



**HAL**  
open science

## Equipements de transport et de manutention utilisant l'énergie électrique

Alain Czyz

► **To cite this version:**

Alain Czyz. Equipements de transport et de manutention utilisant l'énergie électrique. Séminaire "Explosion Safety and Related Risk Control", Mar 1994, Gand, Belgique. pp.87-97. ineris-00971886

**HAL Id: ineris-00971886**

**<https://ineris.hal.science/ineris-00971886>**

Submitted on 3 Apr 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **PROTECTION, VIS A VIS DES EXPLOSIONS, DES ÉQUIPEMENTS DE TRANSPORT ET DE MANUTENTION UTILISANT L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE**

par Alain CZYZ  
Ingénieur à l'INERIS

L'activité industrielle met souvent en jeu des substances inflammables et implique des opérations de transport, de transfert ou la manutention de charges.

Dans certains emplacements, des gaz inflammables peuvent être émis (mines de charbon, décharges et anciennes décharges....).

Dans tous ces emplacements peuvent exister des risques d'explosions du fait de la présence de gaz, vapeurs, brouillards ou poussières inflammables conduisant à la formation d'une atmosphère explosive dans l'air.

Cette activité qui ne peut être évitée ne doit pas augmenter les risques d'explosion.

Pour cela il est nécessaire de supprimer ou de limiter les sources potentielles d'inflammation présentes sur les équipements de manutention et de transport afin que la probabilité d'explosion soit réduite à un niveau suffisant.

Cette limitation peut se faire en utilisant des techniques éprouvées ou des moyens de protection établis après une analyse de risques.

Le choix de ces techniques et moyens dépend de plusieurs facteurs et doit être fait en fonction :

- de la nature et des caractéristiques des substances inflammables pouvant se trouver dans l'atmosphère,
- de la probabilité de présence de ces substances,
- des sources potentielles d'inflammation présentes sur les équipements.

Actuellement, de telles mesures de sécurité sont, soit imposées par les différentes réglementations européennes ou nationales, soit laissées au choix des constructeurs ou utilisateurs. A ce jour, l'harmonisation complète des mesures de sécurité n'existe pas encore pour ce qui concerne les équipements de transport et de manutention fonctionnant en présence d'atmosphères explosives.

Le but de ce document, qui ne traite pas des équipements fonctionnant en présence de produits explosifs (poudres, explosifs), est de présenter une démarche qui conduit à la protection des matériels de manutention vis à vis de l'inflammation d'une atmosphère contenant des substances inflammables.

### **SUBSTANCES INFLAMMABLES**

Pour ce qui concerne le risque d'inflammation, les substances sont essentiellement définies par leur énergie minimale d'inflammation (EMI) et par leur température minimale d'inflammation (T<sub>mi</sub>).

Pour cette dernière, en ce qui concerne les poussières, il y aura lieu de faire la distinction entre la température minimale d'inflammation d'un nuage et celle d'une couche (T<sub>mi nuage</sub>, T<sub>mi couche</sub>).

En général les valeurs des énergies minimales d'inflammation des gaz ou vapeurs sont inférieures à celles des poussières, mais pour des poussières très fines ces valeurs peuvent être assez voisines.

Les gaz et vapeurs inflammables peuvent également être qualifiés :

- par leur interstice expérimental maximal de sécurité (IEMS) qui est la valeur à partir de laquelle il y a transmission d'une inflammation d'une chambre à une autre au travers d'un interstice géométriquement bien défini,
- ou par le rapport de leur courant minimal d'inflammation (CMI) avec celui du méthane.

Le document CEI 79-12 donne un classement selon ces propriétés.

La classification en Groupes des matériels électriques pour atmosphères explosives formées par des gaz et vapeurs inflammables, établie par le Comité Européen de normalisation électrotechnique (CENELEC) et par la commission électrotechnique internationale (CEI), est basée sur ces propriétés (subdivisions IIA, IIB et IIC).

Il existe une corrélation entre EMI, IEMS et CMI

Le tableau suivant donne pour diverses substances les valeurs de leur EMI et IEMS (pour gaz et vapeurs).

GAZ/VAPEURS	POUSSIERES	EMI (1)	IEMS mm (2)	Subdivision selon EN50014
	Zinc	960 mJ		
Trichloréthylène		330 mJ		
	Cacao	100 mJ		
	Sucre	30 mJ		
	Aluminium	10 mJ		
Acétone		1,15 mJ		
	Toner	1 mJ		
Méthane		300 $\mu$ J	1,14	
Propane		240 $\mu$ J	0,92	
			0,9	IIA
Ethylène		70 $\mu$ J	0,65	
			0,5	IIB
Hydrogène		17 $\mu$ J	0,29	IIC

(1) Selon la méthode de détermination de l'EMI on peut trouver, pour une même poussière, des valeurs différentes.

(2) Valeurs déterminées selon la méthode CEI (CEI 79-1A)

## EMPLACEMENTS DANGEREUX

Les emplacements dangereux sont classés en plusieurs zones en fonction de la probabilité d'occurrence de l'atmosphère explosive.

Pour les gaz, la classification en 3 zones, initialement définie par la CEI, reprise par le CENELEC et le CEN, est maintenant utilisée par tous les pays de l'Union Européenne et par la plupart des pays industrialisés. Pour les poussières, un classement en trois zones est encore en cours de discussion.

Gaz, Vapeurs et Brouillards Inflammables selon CENELEC (1)		Poussières Combustibles selon CEN (2)	
ZONE 0	Atmosphère explosive présente en permanence	ZONE 20	Nuage de poussières en permanence
ZONE 1	Atmosphère explosive pouvant être présente en service normal	ZONE 21	Nuage de poussières probable en service normal couches de poussières
ZONE 2	Pas d'atmosphère explosive en service normal	ZONE 22	Nuage de poussières peu probable en service normal

(1) prEN 50 145 et CEI 79-6 (1986)

(2) prEN1127-1

Le niveau de protection du matériel pour une zone doit être choisi de telle manière que le produit de la probabilité d'occurrence d'une atmosphère explosive par la probabilité d'apparition d'une source d'inflammation soit le même pour chaque zone. Une telle démarche peut se faire en suivant le document CEN prEN 1050 - Sécurité des machines - Appréciation du risque.

Compte tenu des risques et des diverses réglementations nationales, l'utilisation de matériels de manutention électriques ou à moteur thermique est exclue dans les zones 0 et 20.

Avant de définir les protections il est nécessaire de connaître les sources potentielles d'inflammations présentes sur les équipements de transport et de manutention.

## SOURCES D'INFLAMMATION

Un projet de norme du CEN (prEN1127-1) identifie les sources pouvant provoquer l'inflammation ou l'explosion d'une atmosphère explosive.

Celles qui peuvent être présentes sur les équipements de manutention sont les suivantes :

### Surfaces chaudes

On peut trouver des points chauds ou des surfaces chaudes sur :

- les matériels électriques,
- les enveloppes contenant des fluides (pompes, réservoirs, canalisations...),
- les dispositifs transformant une énergie mécanique en chaleur (embrayages, freins...),

### Étincelles d'origine mécanique

Ce sont des particules métalliques ou minérales arrachées à un matériau par l'effet d'un choc ou d'un frottement pression avec une matière aussi dure ou plus dure que le matériau.

Ces particules sont portées à des températures souvent supérieures à 100°C. Des chocs entre métaux rouillés et alliages d'aluminium peuvent créer des réactions aluminothermiques; les étincelles de friction ainsi produites sont très énergétiques. Des étincelles ayant une température ou une énergie significative peuvent être produites par :

- les fourches ou systèmes de préhension
- le frottement avec des parties mobiles rotatives ayant une vitesse significative
- les freins et embrayages

### Étincelles d'origine électrostatique

De telles étincelles peuvent apporter l'énergie nécessaire pour enflammer une atmosphère contenant des gaz ou poussières inflammables. Cette énergie, qui dépend des charges accumulées sur des parties isolantes ou sur des parties conductrices isolées est liée à la capacité du corps chargé et à la tension.

Objets	Capacité	Energie stockée pour 3 kV
outil à main	5 à 10 pF	2,2 à 45 $\mu$ J
Fût	20 à 100 pF	90 à 450 $\mu$ J
Corps humain	150 à 200 pF	675 à 900 $\mu$ J
Véhicule	500 pF	2,25 mJ
Citerne	1000 pF	4,5 mJ

La production de ces charges se fait lors de la séparation de deux corps de natures différentes et dont l'un au moins est isolant ; elle peut également se faire par influence. Ces charges pourront être créées :

- au niveau des pneus pour les matériels sur roues
- par les courroies et poulies de transmission
- lorsque le conducteur quitte son siège
- lors de l'écoulement de liquides
- par des frottements divers

### PROTECTION DES ÉQUIPEMENTS

Pour protéger un équipement il faut donc supprimer totalement ou au moins réduire la probabilité d'occurrence des différentes sources potentielles d'inflammation ou bien les confiner dans une enveloppe afin qu'elles n'aient aucune action sur l'atmosphère explosive environnante.

## Surfaces chaudes

Le principe général est que les températures de surfaces ne dépassent en aucun cas les températures minimales d'inflammation des produits inflammables qui pourraient venir en contact avec ces surfaces chaudes, sauf dans des cas bien spécifiques pour lesquels cette température peut être dépassée (cas des petits composants).

Les composants qui présentent des températures élevées peuvent être confinés dans des enveloppes afin d'éviter leur contact avec l'atmosphère dangereuse, en s'inspirant des protections utilisées pour le matériel électrique.

La température maximale de surface peut être la température intrinsèque des équipements qui peut être surveillée en permanence par un dispositif donnant un ordre d'arrêt lorsqu'un seuil est dépassé. Ce dispositif doit être fiable, à sécurité positive et doit tenir compte de l'inertie thermique.

Selon les pratiques nationales des différents pays de l'UE les marges de sécurité peuvent différer ; par exemple, en France, il est recommandé de ne pas dépasser les valeurs suivantes pour les températures maximales de surface :

**$0,9 \cdot T_{mi}^{\circ C} - 10^{\circ C}$**  pour les atmosphères contenant des gaz ou vapeurs inflammables,

**$2/3 \cdot T_{mi}$  nuage et  $T_{mi}$  couche -  $75^{\circ C}$**  pour les atmosphères contenant des poussières combustibles (la plus faible des deux valeurs).

Compte tenu de la multiplicité des substances inflammables, des contraintes économiques et de la diversité des marges de sécurité un équipement n'est généralement pas dédié à une seule substance. Il est donc important de déterminer la carte des températures de l'équipement, dans des conditions normales de fonctionnement et dans des conditions de dysfonctionnement raisonnablement prévisibles, afin de connaître la température maximale de surface.

Cette détermination, qui incombe au constructeur, permettra à l'utilisateur de choisir son équipement en conséquence et en appliquant les marges de sécurité en vigueur.

## Étincelles d'origine mécanique

Les étincelles qui se produisent lorsqu'il y a frottement ou chocs très violents peuvent être évitées à la conception :

- en garantissant des distances suffisantes entre les parties mobiles possédant une vitesse importante et les parties fixes (ventilateurs, arbres, accouplements) et en empêchant l'introduction de corps étrangers,
- en utilisant des matériaux ou des couples de matériaux non-générateurs d'étincelles (laiton, bronze, cuivre, acier inoxydables, fonte ) lorsqu'il y a un risque de friction fonctionnelle ou non (freins, embrayages, galets, fourches),
- en proscrivant, pour les pièces susceptibles de frotter avec du fer ou de l'acier rouillé, l'utilisation d'alliages légers contenant plus de 6% de magnésium. Cette restriction qui est basée sur l'expérience acquise dans le domaine du matériel électrique est jugée insuffisante par certains experts qui voudraient également limiter la quantité d'aluminium à 10%,
- en confinant les composants générateurs d'étincelles, qui ne peuvent pas de par leur conception répondre aux exigences définies ci-dessus, dans des enveloppes appropriées.

## Étincelles d'origine électrostatique

Il faut éviter la production de charges électrostatiques et si celle-ci ne peut pas être évitée, empêcher leur accumulation en les évacuant vers la terre.

Pour cela il faut éviter l'utilisation d'éléments en matière plastique ayant des surfaces importantes et dont la résistance d'isolement de surface dépasse  $10^9$  ohms si ces éléments sont susceptibles d'être chargés (sièges, parois, écrans, ventilateurs). La méthode de mesure de cette résistance est donnée dans la norme CENELEC EN 50014. Les organes de transmission tels que les courroies doivent être antistatiques ou conducteurs.

Pour permettre l'évacuation des charges vers la terre l'équipement doit être relié à la terre ; pour les équipements mobiles sur rails, la liaison par les roues ou galets métallique est suffisante. En ce qui concerne les équipements possédant des pneus ou des bandages plastiques il faut que la résistance entre le sol et l'équipement ait une valeur suffisamment faible (au sens de l'électricité statique);  $10^7$  ohms est une valeur qu'il ne faut pas dépasser. Toutefois, l'utilisateur devra tenir compte de la nature de son sol. En effet une telle mesure est illusoire lorsque l'équipement évolue sur un revêtement plastique isolant.

## Matériels électriques

Selon la nature de la substance inflammable et de la zone, les protections à apporter au matériel seront différentes.

### **Atmosphères explosives contenant des gaz, vapeurs ou brouillards- Zone 1**

Au sein de l'Union Européenne (UE) tous les matériels électriques doivent être protégés par un ou plusieurs modes de protection définis par les normes du CENELEC relatives aux règles de construction du matériel électrique pour atmosphères explosives (ou selon des réglementations ou des normes nationales dans certains cas).

Ces modes de protection, cités dans la norme EN 50 014 Règles générales, sont les suivants:

Immersion dans l'huile	"o"	EN 50 015
Suppression interne	"p"	EN 50 016
Remplissage pulvérulent	"q"	EN 50 018
Enveloppe antidéflagrante	"d"	EN 50 018
Sécurité augmentée	"e"	EN 50 019
Sécurité intrinsèque	"i"	EN 50 020
Systèmes de sécurité intrinsèque		EN 50 039
Encapsulage	"m"	EN 50 028

Ces matériels doivent posséder un certificat de conformité de type délivré par un organisme agréé de l'UE.

En ce qui concerne les systèmes, la certification n'est pas nécessaire, mais le concepteur du système doit prouver, par un document système, que l'association des différents matériels de sécurité intrinsèque reste de sécurité.

Un matériel non conforme à ces normes peut être utilisé s'il a fait l'objet d'un certificat de contrôle (européen ou national).

Il est à noter que les matériels certifiés portant la marque distinctive communautaire "x" (certificat délivré par un laboratoire notifié de l'UE) peuvent circuler librement dans toute l'Union Européenne.

Le choix des modes de protection dépend essentiellement de critères fonctionnels et de la nature du matériel à protéger.

Afin de guider les utilisateurs ces matériels sont identifiés par un marquage défini par la norme EN 50 014. Ce marquage, donné dans le certificat, comporte :

- le nom du fabricant
- le type du matériel
- un numéro de série
- la référence du certificat comportant:
  - le sigle du laboratoire,
  - les deux derniers chiffres de l'année d'émission
  - un numéro d'ordre, éventuellement suivi de la lettre X
- un code définissant le matériel vis à vis du mode de protection et des caractéristiques de l'atmosphère.

Le marquage peut être complété par des indications spécifiques nécessaires à l'utilisateur.

Explication du code

<b>EEx</b>	<b>d</b>	<b>IIB</b>	<b>T4</b>
(1)	(2)	(3)	(4)

(1) Matériel électrique pour atmosphères explosives selon CENELEC

(2) Sigle du ou des modes de protections utilisés  
les lettres ia ou ib entre [ ] associées à un autre sigle signifient que le matériel comporte des éléments qui rendent des circuits extérieurs de sécurité intrinsèque

(3) Groupe du matériel qui peut être:

**II** pour tous les gaz, avec les modes "e", "m", "o", "p", "q"

ou, pour "d" et "i"

**IIA** gaz et vapeurs ayant un  $IEMS \geq 0,9$  mm (propane)

**IIB**  $0,9\text{mm} > IEMS \geq 0,5$  mm (éthylène)

**IIC**  $0,5\text{mm} > IEMS$  (hydrogène)

le groupe peut être remplacé ou complété par un ou des gaz particuliers repérés par leurs formules chimiques.

(4) Classe de température définissant la température maximale de surface; de T1 à T6 (pour une ambiante de 40°C sauf indication contraire) ; ce classement peut être remplacé par la valeur de la température maximale de surface .

La lettre X placée à la fin du numéro de certificat signifie que l'utilisation sûre du matériel est liée au respect de certaines conditions données dans le certificat de conformité.

Il existe un type de certificat appelé certificat de composant "Ex", repéré par la lettre U placée après le numéro du certificat ; les matériels possédant ce type de certificat ne peuvent pas être utilisés en tant que tels mais inclus dans un matériel certifié.

### **Atmosphères explosives contenant des gaz, vapeurs ou brouillards- Zone 2**

Selon la législation des différents pays de l'Union Européenne les genres de matériels électriques à utiliser dans les zones de type 2 sont donnés par des textes officiels ou des normes nationales. Selon les documents, les exigences sont plus ou moins contraignantes.

En France, un arrêté du ministère du travail précise que le matériel utilisé dans ce type de zone doit être conforme à des règles de construction et ne doit pas en service normal produire des arcs, étincelles ou surfaces chaudes susceptibles d'engendrer une explosion. Les matériels ne répondant pas à ces conditions doivent être d'un type certifié.

D'autres pays de l'UE ont des normes spécifiques pour les matériels pour zone de type 2. En général ces normes reprennent en totalité ou en partie les règles définies par le rapport CEI 79-15, matériel électrique avec mode de protection "n".

Ce rapport introduit plusieurs concepts de protection selon que le matériel produit ou ne produit pas d'étincelles en fonctionnement normal ; les concepts utilisés pour les matériels produisant des étincelles sont les suivants :

- dispositifs à coupure enfermée,
- composants non-incendiaires,
- dispositifs hermétiquement scellés,
- dispositifs clos,
- matériels à énergie limitée,
- enveloppes à énergie limitée.

Ces concepts reprennent les mêmes principes que ceux utilisés pour les matériels de la zone 1 mais avec des exigences moindres.

Une norme CENELEC spécifique au matériel pour zone de type 2 est en cours d'étude.

### **Atmosphères explosives contenant des poussières- Zones 21 et 22**

Un matériel électrique n'est pas une source potentielle d'inflammation si sa température maximale de surface en contact avec les poussières ne dépasse pas les températures d'inflammation définies précédemment et si ces poussières ne peuvent pas venir en contact avec des sources d'étincelles ou des surfaces chaudes. Il suffit donc d'enfermer ces matériels dans des enveloppes étanches aux poussières.

L'usage veut que ce degré soit IP6x pour la zone 21 et IP5X pour la zone 22 (IP6X si les poussières sont conductrices).

Il n'y a pas encore de normes européennes harmonisées pour ces matériels; chaque pays européen a ses propres pratiques définies par des normes d'installations ou par des normes de construction ou bien par des guides.

On peut se référer aux normes que vient d'émettre la CEI, normes relatives à la construction, la sélection et l'installation des matériels électriques destinés à être utilisés en présence de poussières (CEI 1241-1-1 et 1241-1-2).

## **Règles d'installation**

Chaque pays a émis ses propres règles d'installation pour les matériels électriques utilisables en atmosphères explosives et il n'y a pas encore de norme européenne ; toutefois le prEN 50 154 du CENELEC qui est en phase finale, bien que destiné aux installations fixes, peut servir de référence pour l'installation électrique sur les équipements de manutention.

A notre avis, les règles suivantes doivent être respectées :

- les circuits électriques doivent être bifilaires et isolés du châssis, et dans certains cas la surveillance de l'isolation peut être nécessaire pour éviter la circulation de courant dans les structures métalliques,
- les canalisations électriques doivent être non propagatrices de la flamme,
- les câbles doivent être protégés contre les risques mécaniques.

## **CONCLUSIONS**

Comme on peut le voir il n'y a pas encore harmonisation complète pour les équipements de manutention utilisables en atmosphères explosives.

Le comité technique TC31 du CENELEC et le comité TC150 du CEN s'y emploient, le premier pour la normalisation de la construction des matériels électriques, et le second pour la construction des chariots industriels. Le groupe de travail n°7 du TC150 a d'ailleurs préparé un projet de norme relatif aux règles de construction et d'essais des chariots industriels utilisables en atmosphère explosive.