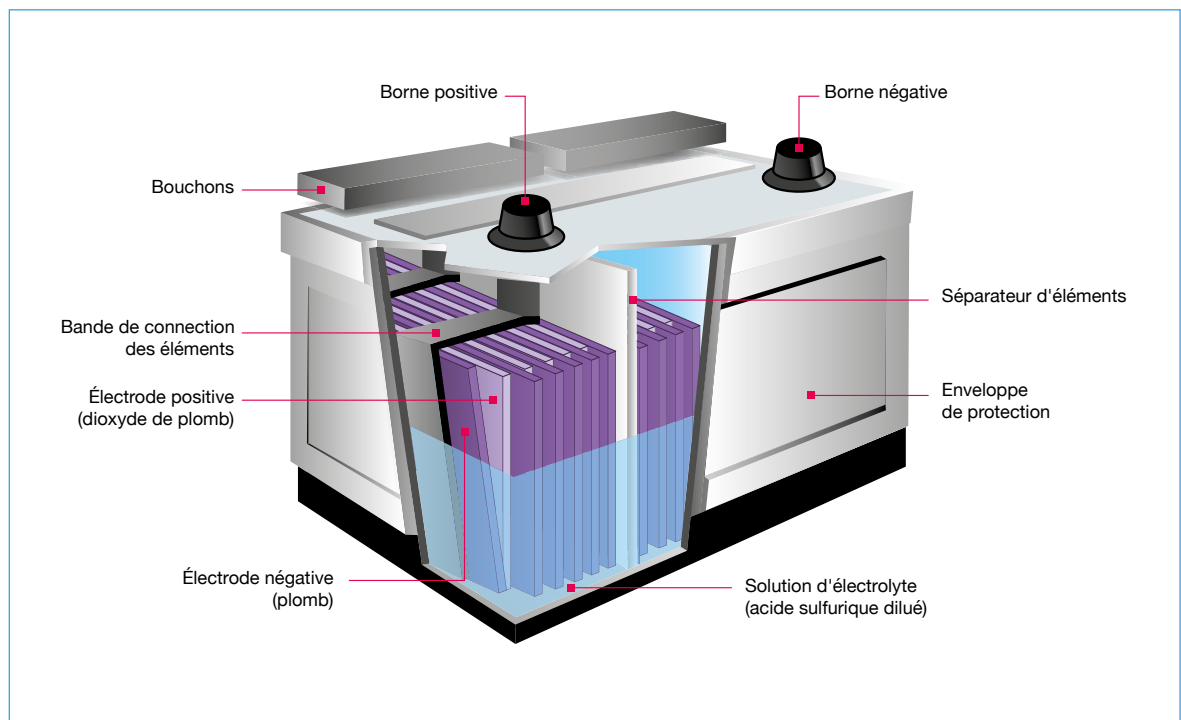
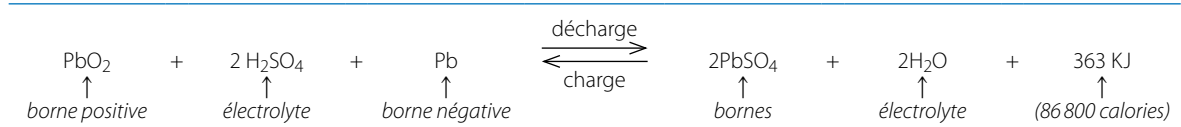


Figure 1. Schéma général d'une batterie

La tension aux bornes d'une batterie d'accumulateurs au plomb est voisine de 2 V. Sa valeur variera entre 1,70 et 2,65 V suivant sa phase de fonctionnement.

Lors de la charge, la différence de potentiel aux bornes, après un très court régime transitoire, s'établit aux environs de 2,2 V. Puis, en fin de charge, la tension s'accroît rapidement et atteint 2,6 V. En charge « flottante » (régulation de la charge), la tension demeure entre 2,25 et 2,35 V.

Lors de la décharge, la tension reste remarquablement constante à la valeur de 2 V. Puis elle chute plus rapidement en fin de décharge et il faut alors recharger impérativement la batterie, sinon une sulfatation irréversible des plaques se produit.

La capacité d'une batterie d'accumulateurs au plomb s'exprime en ampère heure (Ah) et correspond à l'intensité de décharge (en A) par le temps de décharge (en h). On la donne souvent pour une base de 20 heures. Ainsi, une batterie de 100 Ah pourra délivrer 5 ampères pendant 20 heures.

La **capacité** varie avec :

- le poids et les dimensions des accumulateurs (taille des électrodes et quantité de l'électrolyte) ;
- le régime de décharge ;
- la température ;
- la tension d'arrêt ;
- la densité de l'électrolyte.

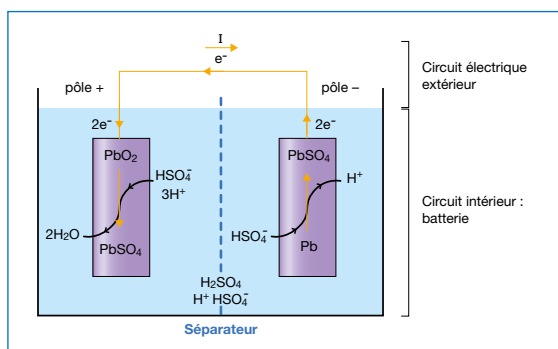


Figure 2. Réaction chimique à chaque borne lors de la décharge

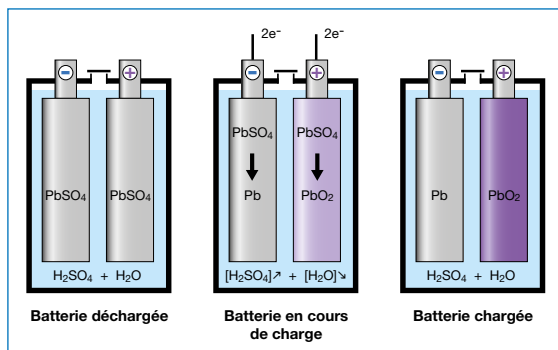


Figure 3. Évolution des éléments d'une batterie en fonction de son état de charge

L'**autonomie** d'une batterie est le temps durant lequel elle est capable de fournir une énergie suffisante. Elle varie avec la température et le régime de décharge (rapport entre le courant moyen demandé par l'équipement et la capacité nominale). Plus le régime est élevé, plus l'autonomie est réduite.

L'électrolyse de l'eau (décomposition chimique de l'eau obtenue par le passage d'un courant) se produit quand l'accumulateur au plomb est chargé. La quantité d'eau consommée pour 1 Ah de surcharge est égale à 0,33 cm³, soit 0,33 g. La quantité d'oxygène dégagée pour 1 Ah de surcharge est de 0,21 litre, alors que celle de l'hydrogène est de 0,42 litre.

Définitions

Élément

ensemble d'électrodes et d'électrolyte constituant l'unité de base d'une batterie d'accumulateurs.

Élément ouvert

élément d'accumulateur ayant un couvercle muni d'une ouverture au travers de laquelle les produits gazeux peuvent s'échapper.

Élément à soupape

élément d'accumulateur fermé dans les conditions normales, mais muni d'un dispositif permettant l'échappement des gaz si la pression interne excède une valeur prédéterminée.

Batterie stationnaire

batterie d'accumulateurs conçue pour fonctionner à un emplacement fixe, qui n'est normalement pas déplacée au cours de sa vie de fonctionnement. Elle est reliée en permanence à une alimentation en courant continu (installation fixe).

Batterie de traction

batterie d'accumulateurs conçue pour fournir l'énergie aux véhicules électriques.

Différence de potentiel

tension mesurée aux bornes de l'élément.

Force électromotrice

tension aux bornes de l'accumulateur au repos.

Résistance interne

résistance de l'accumulateur liée à la résistivité de l'acide sulfurique, aux séparateurs, à la résistance des grilles et matières actives, à la conception et à l'état de charge.

2 | Différents types d'accumulateurs au plomb

Il existe actuellement deux types de batteries d'accumulateurs au plomb :

- les batteries au plomb ouvertes avec électrolyte liquide ;
- les batteries au plomb étanches à recombinaison de gaz.

2.1. Batteries au plomb ouvertes avec électrolyte liquide

Ce type de batteries connaît essentiellement deux versions :

2.1.1. La batterie classique (ou conventionnelle, la plus courante)

Lors de la décharge, la batterie fournit de l'énergie, l'acide pénétrant dans les plaques qui se transforment en sulfate de plomb, le taux d'acide et le niveau d'électrolyte diminuant.

Lors de la charge, les plaques retrouvent leur composition initiale, le niveau de l'électrolyte augmentant et les composants acides se frayant un chemin dans tout l'électrolyte. L'acide étant plus lourd que l'eau, il se concentre en partie basse de l'élément.

Pour une utilisation optimale des composants actifs, la densité de l'électrolyte doit être homogène sur toute la hauteur de la plaque. Pour ce faire, les processus de charge conventionnels font suivre la pleine charge d'une surcharge définie. Cette surcharge provoque un fort dégagement gazeux permettant d'homogénéiser l'électrolyte par brassage dans tout le volume de la batterie. Ce brassage est obtenu à l'aide du dégagement d'hydrogène et d'oxygène (électrolyse de l'eau).

Cela entraîne une durée de charge plus longue et un dégagement de chaleur accru.

2.1.2. La batterie dite à faible entretien avec injection d'air (ou à brassage d'air)

C'est une batterie au plomb ayant subi une modification de la composition de l'élément. L'homogénéisation de l'électrolyte se fait en fin de charge par injection d'air dans chaque élément. Le système de brassage de l'électrolyte est généralement composé d'un ensemble de tubes intégré dans l'élément. Une pompe à membrane amène un faible flux d'air et provoque une circulation à l'intérieur du bac de l'élément. La stratification de l'électrolyte et de la température est ainsi supprimée, et l'efficacité de la charge s'en trouve optimisée.

Les principaux avantages sont une intensité de surcharge faible, une charge rapide et une remise en eau qui ne se fera que deux fois par an.

La capacité de ce type de batterie est utilisable jusqu'à 80 %, et sa durée de vie est supérieure à 1 200 cycles. Cependant, elle requiert un chargeur spécifique et l'équipement d'une pompe sur le chargeur. De plus, les tuyaux du circuit d'air peuvent s'avérer fragiles.

2.2. Batteries au plomb étanches à recombinaison de gaz

L'avantage principal de ces types de batteries est leur faible entretien lié à l'absence de mise à niveau de l'électrolyte, au faible taux de dégazage et à la facilité de transport. Dans ce type de batterie, l'hydrogène et l'oxygène se recombinent pour former de l'eau. Le taux de recombinaison varie entre 95 et 99 %.

2.2.1. La batterie sans entretien avec électrolyte gel

Le fonctionnement de cette batterie est identique à la batterie classique, mais l'électrolyte liquide est remplacé par du gel. L'électrolyte est figé par addition de gel de silice et l'acide ne descend pas au fond de la batterie. La recombinaison fait qu'il n'y a pas nécessité de surcharge pour mélanger l'électrolyte (dégagement gazeux faible, peu de consommation d'eau, pas d'échauffement et donc moins d'entretien).

Des fissures se créent lors de premiers cycles au travers de l'électrolyte gélifié, entre les électrodes positives et négatives. Ceci facilite la recombinaison en favorisant le transport des gaz. La résistance interne de ce type de batterie est relativement élevée, elle ne supporte donc pas des vitesses de charge et de décharge élevées. En revanche, les batteries « gel » sont bien adaptées pour les décharges profondes.

2.2.2. La batterie AGM étanche

AGM est l'abréviation de *Absorbent Glass Mat*. Dans ces batteries, l'électrolyte est immobilisé dans des tissus en fibre de verre (borosilicate) placés entre les électrodes. Ainsi, la production de gaz est largement réduite. Le processus de recombinaison des gaz consiste à diffuser des molécules d'oxygène à travers les tissus séparateurs des électrodes positives aux électrodes négatives pour y former de l'eau. Dans une batterie AGM, les porteurs de charge se déplacent plus facilement entre les plaques que dans une batterie « gel ».

Les batteries AGM sont complètement étanches. Elles sont plus aptes à fournir des courants très élevés pendant de courtes durées (démarrage) que les batteries « gel ».

3 | Explosion : risques et zones

3.1. Explosion gaz/vapeurs

Une explosion est une réaction brusque de combustion entraînant une élévation de température, de pression ou les deux simultanément.

Une atmosphère explosive (ou ATEX) résulte d'un mélange avec l'air de substances combustibles sous forme de gaz, vapeurs, brouillards dans des proportions telles qu'une source d'inflammation d'énergie suffisante produise la combustion immédiate de l'ensemble du mélange.

La plupart des gaz ou vapeurs inflammables en mélange avec l'air sont susceptibles d'exploser en s'enflammant si les conditions suivantes sont réunies (voir figure 4) :

- la présence d'un comburant (l'oxygène de l'air) ;
- la présence d'un combustible (ici l'hydrogène) ;
- la présence du combustible en suspension ;
- la présence d'une source d'ignition ;
- l'obtention d'un domaine d'explosivité (voir figure 5) ;
- un confinement suffisant.

La limite inférieure d'inflammabilité ou d'explosivité (LII ou LIE) d'un gaz ou d'une vapeur dans l'air est la concentration minimale en volume dans le mélange au-dessus de laquelle il peut être enflammé.

La limite supérieure d'inflammabilité ou d'explosivité (LSI ou LSE) d'un gaz ou d'une vapeur dans l'air est la concentration maximale en volume dans le mélange en dessous de laquelle il peut être enflammé.

Les concentrations limites d'inflammabilité définies ci-dessus constituent les limites du domaine d'explosivité de chaque gaz ou vapeur.

Lorsqu'un mélange inflammable n'est pas porté à sa température d'auto-inflammation, une petite quantité d'énergie, appelée énergie minimale d'inflammation (EMI), doit lui être fournie sous forme d'une flamme ou d'une étincelle pour provoquer l'inflammation. Les mélanges de gaz ou de vapeurs avec l'air dans les proportions les plus favorables et dans les conditions habituelles de température et de pression s'enflamment sous l'action d'étincelles d'origine notamment électrique ou électrostatique, par exemple une étincelle d'énergie de 17 µJ pour l'hydrogène.

Caractéristiques physico-chimiques de l'hydrogène

État dans les conditions normales	Température d'auto-inflammation (°C)	LIE (% V/V)	LSE (% V/V)	EMI (µJ)	Densité / air
Gaz	560	4	75	17	0,1

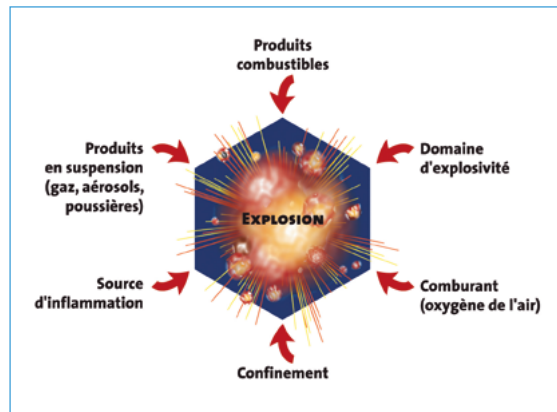


Figure 4. Hexagone de l'explosion

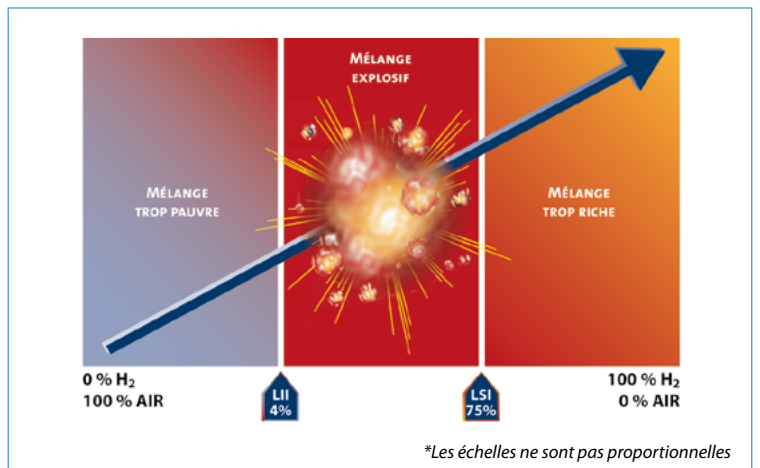


Figure 5. Domaine d'explosivité ou intervalle d'inflammabilité de l'hydrogène*

3.2. Zones à risque d'explosion

L'employeur doit définir les zones à risque d'explosion de ses installations. Les zones à risque d'explosion sont découpées en fonction de la fréquence et de la durée d'apparition d'atmosphères explosives dangereuses.

La réglementation prévoit, pour les gaz/vapeurs, la classification suivante pour les emplacements où des atmosphères explosives peuvent être présentes :

Zone 0 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard, est **présente en permanence** pendant de longues périodes ou fréquemment.

Zone 1 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard, est **susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal**.

Zone 2 : emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard, **n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal** ou n'est que de courte durée, s'il advient néanmoins qu'elle se présente.

4 | Démarche de prévention

Nous proposons la démarche suivante issue de la brochure INRS *Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (ATEX). Guide méthodologique*, ED 945 :

- Faire l’inventaire des produits combustibles (caractéristiques physico-chimiques) : dans ce document, seul l’hydrogène sera pris en compte.
- Analyser les procédés de mise en œuvre : dégagement suite à électrolyse de l’eau lors de la charge.
- Établir les zones à risque d’explosion (avant mise en place des mesures techniques et organisationnelles) concernant spécifiquement le local de charge de batteries.
- Identifier les sources d’inflammations potentielles (voir NF EN 1127-1 et ED 6183) et notamment :
 - le chargeur ;
 - la connectique (chargeur/batterie) ;
 - les travaux de maintenance et par points chauds ;
 - une décharge d’électricité statique.
- Étudier et mettre en place les mesures techniques et organisationnelles, en évaluant leurs niveaux de maîtrise (efficacité).
- Déterminer et dimensionner les zones à risque d’explosion définitivement retenues.
- Évaluer et s’assurer de l’efficacité et de la pérennité de toutes les mesures prises.
- Rédiger le document relatif à la protection contre les explosions (DRPCE).

La délimitation des zones à risque d’explosion est établie sous la seule responsabilité de l’employeur. Les propositions de zonage retenues dans cette brochure ne sont faites qu’à titre indicatif afin d’aider les entreprises dans leur démarche et leur choix. Toutefois, elles ont été établies à partir d’un retour d’expérience et dans l’état des connaissances actuelles.

4.1. Zonage initial

Le dégagement d’hydrogène est inévitable lors de la charge des batteries (homogénéisation de l’électrolyte, quel que soit le type d’accumulateur) et sera à son niveau maximal dans les deux heures de fin du cycle de charge. Ainsi une atmosphère explosive, due au mélange hydrogène/air, sera présente en permanence autour des batteries en charge et après la charge.

Une première analyse, tant que les mesures techniques et organisationnelles ne sont pas mises en place, prévoira donc de retenir une zone 1 dans l’ensemble du local.

Les mesures techniques (§ 4.2.) et organisationnelles (§ 4.3.) déclinées ci-après vont permettre d’établir une délimitation définitive des zones à risque d’explosion. Il conviendra de s’assurer, pour l’établissement de toutes les mesures, d’un excellent niveau de maîtrise de l’ensemble des parties concernées.

4.2. Mesures techniques pour le local de charge

4.2.1. Ventilation

Le dégagement d’hydrogène ne pouvant être évité, la ventilation du local est le principal moyen d’empêcher la formation d’un mélange explosif. Afin de réduire au maximum la dispersion de l’hydrogène dans le local, il est souhaitable que l’aspiration de l’air s’effectue au plus près de la zone d’émission du gaz (captage à la source).

Lorsque, techniquement, le captage à la source n’est vraiment pas réalisable, la ventilation générale doit être présente en permanence dans le local pendant les périodes de charge (voir la formule de calcul de débit page suivante). La ventilation générale naturelle n’est pas toujours une solution efficace et pérenne (existence de courants d’air, configuration et encombrements des locaux, influence des conditions météorologiques locales...), aussi est-il préconisé de mettre en place une ventilation mécanique.

Une ventilation forcée à deux niveaux peut également être mise en place (le passage à la vitesse supérieure étant activée par un système de détection de présence d’hydrogène) ou la combinaison d’une ventilation naturelle et d’une ventilation forcée activée par une détection d’anomalie.

Quoi qu’il en soit, la ventilation retenue devra :

- comporter autant de surface d’entrée d’air en partie basse que de sortie d’air en partie haute (la densité de l’hydrogène étant bien inférieure à celle de l’air et sa vitesse d’ascension proche de 1 m.s⁻¹, l’hydrogène aura tendance, sans perturbation aéraulique, à se retrouver en partie haute) ;
- avoir des ouvertures de ventilation inobturables et donnant directement sur l’extérieur, l’air extrait du local de charge étant en totalité rejeté à l’extérieur ;
- ne jamais prendre l’air de compensation en provenance d’un local à pollution spécifique ;
- prendre en compte les éventuelles perturbations aérauliques ;
- réchauffer, si nécessaire, l’air de compensation pour prendre en compte les écarts de température ;
- prévoir, autant que possible, un ventilateur de bonne qualité industrielle ne générant pas de source d’inflammation (étincelles, échauffement...) et dont le moteur est situé à l’extérieur de la canalisation et du local.

De plus, un interverrouillage chargeur/ventilation sera installé, assurant que la mise sous tension de tout chargeur devra provoquer la mise en marche de la ventilation ; que l’interruption de la ventilation devra provoquer l’arrêt de l’opération de charge et, le cas échéant, le déclenchement d’alarmes, sonore et visuelle. Une temporisation de deux heures doit assurer l’évacuation de l’hydrogène résiduel en fin de charge. De plus, l’arrêt de la ventilation entraînera également l’arrêt de toutes les installations électriques du local (à l’exception des dispositifs de sécurité) ainsi que l’interdiction d’utilisation des dispositifs non électriques (palan pneumatique...).

La norme NF EN 62485-3 propose la formule suivante pour la ventilation des locaux de charge de **batteries de traction ouvertes ou à soupape** :

$$Q_{min} = 0,055 \times N \times I_{gaz}$$

Q_{min} = débit minimal, en $m^3 \cdot h^{-1}$

N = nombre total d'éléments de la batterie en charge (à ne pas confondre avec le nombre de batteries en charge simultanément)

I_{gaz} = courant d'électrolyse générant l'homogénéisation de l'électrolyte en fin de charge, en A

S'il y a plusieurs batteries, il ne faut pas oublier de sommer les différents Q_{min} obtenus.

Le débit calculé par la formule précédente est multiplié par 4 afin de rester en dessous de 25 % de la LIE.

Soit un débit minimal réel à mettre en place :

$$Q_{réel} > 4 Q_{min}$$

La détermination de I_{gaz} dépend du type de chargeur :

- dans le cas de chargeurs standards régulés (dont les caractéristiques en sortie sont indépendantes des variations de tension du réseau et dont la valeur du courant de charge pendant la dernière partie de la charge est connue avec certitude), la valeur du courant de charge pendant la dernière partie peut être utilisée pour le calcul du débit de ventilation. Seul le fabricant du chargeur régulé est en mesure de vous donner ces informations ;

- pour les chargeurs standards non régulés, lorsque le courant de charge durant la dernière partie de la charge n'est pas connu avec certitude, I_{gaz} doit être fixé à 40 % du courant de sortie du chargeur ;

- en ce qui concerne les chargeurs spéciaux (chargeurs rapides, à impulsion...), la valeur de I_{gaz} doit être spécifiée par le fabricant. Lors de charges impliquant des impulsions, il convient d'appliquer une valeur moyenne pour I_{gaz} .

Deux exemples de calcul figurent en annexe.

Important

En cas d'arrêt de la ventilation (arrêt programmé, maintenance, panne, dysfonctionnement...), l'interverrouillage va couper la charge des batteries. Cependant, une quantité résiduelle d'hydrogène continuant à se dégager, une atmosphère explosive pourrait se former. Aussi, il faudra s'assurer que le volume libre du local ou de la zone considérée soit au moins égal à 2,5 fois le $Q_{réel}$ précédemment défini.

En tout état de cause, **lors de la remise en service de l'installation**, l'employeur prendra toute mesure (aération du local, vérification de la teneur en hydrogène...) pour que le retour à la situation normale se fasse sans risque en s'assurant qu'il n'y a aucune atmosphère explosive et, à défaut, qu'il n'y a aucune source d'inflammation.

4.2.2. Détection d'hydrogène

Si la meilleure mesure technique de prévention est la ventilation (voir § précédent), il peut être envisagé qu'elle soit complétée par un système de détection d'hydrogène. Toutefois, ce dernier ne peut être qu'optionnel compte tenu de la configuration des locaux, des flux aérauliques

présents et des polluants atmosphériques éventuels. De plus, une implantation efficace de détecteurs reste aléatoire et risque d'amener à en multiplier le nombre.

Quoi qu'il en soit, si l'employeur, afin de mieux assurer la protection des locaux, met en place un système de détection d'hydrogène, il devrait respecter les prescriptions ci-après.

Les détecteurs seront installés judicieusement :

- en hauteur ;
- à la verticale des batteries en charge ;
- dans les espaces hauts confinés ;
- par des personnes spécialistes du domaine.

Ils seront vérifiés selon les prescriptions du fabricant. L'étalonnage des détecteurs devra être réalisé régulièrement, avec l'hydrogène comme gaz de référence.

Une alerte sera mise en place à 10 % de la LIE (soit pour l'hydrogène : 0,4 % vol.) avec évacuation du personnel à proximité et analyse du dysfonctionnement par les personnels qualifiés.

La mise en sécurité de l'installation (voir § 4.2.1.) et l'évacuation de l'ensemble du personnel présent sera effective lorsque la concentration arrivera à 25 % de la LIE (soit pour l'hydrogène : 1 % vol.). En complément des points mentionnés au § 4.2. pour la mise en sécurité, la ventilation sera renforcée (ouverture des ouvrants, renforcement ou mise en route de la ventilation mécanique...).

Chaque technologie de détecteur ayant un rayon d'action spécifique, le choix devra notamment être fait en fonction de la configuration du local.

4.2.3. Choix du matériel

On privilégiera pour tout matériel non indispensable une implantation à l'extérieur du local ou tout du moins hors zone à risque d'explosion. Cependant, si des matériels, électriques et non électriques, sont présents dans une zone à risque d'explosion, ils doivent être en adéquation avec celle-ci (voir ED 945).

Le matériel électrique installé sera de bonne qualité industrielle et n'engendrera ni arc, ni étincelle, ni surface chaude en fonctionnement normal.

L'hydrogène se trouvant préférentiellement en partie haute du local, on évitera d'installer les systèmes d'éclairage au plafond pour préférer une position sur les murs verticaux descendus à une distance suffisante afin d'assurer un bon éclairage pour les salariés.

Quant au chargeur, il doit être adapté à la batterie, chaque batterie ayant son cycle de fonctionnement spécifique.

La conception et la technologie du chargeur ne permettent pas, à l'heure actuelle, son implantation dans une zone à risque d'explosion. Des butées ou tout autre dispositif similaire permettront de conserver impérativement une distance d'au moins 0,50 m entre le chargeur et la batterie, essentiellement pour éviter les chocs et être hors de la zone à risque d'explosion liée à la charge de la batterie.

Une distance de 1 m garantirait davantage ce maintien hors de la zone à risque, tout en facilitant le passage des opérateurs.

Il ne faut utiliser que des chargeurs alimentés par une installation électrique de type fixe dont le circuit externe de courant continu (câbles de charge) comportera :

- soit des socles et des prises de courant à broche pilote, dont l'embrochage/débrochage ne provoque aucune production d'arc électrique et la mise hors charge du circuit ;
- soit des prises dont le degré de protection est au minimum IP 23, permettant de confiner une éventuelle étincelle (toute manipulation embrochage/débrochage des prises se fera en dehors des zones à risque d'explosion définies).

L'utilisation des pinces type crocodile est à proscrire.

L'indication de fin de charge permet d'augmenter la durée de vie de la batterie et d'éviter la manipulation des batteries durant les phases les plus importantes de dégagement d'hydrogène. De plus, le chargeur sera conçu pour couper l'alimentation de la batterie dès que celle-ci sera chargée.

Les câbles et les broches ne présenteront pas de signes de corrosion et seront installés en respectant les règles de l'art.

4.3. Mesures organisationnelles

Seul le personnel compétent, ayant reçu une formation spécifique, sera autorisé à entrer dans le local de charge de batteries. Il devra, au moins, avoir acquis la base technique relative au processus de charge des batteries, ainsi que l'ensemble des recommandations liées aux mesures organisationnelles.

Le personnel sera équipé de vêtements et équipements de protection adaptés aux manipulations, manutentions, entretiens et réparations des batteries : écran facial et chaussures de sécurité, gants, tablier et habits anti-acide.

Protocole de mise en charge

Le protocole à respecter lors de la mise en charge est décrit ci-dessous :

- Vérifier que le chargeur est bien adapté à la batterie.
- Retirer tous les éléments métalliques (bagues, montres, bracelets, colliers ou vêtements comportant des parties métalliques) pouvant entrer en contact avec les bornes positive et négative pendant la manipulation.
- Ne jamais laisser tomber d'objets métalliques sur la batterie pouvant entraîner un court-circuit.
- Ouvrir le couvercle du coffre pour permettre l'évacuation de l'hydrogène pendant la charge.
- Vérifier les prises et les câbles.
- Ne pas retirer les bouchons.
- Ne rien poser sur la batterie.
- Utiliser des outils isolés pour le branchement de la batterie.
- S'assurer que l'on n'a pas dépassé 80% du taux de décharge.

Une procédure d'autorisation de travail sera mise en œuvre préalablement à tout travail à réaliser dans le local. Pour les entreprises extérieures, celle-ci sera intégrée au plan de prévention. Les entreprises extérieures seront formées aux risques induits par les locaux de charge de batteries, en particulier au risque « explosion ». Elles seront informées des zones à risque d'explosion et des matériels pouvant être utilisés dans celles-ci : téléphones portables, outils...

Il ne faut pas oublier qu'une atmosphère explosive existe dans les bacs au-dessus de l'électrolyte.

Les plans des zones à risque d'explosion figureront dans le document relatif à la protection contre les explosions (DRPCE) et devront être obligatoirement transmis aux entreprises extérieures intervenantes. De plus, il est conseillé de faire figurer les zones à risque d'explosion sur un plan général du site.

Le DRPCE doit être établi, intégré au document unique et régulièrement tenu à jour. L'ensemble des compétences internes, voire externes, regroupées autour du responsable, devraient participer à la rédaction de ce document. Il est finalisé sous la responsabilité de l'employeur et soumis pour avis aux instances représentatives du personnel. Le DRPCE doit, en particulier, faire apparaître :

- que les risques d'explosion ont été identifiés et évalués ;
- que des mesures adéquates sont et seront prises pour atteindre les objectifs réglementaires ;
- quels sont les emplacements classés en zones (avec leurs volumes) ;
- quels sont les emplacements auxquels s'appliquent les prescriptions réglementaires ;
- que les lieux et les équipements de travail sont conçus, utilisés et entretenus en tenant dûment compte de la sécurité ;
- que des dispositions ont été prises pour que l'utilisation des équipements de travail soit sûre.

Devraient également y figurer :

- le programme de mise en œuvre des mesures de prévention, **en particulier la vérification du bon fonctionnement et de la disponibilité de la ventilation (interverrouillage contrôlé périodiquement si pas de sécurité positive) ;**
- la validation des mesures (efficacité, risques résiduels...);
- le contenu des formations des salariés concernés ;
- le suivi et la mise à jour (la mise à jour est effectuée au moins chaque année, ainsi que lors de toute modification significative ou lorsqu'une information supplémentaire – issue par exemple d'une veille technologique, concernant l'évaluation du risque dans l'unité de travail – est recueillie) ;
- les procédures à appliquer et instructions écrites à établir avant l'exécution des travaux dans les zones concernées.

Le pictogramme ci-dessous devra être apposé aux entrées du local.



4.4. Zonage final retenu

Après avoir mis en place l'ensemble des mesures techniques et organisationnelles retenues et avoir la certitude de la pérennisation de celles-ci dans le temps (par exemple, si le débit de la ventilation mise en œuvre dans le local est supérieur ou égal au débit calculé $Q_{réel}$, et si cette ventilation assure un balayage de l'ensemble du volume), la totalité du local ne sera plus à considérer comme une zone 1.

La mise en œuvre des mesures, principalement celles concernant la ventilation, permet de définir – pour le mode

« maintien de charge » – une zone 1 de 0,50 m autour de la batterie, zone dans laquelle toute source d'inflammation est à exclure. Il conviendra de porter cette zone 1 à 1 m de la batterie en cas de charge dite « rapide », le dégagement d'hydrogène étant plus important.

Les autres emplacements du local pourront être considérés comme étant hors zone à risque d'explosion.

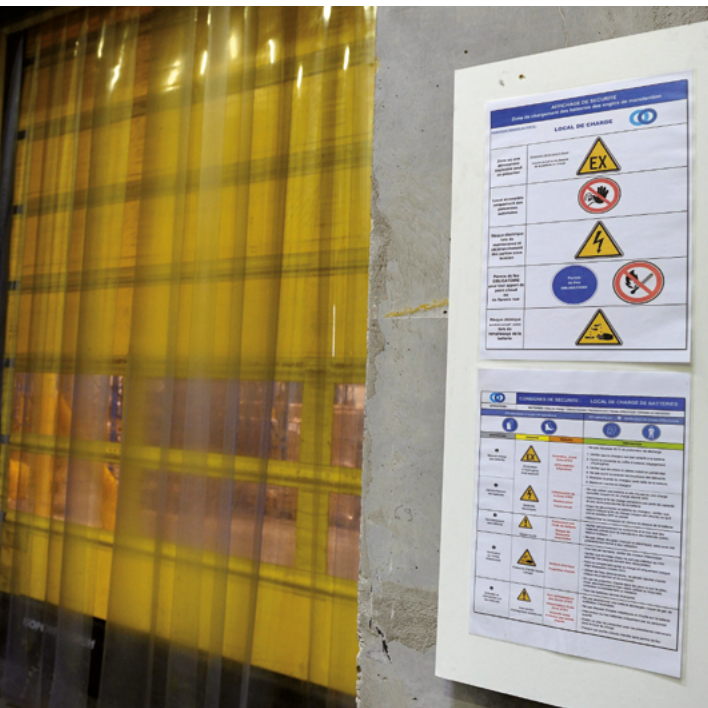


Figure 6. Exemple d'affichage de sécurité

Zone de charge

Dans les locaux (ateliers, entrepôts...) n'excédant pas une puissance maximale de courant continu utilisable supérieure à 50 kW où ne se trouvent que quelques postes de charge, la création d'un local spécifique réservé exclusivement à la charge de batterie peut être facultative si les conditions suivantes sont **simultanément assurées** :

- la ventilation naturelle du local permet de maintenir en permanence la concentration en hydrogène inférieure à 0,4% (10% de la LIE) en vérifiant que le volume libre est supérieur ou égal à 2,5 fois le $Q_{réel}$ calculé;
- la partie haute du local ne comporte aucune zone pouvant former une poche d'accumulation d'hydrogène;
- le local ne comporte pas une autre source génératrice d'atmosphère explosive;
- l'air du local est entièrement renouvelé au minimum une fois entre deux opérations de charge consécutives, soit par des dispositifs statiques d'aération naturelle, soit par des dispositifs mécaniques de ventilation générale;
- l'emplacement de charge est situé dans une zone protégée du local et aménagée à cet effet, à l'abri des risques liés aux activités voisines.

Dans ce cas, ne pourrait être retenue simplement qu'une zone 1 à 0,5 m autour de la batterie en charge, ce qui n'empêche nullement la mise en place des prescriptions mentionnées dans ce document.

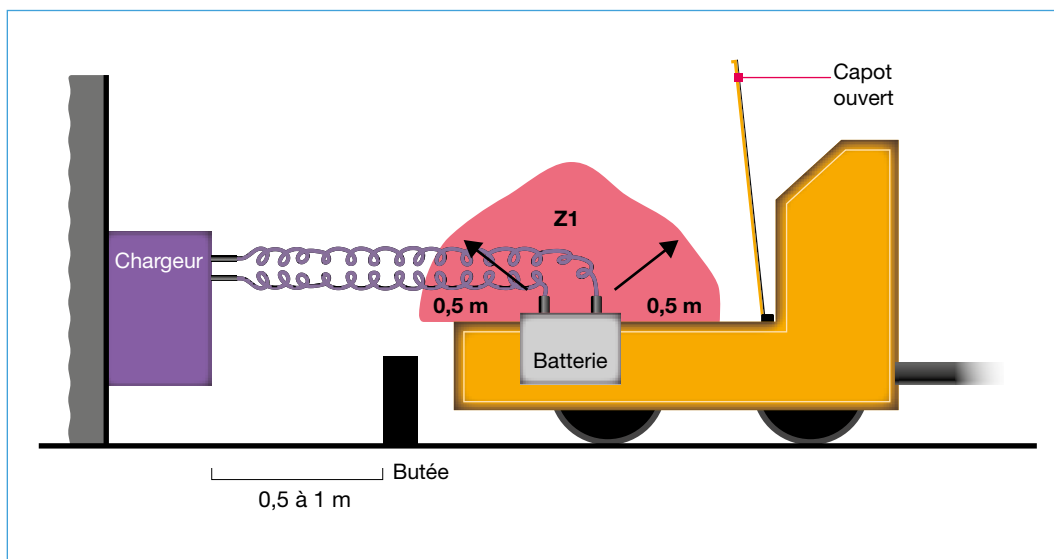


Figure 7. Proposition de zonage lors de la charge d'une batterie sur chariot

5 Dispositions constructives

Des dispositions constructives conformes et adaptées seront à adopter, entre autres pour prendre en compte un éventuel risque « incendie » dans le local spécifiquement dédié à la charge des batteries et diminuer le risque de propagation aux locaux adjacents.

Les locaux abritant l'installation doivent présenter les caractéristiques de réaction et de résistance au feu minimales suivantes :

- mur et plancher haut REI 120 (coupe-feu 2 h) ;
- couverture incombustible ;
- portes intérieures EI 30 (coupe-feu ½ h) et munies d'un ferme-porte ou d'un dispositif assurant leur fermeture automatique ;
- porte donnant sur l'extérieur E 30 (pare flamme ½ h) ;
- pour les autres matériaux : incombustible (M0, A1 ou A2).

Le sol du local doit être étanche, incombustible et équipé de façon à pouvoir recueillir ou traiter facilement les produits (électrolytes...) répandus accidentellement. Pour cela, un seuil surélevé par rapport au niveau du sol ou tout dispositif équivalent le sépare de l'extérieur ou d'autres locaux.

Les allées auront une largeur d'au moins 0,5 m.

La batterie sera également posée sur une surface isolante (bois...) pour la protéger de l'humidité éventuelle du sol.

Un incendie génère des fumées chaudes, opaques et dangereuses qui s'accumulent en partie haute des bâtiments et descendent en peu de temps au niveau des personnes. Pour permettre leur évacuation, limiter la propagation du feu et favoriser l'intervention des secours, la mise en place de systèmes de désenfumage est impérative (exutoire en toiture, ouvrant en façade ou tout autre dispositif équivalent, voir brochure *Désenfumage. Sécurité incendie sur les lieux de travail*, ED 6061, INRS). Leurs commandes d'ouverture manuelle sont placées à proximité des accès.

Les exutoires de fumées en toiture seront équipés d'un barreaudage.

Par ailleurs, les batteries de rechange (neuves ou usagées) seront stockées dans un autre local approprié et largement ventilé.

L'implantation du local de charge devra se faire en prenant en compte les activités des locaux adjacents (l'air de compensation utilisé pour la ventilation ne sera jamais extrait d'un local à pollution spécifique).

Conclusion

Pendant la charge des batteries d'accumulateurs au plomb, de l'hydrogène est généré. Ce gaz va se dégager de tous les éléments et de toutes les batteries mises en charge pouvant former dans l'atmosphère un mélange explosif dès que sa concentration atteint 4 % en volume dans l'air.

Pour se protéger de ce risque d'explosion, il importera d'adopter un ensemble de mesures techniques et organisationnelles préconisées dans ce document, notamment le choix d'une ventilation efficace et adaptée. Une formation spécifique tant pour le personnel interne que pour celui des entreprises extérieures intervenantes vient compléter ce dispositif. Il sera également important de respecter toute une déclinaison de dispositions constructives qui, elles, seront surtout essentielles pour limiter les conséquences d'un incendie.

ANNEXE | Exemples de calcul de débit de ventilation

Ces deux exemples sont inspirés de ceux présents dans la norme NF EN 62485-3.

EXEMPLE 1

Une batterie de traction au plomb de 48 V constituée de 24 éléments doit être chargée au moyen d'un chargeur régulé, délivrant un courant maximum de 30 A en fin de charge. I_{gaz} correspond donc à 30 A.

La valeur de débit Q_{min} est égale à $39,6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
($Q_{\text{min}} = 0,055 \times 24 \times 30$).

Le débit $Q_{\text{réel}}$ à mettre en œuvre dans le local est donc de
 $158,4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (4 fois Q_{min}).

EXEMPLE 2

Une batterie de traction au plomb de 48 V constituée de 24 éléments doit être chargée au moyen d'un chargeur non régulé, dont les caractéristiques de sortie sont 48 V/100 A. I_{gaz} correspond donc à 40 A (40 % de 100 A).

La valeur de débit Q_{min} est égale à $52,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
($Q_{\text{min}} = 0,055 \times 24 \times 40$).

Le débit $Q_{\text{réel}}$ à mettre en œuvre dans le local est donc de
 $211,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (4 fois Q_{min}).

POUR EN SAVOIR PLUS

- *Les explosimètres*, ED 116, INRS.
- *Les mélanges explosifs.1 – Gaz et vapeurs*. ED 911, INRS.
- *Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives*. Guide méthodologique. ED 945, INRS.
- *Conception des lieux et des situations de travail. Santé et sécurité: démarche, méthodes et connaissances techniques*. ED 950, INRS.
- *Désenfumage. Sécurité incendie sur les lieux de travail*. ED 6061, INRS.
- *Élimination des sources d'inflammation dans les zones à risque d'explosion*, ED 6183, INRS.
- *Prévention des risques liés aux batteries de traction et de servitude au plomb/acide*, R 466.
- **NF EN 1127-1 – Atmosphères explosives – Prévention de l'explosion et protection contre l'explosion – Partie 1 : notions fondamentales et méthodologie.**
- **NF EN 62485-3 – Exigences de sécurité pour les batteries d'accumulateurs et les installations de batteries – Partie 3 : Batteries de traction.**
- Documentation technique STEF-TFE.
- *Fonctionnement, utilisation et maintenance. Accumulateur de traction plomb ouvert*. Hawker.
- *Recharger les batteries en sécurité*. N. Telliez FAR n° 444.
- *Liste de contrôle. Accumulateurs au plomb*. Référence: 67 119 f. SuvaPro.
- *Module de formation. Batterie et chargeur*. Exide Technologies.
- *Atelier Culture Énergie*. Fenwick.