

Protection des robots mobiles pour utilisation en atmosphère explosive

Claude Davrou

▶ **To cite this version:**

Claude Davrou. Protection des robots mobiles pour utilisation en atmosphère explosive. Colloque ORIA "La télérobotique en milieux hostiles : les grands verrous technologiques", Dec 1991, Marseille, France. pp.509-512. ineris-00971834

HAL Id: ineris-00971834
https://ineris.hal.science/ineris-00971834

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 DES ROBOTS MOBILES POUR UTILISATION EN ATMOSPHERE EXPLOSIVE

Claude DAVROU

Ineris

ABSTRACT

The utilization of electrical apparatus in hazardous areas requires the using of tried technics dealing with standards prepared by International Electrical Commission (IEC) and European Commission for Electrotechnical Standardization (CENELEC). These standards provide the use of 7 different means to ensure a suffisant level of safety against explosion risks. The principles used are the suppression of dangerous explosive atmosphere in the vicinity of ignition capable parts, the suppression of dangerous sparks and excessive temperatures or the suppression of explosion transmission from inside to outside of an apparatus.

Applying of these standards to self contained movable devices demands a compromise, sometimes difficult, between the main constraints : safety, weight, performances, self containing, volum, accessibility and cost.

The choice of the protection means is not unique for a device but it must be done component by component, taking into consideration the location of components in the machine and the possible use of common protective means.

INERIS has a great and varied experience on movable machines. It goes through diesel engine loaders used in firedamp mines to watching robot used in oil reffineries and handling machines used all days in chemical and oil plants. This experience shows that it is very difficult or even impossible to protect an existing apparatus without to compromise the respect of initial specifications. It has, on the contrary, permitted to verify that the constraints are easily supportable and less restricting when they are integrated at the beginning of the project.

High power accumulators shall be protected by increased safety : motors and generators can be protected either by flame proof enclosure or pressurization.

Electronic circuits as inverters or computers will be easily protected by pressurization.

Low power circuits and sensors will be preferably protected with intrinsic safety.

.....

1 - GENERALITES

Faire en sorte qu'un engin électrique puisse circuler dans une zone à risque d'explosion, sans qu'il puisse être la cause d'inflammation de l'atmosphère, nécessite la mise en oeuvre de techniques particulièrement éprouvées.

Ces techniques ou "modes de protection" ont fait l'objet d'une normalisation par la Commission Electrotechnique Internationale ainsi que par le Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (CENELEC). Signalons que l'application de telles techniques est rendue obligatoire dans la plupart des pays industrialisés.

L'INERIS, qui est l'un des dix laboratoires de la Communauté Economique Européenne agréé pour certifier que les matériels qu'on lui présente sont conformes aux normes du CENELEC, possède dans ce domaine une expérience longue et variée en ayant eu notamment à participer au développement des protections d'un nombre important d'engins de tous types destinés aux mines grisouteuses, aux industries pétrolières, chimiques, ...

Ces modes de protection, au nombre de sept, reposent sur l'un des trois principes suivants :

1 - Suppression de l'atmosphère dangereuse au niveau des parties de matériel susceptibles d'enflammer l'atmosphère.

2 - Suppression des étincelles et échauffements dangereux.

3 - Suppression de la possibilité de transmettre l'explosion au milieu ambiant.

Les modes de protection, basés sur le premier principe, sont la surpression interne (EN 50 016), l'encapsulage (EN 50 028) et l'immersion dans l'huile (EN 50 015). Ceux basés sur le deuxième principe sont la sécurité augmentée (EN 50 019) et la sécurité intrinsèque (EN 50 020). Enfin, ceux basés sur le dernier principe sont la protection par enveloppe antidéflagrante (EN 50 018) et la protection par pulvérulent (EN 50 017).

Selon la nature du matériel, sa puissance, sa ou ses tensions d'alimentation, tous les modes de protection ne conviennent pas. Parmi ceux qui conviennent, le meilleur choix dépend généralement de critères multiples tels que délais, coûts de développement, coûts de fabrication, poids, encombrement, autonomie, ...

"ORIA 91", Marseille, 11-12 décembre 1991, pp. 509-512

Examinons comment protéger les principaux constituants d'un robot mobile autonome.

2 - PROTECTION DE LA SOURCE D'ALIMENTATION

2.1 - Protection des batteries d'accumulateurs

Les batteries d'accumulateurs de forte capacité, utilisées pour procurer la force motrice aux engins ainsi que l'alimentation de leurs circuits électroniques sont susceptibles de dégager ellesmêmes du gaz combustible (hydrogène) et comburant (oxygène). Le principe de protection à utiliser dans ce cas est la suppression des étincelles et des échauffements dangereux que pourraient provoquer ces batteries.

Deux modes de protection utilisent ce principe :
- la sécurité augmentée,
- la sécurité intrinsèque.

Le premier de ces modes de protection consiste à éliminer toute étincelle (dangereuse ou pas) et à limiter les échauffements à une valeur sûre.
Dans le second, les seules étincelles possibles ont une énergie insuffisante pour enflammer l'atmosphère dangereuse. Dans le cas des batteries d'accumulateurs de grande puissance, seule la sécurité augmentée est utilisable.
L'expérience actuelle reposant sur les accumulateurs au plomb, au fernickel et au nickelcadmium, ces types de batteries d'accumulateurs, à l'exclusion de tout autre, sont admis dans la norme EN 50 019.
Pour éviter les étincelles et les échauffements dangereux, la batterie doit pour l'essentiel :
- être enfermée dans un coffre, généralement en acier revêtu à l'intérieur d'un matériau isolant adhérent. Pour la constitution de ce coffre, d'autres matériaux sont admissibles mais ils doivent respecter les contraintes de solidité et d'isolement requis. Les coffres doivent procurer un degré de protection au moins IP23 et être munis d'évents dont l'efficacité permet à l'atmosphère interne de ne pas dépasser 50 % de la limite inférieure d'explosivité, du fait du dégagement gazeux propre à la batterie.
- posséder des protections isolantes pour toutes ses pièces sous tension.
- avoir des connexions soudées ou brasées.

Si on compare les batteries non protégées avec celles respectant la norme EN 50 019, on constate, en moyenne, que la hauteur le prix et le poids augmentent respectivement de 5 à 10 centimètres, de 30 à 40 % et essentiellement du poids du coffre.

2.2 - Protection des générateurs thermiques

2.2.1 - Protection du moteur thermique

Il n'existe pas de norme internationale ou européenne relative à la protection de ces moteurs.
En France, notamment dans l'industrie pétrolière, les règles suivantes sont appliquées :
- le moteur est exclusivement du type diesel,
- les circuits d'admission et d'échappement sont munis de dispositifs pareflammes constitués d'un empilage de plaquettes métalliques qui assurent un refroidissement efficace des flammes,
- un système de détection des survitesses doit commander à la fois l'arrêt de l'admission du carburant et un volet d'obturation du circuit d'admission des gaz,
- la limitation à une valeur sûre de la température maximale du moteur est imposée en fonction de la nature de l'atmosphère,
- des dispositions constructives, notamment pour la dimension des joints, doivent être respectées.

Ces contraintes conduisent généralement à une augmentation de poids et de volume inférieurs à 10 %. L'augmentation du coût est très variable selon le moteur et la température maximale autorisée.

2.2.2 - Protection de la génératrice

La protection de la génératrice est identique à celle des autres machines tournantes.
Le chapitre 3 suivant est consacré à ce sujet.

3 - PROTECTION DES MACHINES TOURNANTES (moteurs et génératrices)

Les 3 principes de protection sont utilisés pour la protection des machines tournantes.
Cependant, le second principe - suppression des étincelles et échauffement dangereux - ne peut s'appliquer qu'aux très petites machines comme les micromoteurs qui peuvent être de sécurité intrinsèque, ou aux machines ne comportant pas de contacts tournants comme les moteurs asynchrones qui peuvent être à sécurité augmentée.
Les cas d'utilisation de ces derniers matériels sur les machines autonomes étant rarissimes, nous ne les traiterons pas. La protection des micromoteurs par sécurité intrinsèque est de même nature que celle de certains matériels

électroniques examinés au chapitre 5.

3.1 - Moteurs et générateurs antidéflagrants.

Le principe de l'enveloppe antidéflagrante est l'un des plus anciennement utilisé. Il consiste à enfermer dans une enveloppe robuste les pièces pouvant enflammer l'atmosphère. Cette enveloppe résiste à la pression développée par une explosion interne et empêche la transmission de cette explosion à l'atmosphère environnante.
Ces enveloppes ne sont généralement pas étanches mais toutes les liaisons non soudées entre éléments différents, appelés joints antidéflagrants, doivent respecter des formes et des dimensions minimales précises. Les joints antidéflagrants autorisés permettent le passage d'axes et arbres tournants, les pièces filetées, la fixation de couvercles, ...
La possibilité de construire des machines tournantes antidéflagrantes dont le poids n'est que très peu supérieur à celui d'une machine classique est réelle, mais nécessite un dessin spécial du carter et des flasques.
Pour éviter la réalisation de pièces spéciales de formes compliquées, une solution consiste à enfermer un moteur existant dans une seconde enveloppe. Cette solution n'est pas universelle car elle pose notamment le problème de l'évacuation des calories. Elle présente en outre l'inconvénient d'augmenter notablement le poids du moteur dans des proportions pouvant atteindre 50 à 60 %.

3.2 - Moteurs et générateurs à surpression interne

La surpression interne consiste, comme son nom l'indique, à maintenir dans une enveloppe, une pression supérieure à celle de l'atmosphère ambiante, à l'aide d'un gaz incombustible tel que l'air par exemple.
Un dispositif doit assurer la coupure de l'alimentation électrique lorsque la valeur de la surpression est inférieure à un seuil prédéterminé qui ne peut être inférieur à 50 Pa. Le dispositif de coupure doit être sûr même lorsque la surpression est inexistante et doit donc être protégé autrement (cf § 4).
Avant la mise sous tension, il est nécessaire de contrôler que l'atmosphère interne à l'enveloppe ne contient pas de gaz inflammable et pour cela un balayage avec le gaz de surpression est nécessaire. Dans le cas des machines mobiles, ce balayage doit être assuré avant le départ vers la zone à risque d'explosion. Une source de gaz, différente de celle emportée par l'engin, peut être utilisée.
Appliquée aux machines tournantes, la surpression interne nécessite une exécution soignée des joints d'étanchéité au niveau des arbres ainsi que la réduction de toutes les fuites au niveau des câbles et de leurs entrées.
La source de gaz peut être une bouteille d'air comprimé.
La qualité requise de l'étanchéité dépend de l'autonomie recherchée et des possibilités d'embarquement en gaz comprimé.
Il est à noter qu'une même source de gaz comprimé peut alimenter plusieurs enveloppes surpressées différentes.

4 - PROTECTION DES DISPOSITIFS DE PROTECTION CONTRE LES SURCHARGES ET DISPOSITIFS DE COUPURE GENERALE

Ces dispositifs créant par construction des étincelles et des arcs susceptibles d'enflammer une atmosphère explosive, il est généralement fait usage d'enveloppes antidéflagrantes pour les protéger. Il existe sur le marché de nombreux matériels antidéflagrants réalisant ces fonctions.
Il est en théorie également possible d'utiliser l'immersion dans l'huile ou la surpression interne pour la protection de ces dispositifs. L'huile étant lourde, inflammable et peu commode d'emploi, l'immersion dans l'huile est rarement utilisée. La surpression interne exigeant (cf § 3.2) un dispositif de coupure protégé autrement que par la surpression, l'emploi de cette technique dans le cas de la coupure générale ne fait que déplacer le problème.

5 - PROTECTION DES CIRCUITS ELECTRONIQUES

Les circuits électroniques peuvent être protégés de manières différentes. Ceux nécessitant des alimentations avec des courants importants (supérieurs à quelques centaines de milliampères sous 24 volts ou supérieurs à quelques ampères sous 6 volts) ne peuvent être de sécurité intrinsèque. Il faut donc les protéger, soit par surpression interne, soit par enveloppe antidéflagrante. Si une seule dimension de ces circuits dépasse quelques dizaines de centimètres, il devient indispensable d'utiliser la surpression interne si l'on ne veut pas trop alourdir l'engin.
La protection par surpression interne de ces circuits requiert, comme pour les machines tournantes, une enveloppe légère, étanche et une réserve de gaz comprimé ainsi qu'une surveillance de la surpression associée à un dispositif de coupure. L'intérêt de ce mode de protection est qu'il est possible de réaliser des enveloppes de forme complexe et d'un volume important avec un coût acceptable.
La réalisation d'enveloppes antidéflagrantes pose, pour les grands volumes, le problème de leur robustesse et elles sont souvent trop lourdes pour être facilement embarquées.

Les circuits électroniques de faible puissance peuvent, sous certaines conditions, être de sécurité intrinsèque. Cette technique nécessite une interface spéciale placée électriquement entre les circuits qui ne sont pas de sécurité intrinsèque (accumulateurs, convertisseurs, ...) et ceux devant l'être. Cette interface appelée "matériel associé" doit être ellemême protégée selon un autre mode de protection.
Les circuits de sécurité intrinsèque et le matériel associé doivent faire l'objet d'un examen et d'une description détaillés visant à montrer que toute rupture ou tout courtcircuit susceptible de se créer est sans danger. L'intérêt de cette technique est qu'elle ne nécessite pas une augmentation sensible du poids et du volume du matériel concerné. Elle présente par contre l'inconvénient de ne pas pouvoir utiliser facilement des matériels déjà existants qui ne sont pas de sécurité intrinsèque.
Le surcoût de cette technique peut être très faible si elle est intégrée dès la phase de conception du matériel. Il peut par contre être très élevé si on veut modifier un matériel existant pour le rendre de sécurité intrinsèque.
L'obstacle principal rencontré lors des examens est la présence d'inductances et de condensateurs de valeurs élevées. Dans le cas de circuits numériques à faible consommation, cet obstacle est souvent inexistant.

6 - PROTECTIONS DES CAPTEURS

La diversité des capteurs rencontrés est telle qu'il est difficile de dégager une règle générale quant à leur protection.
Par exemple, une même caméra vidéo pourrait être indifféremment protégée par enveloppe antidéflagrante, par surpression interne ou par sécurité intrinsèque.
Le choix de la protection la plus appropriée peut dépendre d'éléments externes au capteur. Ainsi, sur un engin où il n'existe aucune protection par surpression interne, il peut être extrêmement pénalisant d'installer une réserve de gaz et un dispositif de surveillance de la surpression pour un seul petit capteur. Inversement, si on dispose déjà de tels matériels, il faudra de préférence examiner cette possibilité.
Il faut également savoir qu'il existe la possibilité de mélanger les modes de protection. Citons à titre d'exemple un analyseur d'atmosphère comportant un circuit d'alimentation encapsulé, un circuit électronique à sécurité intrinsèque et un capteur protégé par une enveloppe antidéflagrante.

7 - CONCLUSIONS

La protection des robots mobiles autonomes, visàvis du risque d'explosion d'une atmosphère inflammable, est rendue possible par la mise en oeuvre de techniques décrites dans des normes établies par le CENELEC.
Afin que le poids, le volume, l'accessibilité des organes et le coût d'un robot protégé restent acceptables, il est indispensable d'optimiser les choix et la conception des protections utilisées.
L'INERIS, laboratoire agréé pour la délivrance des certificats européens de conformité aux normes du CENELEC, est à même, de par son expérience quotidienne, d'aider les industriels concernés à choisir et concevoir ces protections de manière optimale.