



(ID Modèle = 454913)

Ineris - 206789 - 2759211 - v2.0

08/03/2023

Etude des exigences sur les câbles électriques multibrins et unipolaires selon la norme IEC 60079-14

PRÉAMBULE

Le présent document a été réalisé au titre de la mission d'appui aux pouvoirs publics confiée à l'Ineris, en vertu des dispositions de l'article R131-36 du Code de l'environnement.

La responsabilité de l'Ineris ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tous faits équivalents relatifs aux informations utilisées.

L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du document. Par conséquent, l'Ineris ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La mission ne comporte aucune obligation pour l'Ineris d'actualiser ce document après cette date.

Au vu de ses missions qui lui incombent, l'Ineris, n'est pas décideur. Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient proposés par l'Ineris dans le cadre des missions qui lui sont confiées, ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur dans sa prise de décision. Par conséquent, la responsabilité de l'Ineris ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Tout destinataire du document utilisera les résultats qui y sont inclus intégralement ou sinon de manière objective. L'utilisation du document sous forme d'extraits ou de notes de synthèse s'effectuera également sous la seule et entière responsabilité de ce destinataire. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'Ineris dégage également toute responsabilité pour chaque utilisation du document en dehors de l'objet de la mission.

Nom de la Direction en charge du rapport : DIRECTION INCENDIE DISPERSION EXPLOSION

Rédaction : PHILIPPE Marie -

Vérification : COTTIN OLIVIER

Approbation : Document approuvé le 08/03/2023 par BOUET REMY

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Baptiste CAUCHY, Maxime MENNESSIER, GOY BENJAMIN

Table des matières

1	Problématique	5
	La sélection de l'entrée de câble	5
	La certification des entrées de câble	5
	L'influence du câble	5
	Et les câbles unipolaires ?	5
2	Le périmètre d'étude	6
3	Critères de l'étude	7
	3.1 Essais réalisés	7
	3.2 Pertinence du plan d'essais proposé	8
	3.3 Choix des prototypes	8
4	Résultats	9
	4.1 Câbles unipolaires	9
	4.2 Câbles multibrins	10
5	Conclusions	12

No table of figures entries found.

Résumé

La sécurité d'un assemblage en zone ATEX passe par la certification du matériel lui-même mais également par le choix des entrées de câbles et câbles électriques multibrins ou unipolaires qui permettent de l'alimenter.

Les équipements antidéflagrants pour les zones dangereuses utilisent soit une entrée de câble avec résine qui offre une protection contre la transmission de la flamme à travers un câble ou une entrée de câble avec joint de compression. Dans ce second cas, la nature du câble et ses caractéristiques ont un impact sur la transmission de la flamme via le câble lui-même.

La norme IEC 60079-14:2013 édition 5.0 a introduit des exigences pour la sélection du câble et elle donne des préconisations également pour le choix du type d'entrée de câble pour les enveloppes antidéflagrantes (Ex "d") en fonction de la configuration finale. Cette étude vise à tester la pertinence et la validité de cette nouvelle approche.

Plusieurs essais de non-transmission de la flamme à travers les câbles ont été réalisés sur des câbles de différents types et de longueur variable.

Pour citer ce document, utilisez le lien ci-après :

Institut national de l'environnement industriel et des risques, Etude des exigences sur les câbles selon la norme IEC 60079-14, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 206789 - 2764892 - v2.0, 08/03/2023.

Mots-clés :

Atmosphère explosive, ATEX, Câbles, Entrées de câble, Mode de protection antidéflagrant

1 Problématique

La sécurité d'un assemblage en zone ATEX passe par la certification du matériel lui-même mais également par le choix des entrées de câbles et câbles qui permettent de l'alimenter. Ces éléments particuliers sont des éléments clés dont la sélection est généralement sous la responsabilité de l'utilisateur.

La sélection de l'entrée de câble

Les équipements antidéflagrants pour les zones dangereuses utilisent soit une entrée de câble résinée, soit une entrée de câble avec un joint de compression pour empêcher la transmission des flammes par l'entrée du câble en cas d'explosion à l'intérieur de l'enveloppe antidéflagrante. L'entrée de câble résinée offre une protection contre la transmission de la flamme à travers un câble. Dans le cas des entrées de câble avec un joint de compression, la nature du câble et ses caractéristiques ont un impact sur la transmission de la flamme via le câble lui-même.

La norme IEC 60079-14 :2013 indique que « pour une longueur de câble supérieure à 3 mètres, il est possible d'utiliser une entrée de câble avec un joint de compression ». Cette longueur est-elle conservatrice ?

La certification des entrées de câble

Contrairement à la certification d'une enveloppe antidéflagrante, lors de la certification des entrées de câbles, la norme IEC 60079-1 ne requiert pas de test de transmission de flamme via les entrées de câbles certifiées individuellement, et la pression de référence pour l'épreuve hydraulique est prédéfinie par la norme (et ne dépend pas de l'enveloppe sur laquelle est montée l'entrée de câble).

L'influence du câble

De plus, l'influence du câble dans cet assemblage câble / entrée de câble n'est pas testé. On néglige notamment l'influence éventuelle de la déformation d'une gaine de câble par l'entrée de câble, qu'il s'agisse de déformation initiale ou de déformation à long terme. Toute influence sur le câble de températures élevées dues aux produits de combustion ou à l'échauffement d'un câble en cours d'utilisation n'est pas considérée.

Les exigences relatives aux câbles dans la norme IEC 60079-14 ne sont décrites qu'en termes généraux. Par exemple, les câbles doivent être circulaires, gainés et "compacts". Ce dernier point, en particulier, est très rarement contrôlé sur le terrain et n'est défini dans aucune norme relative aux câbles. L'identification et la vérification d'un "câble acceptable" sont subjectives.

Et les câbles unipolaires ?

La norme IEC 60079-14 :2013 exige l'utilisation d'une entrée de câble résiné lorsque la longueur du câble après un matériel « Ex d » est inférieure à 3 mètres. Pour les câbles multibrins, la résine de l'entrée de câble est installée entre les différents conducteurs, ce qui permet de supprimer la propagation de la flamme entre les différents brins et de limiter la circulation du gaz. Toutefois, cette exigence n'a pas de sens pour les câbles unipolaires, car la résine est appliquée directement sur la gaine, ce qui revient à utiliser une entrée de câble avec joint de compression.

Si l'une des exigences de la norme IEC 60079-14 : 2013 n'est pas respectée (longueur minimum), ou s'il n'est pas possible de valider le caractère acceptable du câble, est ce que la sécurité de l'assemblage enveloppe d'antidéflagrante, entrée de câble et câble est remise en question ? Ces exigences s'applique-t-elle également aux câbles unipolaires ?

2 Le périmètre d'étude

La sélection des câbles et des entrées de câbles « Ex d » se doit de remplir trois fonctions :

- Garantir le degré d'IP,
- Empêcher la transmission des flammes en cas d'explosion à l'intérieur d'une enceinte antidéflagrante.
- Limiter la migration possible de liquide ou de gaz à travers le câble.

Seule la transmission des flammes sera étudiée.

Il existe deux voies principales de transmission des flammes associées aux câbles et aux entrées de câbles dans une enceinte antidéflagrante :

- via le ou les joints internes de l'entrée de câble qui est au contact du câble, ou,
- à travers le câble lui-même, c'est-à-dire en raison d'espaces dans la construction du câble associés aux conducteurs individuels et aux éventuels matériaux de remplissage.

Seule la transmission des flammes à travers le câble sera étudiée.

3 Critères de l'étude

3.1 Essais réalisés

Les entrées de câbles sélectionnés sont certifiées et adaptées aux diamètres des câbles selon les recommandations du fabricant.

Essai de respirabilité

Un premier essai préliminaire sera réalisé sur le câble afin de tester ces caractéristiques de respirabilité.

La 5^{ème} édition de la norme IEC 60079-14 propose une évaluation des propriétés du câble via un essai de respirabilité détaillé dans l'annexe E. Il s'agit de mesurer la perte de pression via un câble d'une longueur de 0.5 m en 5 secondes sur une enveloppe d'un volume de 5 L ($\pm 0,2$ L). La perte de pression doit être inférieure à 1,5 mbar.

Cet essai permettrait de qualifier l'ouverture du câble, c'est-à-dire à l'étendue des espaces entre les âmes d'un câble qui pourraient entraîner la propagation d'une flamme. Cet essai est généralement préconisé pour évaluer la circulation du gaz dans le câble. C'est la transmission de la flamme qui est étudiée dans ce papier, mais l'ensemble des câbles testés sera soumis à cet essai préliminaire pour évaluer l'influence de cette caractéristique sur la transmission.



Figure 1 : Vue d'ensemble du moyen d'essai

Essai de non-transmission

Pour les essais de transmission de la flamme via le câble, plusieurs paramètres peuvent entrer en considération, notamment le choix du gaz d'essai (inflammation plus ou moins chaude, ou avec plus ou moins de pression), et le volume de l'enveloppe pour les essais.

Les essais seront réalisés sur le banc détaillé en Figure 21 de la norme IEC 60079-1 qui est utilisé pour tester les dispositifs de respiration. Son volume d'essai est de 2.5 L. Il permet d'avoir une forte pression au niveau de la zone d'explosion.

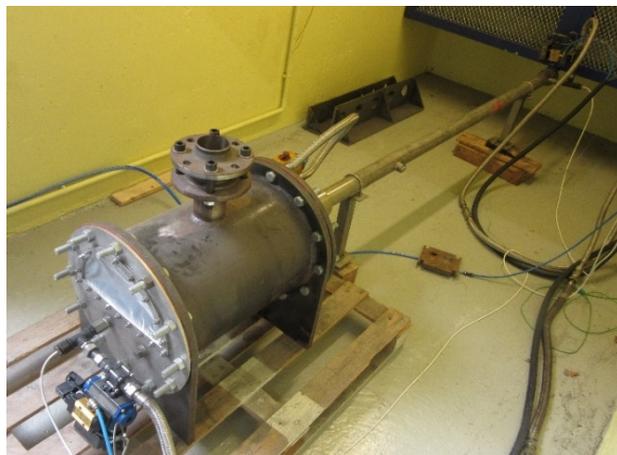


Figure 2 : Vue d'ensemble du moyen d'essais

Plusieurs essais ont été réalisés avec les mélanges décrits par la norme IEC 60079-1 pour les essais de détermination de la pression de référence afin de déterminer le mélange induisant la plus grande pression :

- C₂H₄ à 8% (Ethylène-IIB) : P_{max} = 9,28 bar
- C₂H₂ à 14% (Acétylène-IIC) : P_{max} = 35,2 bar
- **H₂ à 31% (Hydrogène-IIC) : P_{max} = 38,10 bar**

Le mélange retenu est l'hydrogène à 31% avec une pression maximale mesurée au bout du canon à 38.10 bar.

Les assemblages câble / entrée de câble seront testés essentiellement vis-à-vis de la résistance à la pression et pas vis-à-vis de l'influence de la température ce qui aurait nécessité des essais au propane.

3.2 Pertinence du plan d'essais proposé

Une étude sur l'évolution de la norme IEC 60079-14 a été réalisé par le sous-comité 31J. Elle recense notamment de nombreux essais de non-transmission réalisés par les organismes notifiés et les fabricants depuis 1976. Les conditions d'essais des différentes études et notre proposition sont comparées dans le tableau ci-dessous. Les paramètres des essais choisis coïncident avec les essais des autres laboratoires.

	Autres laboratoires	INERIS
Longueur de câble externe à l'enveloppe (mm)	100 mm à 3000 mm	150 mm à 3000 mm
	Avec un mini à 30 mm	
Longueur de câble interne à l'enveloppe (mm)	30 mm à 100 mm	Entre 10 mm et 50 mm
Taille de l'enveloppe (L)	2 L à 70 L	2.5 L (sur le canon)
	Avec un mini à 0.85 L	
Mélange de gaz d'essai utilisé	Hydrogène, Ethylène, Propane, Acétylène	Hydrogène 31%
Pression d'essai (Bar)	1 à 1.5 bar	1 bar
Nombre de tests	3 à 10 tests	5 tests

3.3 Choix des prototypes

Pour la première série d'essais, des câbles unipolaires avec une gaine souple et une gaine rigide ont été testés pour différentes sections 16 mm², 70 mm² et 120 mm².

Pour la seconde série d'essais, des câbles multibrins de différents types ont été testés : des câbles de sécurité intrinsèque, des câbles couples, des câbles rigides, et des câbles d'instrumentation.

4 Résultats

4.1 Câbles unipolaires

Un essai de respirabilité a été réalisé sur chaque câble selon les exigences de l'annexe E de la norme IEC 60079-14. Puis un essai de non-transmission au canon avec de l'hydrogène à 31% a été réalisé sur chaque câble avec des longueurs variant de 0.5 m à 3 m.

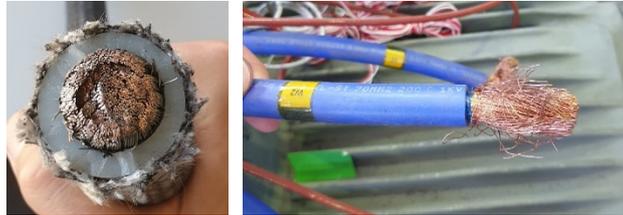


Figure 2 : Exemple de câbles unipolaires (gaine rigide à gauche, gaine souple à droite)

Les essais de respirabilité de l'annexe E mettent en évidence une circulation du gaz dans les câbles unipolaires de section supérieure ou égale à 70 mm². La circulation du gaz est bien plus importante quand la gaine du câble est rigide.

Toutefois, la propagation de la flamme via les câbles unipolaires n'a pas été mise en évidence même pour une longueur réduite à 50 cm. On peut supposer que les interstices entre les brins du conducteur sont trop étroits pour permettre la transmission de la flamme.

Echantillon		Respirabilité		Non-transmission		
Gaine	Section	Perte de pression	Résultats	0.5 m	1 m	3 m
Souple	16 mm ²	0.3 mbar	OK	OK	OK	OK
	70 mm ²	2 mbar	OK	OK	OK	OK
	120 mm ²	2.6 mbar	OK	OK	OK	OK
Rigide	16 mm ²	0.9 mbar	OK	OK	OK	OK
	70 mm²	5.9 mbar	NOK	OK	OK	OK
	120 mm²	6.2 mbar	NOK	OK	OK	OK

Figure 3 : Tableau des résultats sur les câbles unipolaires

4.2 Câbles multibrins

Un essai de respirabilité a été réalisé sur chaque câble selon les exigences de l'annexe E de la norme IEC 60079-14. Puis un essai de non-transmission au canon avec de l'hydrogène à 31% a été réalisé sur chaque câble avec des longueurs variant de 15 cm, 50 cm puis 3 m.



Figure 4 : Photos de l'ensemble des câbles multibrins testés

Les essais de respirabilité de l'annexe E mettent en évidence une circulation du gaz dans les câbles multibrins ayant un diamètre supérieur à 16 mm et pour les câbles d'instrumentation de moindre qualité (câble orange). La circulation du gaz est bien plus importante quand la gaine du câble est rigide ou quand le nombre de conducteurs internes est important.

De même, la transmission de la flamme se produit dans les câbles rigides et dans les câbles de sécurité intrinsèque ayant de nombreux conducteurs et cela même pour une longueur de câble de 3 mètres. Les câbles qui ont transmis peuvent être considérés comme non compact (Si / Orange) ou ils ne présentent pas de bourrage interne (deux câbles rigides). Ils ne répondent pas aux critères de la norme 60079-14.

On note que tous les câbles qui ont passés avec succès les essais de respirabilité n'ont pas transmis lors des essais de non-transmission même avec une longueur de câble réduite à 15 cm.

Echantillon			Respirabilité		Non-transmission		
Type de câble	Section	Diamètre (mm)	Perte de pression (mbar)	Résultats	15 cm	50 cm	3 m
Câbles de sécurité intrinsèque	2x0,88mm ²	6.2	0	OK	OK	-	-
	4x0,88mm ²	10.4	0	OK	OK	-	-
	12x2x1mm²	25	4.9	NOK	NOK	NOK	NOK
Câbles souples	4x6mm²	16.5	3.5	NOK	OK	-	-
	4x2.5mm ²	12.5	0	OK	OK	-	-
Câbles rigides	5x6mm²	16.8	5.2	NOK	NOK	NOK	NOK
	4x35mm²	27.5	4.5	NOK	NOK	NOK	NOK
Câbles d'instrumentation	2x0.5mm²	7.3	4.6	NOK	NOK	NOK	NOK
	4x0.5mm ²	6.3	0.6	OK	OK	-	-

Figure 5 : Tableau des résultats sur les câbles multibrins

Dans le cadre de cette étude, après les essais, l'état des câbles et des joints de compression des entrées de câbles n'a pas été examiné.

5 Conclusions

Pour les câbles unipolaires l'exigence d'une entrée de câble avec composé de remplissage (résine) pour une longueur inférieure à 3 mètres semble assez conservatrice car aucun des câbles testés n'a transmis même pour une longueur de 50 cm.

Pour les câbles multibrins, les termes définissant les caractéristiques des câbles étant assez subjectifs (compact, circulaire) dans la norme IEC 60079-14 et la présence d'un bourrage à l'intérieur étant difficilement contrôlable, on peut facilement supposer que la compacité du câble n'est pas toujours respectée lors d'un assemblage sur site. Dans ce cas, la longueur minimale de 3 mètres n'est pas suffisante pour éviter la transmission de la flamme. Le risque semble plus important lorsque le nombre de conducteurs dans le câble augmente.

Lors des inspections ou de la certification d'assemblage, nous recommandons de contrôler un échantillon de câble pour valider le caractère circulaire et compact du câble, notamment pour les câbles présentant de nombreux conducteurs, ainsi que la présence d'un bourrage interne. En cas de doute, un essai de respirabilité sur un échantillon de 50 cm peut permettre de valider un câble.

