

Université de Djillali Bounaama Khemis Miliana
Faculté des Sciences et de Technologies
Département de Génie Electrique

Licence 03
Automatique

Cours
Technologie en Automatique Industriel

Chapitre 3
Câblage des instruments

Enseigné par : Mme KARA MOSTEFA. C

Année Universitaire : 2019 / 2020

Chapitre 3. Câblage des instruments

Liaisons entre les différents éléments du système de contrôle commande, câbles normalisés, câbles d'instrumentation, câbles et câblage en sécurité

III.1 Liaisons entre capteurs, actionneurs et moyens de contrôle

III.1.1 Architecture générale

Entre les instruments installés sur le processus (capteurs et actionneurs) et le système de contrôle, des signaux doivent circuler pour assurer les acquisitions *données* et permettre les actions correctives. Quelle que soit la technologie utilisée pour le système de contrôle (régulateur monovoie, automate programmable, système numérique de contrôle-commande), les matériels installés sur le processus sont raccordes a un matériel de contrôle qui comprend dans la plupart des cas des modules *d'entrée et des sorties (E/S)*.

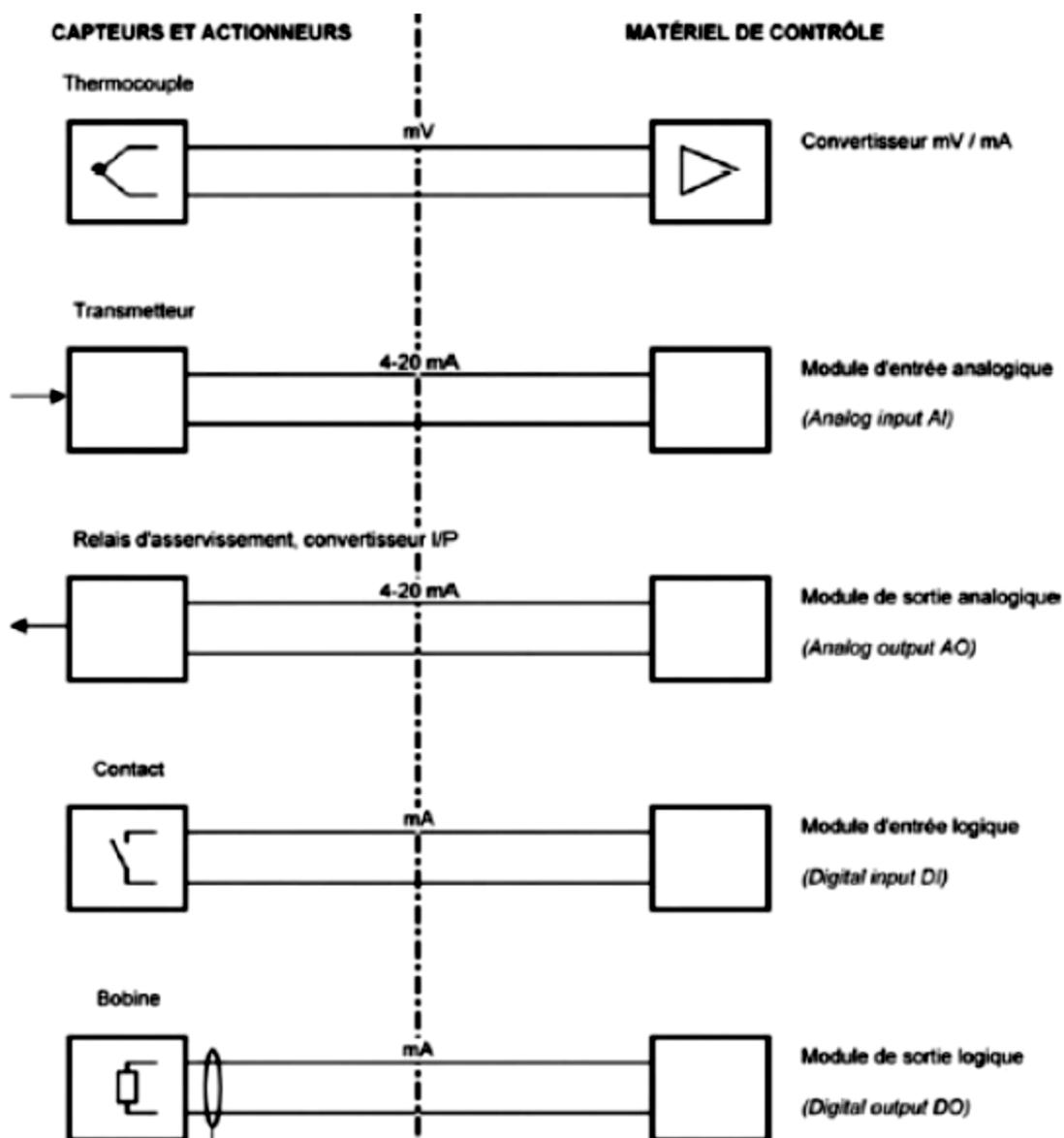


Figure III.1 Architecture simplifiée du câblage des capteurs et des actionneurs.

L'évolution vers les réseaux de terrain et l'instrumentation intelligente modifie quelque peu ces liaisons entre les capteurs et actionneurs et les moyens de commande (API, SNCC...).

III.1.2 Conception des liaisons

En général, le matériel de contrôle est installé en local technique, en zone non classée, et les liaisons entre les matériels du site et du local technique prennent des structures différentes selon :

- le type de zone où est installé le matériel du site (matériel normal ou de sûreté),
- l'implantation des modules E/S (en local technique ou sur le site),
- l'utilisation ou non de bus de terrain ou de technologie sans fil.

III.2 Câbles normalisés

Les câbles électriques utilisés sont différents selon la nature des signaux :

- signaux *bas niveau* (mV) issus de couples thermoélectriques,
- signaux *haut niveau* (mA) relatifs aux :
 - transmetteurs (*AnalogInput AI*), et régulateurs (*AnalogOutput AO*),
 - signaux TOR d'entrée (*Digital Input DI*) et de sortie (*Digital Output DO*).

Les câbles normalisés se présentent principalement sous deux formes distinctes :

- câbles monopaires* (âme souple) pour chaque liaison simple locale (entre boîte de jonction et équipement local),
- câbles multipaires* (âme massive) pour des liaisons groupées dans une même boîte de jonction entre le site et le local technique.

III.3 Câbles d'extension et de compensation pour thermocouples

III.3.1 Spécifications

- Désignation et code* : voir tableau III.1,
- Code couleurs d'identification* : voir tableau III.2.
- La norme IEC660584-3 (ed. 2007) «*Câbles d'extension et de compensation – Tolérances et système d'identification* » spécifie les tolérances de fabrication et la méthode d'identification pour les câbles d'extension et de compensation (autres que ceux à isolation minérale) fournis directement aux utilisateurs pour des procédés industriels.

Série →	1 (2 chiffres)	2 (2 lettres)	3 (2 chiffres)	4 (2 lettres)	5 (note) (2 lettres)
Signification	Nombre de paires	Nature/Utilisation	Composition des âmes conductrices	Écran (blindage)	Protection mécanique
	01 03 07 12 19 27	Extension TX JX KX Compensation TC JC KC VC WC	Monopaires Souple 10 14 brins de 0,3 mm section 1 mm ² Messif 14 1 fil de 13/10 mm section 1,34 mm ²	EG : écran général EI : écran individuel + écran général EP : écran individuel par semi-conducteur + écran général	SF : sans feuillard (stade gaine d'étanchéité) FA : feuillard acier + gaine PVC résistant aux hydrocarbures aliphatiques PF : plomb + feuillard + gaine PVC résistant aux hydrocarbures aromatiques TF : feuillard acier + gaines PVC résistant aux hydrocarbures aromatiques
Exemples :	01 27	TC JC	Multipaire 05 1 fil de 8/10 mm section 0,5 mm ²	EG EI	FA PF

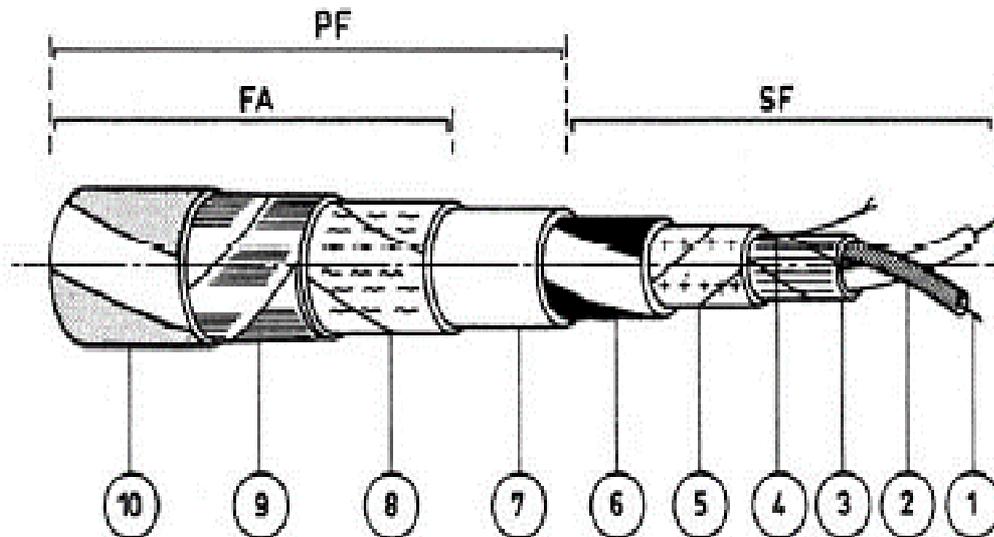
Note : Dans le cas d'utilisation d'un isolant en polyéthylène réticulé, en remplacement de l'isolant PVC, la même codification est conservée en ajoutant une étoile (*) en fin de désignation du code.

Tableau III.1 Câbles d'extension et de compensation pour thermocouples désignation et code selon NF C87-201.

Ancienne norme					Nouvelle norme				
Symbole		Conducteurs		Gaine extérieure	Symbole		Conducteurs		Gaine extérieure
Extension	Compensation	Positif	Négatif		Extension	Compensation	Positif	Négatif	
JX		jaune	noir	noir	JX		noir	blanc	noir
TX		jaune	bleu	bleu	TX		brun	blanc	brun
EX		jaune	orange	orange	EX		violet	blanc	violet
KX		jaune	violet	violet	KX		vert	blanc	vert
NX		jaune	violet	violet	NX		rose	blanc	rose
	JC	jaune	noir	noir		JC	noir	blanc	noir
	TC	jaune	bleu	bleu		TC	brun	blanc	brun
	EC	jaune	orange	orange		EC	violet	blanc	violet
	KC	jaune	violet	violet		KCA	vert	blanc	vert
	VC	jaune	brun	brun		KCB	vert	blanc	vert
	NC					NC	rose	blanc	rose
	SC	jaune	vert	vert		SCA	orange	blanc	orange
						SCB	orange	blanc	orange
	RC					RCA	orange	blanc	orange
						RCB	orange	blanc	orange
	BC	jaune	gris	gris		BC	gris	blanc	gris

Tableau III.2 -Couples thermoélectriques normalises. Correspondance entre nouveaux et anciens codes de couleurs et symboles.
Selon : NF C 42-324.

III.3.1 Exemples de réalisation

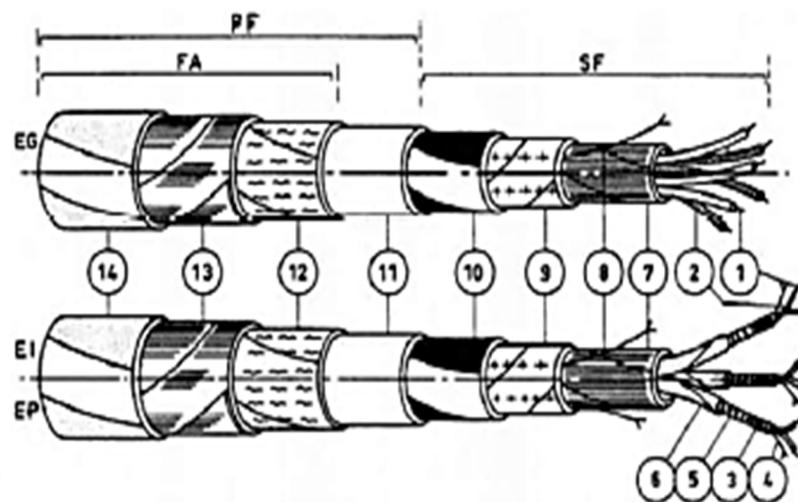


Dimensions nominales des câbles 1 paire

Description		Modèles	
		01 (1) 10 EG mm	01 (1) 14 EG mm
1	Arme conductrice	(14 × 0,30)1,4	1 fil 1,3
2	Isolant	2,5	2,4
–	Assemblage	5,0	4,8
3	Ruban polyester		
4	Continuité toron 7 brins	1 (7 × 0,2)	1 (7 × 0,2)
5	Ruban aluminium/plastique	5,2	5,0
6	Gaine d'étanchéité		
	Diamètre terminal protection SF	7,4	7,2
8	Stade SF – Matelas papier		
9	– 2 feuillets acier		
10	– Gaine PVC		
	Diamètre terminal protection FA	11,3	11,1
7	Stade SF – Gaine plomb	9,4	9,2
8	– Matelas papier		
9	– 2 feuillets acier		
10	– Gaine PVC		
	Diamètre terminal protection PF	13,5	13,3

(1) Nature du câble de compensation : TC-JC-KC-VC-SC-WC
 ou d'extension : TX-JX-KX.

Figure III.2 Câbles d'extension et de compensation pour thermocouples.
 Réalisations d'un monopaire selon NF C 87-201.



Dimensions nominales des câbles 7 paires

Description	Modèles		
	07 (1) 05 EG mm	07 (1) 05 EI mm	07 (1) 05 EP mm
1 Âme conductrice	0,8	0,8	0,8
2 Isolant	1,7	1,7	1,7
— Pairage	3,4	3,4	3,4
3 Ruban polyester	—	—	—
4 Continuité toron 7 brins	—	1 (7 × 0,2)	1 (7 × 0,2)
5 Ruban aluminium/plastique	—	—	—
5 Gaine PVC semi-conducteur	—	—	4,1
6 Gaine PVC	—	5,1	5,1
— Assemblage			
7 Ruban polyester			
8 Continuité toron 7 brins	1 (7 × 0,2)	2 (7 × 0,2)	2 (7 × 0,2)
9 Ruban aluminium/plastique			
10 Gaine d'étanchéité			
Diamètre terminal protection SF	11,1	18,0	18,0
12 Stade SF — Matelas papier — 2 feuillets acier — Gaine PVC			
Diamètre terminal protection FA	15,4	22,5	22,5
11 Stade SF — Gaine plomb	13,3	20,6	20,6
12 — Matelas papier			
13 — 2 feuillets acier			
14 — Gaine PVC			
Diamètre terminal protection PF	17,6	25,3	25,3

(1) Nature du câble de compensation : TC-JC-KC-VC-SC-WC
 ou d'extension : TX-JX-KX.

Figure III.3 Câbles d'extension et de compensation pour thermocouples.
 Réalisations d'un multipaire selon NF C 87-201.

III.3.2 Protection contre les parasites

Les câbles de la norme NF C 87-201 sont conçus afin d'apporter une protection efficace contre les rayonnements électromagnétiques :

—les parasites *d'origine inductive* créés par les champs magnétiques : les conducteurs constituant une paire sont *torsadés entre eux* avec un pas d'environ 70 mm.

—les parasites *d'origine capacitive* créés par les champs électriques :

1-Contre les parasites d'origine capacitive générés par d'autres câbles: chaque câble monopaire ou multipaire comporte un *écran général* (EG) métallique constitué par un ou plusieurs rubans d'aluminium contrecollé plastique enroulés en hélice a recouvrement minimal de 30 %.

La continuité d'écran est assurée par un ou plusieurs torons de 7 X 0,2 mm en cuivre étamé posés en long.

2-Contre les parasites d'origine capacitive générés par des paires à l'intérieur du câble multiconducteur (signaux série pulsés), la protection doit être assurée par un *écran individuel* par paire, du type métallique (EI) ou du type a semi-conducteur (EP) avec continuité d'écran par toron en cuivre étamé.

III.4 Câbles d'instrumentation

III.4.1 Spécifications

—Norme : NF C 87-202 de septembre 1987.

—Désignation et code ; voir tableau III-3.

—Exemples de réalisation : se reporter à la *figure III.3* pour les monopaires et à la *figure III.4* pour les multipaires.

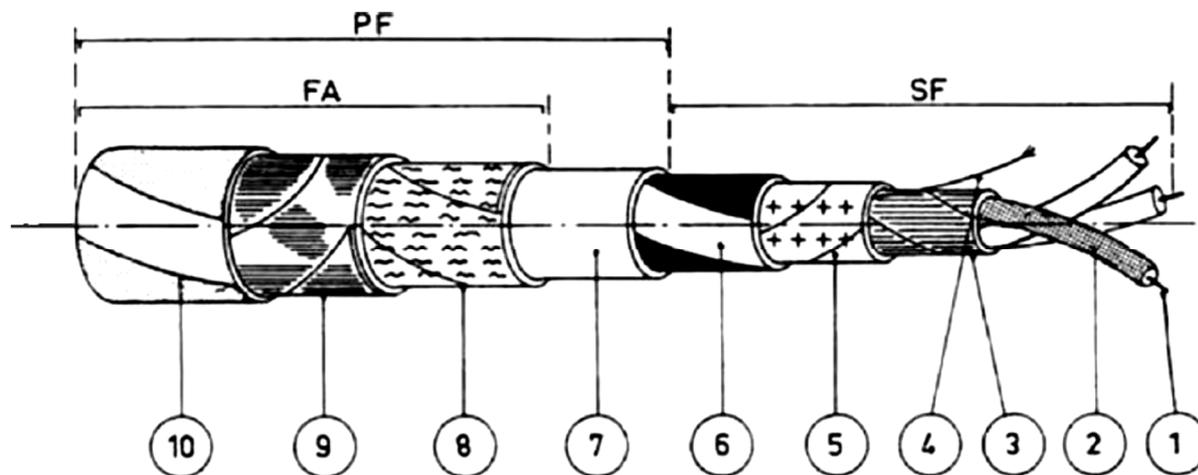
Série →	1 (2 chiffres)	2 (2 lettres)	3 (2 chiffres)	4 (2 lettres)	5 (note) (2 lettres)
Signification	Nombre de paires tierces quartés paires 01 03 07 12 19 27 tierces 01 07 12 quarte 01	Nature/Utilisation paires cuivre IP tierces cuivre IT quarte cuivre IQ	Composition des âmes conductrices mono paire tierce quarte 09 7 brins de 0,4 mm section 0,88 mm ² multi paires tierces 05 1 fil de 0,8 mm section 0,5 mm ²	Écran (blindage) EG : écran général EI : écran individuel + écran général EP : écran individuel par semi-conducteur + écran général	Protection mécanique SF : sans feuillard (stade gaine d'étanchéité) FA : feuillard acier + gaine PVC résistant aux hydrocarbures aliphatiques PF : plomb + feuillard + gaine PVC résistant aux hydrocarbures aromatiques TF : feuillard acier + gaines PVC résistant aux hydrocarbures aromatiques
Exemples :					
à ble monopaire	01	IP	09	EG	FA
à ble multipaire	27	IP	05	EI	PF

Tableau III.3 Câbles d'instrumentation, Désignation et code selon NF C 87-202

III.4.2 Protection contre les parasites

•La protection contre les parasites est conçue de façon identique à celle des câbles d'extension et de compensation.

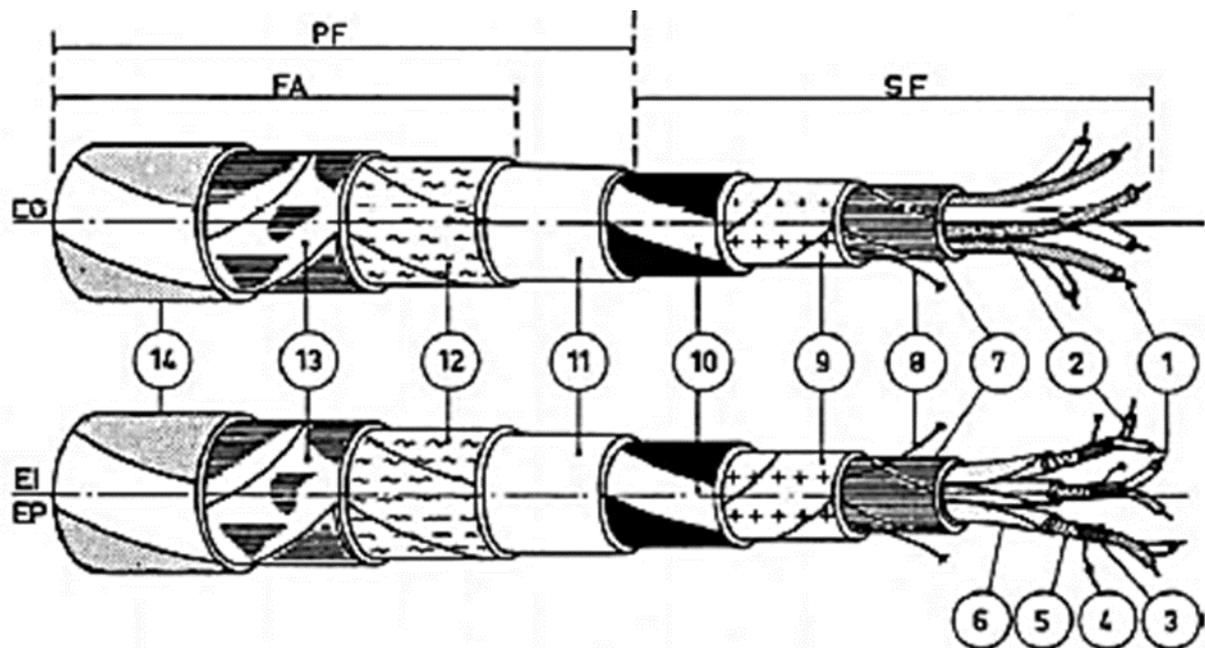
III.4.3 Exemple de réalisation



Dimensions nominales des câbles d'instrumentation — 1 paire — 1 tierce — 1 quarte

Description	Modèles		
	01 IP 09 EG	01 IT 09 EG	01 IQ 09 EG
1 Âme conductrice	(7 × 0,40) 1,2	(7 × 0,40) 12	(7 × 0,40) 1,2
2 Isolant	2,3	2,3	2,3
— Assemblage			
3 Ruban polyester			
4 Continuité toron 7 brins	1 (7 × 0,2)	1 (7 × 0,2)	1 (7 × 0,2)
5 Ruban aluminium/plastique			
6 Gaine d'étanchéité			
Diamètre terminal protection SF	7	7,4	7,9
8 Stade SF-matelas papier			
9 2 feuillets acier			
10 Gaine PVC			
Diamètre terminal protection FA	10,9	11,3	11,8
7 Stade SF - Gaine plomb	8,9	9,4	9,9
8 Matelas papier			
9 2 feuillets acier			
10 Gaine PVC			
Diamètre terminal protection PF	13,1	13,6	14,0

Figure III.4 Câbles d'instrumentation.
 Réalisations d'une paire, tierce, quarte selon NF C 87-202



Dimensions nominales des câbles d'instrumentation — 27 paires

Description	Modèles														
	27	IP	05	EG	27	IP	05	EI	27	IP	05	EP			
				(mm)				(mm)				(mm)			
1	Ame conductrice												0,8	0,8	0,8
2	Isolant												1,7	1,7	1,7
—	Pairage												3,4	3,4	3,4
3	Ruban polyester												—	—	—
4	Continuité toron 7 brins												—	1 (7 × 0,2)	1 (7 × 0,2)
5	Ruban aluminium/plastique (1)												—	—	—
5	Gaine PVC semi-conducteur (2)												—	—	4,1
6	Gaine PVC												—	5,1	5,1
—	Assemblage												—	—	—
7	Ruban polyester												—	—	—
8	Continuité toron 7 brins												2 (7 × 0,2)	3 (7 × 0,2)	3 (7 × 0,2)
9	Ruban aluminium/plastique												—	—	—
10	Gaine d'étanchéité												—	—	—
	Diamètre terminal protection SF			19,3	34,5			34,5							
12	Stade SF - Matelas papier												—	—	—
13	2 feuillets acier												—	—	—
14	Gaine PVC												—	—	—
	Diamètre terminal protection FA			24,0	39,8			39,8							
11	Stade SF - Gaine plomb												21,9	37,9	37,9
12	Matelas papier												—	—	—
13	2 feuillets acier												—	—	—
14	Gaine PVC												—	—	—
	Diamètre terminal protection PF			26,6	43,2			43,2							

(1) Type EI.
(2) Type EP.

Figure III.4 Câbles d'instrumentation.
Réalizations d'un multipaire selon NF C 87-202.

III.5 Câbles et câblage en sécurité

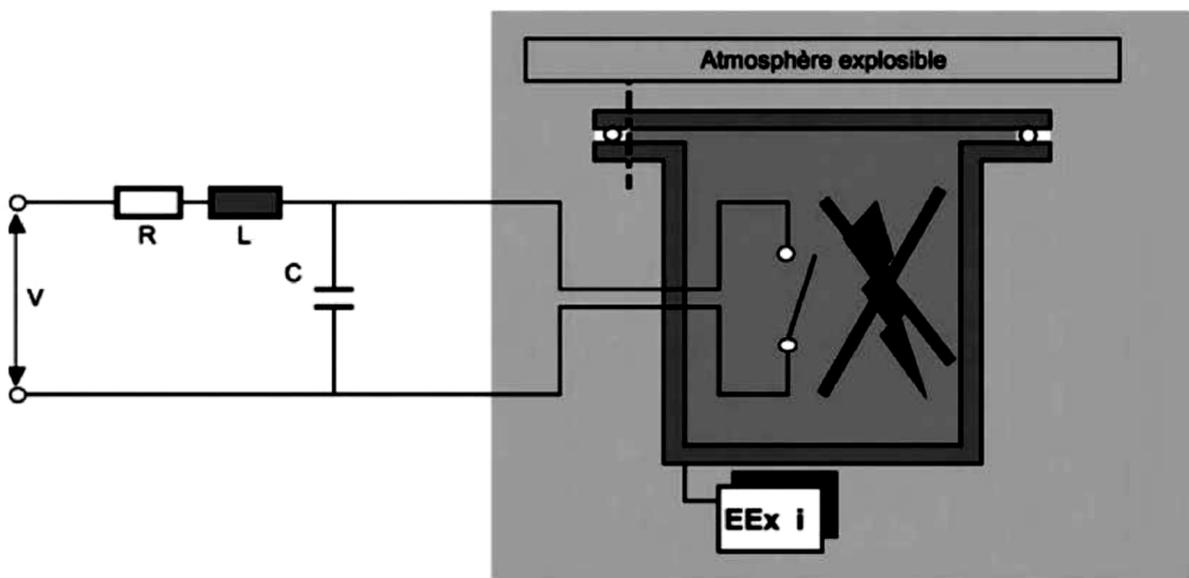
III.5.1 Définition de la sécurité intrinsèque

Circuit dans lequel aucune étincelle ni aucun effet thermique, produit dans les conditions prescrites par la norme, qui incluent le fonctionnement normal et les conditions spécifiées de défaut, n'est capable de provoquer l'inflammation d'une atmosphère explosive donnée.

III.5.2 Principe

La sécurité intrinsèque repose essentiellement sur la limitation de l'énergie stockée dans les circuits électriques (inductance L et capacité C) et sur la limitation du courant (résistance R).

Ainsi, le matériel installé en atmosphère dangereuse est étudié afin d'être incapable de générer des arcs ou des étincelles, ou de présenter des effets thermiques, pouvant provoquer l'inflammation d'une atmosphère dangereuse, soit en fonctionnement normal, soit en cas de défaut(s).



III.5.3 Intégrité du système

Lors de l'installation d'un système de sécurité intrinsèque comprenant un élément de sécurité intrinsèque EEx i et un élément associé [EEx i] reliés par un câble d'interconnexion, il importe de prendre toutes les précautions pour éviter de perdre l'intégrité de la sécurité intrinsèque par des défauts provenant :

- des éléments et câbles non de sécurité intrinsèque (non S I),
- d'éléments et câbles d'autres systèmes de sécurité intrinsèque (S I).

III.5.4 Borniers

Les précautions relatives aux borniers sont les suivantes :

- Les borniers des systèmes de sécurité intrinsèque (SI) doivent être séparés des borniers non de sécurité intrinsèque (non SI) d'au moins 50 mm, à moins d'utiliser des séparateurs appropriés.
- Une séparation et une distance d'au moins 6 mm entre borniers de circuits de sécurité intrinsèque différents doit être prévue.

III.5.5 Câbles à utiliser

- Les câbles d'instrumentation normalisés monopaires et multipaires (selon la norme NF M 87-202. répondent aux exigences de la norme EN50.039, à l'exception du taux de recouvrement

des écrans, qui doit être de 60 % minimum au lieu de 30 % minimum exigé par la norme NF M 87-202.

- Les câbles multiconducteurs peuvent renfermer un ou plusieurs circuits de sécurité intrinsèque, mais ne doivent contenir aucun circuit non de sécurité intrinsèque, sauf construction spéciale.