

Notes techniques

EPI ET VÊTEMENTS DE TRAVAIL: MIEUX COMPRENDRE LEURS CARACTÉRISTIQUES ANTISTATIQUES POUR PRÉVENIR LES RISQUES D'EXPLOSION

Parce qu'ils peuvent constituer une source d'inflammation lorsqu'ils sont utilisés dans des atmosphères explosives (Atex), les vêtements de travail et les équipements de protection individuelle doivent faire l'objet d'une évaluation des risques. Dans ce but, l'INRS, en partenariat avec l'Ineris, a mené des travaux permettant de mieux comprendre les phénomènes impliqués et de proposer des recommandations.

FLORIAN MARC, BENOÎT SALLÉ
INRS, département Expertise et conseil technique

MOHAMED BOUDALAA, YANNICK OLLIER
Ineris, direction des Risques accidentels

L'évaluation du risque d'explosion implique la prise en compte des caractéristiques antistatiques des vêtements de travail (VT) et des équipements de protection individuelle (EPI). Des décharges d'électricité statique issues de ces équipements sont, en effet, susceptibles de constituer une source d'inflammation lorsqu'ils sont utilisés dans des atmosphères explosives (Atex) composées de substances combustibles sous forme de gaz, de vapeurs ou de poussières. Aujourd'hui, le caractère antistatique des VT et des EPI est établi à partir de tests effectués sur des échantillons de textiles. Ils ne permettent donc pas de prendre en compte l'équipement complet avec ses ajouts éventuels (coutures, boutons, fermetures, logos collés ou cousus, poches spécifiques...). Par ailleurs, le mode de charge par influence (Cf. Encadré 1) de ces équipements est sous-évalué. Face à ces constats, une méthode complémentaire fondée sur des pratiques déjà en vigueur pour qualifier le caractère antistatique du matériel acceptable en zone Atex, a été élaborée par l'INRS et l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) afin de tester les équipements dans leur ensemble. Elle repose sur la méthode dite « du mannequin » simulant un opérateur équipé du VT ou de l'EPI soumis à un générateur de charges. Tous ces travaux sont développés dans l'article ND 2358 [1]. Dans la continuité directe de ces résultats, une deuxième étude a été menée afin de valider les paramètres de la méthode du mannequin en mesurant la quantité de charges électrostatiques générées

au cours de situations réelles de travail couramment rencontrées. L'analyse de l'opération de travail et de son environnement permet par ailleurs de mettre en évidence la manière dont ces charges sont générées. Un deuxième axe visait à qualifier l'influence du vêtement porté sous l'EPI ou le VT sur la capacité de ce dernier à écouler les charges électrostatiques. Et ce, en mesurant, au moyen de la méthode du mannequin, la charge portée par l'équipement lorsque la matière ou l'épaisseur de la sous-couche de vêtement varie.

Mesures de quantités de charges *in situ* et analyse de leurs modes de génération

Afin que l'application de la méthode du mannequin soit pertinente vis-à-vis de la prise en compte du risque électrostatique, les paramètres d'évaluation retenus pour les tests doivent être en cohérence avec les valeurs pouvant être rencontrées en situation réelle de travail. Les protocoles d'évaluation normalisés [1], aujourd'hui en vigueur, mettent en effet en œuvre des tensions inférieures à 1 kV, ce qui ne semble pas correspondre à un certain nombre de situations industrielles.

La démarche a consisté à sélectionner des entreprises volontaires issues de secteurs d'activité différents (synthèse de produits chimiques, formulation, agroalimentaire) et présentant des risques de formation d'atmosphères explosives associés à d'autres risques, notamment chimiques. Les campagnes de mesures ont été réalisées en ciblant, dans chaque entreprise, des opérations ou des tâches similaires entre elles (vidange ou

RÉSUMÉ

L'évaluation du risque d'explosion implique la prise en compte des vêtements de travail et équipements de protection individuelle en tant que sources d'inflammation potentielle de l'atmosphère explosive dans laquelle ces équipements peuvent se trouver. À la suite des constats présentés dans l'article ND 2358, des travaux ont été menés afin de valider

les paramètres de la « méthode du mannequin » permettant la caractérisation des propriétés antistatiques de ces équipements. Lors de ces travaux, il a notamment été mis en évidence que le mode de charge par influence des équipements n'est pas à négliger, car il est fréquemment rencontré sur le lieu de travail et est à l'origine de la génération de quantités élevées de

charges. Par la suite, cette méthode a été utilisée afin de caractériser l'influence du vêtement porté sous l'équipement sur la capacité de ce dernier à écouler les charges électrostatiques. Il en ressort que la nature et l'épaisseur des vêtements portés sous l'équipement ont une influence importante, notamment que les matières dissipatrices (type coton) sont à privilégier.

PPE and work clothing: understanding their antistatic characteristics better so as to prevent explosion risks

Assessing explosion risks involves taking into account work clothing and personal protective equipment as a potential source of inflammation of the explosive atmosphere in which such equipment and clothing can be found. Following the observations presented in Article ND 2358, work was conducted to validate the parameters of the method

for characterising the antistatic properties of such equipment using a manikin. During that work, it was, in particular, highlighted that the mode of charging by influence (electrostatic induction) should not be neglected because it is frequently encountered in the workplace and it results in high quantities of charges. That method was then used

to characterise the influence of the clothing worn under the equipment on the capacity of the equipment to drain the electrostatic charges. It was found that the nature and the thickness of the clothing have considerable influence, and in particular that dissipative materials (of the cotton type) are to be preferred.

remplissage de récipient, filmage automatique ou manuel de palettes...). Une vingtaine de situations de travail a été étudiée. Pour chacune, des mesures de charges ont été réalisées sur l'opérateur à son poste et sur les éléments matériels sur lesquels il intervient directement ou à proximité immédiate (« big bag », trémie de chargement, bandes transporteuses...).

Ces mesures ont été effectuées à l'aide de moulin à champs¹ positionnés à distance du process ou de l'opérateur. Pour corrélérer les valeurs de charges obtenues aux caractéristiques de l'air ambiant, les mesures d'hygrométrie et de température ont été effectuées à l'aide d'un thermohygromètre.

Dans la majorité des situations de travail analysées, des dispositions étaient prises par les exploitants afin de limiter les accumulations de charges d'origine électrostatique sur les opérateurs. Ces dispositions consistaient essentiellement en port d'EPI antistatiques ou de vêtements de travail dissipateurs (composés majoritairement de coton) associés à des chaussures de sécurité antistatiques. La prise en compte par l'entreprise du phénomène de génération de charges lié à l'environnement de travail (essentiellement la mise à la terre des équipements et la présence d'un sol conducteur ou dissipateur de charges) différait en fonction des situations de travail.

L'ensemble des résultats figure dans le tableau 1. Ils reflètent la réalité du terrain pour ces opérations spécifiques telles qu'observées, dans les conditions de l'instant de la mesure (caractéristiques du sol, EPI portés, température et taux d'hygrométrie dans les locaux...).

Qu'observe-t-on? Les sources de charges les plus importantes sont liées à l'environnement de l'opérateur et supérieures à celles générées par les différents mouvements qu'il réalise. Les valeurs de

ENCADRÉ 1

LA GÉNÉRATION DE CHARGES

Deux phénomènes coexistent en ce qui concerne la génération de charges. Le premier phénomène, le plus connu, est la génération de charges par contact/séparation (*tribocharging*), par exemple, lors du déplacement d'une personne ou du frottement du VT ou de l'EPI sur la personne elle-même ou sur un autre support. Le second phénomène est le mode de charge par influence. Il se manifeste lorsqu'une source de potentiel élevé, non reliée à la terre, dissipe sa charge par rayonnement sur les éléments (personnes ou objets) situés dans son environnement. Ces sources de potentiel élevé sont, par exemple, un tronçon de transport pneumatique d'un produit pulvérulent ou une opération de vidange d'un sac de pulvérulent dans un réacteur.



SITUATION DE TRAVAIL	OPÉRATION	POTENTIEL MESURÉ (kV)		HUMIDITÉ RELATIVE (%)	OBSERVATIONS SUR LA MESURE DU PROCESS	OBSERVATIONS SUR LA MESURE DE L'OPÉRATEUR
		SUR LE PROCESS	SUR L'OPÉRATEUR			
Ensachage de poudre	Mise en place d'une poche plastique sur un GRVS*	Mesure impossible	4	36	Mesure impossible, car manque de place et cadence de l'opération trop importante	Mesure sur l'opérateur après avoir ouvert et secoué la poche avant sa mise en place
	Mise en place d'une poche plastique dans un fût en carton	7,5	1	57	Mesure sur l'ensemble bidon+poche posé sur un sol isolant	
	Ensachage automatique	18		40	Mesure sur la bande transporteuse (vitesse inférieure à 1 m/s)	Pas de poste fixe pour l'opération. Un opérateur peut cependant passer à proximité immédiate
Déconditionnement d'un GRVS avant chargement dans un réacteur	Retrait d'un film plastique autour d'un GRVS par arrachement et découpe	15		53	Mesure sur la poudre après l'opération	
		60 (pics jusqu'à 200)	8	53	Mesure sur le GRVS à la fin de l'opération. Les pics sont mesurés durant l'opération lorsque l'opérateur arrache le film plastique	Mesure à la fin de l'opération. L'opérateur est à proximité immédiate du GRVS
Chargement de poudre dans un réacteur	Versement manuel d'un sac (25 kg) dans une trémie (photo 2)	2	2	71	Mesure sur l'ensemble sac+opérateur	Mesure sur l'ensemble sac+opérateur. La faible quantité de charges s'explique par le fort taux d'humidité (71%)
	Versement manuel d'un sac (2 kg) dans une trémie	50	1	58	Mesure sur le sac en cours de versement	La charge sur l'opérateur est faible, car malgré la quantité importante de charges, la surface rayonnante est faible
	Chargement via une canne plongeante d'aspiration (photo 1)	40	7	53	Mesure sur le GRVS en cours d'opération	Des mesures sur la passerelle métallique supportant l'opérateur et le GRVS ont montré des pics à 2kV lors des mouvements de la canne plongeante indiquant une mauvaise mise à la terre de cette passerelle
	Remplissage automatique d'un GRVS de type A (sans mise à la terre)	250	4	36	Mesure sur le GRVS en cours d'opération	Mesure sur l'opérateur situé à un mètre du GRVS. La structure métallique reliée à la terre supportant le GRVS permet de minimiser la charge par influence de l'opérateur
Filmage	Filmage manuel d'une palette de pots métalliques	4	1	67	Mesure sur le film entourant la palette en cours d'opération	
	Mise en place d'une bâche plastique sur une cuve mobile métallique contenant du solvant	5	4	90	Mesure sur la bâche en cours d'opération. Potentiel relativement élevé malgré un taux d'humidité de 90%	Potentiel relativement élevé malgré un taux d'humidité de 90%
	Filmage semi-automatique d'une palette de pots	10	5	67	Mesure sur le film entourant la palette en cours d'opération	Mesure sur l'opérateur situé à proximité immédiate de la palette en cours de filmage
	Filmage automatique avec dévidoir de film plastique à l'extérieur de la machine (photo 3)	50	30	67	Mesure sur le rouleau de film plastique en cours d'utilisation	Mesure sur l'opérateur situé à un mètre du rouleau. Pas de poste de travail fixe à proximité immédiate du rouleau, mais une zone de passage
Transfert de liquide	Transfert d'un liquide conducteur par gravité d'un fût métallique à un autre	1		90	Mesure sur les deux fûts. Le taux d'humidité élevé de 90% et la mise à la terre des fûts expliquent la faible quantité de charges	Mesure impossible sur l'opérateur seul, car il est situé sur le chariot automoteur soulevant le fût à vider
	Transfert d'un liquide d'un GRV entouré d'une armature métallique vers une cuve métallique	2		38	Mesure sur la cuve métallique	Mesure impossible sur l'opérateur seul, car il est situé sur le chariot automoteur soulevant le GRV
		4			Mesure sur le GRV	
Mouvement de l'opérateur	Nettoyage à l'aide d'un aspirateur sur un sol en résine (supposé isolant)		8	40		Mesure effectuée sur l'opérateur en fin de nettoyage (lorsqu'il ne restait que peu de poussières)
	Marche sur un sol isolant		1	40/57		Deux mesures réalisées dans des environnements de travail différents
	Marche sur un sol carrelé (dissipateur de charges)		1	30		
	Marche sur un sol carrelé (dissipateur de charges)		10	30		Port d'une surveste en polaire par l'opérateur
	Descente d'un chariot automoteur	4	1,5	45	Mesure sur le siège du chariot en matière plastique	

↑TABLEAU 1: Potentiels électrostatiques mesurés au niveau des process et des opérateurs à proximité lors des situations de travail observées.

Les potentiels mesurés, avec une incertitude de 2,5 %, sont exprimés en kV. Les valeurs indiquées sont des potentiels stabilisés. Les valeurs maximales de pics sont, le cas échéant, mentionnées en observation. La température des lieux de travail était comprise entre 15 et 20 °C. À défaut d'information particulière notée dans le tableau, la situation est optimale du point de vue de l'évacuation des charges avec un sol conducteur et une mise à la terre de l'installation.
 *GRV(S) : grand récipient urac (souple)

- Charge de l'opérateur par influence
- Charge de l'opérateur par contact/séparation



© Yannick Ollier/Ineris



© Yannick Ollier/Ineris



© Yannick Ollier/Ineris

quantité de charges relevées pour de faibles taux d'humidité relative - HR - (aux alentours de 30% HR, valeur préconisée par les normes pour les tests en laboratoire) sont élevées. En revanche, pour les taux importants d'humidité relative (supérieurs à 60% HR), la quantité de charges mesurée est plus faible que celle attendue. En effet, plus l'hygrométrie est importante dans l'environnement, moins les charges ont tendance à se former et plus elles se dissipent facilement.

Dans les situations observées, les procédés les plus générateurs de charges sont liés à la mise en œuvre de pulvérulents ou de films plastiques (opérations d'ensachage/filage). Ces sources de potentiels élevés sont issues du phénomène de contact/séparation *via*, d'une part, des frottements importants entre la poudre et son contenant et, d'autre part, des frottements des couches de film plastique entre elles lors de l'opération de déroulage des bobines de film. Le phénomène est d'autant plus important que les matières sont isolantes (poudre résistive, par exemple). Dans le cas d'une opération de filage, plus la vitesse de déroulement du film est élevée, plus la quantité de charges générées est importante, comme le montrent les différences de potentiels mesurés entre l'opération manuelle et automatique. Bien que la création de charges électrostatiques trouve souvent son origine dans le phénomène de contact/séparation, le transfert de cette charge se fait essentiellement par influence. L'opérateur et son équipement récupèrent donc majoritairement des charges électrostatiques par influence générées par des objets ou des *process* environnants.

Les charges relevées sur l'opérateur sont plus faibles que celles relevées sur les sources de charges liées au *process*. Cette différence s'explique par les dispositions mises en place pour prévenir le

phénomène de génération de charges électrostatiques sur l'opérateur (EPI ou VT dissipateurs associés à des chaussures antistatiques) et sur son environnement (mise à la terre des installations et sol dissipateur). Cependant, les niveaux relevés sur l'opérateur restent préoccupants dans bon nombre de cas. En effet, un potentiel de 8 kV peut, par exemple, générer une étincelle de 10 mJ, énergie bien supérieure aux énergies minimales d'inflammation des solvants (majoritairement inférieures au millijoule) à l'origine du zonage ATEX de la situation de travail considérée. L'analyse des résultats précédents montre que la valeur de 30 kV du champ électrique retenue dans la méthode du mannequin comme source de génération de charges par influence est cohérente avec les niveaux de charges mesurés sur les *process*. En effet, elle permet de prendre en compte les deux tiers des valeurs observées sur ces *process* et constitue un bon compromis entre la réalité du terrain et les risques générés par ce champ lors de la mise en œuvre de la méthode du mannequin en laboratoire. En complément, l'analyse de la mise en œuvre des EPI sur le terrain montre des pratiques qui mettent en défaut les dispositions prises pour évacuer efficacement les charges électrostatiques accumulées. D'une part, la propreté du sol et des chaussures antistatiques est essentielle afin de conserver leur caractère dissipateur, notamment lors de la mise en œuvre de poudres ou de solvants très peu conducteurs. D'autre part, l'association de différents types d'EPI ou de VT peut avoir un impact négatif sur l'écoulement des charges. La mesure effectuée lors de la marche d'un opérateur portant une surveste en polaire (matière synthétique isolante, portée au-dessus de l'EPI antistatique) montre un niveau de charges très important (10 kV) bien que l'ensemble des conditions (sol, chaussures et EPI) soit favorable

Photo 1 (gauche): opération de transfert de poudre d'un grand récipient vrac souple vers un réacteur à l'aide d'une canne plongeante reliée à une pompe à vide.

Photo 2 (milieu): Opération de vidange d'un sac de poudre dans un réacteur.

Photo 3 (droite): Opération automatique de filage (déroulage de film plastique à haute vitesse).



	SOUS-COUCHE	ÉPAISSEUR MOYENNE (mm)	CHARGE MAXIMALE (nC)		
			EPI ANTISTATIQUE		VT
			FIBRE ANTISTATIQUE EN GRILLE	FIBRE ANTISTATIQUE À CŒUR	67% POLYESTER 33% COTON
Matière dissipatrice	Tee-shirt	0,4	35	32	19
	Polo	0,8	34	38	24
	Pull	1,7	35	54	23
	Veste 1	3,8	42	46	21
	Veste 2	6,3	41	55	28
Matière isolante	Tee-shirt	0,5	58	48	21
	Polaire	4,2	80	85	31
	Veste	8,2	238	326	78
	Veste sans manches	8,2	61	168	55

↑ **TABLEAU 2**
Quantités de charges mesurées sur les équipements (EPI et VT) testés en fonction des sous-couches portées, de leurs épaisseurs et de leurs matières de base.

à leur écoulement. Cette situation représente des pratiques qui sont malheureusement courantes et génèrent un risque plus important de former une étincelle. Il est essentiel de garder à l'esprit que les matières synthétiques, portées au-dessus ou en dessous, ont une influence sur les caractéristiques antistatiques des EPI et VT, comme le soulignaient déjà les résultats publiés en 2012 dans l'article ND 2358 [1].

Influence de la couche portée sous l'équipement (VT et EPI)

Ces mêmes résultats ont établi que la charge est 10 fois supérieure en configuration « hiver » (présence d'un blouson synthétique sous l'EPI) qu'en configuration « été » (présence d'un t-shirt coton). Pour en savoir plus, des tests ont été effectués à l'aide de la méthode du mannequin sur trois types de combinaisons fréquemment utilisées dans des secteurs d'activité présentant des zones ATEX. Les deux premières, des EPI, bénéficient des deux traitements antistatiques courants et actuellement sur le marché (fibres antistatiques en grille et fibres antistatiques à cœur). La troisième combinaison testée, un vêtement de travail, est composée de 67% de polyester et de 33% de coton et ne possède aucun traitement antistatique particulier.

Les sous-couches testées correspondent à des

vêtements utilisés quotidiennement ou protégeant du froid, couramment rencontrés sur un lieu de travail (tee-shirt, polo, pull, polaire, veste...). Différentes matières (base coton ou base polyester) et différentes épaisseurs ont été sélectionnées. Afin de disposer d'épaisseurs supplémentaires importantes pour les sous-couches dissipatrices (à base de coton), des assemblages ont été réalisés (tee-shirt + polo + pull, par exemple). En effet, il est quasiment impossible de trouver des épaisseurs à base de coton supérieures à celle d'un polo ou d'un pull. En ce qui concerne les sous-couches isolantes (à base de polyester), il n'existe pas à l'heure actuelle de vêtement ayant une épaisseur comprise entre celle d'un tee-shirt et celle d'une polaire. En revanche, l'assemblage de sous-couches isolantes n'a pas été testé, car le résultat peut être totalement différent de celui obtenu avec une sous-couche unique de la même épaisseur.

Les mesures ont été effectuées à 22 °C ± 2 °C et 25% ± 5% d'humidité relative, selon la méthode du mannequin décrite dans l'article ND 2358. Le mannequin habillé d'une sous-couche et d'une combinaison est soumis pendant 2 minutes à une tension continue de 30 kV stable et alimentée par un générateur de charges. La mesure de charges est réalisée à l'aide d'un condensateur associé à un électromètre.

TABLEAU 3 → Résultats de l'étude en termes de préconisations concernant l'utilisation de sous-couches portées sous des EPI antistatiques ou des VT en fonction de leur épaisseur.

ÉQUIPEMENT PORTÉ AU-DESSUS	SOUS-COUCHE	ÉPAISSEUR DE LA SOUS-COUCHE		
		≤ 2 mm	ENTRE 2 ET 6 mm	> 6 mm **
EPI antistatique	Matière dissipatrice (base coton)	Acceptable	Acceptable	À confirmer
	Matière isolante (base polyester)	À confirmer*	Non recommandé	Non recommandé
VT	Matière dissipatrice (base coton)	Acceptable	Acceptable	Acceptable
	Matière isolante (base polyester)	Acceptable	À confirmer	Non recommandé

*Aucune sous-couche d'épaisseur entre 0,5 et 2 mm n'ayant été trouvée sur le marché pour la réalisation de l'étude, ce cas n'est valable que pour des épaisseurs inférieures à 0,5 mm.
**Dans la limite des épaisseurs testées dans cette étude.

La valeur mesurée est ainsi donnée en nanocoulombs (nC) avec une incertitude de ± 5 nC, pour être directement comparée aux seuils d'acceptabilité en vigueur pour le matériel Atex (Cf. Encadré 2). Les quantités de charges données sont des valeurs maximales mesurées sur l'EPI.

Les mesures d'épaisseur de la sous-couche ont été réalisées selon l'approche de la norme ISO 5084 [3], avec un disque de 50 mm de diamètre pesant 200 g et associé à un palpeur étalonné. Ce type de matériel permet d'obtenir des mesures fiables ainsi qu'une incertitude et une dispersion suffisamment faibles pour cette étude.

Le tableau 2 présente les quantités de charges mesurées sur les combinaisons testées en fonction de caractéristiques (type de matière et épaisseurs) des couches de textile portées en dessous. De manière générale, les valeurs de charges mesurées avec les sous-couches dissipatrices sont nettement inférieures à celles mesurées avec les sous-couches isolantes. Pour les trois équipements, bien que les valeurs de charges soient sensiblement différentes, l'évolution en fonction de l'épaisseur est similaire. Deux épaisseurs de sous-couche (2 et 6 mm) peuvent être associées aux seuils d'acceptabilité en vigueur pour le matériel ATEX (Cf. Encadré 2), en fonction des quantités de charges mesurées. En s'appuyant sur ces seuils d'acceptabilité, l'ensemble des sous-couches dissipatrices sont acceptables pour les gaz/vapeurs classés IIA, bien que, suivant la technologie des fibres antistatiques, certaines valeurs mesurées pour des épaisseurs importantes sont proches de la limite.

POUR EN SAVOIR +

- *Électricité statique*, INRS, ED 874, 2004

Les mesures effectuées avec les sous-couches « veste » et « veste sans manches » montrent que ce dernier type d'équipement permet une meilleure dissipation des charges pour une épaisseur identique dans le domaine de l'isolant. Ceci s'explique par le contact direct entre l'équipement et la peau au niveau des bras. Cependant, dans le cas de l'EPI bénéficiant du traitement antistatique au cœur de la fibre, la matière qui entoure cette fibre est isolante, l'écoulement s'effectue donc moins facilement.

Considérant le seuil d'acceptabilité pour les gaz/vapeurs IIA, les éléments suivants, regroupés dans le tableau 3, peuvent être donnés :

- en dessous de 2 mm d'épaisseur, la nature de la matière de la sous-couche n'a que peu d'influence sur le caractère dissipatif de l'équipement porté au-dessus ;

ENCADRÉ 2

SEUILS D'ACCEPTABILITÉ EN FONCTION DE LA CHARGE ÉLECTROSTATIQUE MAXIMALE ACCUMULÉE PAR UN MATÉRIEL FONCTIONNANT EN ATMOSPHÈRE EXPLOSIVE

- **Inférieur à 10 nC** : utilisable pour les Atex gaz/vapeurs classées IIC
 - **Entre 10 et 30 nC** : utilisable pour les Atex gaz/vapeurs classées IIB
 - **Entre 30 et 60 nC** : utilisable pour les Atex gaz/vapeurs classées IIA
 - **Entre 60 et 200 nC** : utilisable pour les Atex poussières
- Les gaz/vapeurs sont classés IIA, IIB ou IIC en fonction de leur sensibilité à l'inflammation (par exemple, l'hydrogène ou l'acétylène, très sensibles à l'inflammation, sont classés IIC). La norme NF EN 60079-20-1 [2] donne le classement pour plus de 300 substances (liquides ou gaz) couramment utilisées ainsi que les essais et méthodes pour le classement.

- au-delà de 6 mm d'épaisseur, les matières isolantes ne sont pas recommandées et, pour les matières dissipatrices, une étude spécifique doit être effectuée afin de valider l'incidence sur le caractère dissipateur de l'équipement ;
- entre 2 et 6 mm d'épaisseur, les matières dissipatrices sont acceptables, mais en ce qui concerne les sous-couches en matière isolante, les mesures ne permettent pas de statuer de manière globale et les conclusions dépendent du type d'équipement porté au-dessus.

En résumé, les sous-couches majoritairement composées de matière dissipatrice (coton) sont à privilégier, car elles ont peu d'incidence négative sur le caractère dissipateur des équipements. Dans le cas de sous-couches isolantes (polyester), il est essentiel, si leur épaisseur dépasse 2 mm, de ne pas les associer à des EPI antistatiques, car elles altèrent grandement le caractère dissipateur de charges de ces équipements. ●

1. Appareil permettant de mesurer un champ électrique afin de déterminer une quantité de charges.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Vêtements de travail et équipements de protection individuelle. Propriétés antistatiques et critères d'acceptabilité en zone ATEX, *Hygiène et sécurité du travail*, ND 2358, 2012.

[2] NF EN 60079-20-1. Atmosphères explosives - Partie 20-1 : caractéristiques des substances pour le classement des gaz et des vapeurs - Méthodes et données d'essai, AFNOR, 2010.

[3] ISO 5084. Textiles - Détermination de l'épaisseur des textiles et produits textiles, ISO, 1996.