

Direction Générale de l'Aviation Civile

*Direction des Services de la Navigation Aérienne
Direction de la Technique et de l'Innovation
Déploiement et Support opérationnel*

Guide

Référence : GPF20_Fiche4_V1R0
Rédacteur : DTI/DSO/IGC
Tél. +33 (0)5 62 14 58 70 – Fax : +33 (0)5 62 14 50 06

Installations de la DGAC

Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4

Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse

Projet / Opération : Installations de la DGAC

Version : V1R0 du 09/06/2020

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4 Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse	Du	09/06/2020

DIFFUSION INITIALE

DESTINATAIRE(S)	COPIE(S) POUR INFORMATION

Toute reproduction ou communication de ce document, de son contenu ou de sa nature, même partielle, exceptés les usages internes des Services de la Direction Générale de l'Aviation Civile, est strictement interdite sans le consentement écrit de la Direction de la Technique et de l'Innovation

Objet de la diffusion (facultatif) :

VERIFICATION _(V) / APPROBATION _(A)

Nom	Fonction / Entité	V / A	Visa
Jean Claude COURTAY	Rédacteur	V	
Arnaud MARTICHON	Adjoint chef de pôle IGC	V	
Philippe PANABIERE	Chef de pôle IGC	A	

MAITRISE DOCUMENTAIRE

Référence : GPF20_Fiche4_V1R0	
Affaire / Projet / Opération : Installations de la DGAC	
Classement et archivage du document	
Stockage : GEODé	
Fichier : GPF20_Fiche4_V1R0.docx	
Support / Format : DOC ou PDF	

Contenu personnalisable

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4 Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse	Du	09/06/2020

Historique du document

<i>Version du document</i>	<i>Date de rédaction</i>	<i>Raison de l'évolution</i>	<i>Auteur</i>
V0R0	14/01/19	Version initiale	JC COURTAY
V0R1	02/01/20	Version en vérification	JC COURTAY
V1R0	09/06/20	Version publiée	JC COURTAY

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4 Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse	Du	09/06/2020

Sommaire

1	GENERALITES DE LA FICHE	5
1.1	Objet de la fiche	5
1.2	Principe général de protection intérieure	5
1.3	Compatibilité Electromagnétique (CEM)	7
2	PRINCIPE DE RACCORDEMENT	8
3	SURFACE DE BOUCLE DE MASSE	9
4	CHEMINEMENT DES CABLES.....	10
4.1	Généralités	10
4.2	Mise à la masse des chemins de câbles	10
4.2.1	Généralités	10
4.2.2	Cas des colonnes montantes ou des fûts	11
5	RESEAUX DE MASSE DES LOCAUX TECHNIQUES	12
5.1	Réseaux de masse	12
5.2	Mise à la masse du faux plancher	13
5.3	Mise à la masse des matériels	14
5.3.1	Dispositions générales	14
5.3.2	Baies - armoires – coffrets – matériels électriques	14
5.3.3	Equipements	14
6	EQUIPEMENTS ISOLES	15

Table des illustrations

Figure 1 : Exemple d'équipotentialité des réseaux de distribution	6
Figure 2 : Exemple d'équipotentialité entre les réseaux intérieurs et les réseaux de terre	6
Figure 3 : Types de raccordements d'équipotentialité	8
Figure 4 : Surface de boucle de masse	9
Figure 5 : Surfaces de boucle importantes	9
Figure 6 : Surfaces de boucle maîtrisées	9
Figure 7 : Continuité entre chemins de câbles.....	10
Figure 8 : Chemin de câbles en continuité avec une baie.....	11
Figure 9 : Traversée de parois	11
Figure 10 : Maillage en méplat.....	12
Figure 11 : Raccordement de la tôle à la baie	15

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4 Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse	Du	09/06/2020

1 GENERALITES DE LA FICHE

1.1 OBJET DE LA FICHE

La présente fiche décrit la façon dont doit être mis en œuvre la protection intérieure des bâtiments et des locaux sensibles de la DGAC, nouveaux ou en rénovation contre les effets des impacts de foudre.

Ces effets pourraient être :

- le risque d'apparition d'étincelles perturbatrices voir dangereuses dans les structures à protéger ;
- les apparitions de perturbations électromagnétiques sur les réseaux opérationnels.

Le spectre électromagnétique de la foudre s'étend aussi bien dans les basses que dans les hautes fréquences (0 à 10 MHz). Les perturbations électromagnétiques induites par la foudre sur les systèmes électriques et électroniques installés dans les locaux sensibles des installations de la Navigation Aérienne peuvent être importantes.

Cette fiche a pour but de présenter également l'ensemble des précautions C.E.M (Compatibilité Electro Magnétique) permettant de limiter ces perturbations.

1.2 PRINCIPE GENERAL DE PROTECTION INTERIEURE

Le système de protection contre la foudre installé à l'intérieur d'une structure doit empêcher l'apparition d'étincelles dangereuses dans la structure lors de l'écoulement d'un courant de foudre dans le système de protection foudre extérieur ou dans les parties conductrices de la structure.

Les étincelles dangereuses peuvent apparaître entre l'installation extérieure du SPF et d'autres composants tels que:

- les installations métalliques internes ;
- les réseaux électriques internes ;
- les parties conductrices extérieures et les lignes connectées à la structure.

L'apparition des étincelles dangereuses peuvent être évitées :

- en raccordant les éléments à l'aide de liaisons équipotentielle ;
- en respectant les distances de séparations avec les éléments conducteurs ou sensibles ou en créant une isolation électrique.

L'équipotentialité est réalisée par l'interconnexion du SPF avec :

- les installations métalliques ;
- les réseaux internes ;
- les parties conductrices extérieures et les lignes connectées à la structure.

Les moyens d'interconnexion peuvent être :

- les conducteurs d'équipotentialité, lorsque la continuité électrique n'est pas assurée par liaison naturelle ;
- les parafoudres, lorsque des connexions directes avec des conducteurs d'équipotentialité ne sont pas réalisables ;
- les éclateurs d'isolement, lorsque des connexions directes avec les conducteurs d'équipotentialité ne sont pas admises.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4 Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse	Du	09/06/2020

Les figures suivantes illustrent les mises en équipotentialité à réaliser pour éviter les étincelles.

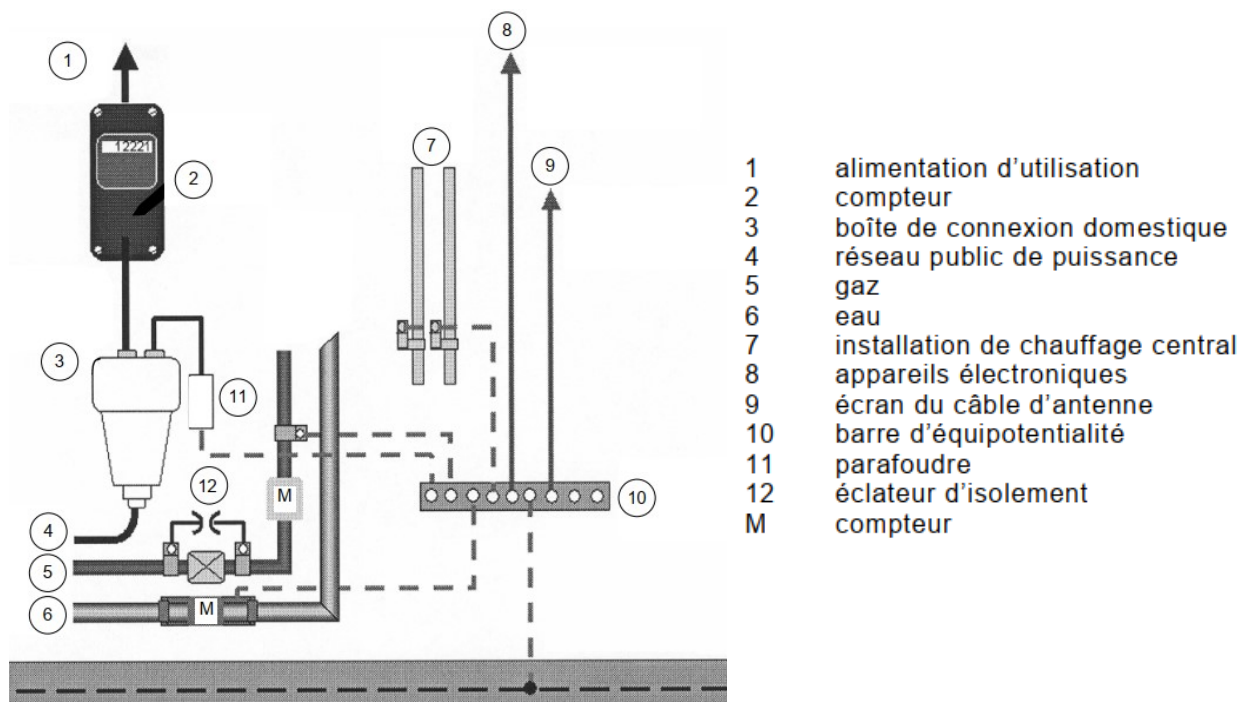


Figure 1 : Exemple d'équipotentialité des réseaux de distribution

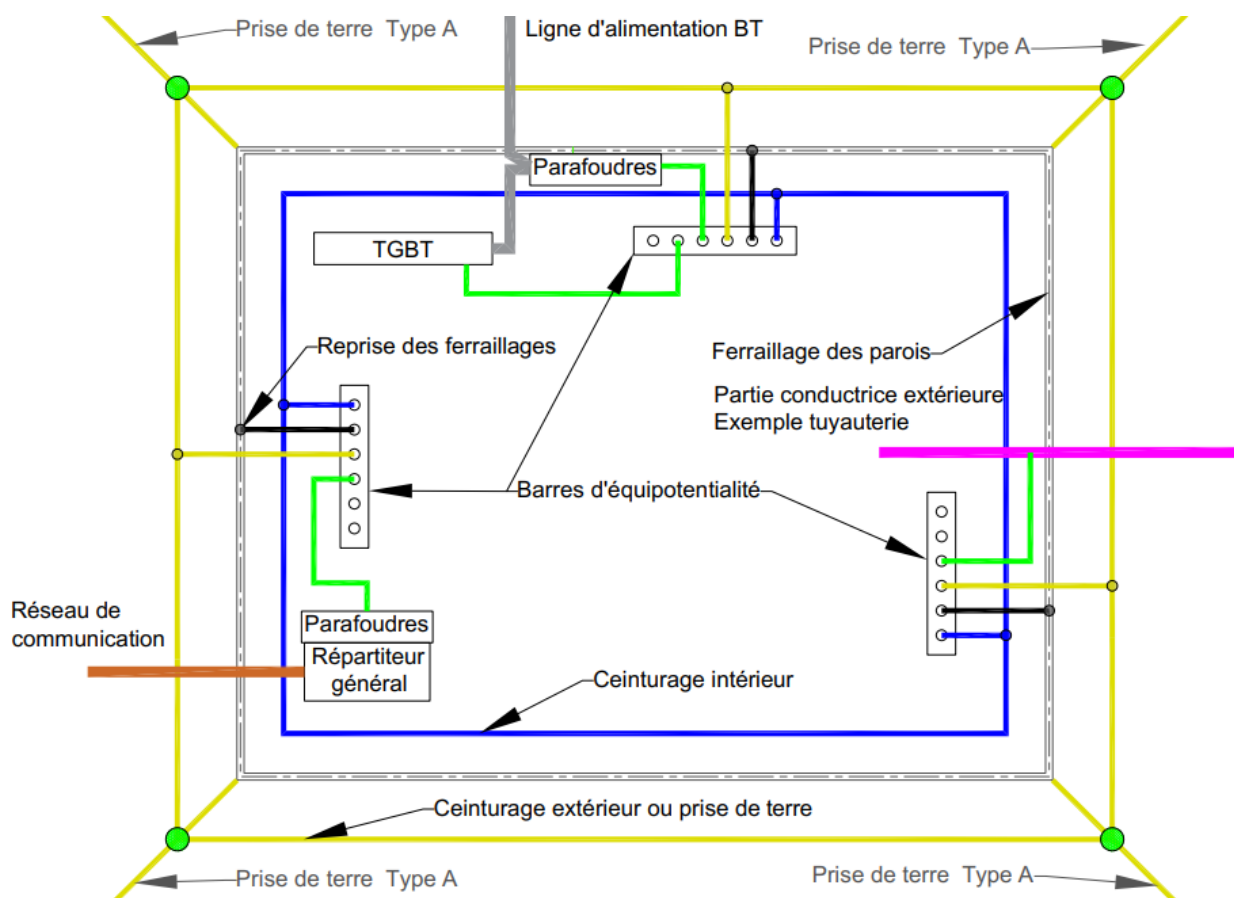


Figure 2 : Exemple d'équipotentialité entre les réseaux intérieurs et les réseaux de terre

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4 Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse	Du	09/06/2020

Les barres d'équipotentialité devront :

- avoir une connexion vers la terre la plus courte possible (<0,5m) et réalisée de manière rigide ;
- être positionnées sur la paroi interne d'un mur périphérique, proche du sol et du tableau général de distribution électrique ;
- être interconnectées entre elles si plusieurs d'entre elles sont nécessaires. Un réseau maillé devra être mis en place pour réduire les courants et tension induits par effet de boucle.

Les sections minimales à prendre en compte pour les raccordements d'équipotentialités sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Composant de mise à la terre		Matériau	Section mm ²
Barres d'équipotentialité (cuivre, aluminium à revêtement en cuivre)		Cu/Al	50
Conducteurs de connexion entre les barres d'équipotentialité et la prise de terre ou entre les autres barres d'équipotentialité (transportant la totalité ou une partie significative du courant de foudre)		Cu	16
		Al	25
		Fe	50
Conducteurs de connexion entre les installations internes métalliques et les barres d'équipotentialité (transportant un courant de foudre partiel)		Cu	6
		Al	10
		Fe	16
Conducteurs de mise à la terre avec le parafoudre (transportant la totalité ou une partie significative du courant de foudre)	Classe I	Cu	16
	Classe II		6
	Classe III		1

Note : Si la liaison équipotentielle de foudre est reliée à des réseaux internes ou si une équipotentialité de foudre est réalisée sur l'installation intérieure de protection, une partie du courant de foudre pourrait s'écouler à l'intérieur. Cet aspect doit être pris en compte en évitant tout risque de circulation de courant, direct ou par rayonnement à l'intérieur des structures.

1.3 COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE (CEM)

Le principe de mise en œuvre de la protection CEM se fera par le blindage, le maillage et la mise en équipotentialité des locaux et des cheminements électriques. Il permettra de donner des trajets préférentiels aux courants perturbateurs générés par la foudre en :

- mettant en place un réseau de masse dans chaque local sensible ;
- assurant la mise en équipotentialité des équipements et réseaux de câbles ;
- optimisant le cheminement des câbles.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4 Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse	Du	09/06/2020

2 PRINCIPE DE RACCORDEMENT

Les liaisons en cuivre (pour les équipotentialités, les continuités,...) doivent être les plus courtes et les plus larges possible.

Pour des fréquences de signaux perturbateurs élevées, les liaisons réalisées avec des conducteurs cylindriques ont des valeurs d'impédance plus élevées, à section équivalente, par rapport aux conducteurs plats.

Pour les raccordements d'équipotentialité et pour la protection CEM des équipements, les conducteurs plats seront donc à préférer aux conducteurs cylindriques.

Les tresses de masse seront mises en place pour réaliser les raccordements de pièces mobiles (portes d'armoires par exemple) ou pouvant vibrer. Elles seront à réserver en utilisation intérieure et seront à éviter en atmosphère corrosive (air marin notamment) pour des raisons de résistance à la corrosion moindre.

Les plats de cuivre étamé de section 30x2mm seront à privilégier pour tous les raccordements fixes. Ils seront raccordés aux équipements avec des pièces de serrage adaptées telles que la borne 380 209 de chez DEHN ou équivalent. Le percement des plats de cuivre est proscrit.

Les liens d'équipotentialité seront raccordés entre les équipements et le réseau maillé le plus proche.

Les longueurs des liens d'équipotentialité devront être inférieures ou égales à 10 fois la largeur du conducteur soit 30cm pour un conducteur de 30mm de large.

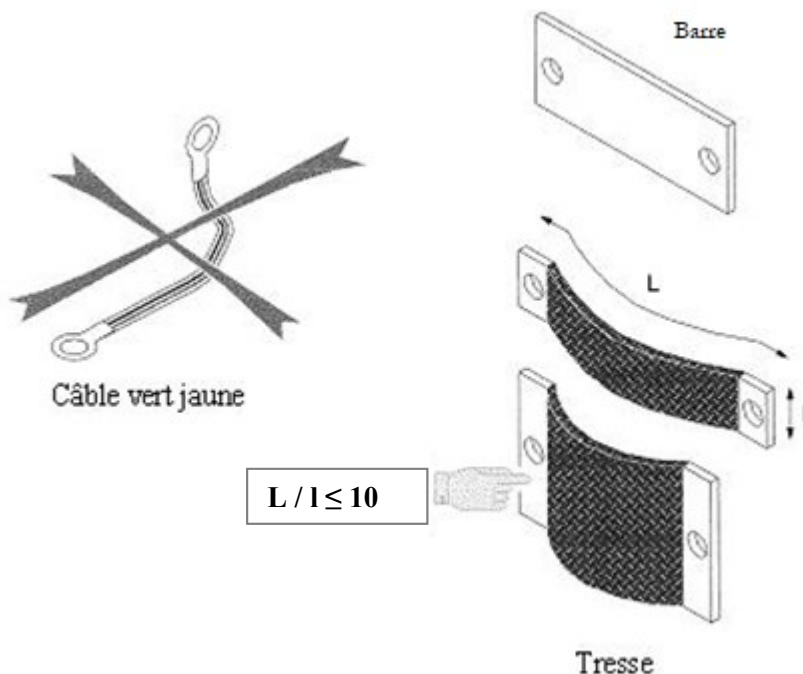


Figure 3 : Types de raccordements d'équipotentialité

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4 Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse	Du	09/06/2020

3 SURFACE DE BOUCLE DE MASSE

On appelle boucle de masse, la surface comprise entre un câble transportant de l'information entre deux matériels et l'ensemble des masses de références utilisées pour ces matériels. Il y a autant de boucles de masse que de câbles de liaison entre circuits, nécessaires au bon fonctionnement du système. Plus la surface de la boucle de masse est grande et plus les perturbations électromagnétiques générées sont importantes (cf. Figure 4).

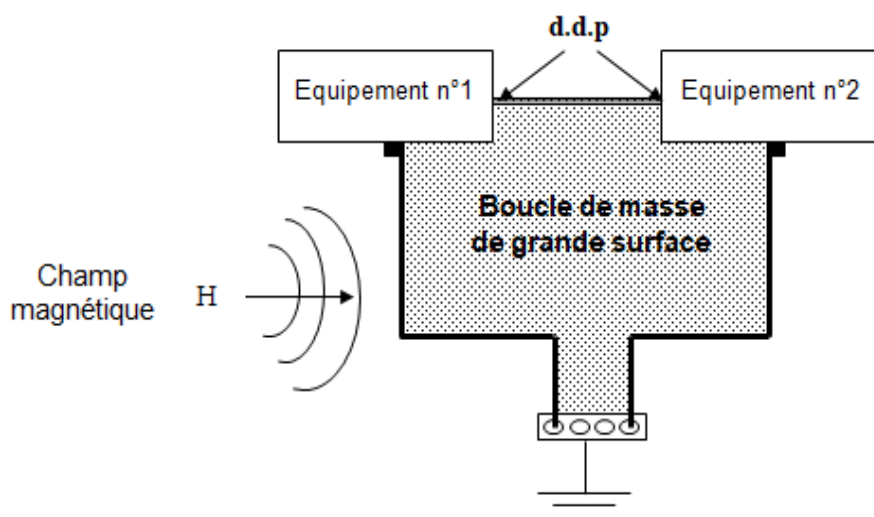


Figure 4 : Surface de boucle de masse

On ne peut pas supprimer les boucles mais on peut réduire considérablement leurs effets en prenant des précautions sur le cheminement des câbles.

Les Figure 5 et Figure 6 illustrent la diminution des perturbations magnétiques par réduction de la surface des boucles de masses :

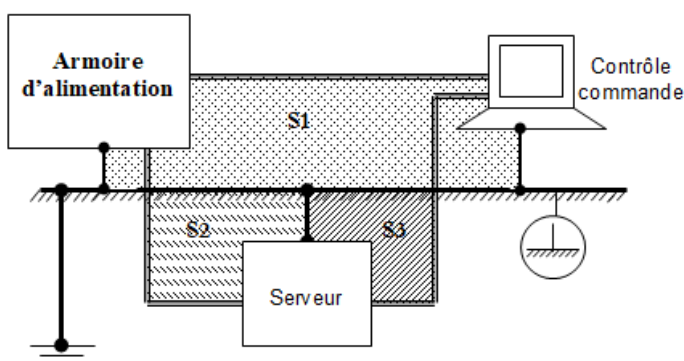


Figure 5 : Surfaces de boucle importantes

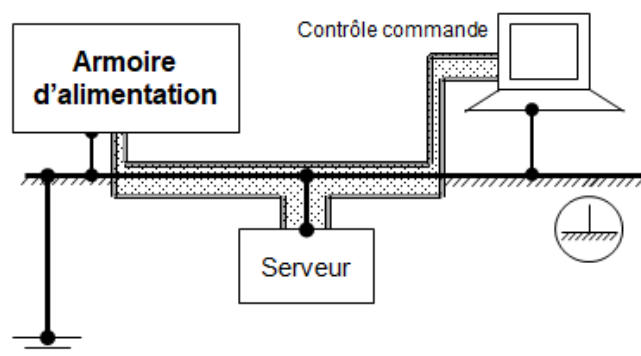


Figure 6 : Surfaces de boucle maîtrisées

Pour limiter le risque de perturbation, la solution sera de regrouper autant que possible les liaisons dans des chemins de câbles, eux même accompagnés par un conducteur de masse.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4 Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse	Du	09/06/2020

4 CHEMINEMENT DES CABLES

4.1 GENERALITES

Pour les câbles cheminant dans des milieux fortement pollués, l'utilisation de chemins de câbles de type dalle marine capotée permet d'améliorer fortement la CEM.

4.2 MISE A LA MASSE DES CHEMINS DE CABLES

4.2.1 Généralités

Les chemins de câbles, les tablettes en acier galvanisé, les chemins de câbles en échelle, les corbeaux et autres supports longitudinaux constituent pour les câbles qu'ils contiennent un blindage efficace vis à vis des perturbations électromagnétiques. L'objectif est de permettre la circulation des courants de masse sur toute la longueur des câbles protégés.

Les contacts électriques des tronçons de chemins de câbles entre eux seront garantis de bout en bout par des cornières d'éclissage et du fer plat perforé vissé en face du raccord ou par chevauchement sur les trois faces. Chaque assemblage comportera 4 à 8 boulons type « poêlier » avec têtes à l'intérieur. Les chemins de câbles seront raccordés à chaque croisement avec d'autres chemins de câbles ou parties métalliques (cf. **Figure 7**).

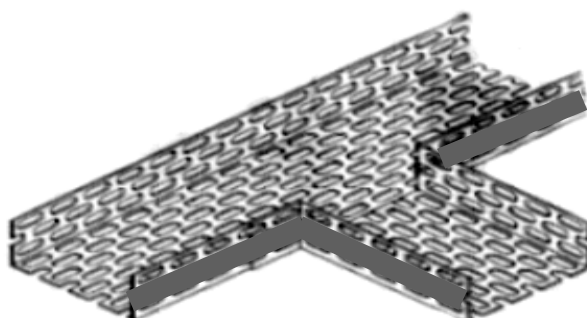


Figure 7 : Continuité entre chemins de câbles

Le chemin de câbles arrivant au niveau d'une baie sera en contact électrique avec celle-ci. Le raccordement sur baies métalliques sera réalisé par un contact direct tôle sur tôle par des vis. Les chemins de câbles seront également raccordés régulièrement aux structures conductrices du bâtiment. Aucune interruption dans la continuité électrique ne sera faite (cf. Figure 8).

La continuité électrique des chemins de câbles sera assurée lors de la traversée des murs et des planchers par un minimum de deux liaisons plates équivalent à 50 mm² de section (cf. Figure 9).

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4 Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse	Du	09/06/2020

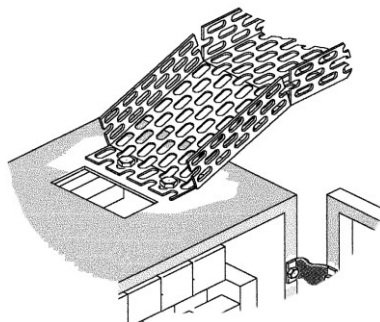


Figure 8 : Chemin de câbles en continuité avec une baie

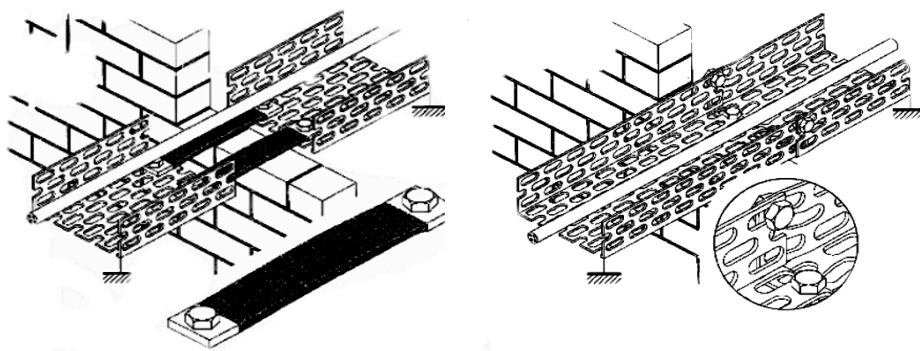


Figure 9 : Traversée de parois

Un méplat 30 x 2 mm en cuivre étamé sera posé le long à l'extérieur de chaque chemin de câbles. Il sera fixé au moins tous les mètres avec des clips adaptés aux chemins de câbles (cf. **Figure 7**).

Les chemins de câbles seront reliés entre eux tous les 10 mètres lorsqu'ils auront des parcours parallèles. Les consoles peuvent assurer cette fonction.

4.2.2 Cas des colonnes montantes ou des fûts

Les chemins de câbles placés dans les colonnes montantes ou dans les fûts seront traités de la même manière qu'au §4.2.1.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4 Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse	Du	09/06/2020

5 RESEAUX DE MASSE DES LOCAUX TECHNIQUES

5.1 RESEAUX DE MASSE

Un réseau de masse sera réalisé à l'intérieur de chaque local technique.

Ce réseau sera réalisé en méplats de cuivre étamé 30x2 mm et sera installé dans le plénum du plancher technique. Il sera constitué d'un ceinturage périphérique et d'un maillage au pas de 1,20 m (cf. Figure 10).

Le méplat de cuivre sera fixé sur la dalle béton à l'aide de crampons et de chevilles en plomb. L'intervalle entre deux crampons sera de 1 m. Les crampons ne devront pas assurer la continuité électrique aux nœuds du réseau.

La continuité électrique devra être assurée entre tous les méplats de cuivre au niveau de leur croisement. Les conducteurs seront fixés l'un sur l'autre à chaque intersection par serrage mécanique avec des raccords plats.

Afin de réaliser l'interconnexion avec le réseau de terre, le ceinturage sera raccordé aux douilles de raccordement qui auront été positionnées dans chaque angle du local lors de la création du bâtiment. Il est précisé que pour les salles de longueur ou largeur supérieure à 12 m, des douilles supplémentaires sont uniformément réparties tous les 6 m sur la dalle béton. Le réseau de masse sera raccordé sur ces douilles par vissage.

Ces douilles sont décrites au §2.5.2 de la fiche 1 : *Continuité électrique des fers à béton et des structures dans la construction des bâtiments*.

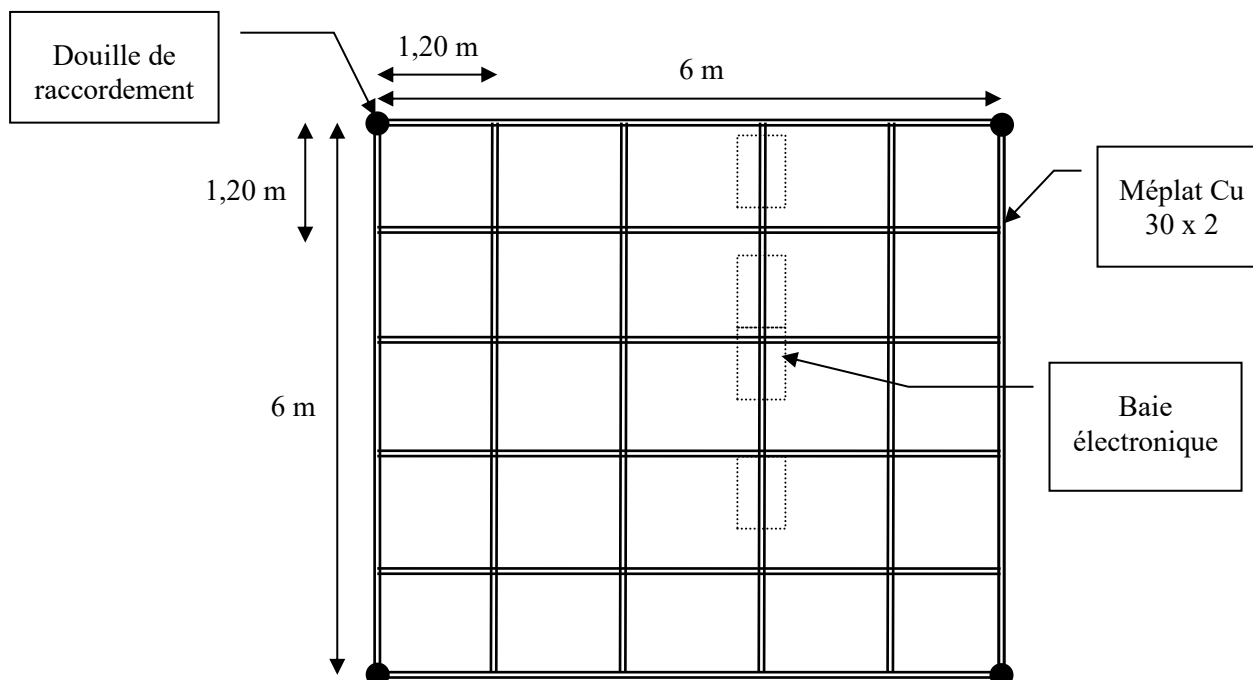


Figure 10 : Maillage en méplat

En cas de rénovation ou si les douilles de raccordement n'ont pas été installées, le réseau sera raccordé au réseau de terre par des plats de cuivre 30x2mm aux barres d'équipotentialité du bâtiment (cf. Figure 2).

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4 Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse	Du	09/06/2020

5.2 MISE A LA MASSE DU FAUX PLANCHER

Tous les vérins métalliques supports du faux plancher seront reliés entre eux par une tresse de cuivre étamé de section équivalente $\geq 5\text{mm}^2$. Les connexions se feront par serrage mécanique (par écrasement par exemple) au niveau des vérins. Les raccordements par nœud ou par collier sont proscrits.

La tresse d'interconnexion des vérins sera raccordée tous les 5 mètres au réseau de masse par des dispositifs à serrage mécanique.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4 Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse	Du	09/06/2020

5.3 MISE A LA MASSE DES MATERIELS

5.3.1 Dispositions générales

Tous les châssis et enveloppes métalliques seront raccordés au réseau de masse.

Les mises à la masse se feront par des bandes de cuivre étamé 30x2 mm ou par des tresses plates en cuivre étamé de section équivalente.

Les raccordements des liaisons de masse se feront par serrage mécanique à chaque extrémité avec des bornes ou raccords adaptés. Le percement des plats de cuivre est proscrit.

Des cosses seront utilisées pour les tresses.

La peinture des bâtis métalliques sera décapée aux points de connexion des liaisons de masse.

5.3.2 Baies - armoires – coffrets – matériels électriques

Les baies, armoires ou coffrets seront équipés de collecteurs de masse disposés horizontalement et verticalement, au plus près des équipements.

Les collecteurs de masse seront constitués de barres de cuivre percées de trous taraudés. Ils seront interconnectés à l'aide de tresses en cuivre étamé et reliés au réseau de masse

Le plat de cuivre du chemin de câbles sera lié à la barre de masse de la baie.

Les différentes parties métalliques des armoires ou coffrets (ossatures, panneaux, portes,...) seront raccordés aux collecteurs de masse par des tresses de cuivre étamé.

Un collecteur de masses supplémentaire sera installé le long de chaque travée ou ferme, côté câble.

Lorsque les baies sont accolées, il sera assuré une continuité électrique entre les masses métalliques des baies par des serrages mécaniques. Chaque cloison sera fixée au minimum par deux vis ou boulons en partie haute et en partie basse de l'armoire.

Lorsque les matériels électriques ne peuvent être installés directement sur un plancher technique à cause de leur poids élevé, les châssis supports (ou chaises) mis en œuvre seront raccordés au réseau de masse.

5.3.3 Equipements

Les masses de tous les équipements (y compris leur châssis support) intégrés dans les baies, coffrets ou armoires, seront raccordées au collecteur par des tresses en cuivre étamé.

Les connexions des liaisons de masses devront être facilement démontables sans outil particulier (serrage par écrou papillon par exemple).

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°4 Protection intérieure des locaux sensibles, réseaux de masse	Du	09/06/2020

6 EQUIPEMENTS ISOLÉS

En l'absence de faux-plancher, il est possible de reconstituer un « réseau de masse » pour une baie (ou tout autre type d'enveloppe) isolée.

Pour cela, une feuille de tôle doit être posée à plat sur le sol et raccordée au réseau de terre du bâtiment. La baie est ensuite posée sur la tôle (cf. **Figure 11**).

Les conditions suivantes doivent être respectées :

- La surface au sol de la tôle doit être supérieure à celle de l'enveloppe.
- La masse de l'enveloppe doit être raccordée en plusieurs points à la tôle par des liaisons aussi larges et courtes que possible. Le raccordement sera effectué par serrage mécanique. A l'emplacement des serrages, la peinture sera découpée pour améliorer le contact.

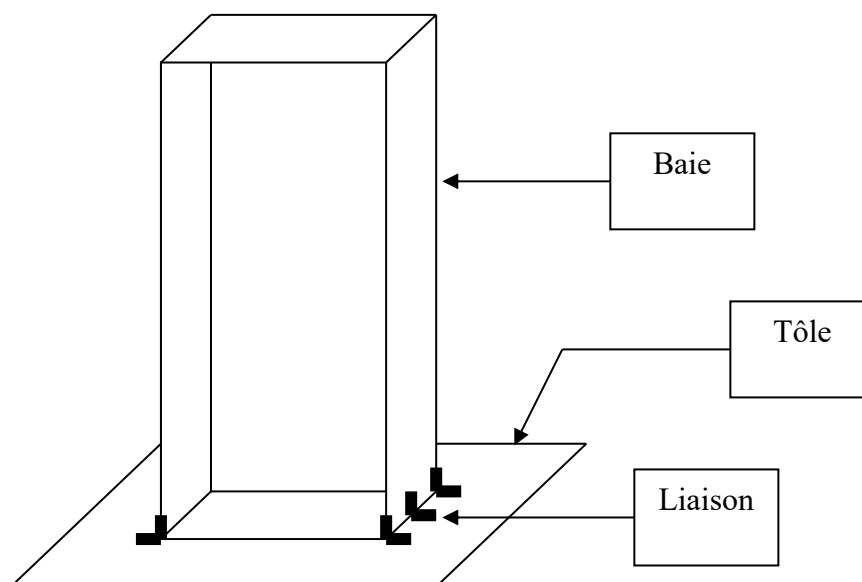


Figure 11 : Raccordement de la tôle à la baie