



Partenaire technique indépendant | Conformité maîtrisée | Accompagnement à chaque étape

ETUDE TECHNIQUE

Position d'essais du "Champ du Chêne"

Référence : ET-2026-P45236-V1.0

Adresse :

DGA TT
18000 Bourges

Rédacteur : Mathieu LEDAY

Fonction : Référent Technique certifié
QUALIFOUDRE - niveau 3

Tél : 06 38 03 66 54

Mail : mathieu.leday@innovafoudre.com

Date : 02/07/2026

Client :

USID d'AVORD – SECTION TRAVAUX

Service d'Infrastructure de la Défense
Nord-Ouest

Contact

M LEMAITRE Raphaël

Tél : 06 43 89 08 07

Mail : raphael.lemaitre@intradef.gouv.fr

Accompagnement :

- M LEMAITRE Raphaël

SOMMAIRE

1	INVENTAIRE ET SYNTHÈSE DES TRAVAUX À RÉALISER	P.03
	1.1 Détail des dispositifs à installer par bâtiments ou zones	p.03
	1.2 Mesures de prévention	p.11
	1.3 Démarche à entreprendre après les travaux	p.11
2	GÉNÉRALITÉS	P.12
	2.1 Objet de la mission	p.12
	2.2 Rappel des niveaux de protection de l'ARF	p.12
	2.3 Hypothèses de conception et méthodes utilisées	p.14
	2.4 Référentiels applicables	p.17
	2.5 Documents examinés	p.18
	2.6 Limites	p.20
3	DÉTAILS DES TRAVAUX À EFFECTUER	P.21
	3.1 Bâtiment 784 (PC Tir) - Option A	p.21
	3.1.1 Installations extérieures de protection foudre (<i>IEPF</i>)	p.21
	3.1.2 Installations intérieures de protection foudre (<i>IIPF</i>)	p.27
	3.2 Bâtiment 784 (PC Tir) - Option B	p.33
	3.2.1 Installations extérieures de protection foudre (<i>IEPF</i>)	p.33
	3.2.2 Installations intérieures de protection foudre (<i>IIPF</i>)	p.40
	3.3 Bâtiment 971 (Abri Pyro)	p.46
	3.3.1 Installations extérieures de protection foudre (<i>IEPF</i>)	p.46
	3.3.2 Installations intérieures de protection foudre (<i>IIPF</i>)	p.50
	3.4 Poste HT	p.52
	3.4.1 Installations extérieures de protection foudre (<i>IEPF</i>)	p.52
	3.4.2 Installations intérieures de protection foudre (<i>IIPF</i>)	p.56
4	ANNEXES	P.59
	4.1 Calcul des distances de séparation	p.60
	4.3 Calcul du courant de choc impulsionnel (<i>limp</i>)	p.64
	4.4 Règles d'installation des parafoudres	p.65

INVENTAIRE ET SYNTHÈSE DES TRAVAUX À RÉALISER

1.1 Détail des dispositifs à installer par bâtiments ou zones

Le tableau ci-dessous présente, pour chaque bâtiment ou zone, un inventaire des dispositifs de protection contre la foudre à mettre en œuvre, ainsi que leurs principales caractéristiques.

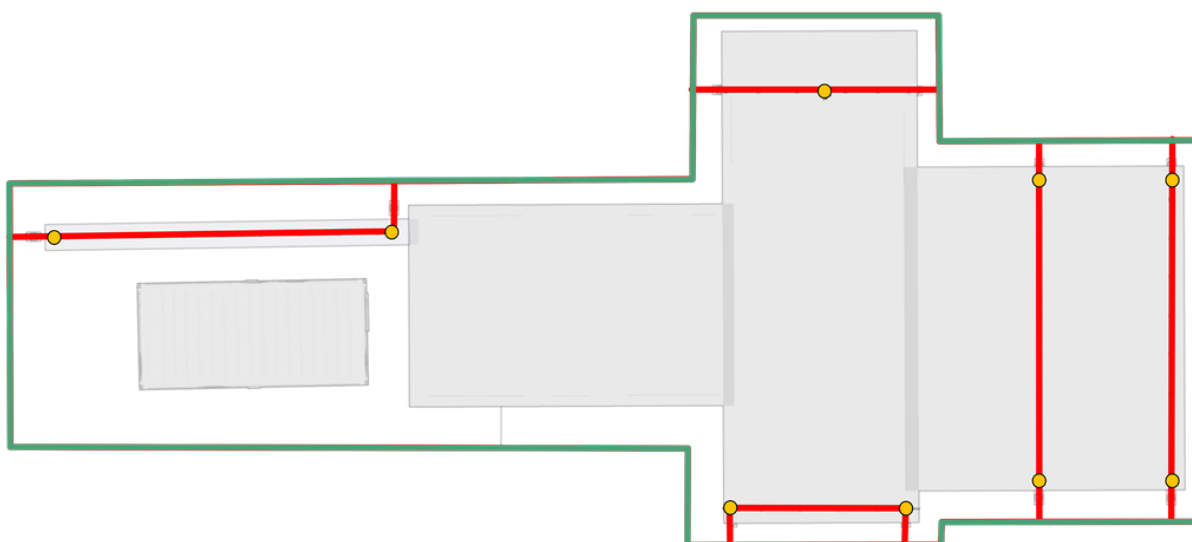
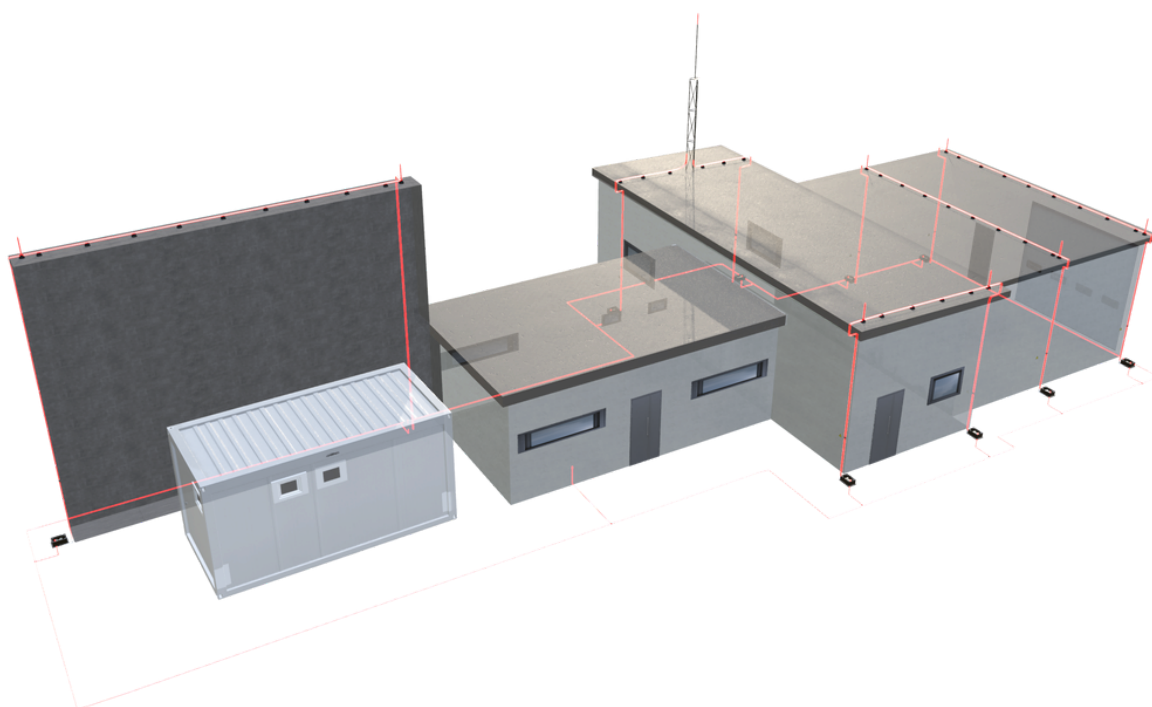
Option A

Bâtiment 784

Éléments	Quantité	Commentaires	Référence normative
Paratonnerre à tiges simple	9		NF EN IEC 62561-2
Conducteur de descente	–		NF EN IEC 62561-2
Dispositif de connexion	20		NF EN IEC 62561-1
Fixation conducteur de descente	89		NF EN IEC 62561-4
Pancarte d'avertissement	10		ISO 3864-1
Compteur coup de foudre	10		NF EN IEC 62561-6
Regard de visite	10		NF EN IEC 62561-5
Électrode de terre	–	Type B	NF EN IEC 62561-2
Parafoudres (liaison CFO)		Voir détail en 3.1.2	NF EN IEC 61643-11
Parafoudres (liaison CFA)		Voir détail en 3.1.2	NF EN IEC 61643-21

Cet inventaire est fourni à titre indicatif afin d'aider l'installateur à établir une première estimation. Il n'est pas exhaustif et pourra faire l'objet d'ajustements en fonction des contraintes réelles du chantier et des conditions de mise en œuvre.

L'installateur reste responsable de la vérification des quantités et de la conformité de son installation.



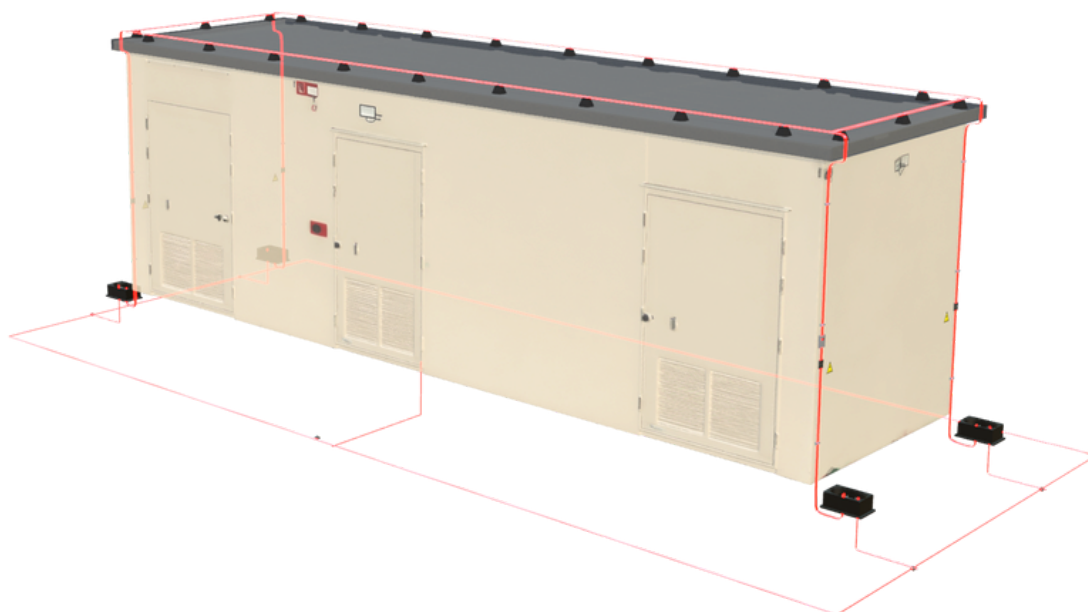
- Paratonnerre à tige simple
- Conducteur de descente
- Prise de terre

Poste HT

Éléments	Quantité	Commentaires	Référence normative
Dispositif de capture horizontal	–		NF EN IEC 62561-2
Conducteur de descente	–		NF EN IEC 62561-2
Dispositif de connexion	9		NF EN IEC 62561-1
Fixation conducteur de descente	36		NF EN IEC 62561-4
Regard de visite	4		NF EN IEC 62561-5
Pancarte d'avertissement	4		ISO 3864-1
Électrode de terre	–	Type B	NF EN IEC 62561-2
Compteur coup de foudre	1		NF EN IEC 62561-6
Parafoudre (Liaison CFO)	-	Voir détail en 3.42	NF EN IEC 61643-11
Parafoudre (Liaison CFA)	–	Voir détail en 3.4.2	NF EN IEC 61643-21

Cet inventaire est fourni à titre indicatif afin d'aider l'installateur à établir une première estimation. Il n'est pas exhaustif et pourra faire l'objet d'ajustements en fonction des contraintes réelles du chantier et des conditions de mise en œuvre.

L'installateur reste responsable de la vérification des quantités et de la conformité de son installation.



— Conducteur de descente + dispositif de capture horizontal

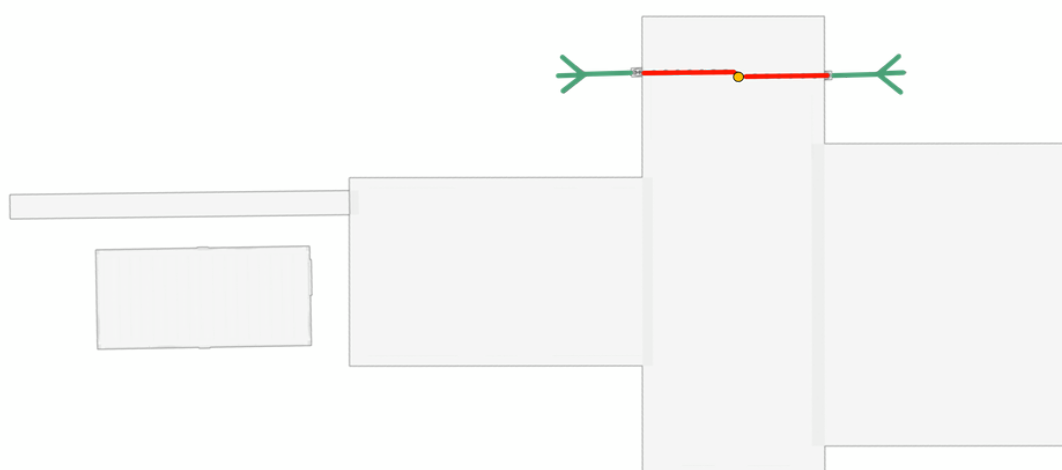
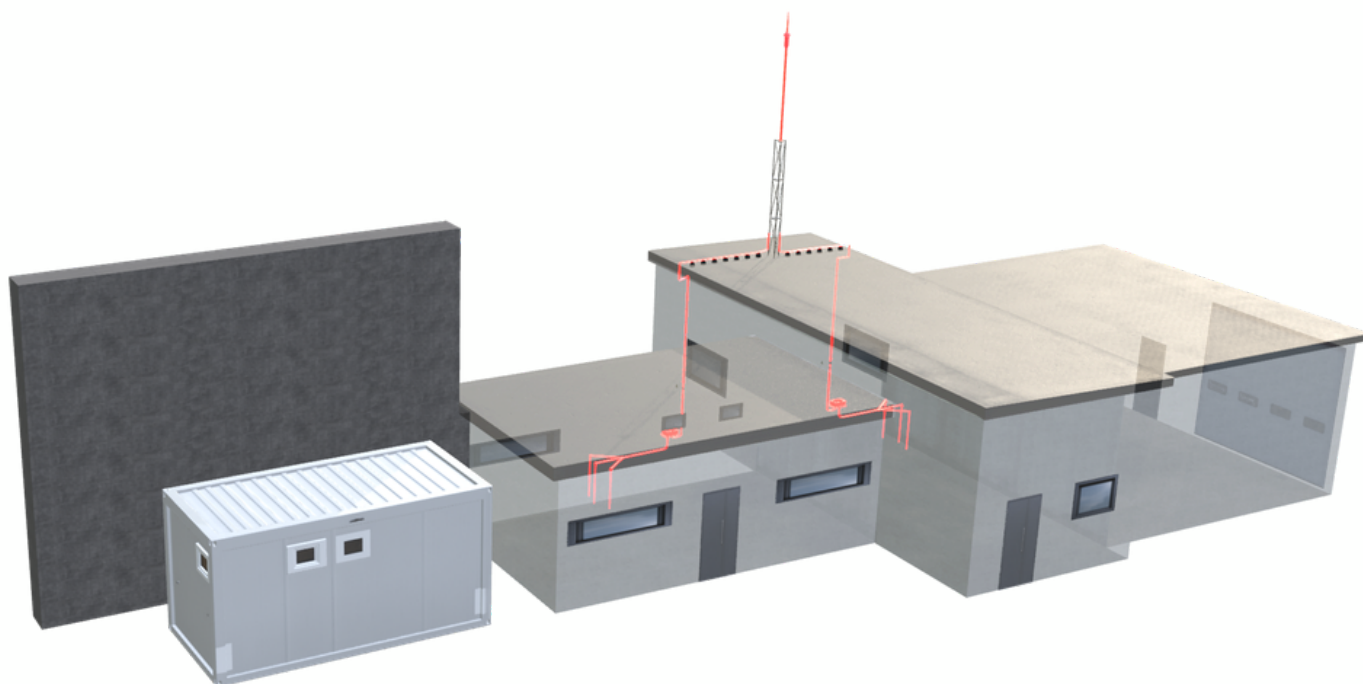
— Prise de terre

Option B**Bâtiments 784 + poste HT**

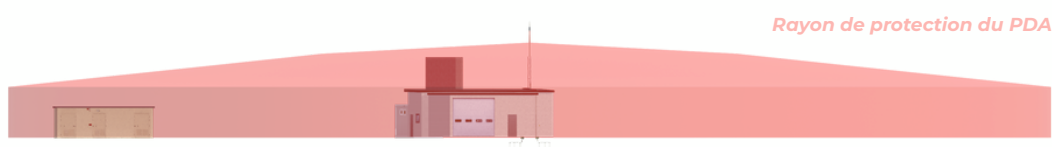
Éléments	Quantité	Commentaires	Référence normative
Paratonnerre à dispositif d'amorçage	1		NF EN IEC 62561-2 + NF C 17-102
Conducteur de descente	–		NF EN IEC 62561-2
Dispositif de connexion	2		NF EN IEC 62561-1
Fixation conducteur de descente	37		NF EN IEC 62561-4
Joint de contrôle	2		NF EN IEC 62561-1
Regard de visite	2		NF EN IEC 62561-5
Pancarte d'avertissement	2		ISO 3864-1
Fourreau de protection	2		NF EN IEC 62561-2
Compteur coup de foudre	1		NF EN IEC 62561-6
Parafoudre liaison CFO		Voir détail en 3.2.2	NF EN IEC 61643-11
Parafoudre liaison CFA		Voir détail en 3.2.2	NF EN IEC 61643-21

Cet inventaire est fourni à titre indicatif afin d'aider l'installateur à établir une première estimation. Il n'est pas exhaustif et pourra faire l'objet d'ajustements en fonction des contraintes réelles du chantier et des conditions de mise en œuvre.

L'installateur reste responsable de la vérification des quantités et de la conformité de son installation.



- Paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA)
- Conducteur de descente
- Prise de terre

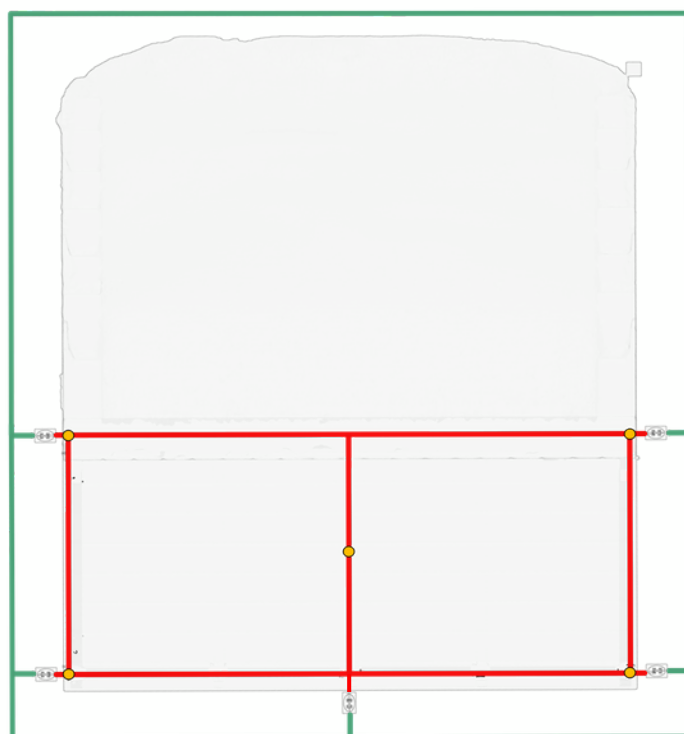
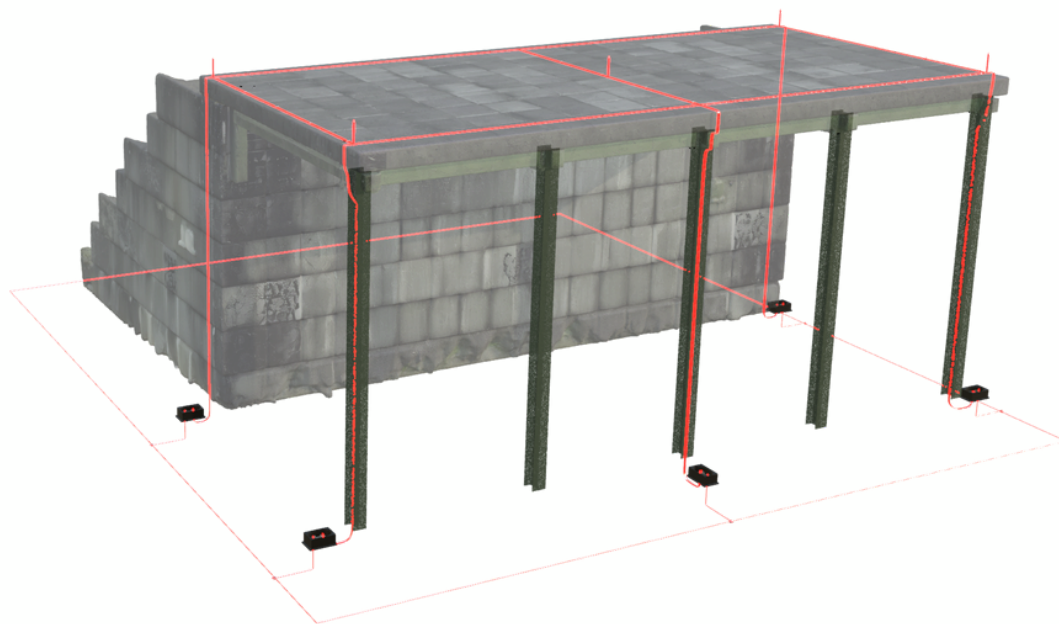


Bâtiments 971

Éléments	Quantité	Commentaires	Référence normative
Paratonnerre à tige simple	5	Aucun travaux à réaliser	NF EN IEC 62561-2
Conducteur de descente	–	Concerne uniquement les descentes verticales	NF EN IEC 62561-2
Dispositif de connexion	8		NF EN IEC 62561-1
Fixation conducteur de descente	24		NF EN IEC 62561-4
Regard de visite	5		NF EN IEC 62561-5
Pancarte d'avertissement	5		ISO 3864-1
Électrode de terre	–	Type B	NF EN IEC 62561-2
Compteur de courants impulsionnels	1		NF EN IEC 62561-6
Parafoudre (liaison CFO)		Voir détail en 3.3.2	NF EN IEC 61643-11
Parafoudre (Liaison CFA)		Voir détail en 3.3.2	NF EN IEC 61643-21

Cet inventaire est fourni à titre indicatif afin d'aider l'installateur à établir une première estimation. Il n'est pas exhaustif et pourra faire l'objet d'ajustements en fonction des contraintes réelles du chantier et des conditions de mise en œuvre.

L'installateur reste responsable de la vérification des quantités et de la conformité de son installation.



-  Paratonnerre à tige simple
-  Conducteur de descente
-  Prise de terre

1.2 Mesures de prévention

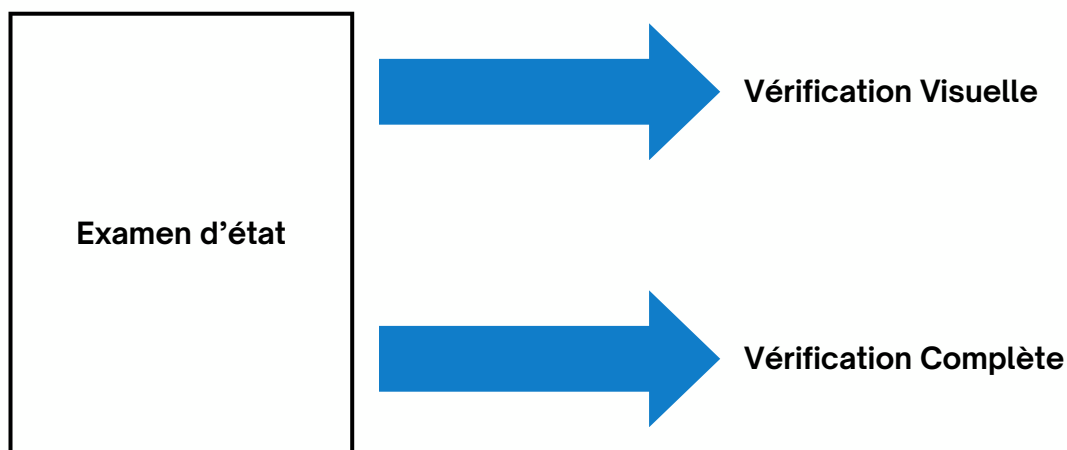
- ☒ Aucune Mesures de prévention
- ☐ Système de détection d'orage
- ☐ Service d'alerte d'activité orageuse
- ☐ AutresA renseigner.....

1.3 Démarche à entreprendre après travaux

- Conformément aux exigences de la norme *NF EN IEC 62305-3:2024* et de l'*Arrêté du 4 octobre 2010 modifié*, une fois les travaux achevés, l'installation devra faire l'objet d'une Première Vérification Complète Foudre (Visite Initiale).



- La mission citée ci-dessus devra être réalisée par un **organisme compétent** et **distinct** de l'installateur lors de la phase de visite initiale.
- Une fois la visite initiale effectuée pour **valider la conformité** de l'installation, en se référant aux exigences du cahier des charges. Des **vérifications visuelles et complètes** devront être réalisées périodiquement.



GÉNÉRALITÉS

2.1 Objet de la mission

L'étude technique a pour objectif de déterminer précisément les dispositifs de protection à mettre en œuvre sur l'ensemble des structures concernées, leurs modes d'installation, leurs localisations, ainsi que les modalités de leur vérification et de leur maintenance

Elle constitue également la base documentaire permettant la rédaction de la notice de vérification et maintenance, indispensable au suivi réglementaire du système de protection contre la foudre.

2.2 Rappel des niveaux de protection de l'ARF

Nom du bâtiment / structure	Risque calculé (R)	Fréquence des dommages (F)	Niveau de protection requis (I à IV)
Bâtiment 784 (PC Tir)	$878,21 \times 10^{-5} > \text{à } R_T$	$0,878 > \text{à } F_T$	Niveau I pour les IEPF Niveau I pour les IIPF
Bâtiment 971 (Abri pyro)	$28,33 \times 10^{-5} > \text{à } R_T$	$0,875 > \text{à } F_T$	Niveau I pour les IEPF Niveau I pour les IIPF
Poste HT	$91,49 \times 10^{-5} > \text{à } R_T$	$0,891 > \text{à } F_T$	Niveau I pour les IEPF Niveau I pour les IIPF
Module sanitaire	$0,004 \times 10^{-5} > \text{à } R_T$	$0,869 > \text{à } F_T$	–

IEPF : Installations extérieures de protection foudre

IIPF : Installations intérieures de protection foudre

Équipements Importants <i>(liés à la sécurité / MMR*)</i>	Équipements critiques <i>(Enjeux économiques et/ou continuité d'activité)</i>
• Détection incendie • Système pour extraction de fumée	• Onduleur • Baie informatique • Coffrets mesures • Caméras • Antennes de communication • Centrale de Traitement d'Air

*MMR : Mesures Maîtrise des Risques

Ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité

IEPF : Installations extérieures de protection foudre

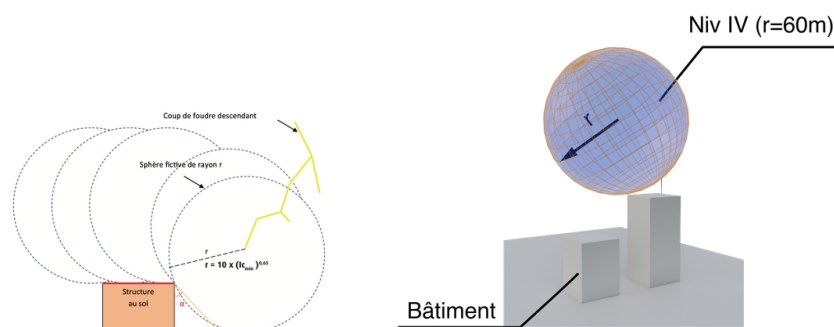
IIPF : Installations intérieures de protection foudre

2.3 Hypothèses de conception et méthodes utilisées

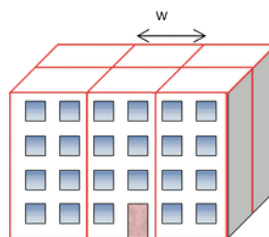
La conception du système de protection contre la foudre repose sur les principes de bases définis dans les normes **NF EN IEC 62305-3 et 4** et, la **NF C 17-102**

L'approche retenue applique les méthodes reconnues :

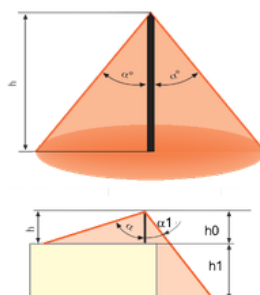
- Méthode de la sphère fictive, permettant de définir le volume protégé en fonction du rayon correspondant à la classe de protection (**Niv I à IV**).



- Méthode des mailles, adaptée aux toitures planes et structures complexes afin d'assurer la continuité du maillage de capture.



- Méthode de l'angle de protection (**α**), appliquée aux tiges simples selon la hauteur du dispositif et le niveau de protection.



Intégration des composants naturels Les composants naturels de la structure (charpentes métalliques, bardages conducteurs, massifs armés, réseaux enterrés, etc.) peuvent être intégrés au Système de Protection contre la Foudre (SPF) sous réserve que leur continuité électrique et leur épaisseur satisfassent rigoureusement aux exigences de la norme **NF EN IEC 62305-3:2024 (Article 5.2.5) et NF C 17-102 (Article 5.3.9.2)**

Réseau de descente et système de mise à la terre Les conducteurs de descente et le système de prises de terre sont conçus et dimensionnés selon la norme **NF EN IEC 62305-3:2024** pour garantir :

- L'écoulement sûr du courant de foudre vers le sol (Articles 5.3 et 5.4).
- Une résistance de prise de terre de faible valeur et adaptée aux caractéristiques du sol (Article 5.4).
- L'équipotentialité de foudre de l'ensemble de l'installation (Article 6.2).
- Le respect fondamental des distances de séparation (s) afin d'éviter tout étincelage dangereux, en appliquant de manière stricte les exigences de l'Annexe C (normative) relative aux structures abritant des matériaux explosifs.

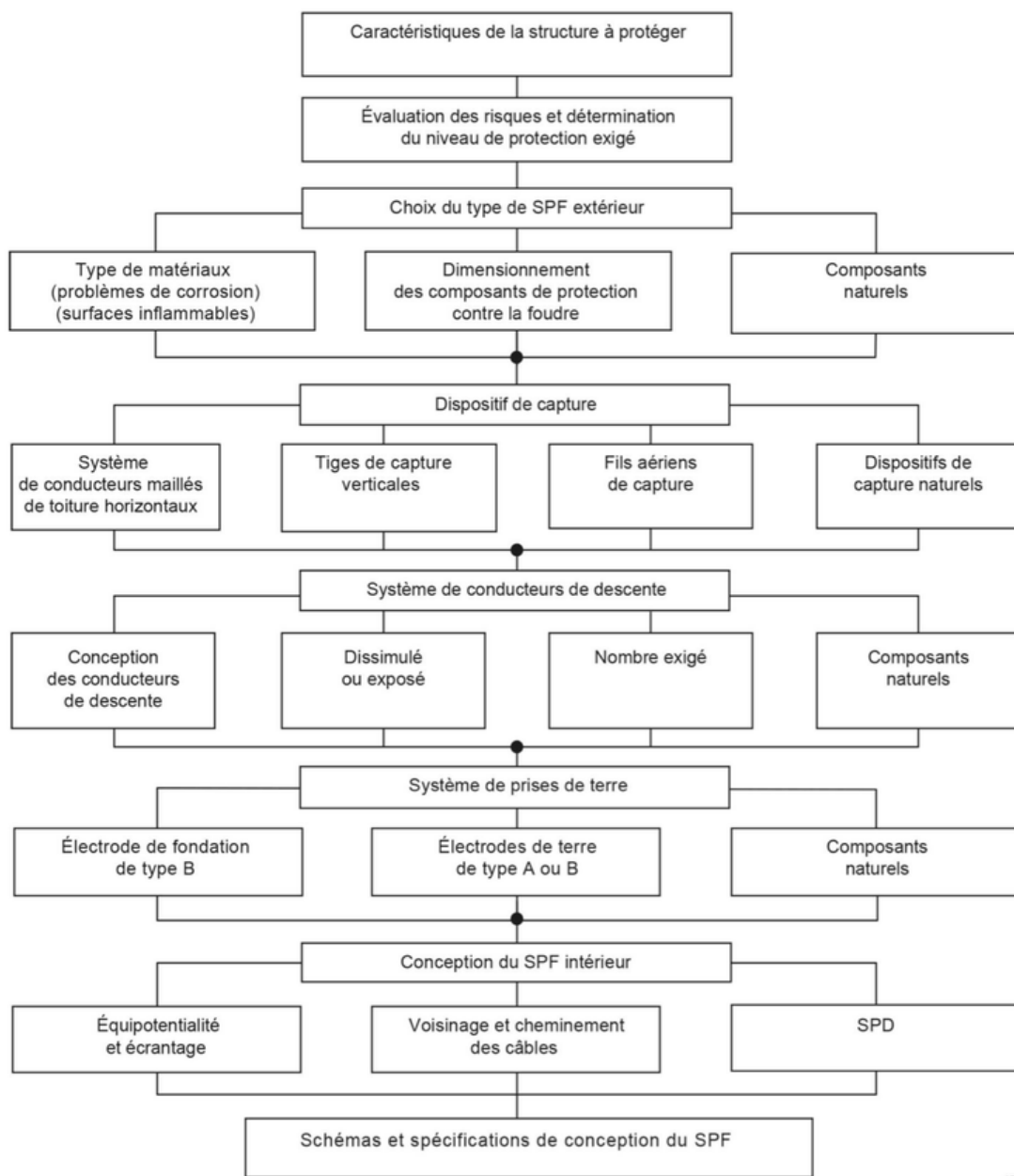
Système de protection par parafoudres coordonnés (SPD) Les dispositifs de protection contre les surtensions (SPD) sont dimensionnés, choisis et coordonnés conformément à la série de normes **NF EN IEC 62305** (notamment la partie 4, édition 2024), aux normes de la série **IEC 61643** (parties 12, 22, 32), au guide **UTE C 15-443** ainsi qu'à la norme **NF C 15-100-1** (parties 443 et 534).

Le dimensionnement du système de parafoudres est défini en fonction :

- Du Niveau de Protection Foudre (NPF) exigé par l'Analyse du Risque Foudre (ARF) ;
- De la tension de choc assignée (U_w) des équipements et des réseaux internes à protéger ;
- De la distance de protection effective entre le SPD et l'équipement (chute de tension inductive) ;
- Du schéma des liaisons à la terre (TT, TN-S, TN-C, IT) et des courants de court-circuit présumés du réseau ;
- De l'analyse de la répartition du courant de foudre prescrite par l'Annexe E de la norme NF EN IEC 62305-1:2024 et l'Annexe C de la norme NF EN IEC 62305-4:2024. Ainsi que par la méthode de calcul pour déterminer la valeur du courant de choc impulsionnel (I_{imp}) exigé pour les parafoudres de Type 1 en référence à la norme IEC 61643-12 (2020) et reprise par la FAQ QUALIFOUDRE V3.0.

Cette approche garantit un système de protection par parafoudres coordonnés parfaitement conforme, assurant l'intégrité des réseaux de puissance et de communication du site face aux impulsions électromagnétiques de foudre (IEMF).

Schème de conception d'un SPF selon la norme NF EN IEC 62305-3



IEC

Les interfaces ● exigent la coopération complète entre l'architecte, l'ingénieur et le concepteur du système de protection contre la foudre.

SPF: Système de Protection contre la Foudre
SPD : Surge Protection Device

2.4 Référentiels applicables

Références réglementaires applicables

- **Arrêté du 19 avril 2012** relatif aux normes d'installation intéressant les installations électriques des bâtiments destinés à recevoir des travailleurs

Référentiels normatifs :

Normes de base – Protection contre la foudre

- **NF EN IEC 62305-1, 3 et 4 (Éd. 3 – 2024)** : Principes généraux, protection des structures et des systèmes internes.

SPD & coordination

- **NF C 15-100-1 (Éd. 3 – 2024)** : Installations électriques basse tension – Sections 443 & 534.
- **IEC 61643-12 (Éd. 3 – 2024)** : SPD BT – Principes de sélection, coordination et installation.
- **IEC 61643-22 (Éd. 2 – 2015)** : SPD pour lignes de télécommunication et bus.
- **IEC 61643-32 (Éd.1 - 2017)** : SPD connectés au côté DC des installation photovoltaïques
- **Guide UTE C 15-443** : Application pratique des sections 443 & 534 de la NF C 15-100.

Normes produit – Composants de protection

- **NF EN IEC 62561-1 à 7** : Exigences pour les composants du système de protection foudre (conducteurs, connexions, électrodes, compteurs, fixations...).
- **NF EN IEC 61643-11 / 21 / 31 / 41** : SPD AC, télécommunication, photovoltaïque et circuits DC.
- **TS IEC 62561-8** : Exigences pour les composants de système isolé
- **NF EN IEC 62793** : Exigences pour les détecteurs d'orage

Documents complémentaires :

- **FAQ QUALIFOUDRE V3.0 (INERIS)** – Dispositions interprétatives relatives à l'application des exigences réglementaires
- **Rapport OMEGA-3** décembre 2025 : 230701 - 2821601 - v1.0

2.5 Documents examinés

Nom du document	Référence	Organisme	Date
Cahier des Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P.) Lot 4 : Électricité CVC Plomberie Modulaire Sanitaires	BGA-18-BOURGES-DGA-TT-B-POL-CHENE-Remise-service-MTO	Service d'Infrastructure de la Défense (SID) Nord-Ouest	05/2026
Descriptif Technique de l'Opération	Réhabilitation d'une ancienne position d'essais sur le site de DGA-TT Bourges	Direction Générale de l'Armement (DGA-TT)	12/2025
Plan d'Exécution Historique PL:3 - P.C. de tirs - Ligne de tirs LRM 2	Plan D.T.A.T. / E.T.B.S. / B.M. 5483	Direction Technique des Armements Terrestres (D.T.A.T.) [Image 1]	15/05/1979
Demande de renseignement pyrotechnique pour CCHE (Courriel de coordination)	Fil de discussion de messagerie - Réf. interne SID	DGA-TT / Division Sûreté Pyrotechnique	17 /12/2025
Plan de Masse - Implantation des Structures de la Position (Futur)	Planche graphique d'exécution générale - USID Avord-Bourges	Service d'Infrastructure de la Défense (SID)	2025 / 2026
Plan d'Implantation RDC - Bâtiment 0971 (Abri Munitions)	Plan de structure 45 m ² - USID Avord-Bourges	Service d'Infrastructure de la Défense (SID)	2025 / 2026
Plan d'Implantation État Futur - Bâtiment 1191 (PC de tirs / Mesures)	Planche graphique d'exécution - USID Avord-Bourges	Service d'Infrastructure de la Défense (SID)	2025 / 2026
Plan des Installations Électriques (CFO) - Bâtiment 1191	Planche d'implantation des appareillages - USID Avord-Bourges	Service d'Infrastructure de la Défense (SID)	2025 / 2026
Plan Courant Faible et Mesures (CFa / Réseau Vidéo) - Bâtiment 1191	Planche de cheminement des mesures - USID Avord-Bourges	Service d'Infrastructure de la Défense (SID)	2025 / 2026

Nom du document	Référence	Organisme	Date
Plan de Sécurité Incendie - Bâtiment 1191	Planche de répartition des BAES / Centrale - USID Avord-Bourges	Service d'Infrastructure de la Défense (SID)	2025 / 2026
Plan de Chauffage, Ventilation et Climatisation (CVC) - Bâtiment 1191	Planche d'implantation CTA / Multi-splits - USID Avord- Bourges	Service d'Infrastructure de la Défense (SID)	2025 / 2026
Synthèse de l'Étude de Dangers (EDD) - Position du Champ du Chêne	Rapport d'analyse des risques accidentels	Organisme agréé d'Expertise de Sûreté Pyrotechnique	2025 / 2026
Étude de suppression et cartographie d'effets du Pas de Tir - V2	champ du chene SURP P de tir 1 - V2.pdf	Organisme d'expertise pyrotechnique	2025 / 2026
Étude de suppression et cartographie d'effets des Alvéoles - V2	champ du chene SURP alv 1 - V2.pdf	Organisme d'expertise pyrotechnique	2025 / 2026
Étude de projection d'éclats du Pas de Tir - V2	champ du chene pro P de tir 1 - V2.pdf	Organisme d'expertise pyrotechnique	2025 / 2026
Étude de projection d'éclats des Alvéoles - V2	champ du chene pro alv 1 - V2.pdf	Organisme d'expertise pyrotechnique	2025 / 2026
Étude de projection d'éclats de la Zone d'Alvéoles - V2	champ du chene pro alv Z 1 - V2.pdf	Organisme d'expertise pyrotechnique	2025 / 2026
Cartographie des zones d'éclats rasants de l'Abri - V2	ZONE Abris ecclat 1 - V2.pdf	Organisme d'expertise pyrotechnique	2025 / 2026

2.6 Limites

Les résultats reposent sur les hypothèses et conditions connues à ce jour (déclarations de l'exploitant, plans fournis, nature des équipements de continuité de service) ; toute modification du site, de ses installations ou de son environnement nécessitera la mise à jour de l'analyse du risque foudre et de l'étude technique associée

Liste des documents essentiels non présentés

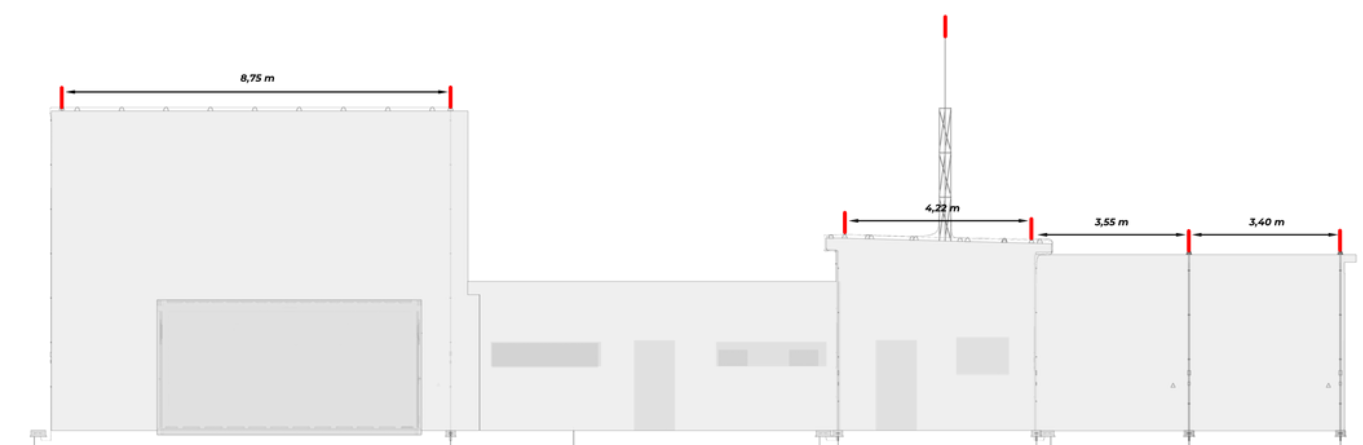
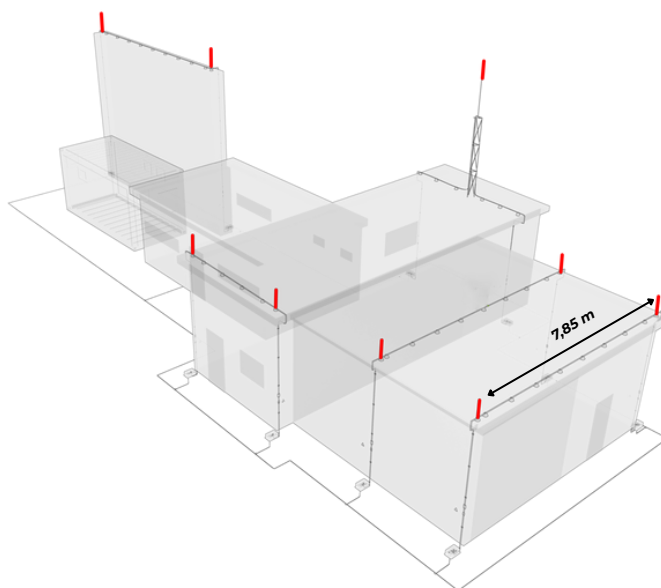
- Implantation exacte des équipements en toiture et en façade non communiquée à ce stade de l'étude
- Absence de plan permettant de localiser les armoires électriques
- Fiches techniques des équipements non communiquées
- Note de calculs partie ELEC non disponible
- Synoptique de distribution ELEC non disponible
- Implantation du coffret général du bâtiment 971 non communiquée

DÉTAIL DES TRAVAUX À EFFECTUER

3.1 Bâtiment 784 (PC Tir) - Option A

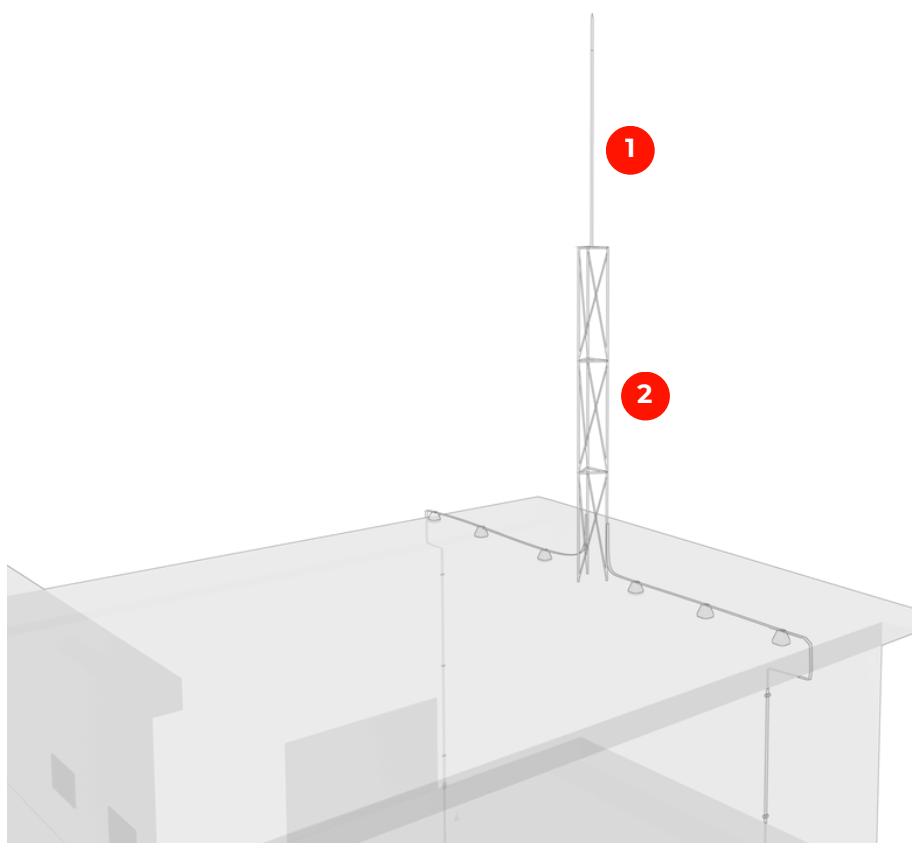
3.1.1 Installations extérieures de protection foudre (IEPF)

Dispositif de capture ●	
Paratonnerre à tige simple	PTS
Hauteur	0,5 m
Quantité	9

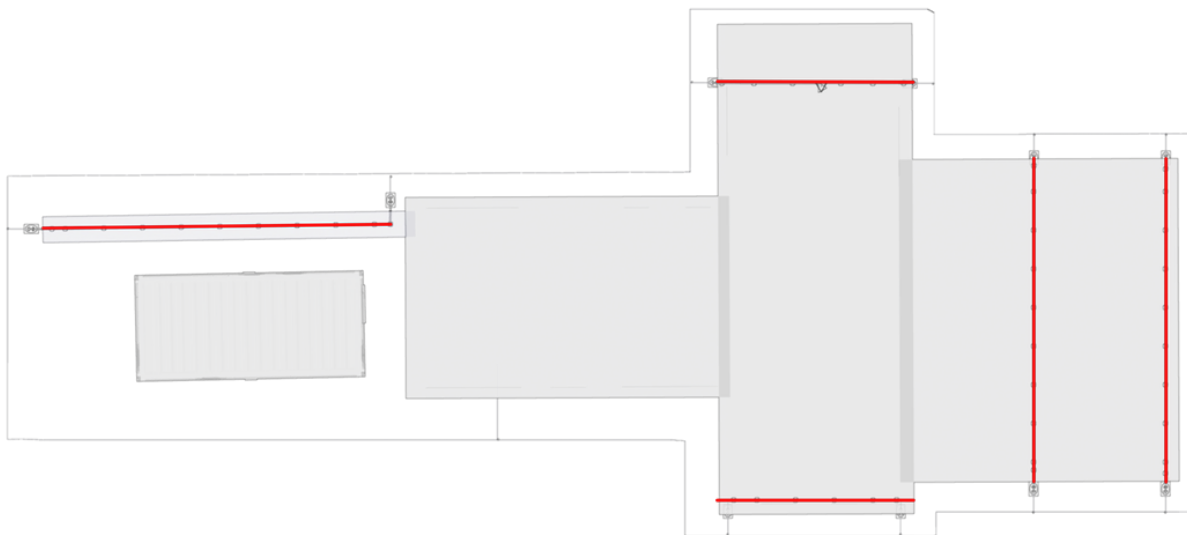
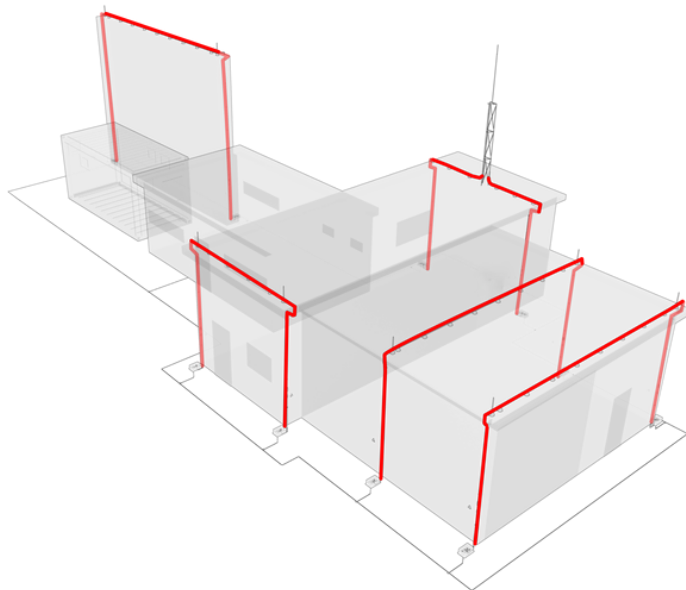


Composants naturels	
Éléments concernés	1 et 2
Section	> 50 mm ²
Matériau	Acier

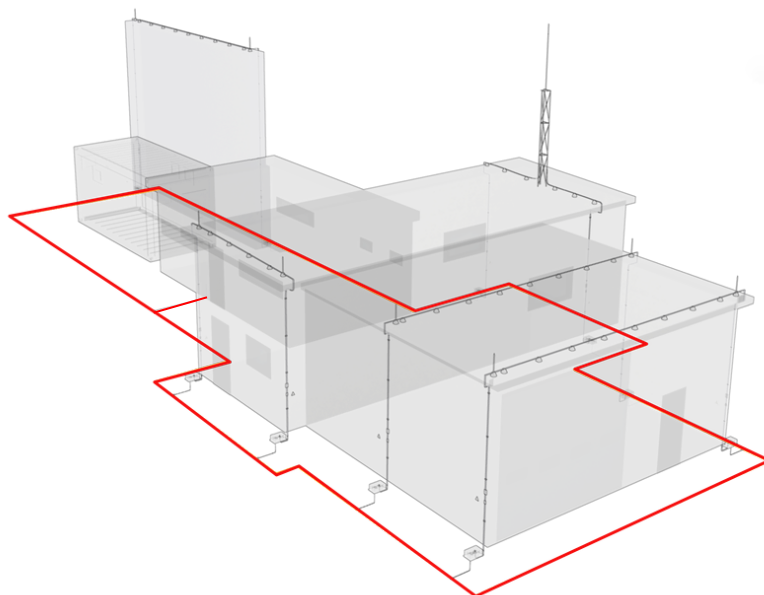
Les éléments métalliques de structure présentant une section suffisante seront utilisés comme composants naturels du système de protection contre la foudre conformément aux exigences de la NF EN IEC 62305-3.



Conducteurs de descente	
Configuration	Méplat
Section	$\geq 50 \text{ mm}^2$ (30x2 mm)
Matériau	Cuivre étamé
Fixation du conducteur	1 point par m

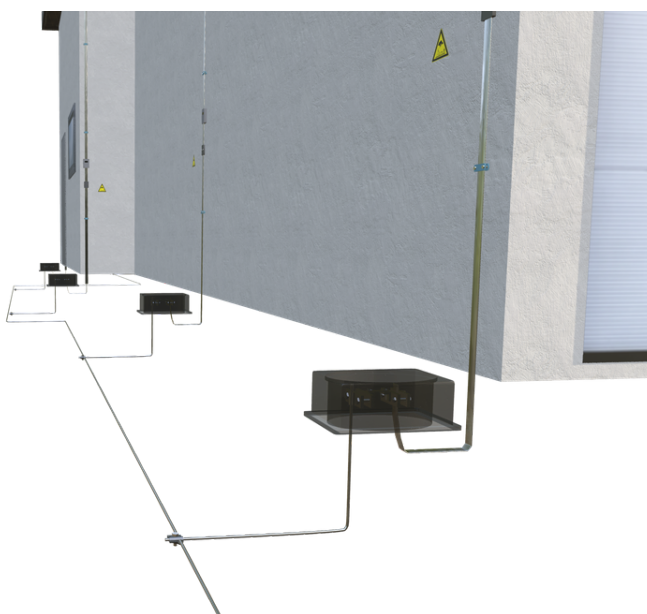


Prise de terre	
Type	B
Électrode de terre	
Configuration	Rond plein
Section	$\geq 50 \text{ mm}^2$
Matériau	Cuivre



Une prise de terre de type B sera réalisée en périphérie du bâtiment afin d'assurer la dissipation du courant de foudre vers le sol et l'équipotentialité du système de protection. L'électrode de terre devra être implantée à environ 1 m des façades extérieures de l'ouvrage et enterrée à une profondeur minimale de 0,50 m.

Un regard de visite devra être mis en place au droit de chaque liaison entre l'électrode de terre et le conducteur de descente afin de permettre les opérations de contrôle, de vérification et de maintenance.



Mesure de protection contre les tensions de pas et de contact

- La mise en place de pancartes au pied de chaque poteau utilisé comme conducteur des descentes, interdisant toute approche à moins de 3 m en période orageuse, sera nécessaire.



Enregistrement des agressions foudre

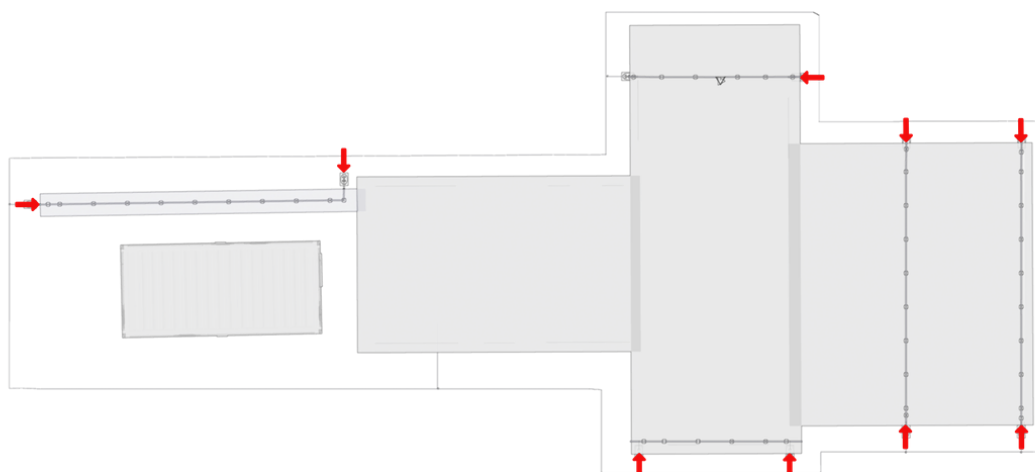
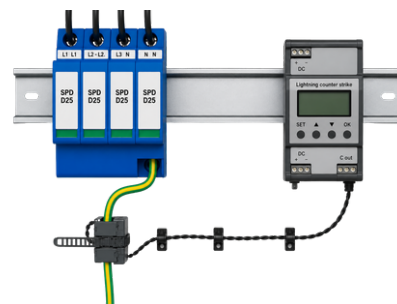
- **Option 1 :** Service télécomptage

Ou

- **Option 2 :** Installer compteur de courants impulsionnels dans le TGBT avec les parafoudres

Ou

- **Option 3 :** Installer des compteurs d'impact aux emplacements suivants :



3.1.2 Installations intérieures de protection foudre (IIPF)

Caractéristiques des parafoudres

- **Liaisons courant fort (CFO)**

1 TD circuits non prioritaires (*Réseau 3x400+N ; SLT = TN ; Ik3 = non communiqué*)

- SPD de **type 1** au niveau du général de l'armoire

- **limp** 12,5 kA
- **Up** ≤ 2,5 kV
- **Tenue au CC** ≥ Ik3
- **Déconnecteur** : choisi selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

2 TD circuits ondulés (*Réseau 3x400+N ; SLT = TN ; Ik3 = non communiqué*)

SPD de **type 1** au niveau du général de l'armoire

- **limp** 12,5 kA
- **Up** ≤ 2,5 kV
- **Tenue au CC** ≥ Ik3
- **Déconnecteur** : choisi selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

3 Unités climatisation (*Réseau 3x400+N ; SLT = TN ; Ik3 = non communiqué*)

SPD de **type 2** aux points d'entrée des câbles (*caractéristiques uniquement valable si équipement en ZPF0B et non interconnecté avec un conducteur de descente*)

- **Up** ≤ 2,5 kV
- **In** ≥ 10 kA
- **Tenue au CC** ≥ Ik3
- **Déconnecteur** : choisi selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

4 Éclairages extérieurs en façade (Réseau monophasé 230V ; SLT = TN ; Ik1 = non communiqué)

SPD de **type 2** au point d'entrée du câble (caractéristiques uniquement valable si équipement en ZPF0B et non interconnecté avec un conducteur de descente)

- **Up** $\leq 2,5\text{kV}$
- **In** $\geq 10\text{ kA}$
- **Tenue au CC** $\geq \text{Ik1}$
- **Déconnecteur** selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

5 Extracteur fumée froide (Réseau monophasé 230V ; SLT = TN ; Ik1 = non communiqué)

SPD de **type 2** au point d'entrée du câble (caractéristiques uniquement valable si équipement en ZPF0B et non interconnecté avec un conducteur de descente)

- **Up** $\leq 2,5\text{kV}$
- **In** $\geq 10\text{ kA}$
- **Tenue au CC** $\geq \text{Ik1}$
- **Déconnecteur** selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

6 Coffret prises HYPRA 63A (Réseau monophasé 230V ; SLT = TN ; Ik1 = non communiqué)

SPD de **type 2** au point d'entrée du câble (caractéristiques uniquement valable si équipement en ZPF0B et non interconnecté avec un conducteur de descente)

- **Up** $\leq 2,5\text{kV}$
- **In** $\geq 10\text{ kA}$
- **Tenue au CC** $\geq \text{Ik1}$
- **Déconnecteur** selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

7 Alarme incendie (Réseau monophasé 230V ; SLT = TN ; Ik1 = non communiqué)

SPD de **type 2** directement raccordé aux bornes de l'équipement

- **Up** $\leq 1,5\text{kV}$
- **Tenue au CC** $\geq \text{Ik1}$
- **Déconnecteur** selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

8 Baie info (Réseau monophasé 230V ; SLT = TN ; Ik1 = non communiqué)

SPD de **type 2** directement raccordé aux bornes de l'équipement

- **Up** $\leq 1,5\text{kV}$
- **Tenue au CC** $\geq Ik1$
- **Déconnecteur** selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

9 Onduleur (Réseau 3x400V + N ; SLT = TN ; Ik3 = non communiqué)

SPD de **type 2** directement raccordé aux bornes de l'équipement

- **Up** $\leq 1,5\text{kV}$
- **Tenue au CC** $\geq Ik1$
- **Déconnecteur** selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

- **Liaisons courant faible / Télécommunication**

1 Antennes VHF YAGI

SPD de **catégorie D1** au point d'entrée du câble

- **$I_{imp} \geq 2,5$ kA**
- **U_n** : Compatible avec le signal transmis
- **$U_p \leq$** Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD**: validée selon déclarations du fabricant

2 Caméras

SPD de **catégorie D1** au point d'entrée du câble

- **$I_{imp} \geq 2,5$ kA**
- **U_n** : Compatible avec le signal transmis
- **$U_p \leq$** Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD**: validée selon déclarations du fabricant

3 Liaison "barrière d'accès" - Potelet + portier

SPD de **catégorie D1** au point d'entrée du câble

- **$I_{imp} \geq 2,5$ kA**
- **U_n** : Compatible avec le signal transmis
- **$U_p \leq$** Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD**: validée selon déclarations du fabricant

4 Liaison Haut-Parleur IP depuis le bâtiment 971

SPD de **catégorie D1** au point d'entrée du câble

- **$I_{imp} \geq 2,5$ kA**
- **U_n** : Compatible avec le signal transmis
- **$U_p \leq$** Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD**: validée selon déclarations du fabricant

5 Liaison Haut-Parleur IP depuis le pas de tir

SPD de **catégorie DI** au point d'entrée du câble

- **limp** $\geq 2,5$ kA
- **Un** : Compatible avec le signal transmis
- **Up** $\leq$ Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD**: validée selon déclarations du fabricant

6 Coffret "Mesures de niches" - liaison 4 lignes coaxiales BNC 50 Ω , 4 lignes Jaeger 6 broches (FM4)

SPD de **catégorie DI** au point d'entrée du câble

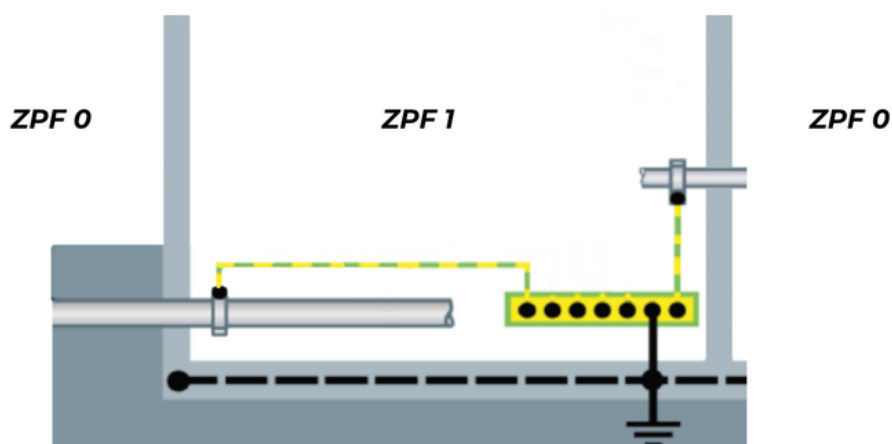
- **limp** $\geq 2,5$ kA
- **Un** : Compatible avec le signal transmis
- **Up** $\leq$ Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD**: validée selon déclarations du fabricant

Liaisons équipotentielle

► Canalisations conductrices :

- Fluide frigorigène en cuivre
- Conduits aérauliques en acier galvanisé

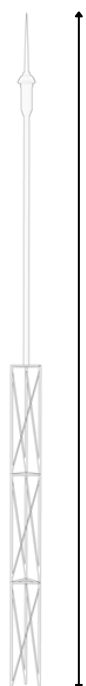
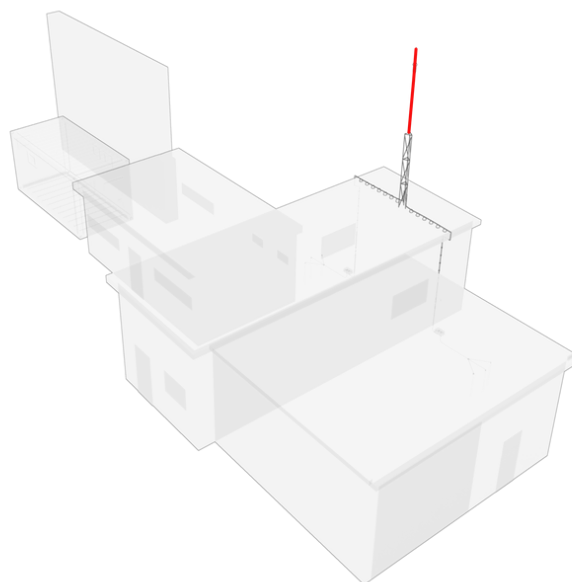
L'interconnexion des canalisations conductrices entrantes devra être réalisée au point de pénétration au moyen d'un dispositif de connexion conforme à la norme NF EN IEC 62561-1. Le raccordement sera assuré par un conducteur en cuivre de section minimale de 16 mm².



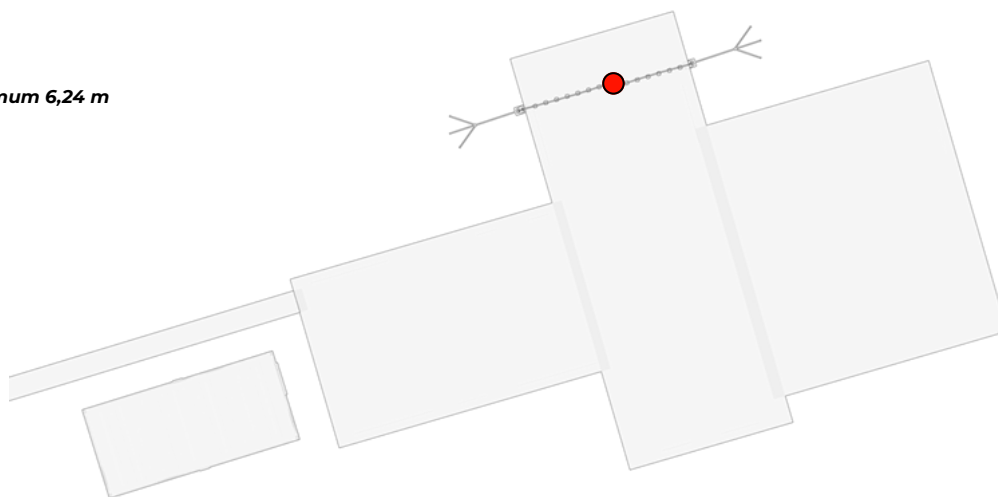
3.2 Bâtiment 784 (PC Tir) - Option B

3.2.1 Installations extérieures de protection foudre (IEPF)

Dispositif de capture ●	
Paratonnerre	PDA
Avance à l'amorçage	60 μ s
Hauteur totale	6,24 m
Quantité	1



minimum 6,24 m



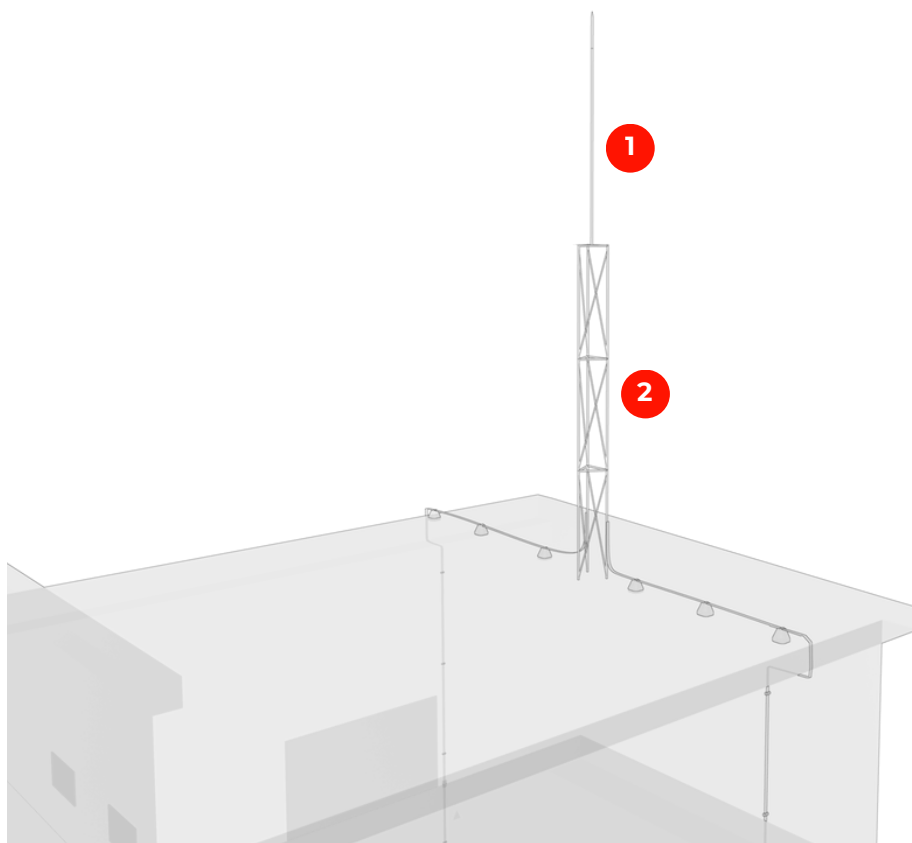
Volume protégé	
Surface protégée	15 237 m2



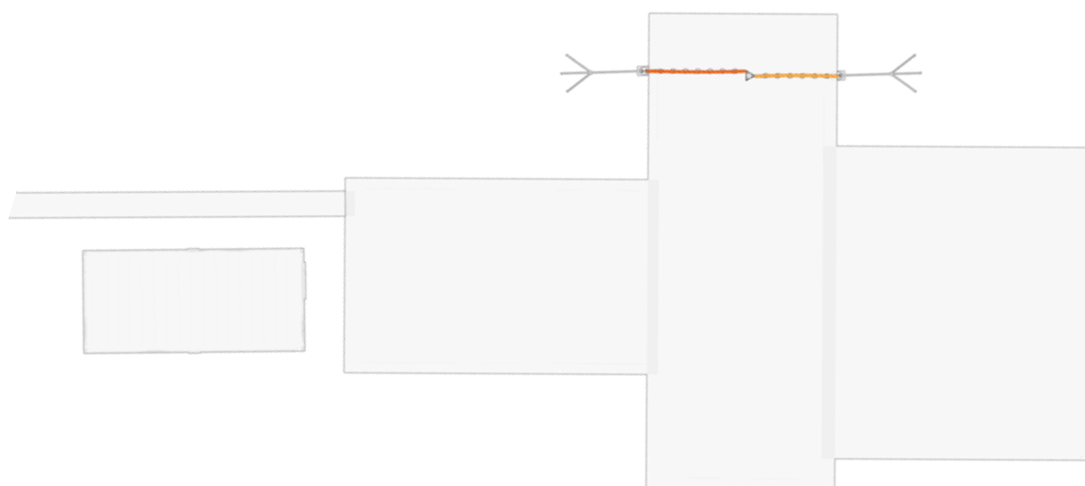
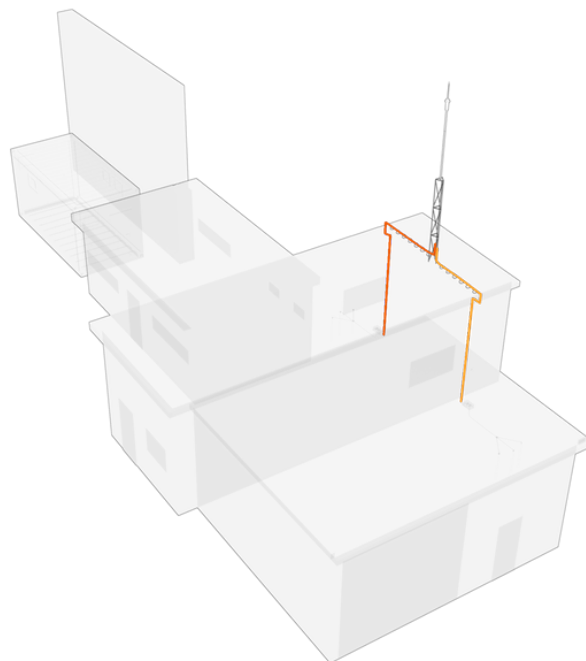
Avec cette configuration, le poste haute tension est protégé par le rayon de protection du PDA.

Composants naturels	
Éléments concernés	1 et 2
Section	> 50 mm ²
Matériau	Acier

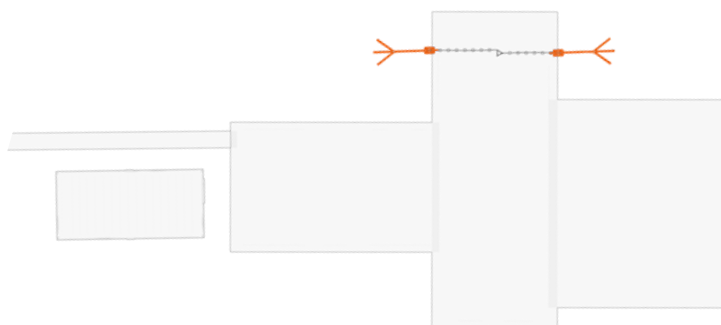
Les éléments métalliques de structure présentant une section suffisante seront utilisés comme composants naturels du système de protection contre la foudre conformément aux exigences de la NF C 17-102 .



Conducteurs de descente	
Configuration	Méplat
Section	$\geq 50 \text{ mm}^2$
Matériau	Cuivre étamé
Fixation du conducteur	Tous les 33 cm
Fourreau de protection	2m depuis le sol

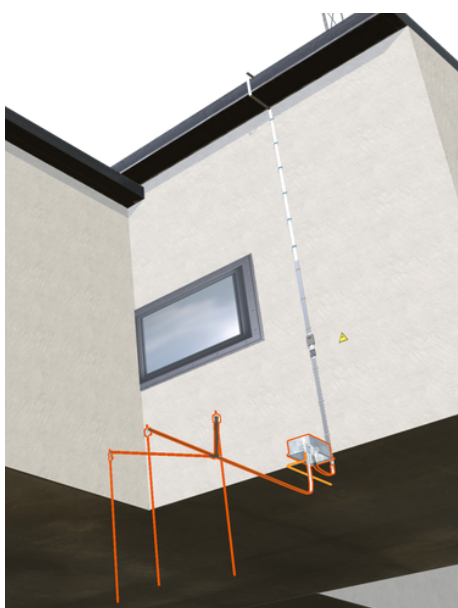


Prise de terre	
Type	A
Électrode de terre	
Configuration	Rond plein ou ruban plein
Section	$\geq 50 \text{ mm}^2$ ($\varnothing 10\text{mm}$)
Matériau	Cuivre / Cuivre étamé



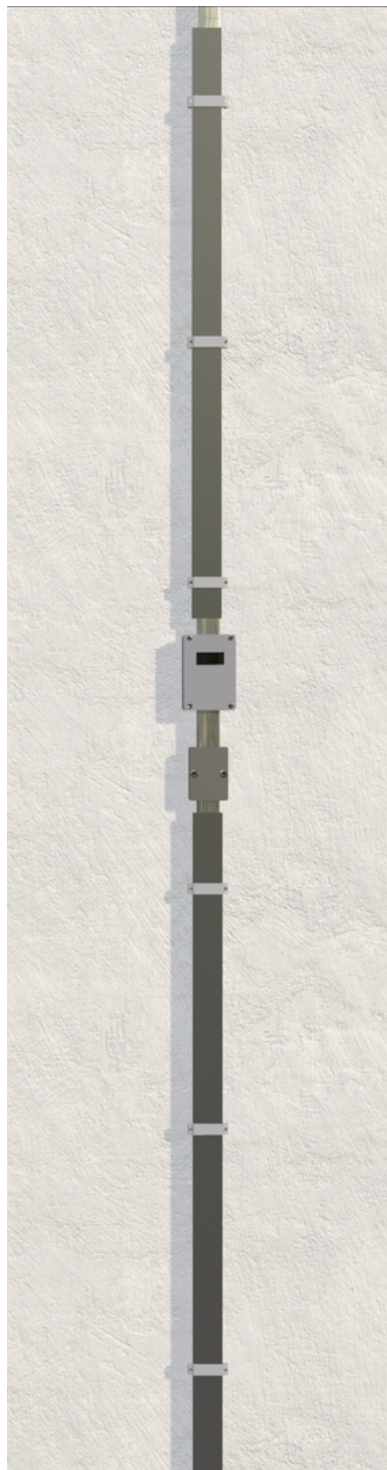
Des prises de terre de type A seront réalisées au droit de chaque conducteur de descente afin d'assurer la dissipation rapide et localisée du courant de foudre vers le sol. Chaque prise de terre individuelle sera constituée d'électrodes verticales (piquets de terre d'une longueur minimale cumulée conforme à la classe de protection) ou d'électrodes horizontales (conducteurs radiaux en patte d'oie), enterrées à une profondeur minimale de 0,50 m et espacées des fondations de l'ouvrage.

Un regard de visite abritant une borne d'essai ou un joint de contrôle devra être mis en place à la jonction de chaque conducteur de descente et de sa prise de terre individuelle, afin de permettre l'isolement du réseau pour les opérations obligatoires de contrôle, de vérification de conformité et de mesure de résistance.



Mesure de protection contre les tensions de pas et de contact

- La mise en place de pancartes au pied de chaque poteau utilisé comme conducteur des descentes, interdisant toute approche à moins de 3 m en période orageuse, sera nécessaire.



Enregistrement des agressions foudre

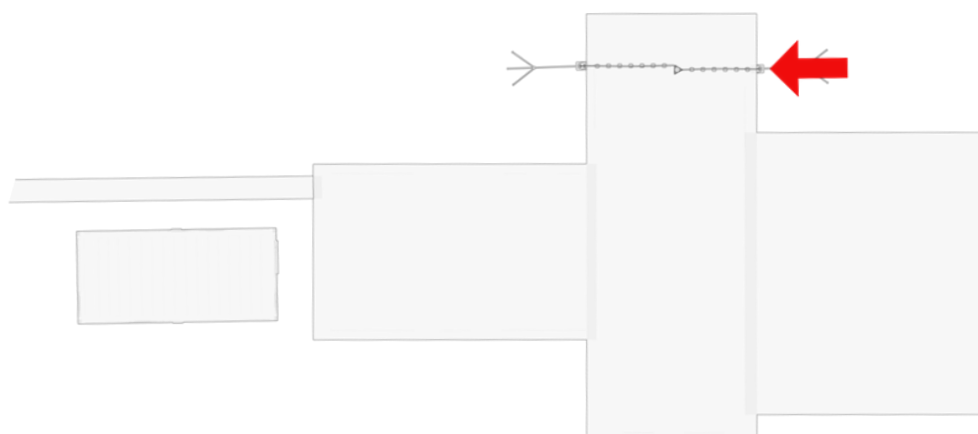
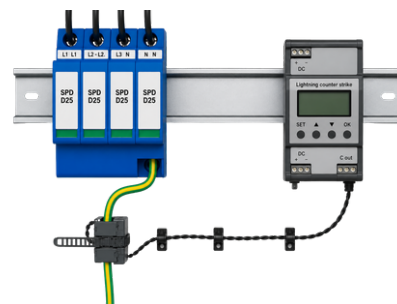
- **Option 1 :** Service télécomptage

Ou

- **Option 2 :** Installer compteur de courants impulsionnels dans le TGBT avec les parafoudres

Ou

- **Option 3 :** Installer un compteur d'impact sur la descente la plus courte :



3.2.2 Installations intérieures de protection foudre (IIPF).

Caractéristiques des parafoudres

- **Liaisons courant fort (CFO)**

1 TD circuits non prioritaires (*Réseau 3x400+N ; SLT = TN ; Ik3 = non communiqué*)

- SPD de **type 1** au niveau du général de l'armoire

- **limp** 12,5 kA
- **Up** ≤ 2,5 kV
- **Tenue au CC** ≥ Ik3
- **Déconnecteur** : choisi selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

2 TD circuits ondulés (*Réseau 3x400+N ; SLT = TN ; Ik3 = non communiqué*)

SPD de **type 1** au niveau du général de l'armoire

- **limp** 12,5 kA
- **Up** ≤ 2,5 kV
- **Tenue au CC** ≥ Ik3
- **Déconnecteur** : choisi selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

3 Unités climatisation (*Réseau 3x400+N ; SLT = TN ; Ik3 = non communiqué*)

SPD de **type 2** aux points d'entrée des câbles (*caractéristiques uniquement valable si équipement en ZPF0B et non interconnecté avec un conducteur de descente*)

- **Up** ≤ 2,5 kV
- **In** ≥ 10 kA
- **Tenue au CC** ≥ Ik3
- **Déconnecteur** : choisi selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

4 Éclairages extérieurs en façade (Réseau monophasé 230V ; SLT = TN ; Ik1 = non communiqué)

SPD de **type 2** au point d'entrée du câble (caractéristiques uniquement valable si équipement en ZPF0B et non interconnecté avec un conducteur de descente)

- **Up** $\leq 2,5\text{kV}$
- **In** $\geq 10\text{ kA}$
- **Tenue au CC** $\geq \text{Ik1}$
- **Déconnecteur** selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

5 Extracteur fumée froide (Réseau monophasé 230V ; SLT = TN ; Ik1 = non communiqué)

SPD de **type 2** au point d'entrée du câble (caractéristiques uniquement valable si équipement en ZPF0B et non interconnecté avec un conducteur de descente)

- **Up** $\leq 2,5\text{kV}$
- **In** $\geq 10\text{ kA}$
- **Tenue au CC** $\geq \text{Ik1}$
- **Déconnecteur** selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

6 Coffret prises HYPRA 63A (Réseau monophasé 230V ; SLT = TN ; Ik1 = non communiqué)

SPD de **type 2** au point d'entrée du câble (caractéristiques uniquement valable si équipement en ZPF0B et non interconnecté avec un conducteur de descente)

- **Up** $\leq 2,5\text{kV}$
- **In** $\geq 10\text{ kA}$
- **Tenue au CC** $\geq \text{Ik1}$
- **Déconnecteur** selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

7 Alarme incendie (Réseau monophasé 230V ; SLT = TN ; Ik1 = non communiqué)

SPD de **type 2** directement raccordé aux bornes de l'équipement

- **Up** $\leq 1,5\text{kV}$
- **Tenue au CC** $\geq \text{Ik1}$
- **Déconnecteur** selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

8 Baie info (Réseau monophasé 230V ; SLT = TN ; Ik1 = non communiqué)

SPD de **type 2** directement raccordé aux bornes de l'équipement

- **Up** $\leq 1,5\text{kV}$
- **Tenue au CC** $\geq Ik1$
- **Déconnecteur** selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

9 Onduleur (Réseau 3x400V + N ; SLT = TN ; Ik3 = non communiqué)

SPD de **type 2** directement raccordé aux bornes de l'équipement

- **Up** $\leq 1,5\text{kV}$
- **Tenue au CC** $\geq Ik1$
- **Déconnecteur** selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

- **Liaisons courant faible / Télécommunication**

1 Antennes VHF YAGI

SPD de **catégorie D1** au point d'entrée du câble

- **$I_{imp} \geq 2,5$ kA**
- **U_n** : Compatible avec le signal transmis
- **$U_p \leq$** Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD**: validée selon déclarations du fabricant

2 Caméras

SPD de **catégorie D1** au point d'entrée du câble

- **$I_{imp} \geq 2,5$ kA**
- **U_n** : Compatible avec le signal transmis
- **$U_p \leq$** Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD**: validée selon déclarations du fabricant

3 Liaison "barrière d'accès" - Potelet + portier

SPD de **catégorie D1** au point d'entrée du câble

- **$I_{imp} \geq 2,5$ kA**
- **U_n** : Compatible avec le signal transmis
- **$U_p \leq$** Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD**: validée selon déclarations du fabricant

4 Liaison Haut-Parleur IP depuis le bâtiment 971

SPD de **catégorie D1** au point d'entrée du câble

- **$I_{imp} \geq 2,5$ kA**
- **U_n** : Compatible avec le signal transmis
- **$U_p \leq$** Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD**: validée selon déclarations du fabricant

5 Liaison Haut-Parleur IP depuis le pas de tir

SPD de **catégorie D1** au point d'entrée du câble

- **limp** $\geq 2,5$ kA
- **Un** : Compatible avec le signal transmis
- **Up** $\leq$ Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD**: validée selon déclarations du fabricant

6 Coffret "Mesures de niches" - liaison 4 lignes coaxiales BNC 50 Ω , 4 lignes Jaeger 6 broches (FM4)

SPD de **catégorie D1** au point d'entrée du câble

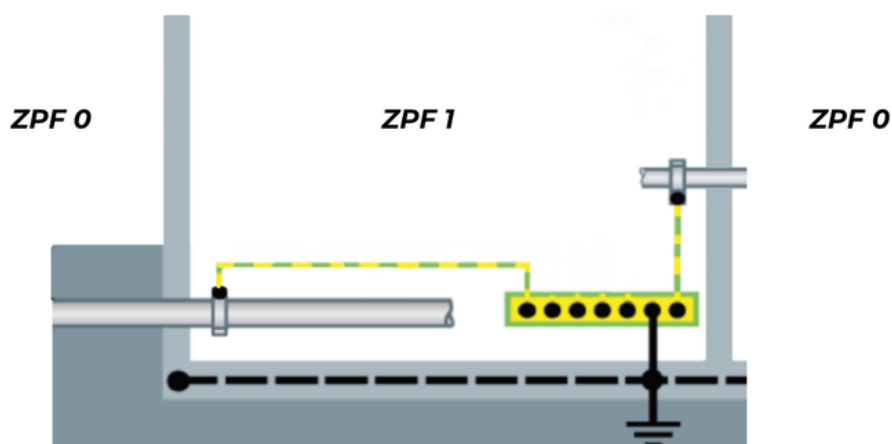
- **limp** $\geq 2,5$ kA
- **Un** : Compatible avec le signal transmis
- **Up** $\leq$ Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD**: validée selon déclarations du fabricant

Liaisons équipotentielle

► Canalisations conductrices :

- Fluide frigorigène en cuivre
- Conduits aérauliques en acier galvanisé

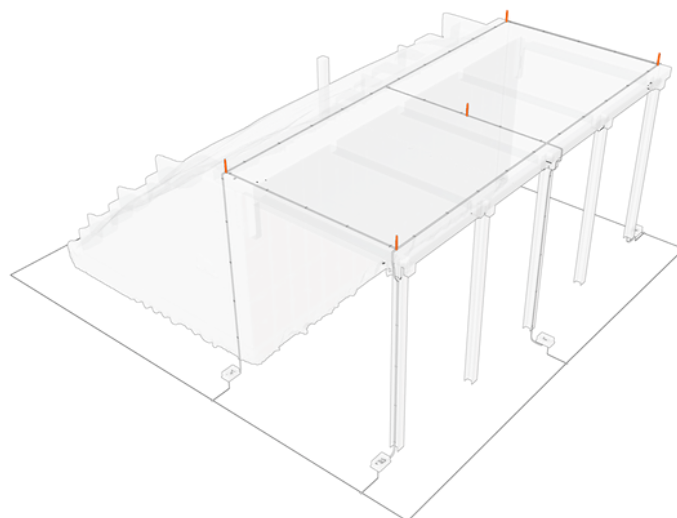
L'interconnexion des canalisations conductrices entrantes devra être réalisée au point de pénétration au moyen d'un dispositif de connexion conforme à la norme NF EN IEC 62561-1. Le raccordement sera assuré par un conducteur en cuivre de section minimale de 16 mm².



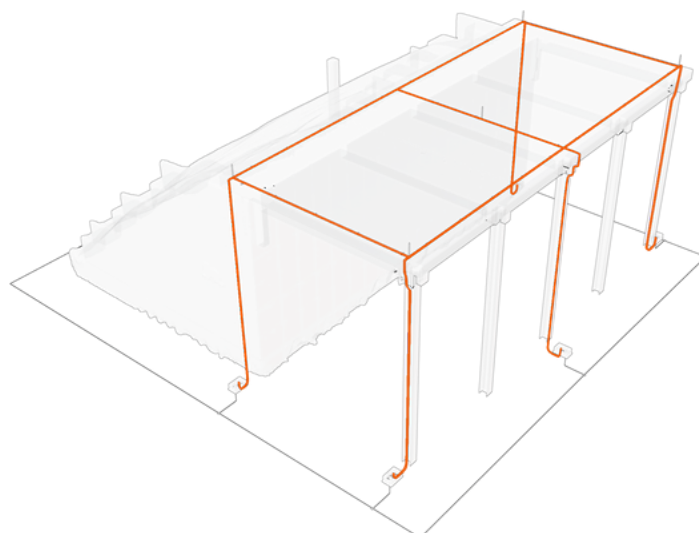
3.3 Bâtiment 971 (Abri Pyro)

3.3.1 Installations extérieures de protection foudre (IEPF)

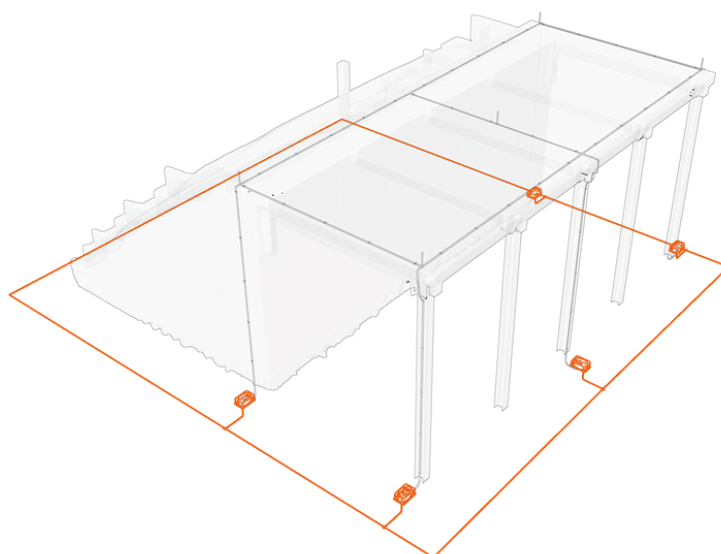
Dispositif de capture <i>aucun travaux à réaliser</i>	
Paratonnerre à tige simple	PTS
Hauteur	0,3 m
Quantité	5



Conducteurs de descente	
Configuration	Méplat
Section	$\geq 50 \text{ mm}^2$ (30x2 mm)
Matériau	Cuivre étamé
Fixation du conducteur	1 point par m

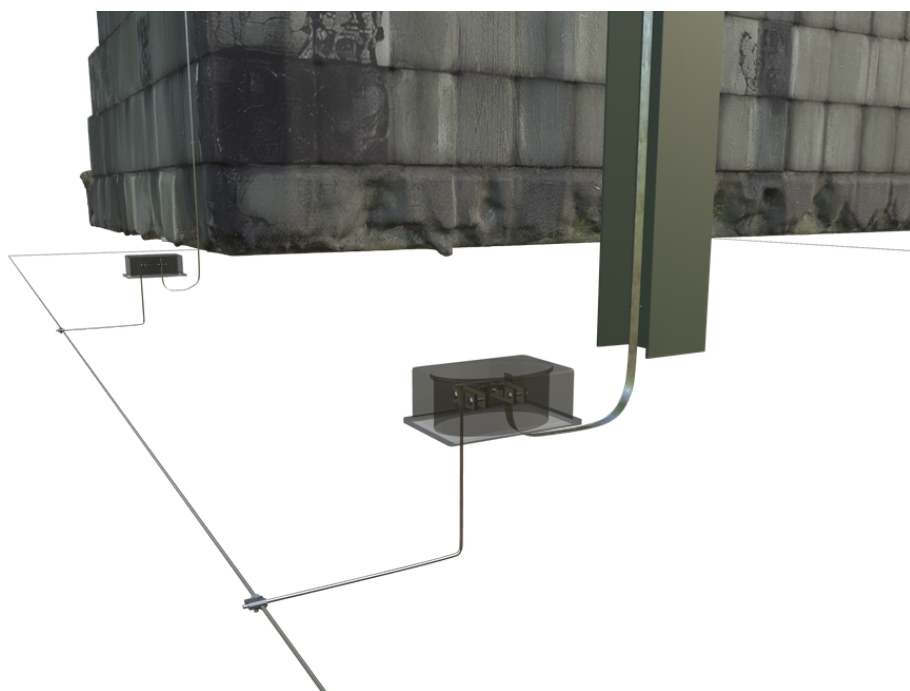


Prise de terre	
Type	B
Électrode de terre	
Configuration	Rond plein
Section	$\geq 50 \text{ mm}^2$
Matériau	Cuivre



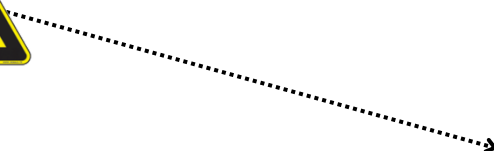
Une prise de terre de type B sera réalisée en périphérie du bâtiment afin d'assurer la dissipation du courant de foudre vers le sol et l'équipotentialité du système de protection. L'électrode de terre devra être implantée à environ 1 m des façades extérieures de l'ouvrage et enterrée à une profondeur minimale de 0,50 m.

Un regard de visite devra être mis en place au droit de chaque liaison entre l'électrode de terre et le conducteur de descente afin de permettre les opérations de contrôle, de vérification et de maintenance.



Mesure de protection contre les tensions de pas et de contact

- La mise en place de pancartes au pied de chaque poteau utilisé comme conducteur des descentes, interdisant toute approche à moins de 3 m en période orageuse, sera nécessaire.



Enregistrement des agressions foudre

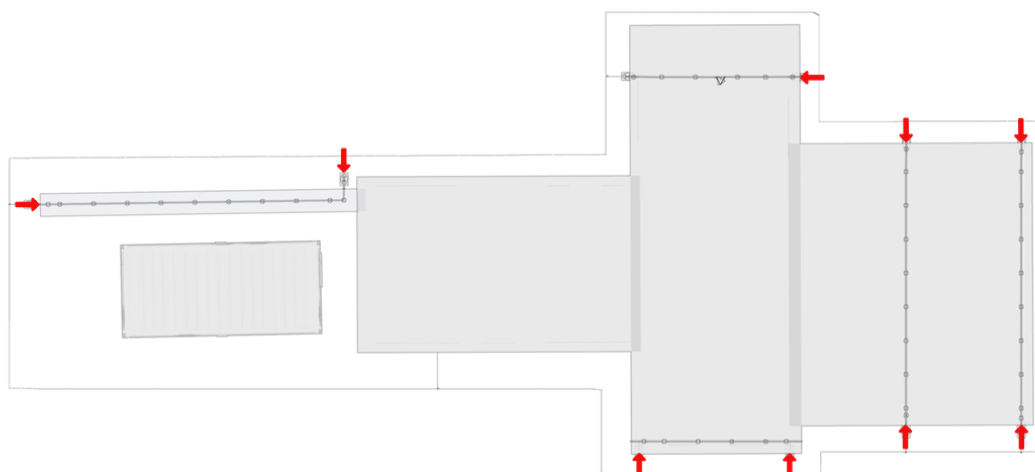
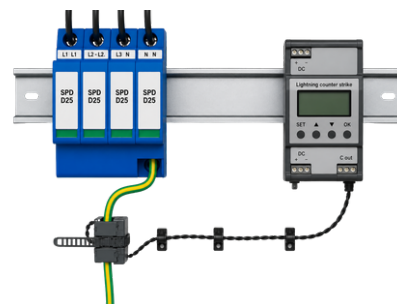
- **Option 1 :** Service télécomptage

Ou

- **Option 2 :** Installer compteur de courants impulsionnels dans le TGBT avec les parafoudres

Ou

- **Option 3 :** Installer des compteurs d'impact aux emplacements suivants :



3.3.2 Installations intérieures de protection foudre (IIPF)

Caractéristiques des parafoudres

- **Liaisons courant fort (CFO)**

1 TD général (Réseau 3x400+N ; SLT = TN ; Ik3 = non communiqué)

- SPD de **type 1** au niveau du général de l'armoire

- **Iimp** ≥ 20kA
- **Up** ≤ 2,5 kV
- **Tenue au CC** ≥ Ik3
- **Déconnecteur** : choisi selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

- **Liaisons courant faible / Télécommunication**

1 Caméra IP

SPD de **catégorie D1** au point d'entrée du câble

- **Iimp** ≥ 2,5 kA
- **Un** : Compatible avec le signal transmis
- **Up** ≤ Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD** : validée selon déclarations du fabricant

2 Liaison haut parleur IP depuis le bâtiment 784

SPD de **catégorie D1** au point d'entrée du câble

- **Iimp** ≥ 2,5 kA
- **Un** : Compatible avec le signal transmis
- **Up** ≤ Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD** : validée selon déclarations du fabricant

Liaisons équipotentielles

▶ Canalisations conductrices :

- Sans objet

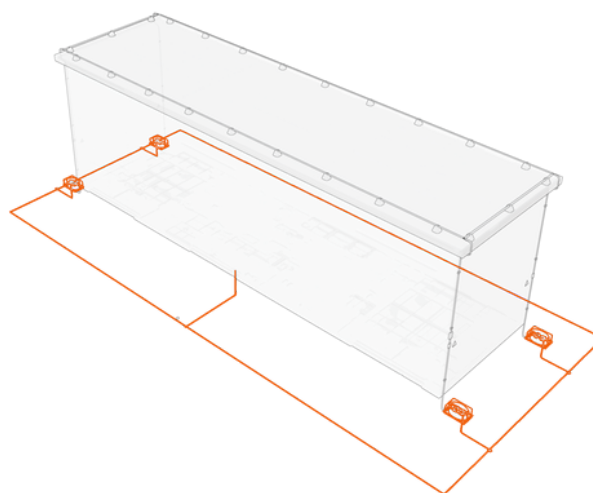
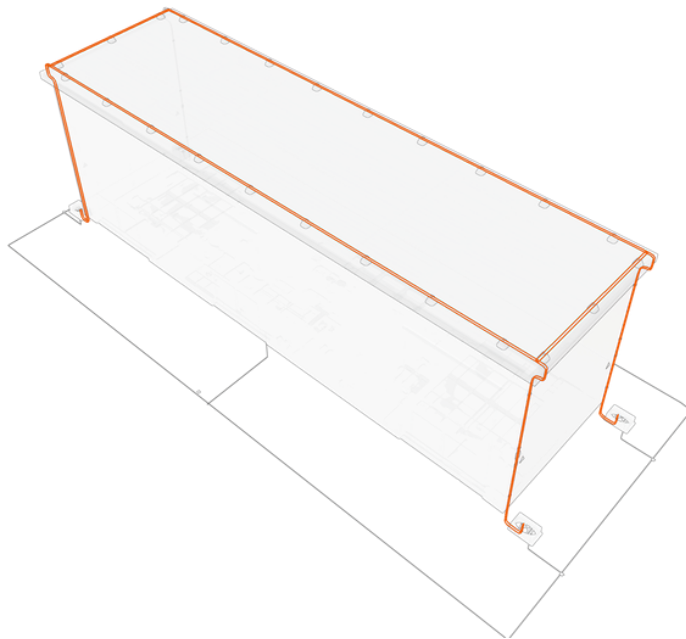
3.4 Poste HT

3.4.1 Installations extérieures de protection foudre (IEPF)

Dispositif de capture	
Conducteur horizontal	Ch
Hauteur	10 cm

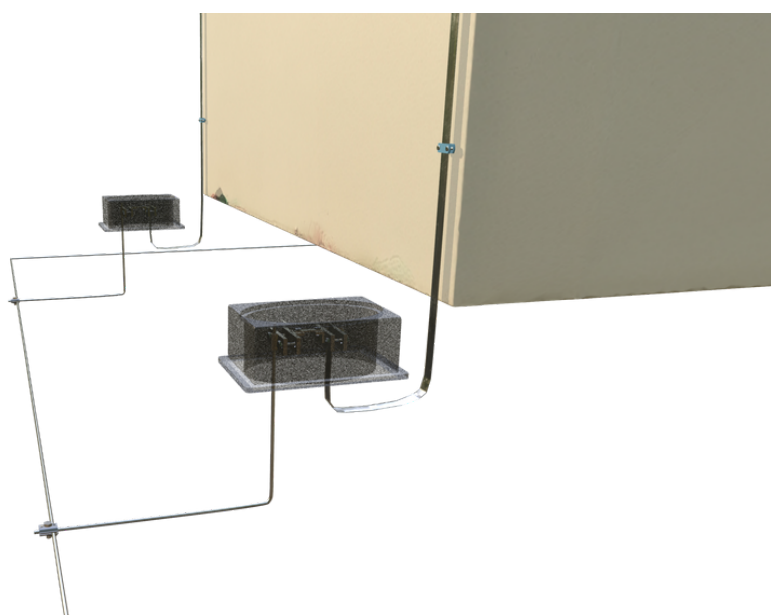
Conducteurs de descente	
Configuration	Méplat
Section	$\geq 50 \text{ mm}^2$ (30x2 mm)
Matériau	Cuivre étamé
Fixation du conducteur	1 point par m

Prise de terre	
Type	B
Électrode de terre	
Configuration	Rond plein
Section	$\geq 50 \text{ mm}^2$
Matériau	Cuivre



Une prise de terre de type B sera réalisée en périphérie du bâtiment afin d'assurer la dissipation du courant de foudre vers le sol et l'équipotentialité du système de protection. L'électrode de terre devra être implantée à environ 1 m des façades extérieures de l'ouvrage et enterrée à une profondeur minimale de 0,50 m.

Un regard de visite devra être mis en place au droit de chaque liaison entre l'électrode de terre et le conducteur de descente afin de permettre les opérations de contrôle, de vérification et de maintenance.



Mesure de protection contre les tensions de pas et de contact

- La mise en place de pancartes au pied de chaque poteau utilisé comme conducteur des descentes, interdisant toute approche à moins de 3 m en période orageuse, sera nécessaire.



Enregistrement des agressions foudre

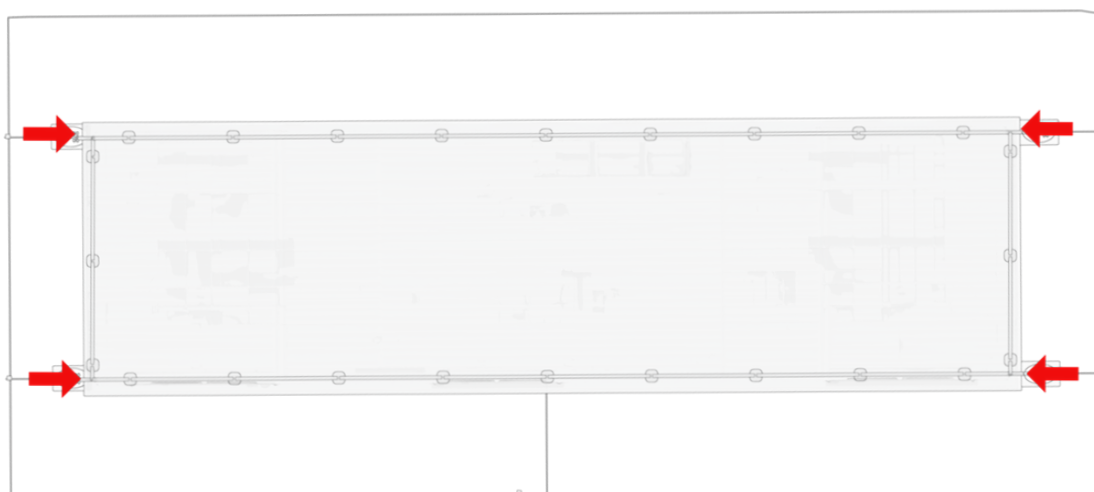
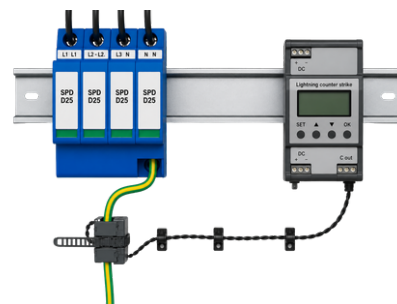
- **Option 1 :** Service télécomptage

Ou

- **Option 2 :** Installer compteur de courants impulsionnels dans le TGBT avec les parafoudres

Ou

- **Option 3 :** Installer des compteurs d'impact aux emplacements suivants :



3.4.2 Installations intérieures de protection foudre (IIPF)

Caractéristiques des parafoudres

- **Liaisons courant fort (CFO)**

1 **TGBT** (Réseau 3x400+N ; SLT = TN ; Ik3 = non communiqué)

- SPD de **type 1** au niveau du général de l'armoire

- **limp** 12,5 kA
- **Up** ≤ 2,5 kV
- **Tenue au CC** ≥ Ik3
- **Déconnecteur** : choisi selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

2 **Départ vers TD ondulé du bâtiment 784** (Réseau 3x400+N ; SLT = TN ; Ik3 = non communiqué)

SPD de **type 1** au point d'entrée du câble

- **limp** 12,5 kA
- **Up** ≤ 2,5 kV
- **Tenue au CC** ≥ Ik3
- **Déconnecteur** : choisi selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

3 **Départ vers TD normal du bâtiment 784** (Réseau 3x400+N ; SLT = TN ; Ik3 = non communiqué)

SPD de **type 1** au point d'entrée du câble

- **limp** 12,5 kA
- **Up** ≤ 2,5 kV
- **Tenue au CC** ≥ Ik3
- **Déconnecteur** : choisi selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

4 Départ vers TD bâtiment 971 (Réseau 3x400+N ; SLT = TN ; Ik3 = non communiqué)

SPD de **type 1** au point d'entrée du câble

- **limp** 12,5 kA
- **Up** $\leq 2,5$ kV
- **Tenue au CC** $\geq Ik3$
- **Déconnecteur** : choisi selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

5 Départ vers module sanitaire (Réseau monophasé 230 V ; SLT = TN ; Ik1 = non communiqué)

SPD de **type 1** au point d'entrée du câble

- **limp** 12,5 kA
- **Up** $\leq 2,5$ kV
- **Tenue au CC** $\geq Ik1$
- **Déconnecteur** : choisi selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

6 Départ vers abri remorque - coffrets prises hypra (Réseau 3x400+N ; SLT = TN ; Ik1 = non communiqué)

SPD de **type 1** au point d'entrée du câble

- **limp** 12,5 kA
- **Up** $\leq 2,5$ kV
- **Tenue au CC** $\geq Ik1$
- **Déconnecteur** : choisi selon les préconisations du fabricant
- **Coordination énergétique entre SPD** : validé selon les déclarations du fabricant

- **Liaisons courant faible / Télécommunication**

1 Bus de Mesures système de sous comptage Socomec Digiware

SPD de **catégorie D1** au point d'entrée du câble

- **$I_{imp} \geq 2,5$ kA**
- **U_n** : Compatible avec le signal transmis
- **$U_p \leq$** Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD**: validée selon déclarations du fabricant

2 Réseau Téléphonique

SPD de **catégorie D1** au point d'entrée du câble

- **$I_{imp} \geq 2,5$ kA**
- **U_n** : Compatible avec le signal transmis
- **$U_p \leq$** Tension de tenue aux chocs du port de communication de l'équipement
- **Coordination énergétique entre SPD**: validée selon déclarations du fabricant

Liaisons équipotentielles

► Canalisations conductrices :

- Sans objet

4

ANNEXES



4.1

Calcul des distances de séparation

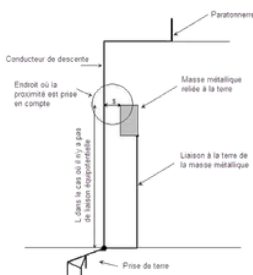
Le respect des **distances de séparation** est essentiel pour éviter les étincelles dangereuses. La distance de séparation correspond à la **distance minimale garantissant l'absence d'amorçage** entre une descente écoulant le courant de foudre et une masse conductrice voisine reliée à la terre.

k_i dépend du niveau de protection du SPF extérieur

k_c coefficient de répartition du courant de foudre entre les descentes

k_m dépend du matériau de séparation entre le SPF et l'élément conducteur (ex : air, béton, milieu isolé)

l longueur, en mètres, le long des dispositifs de capture et/ou de descente entre le point où la distance de séparation est prise en considération et le point de la liaison équipotentielle la plus proche (interconnexion de la prise de terre)



$$s = \frac{k_i}{k_m} \times k_c \times l \quad (\text{m})$$

Bâtiment 784 - (Option A)

Graphique des distances de séparation

km Air = 1

km Isolant = 0,5

$$s = (k_i / k_m) \times k_c \times l - k_c = 0.6600, k_i = 0.08$$

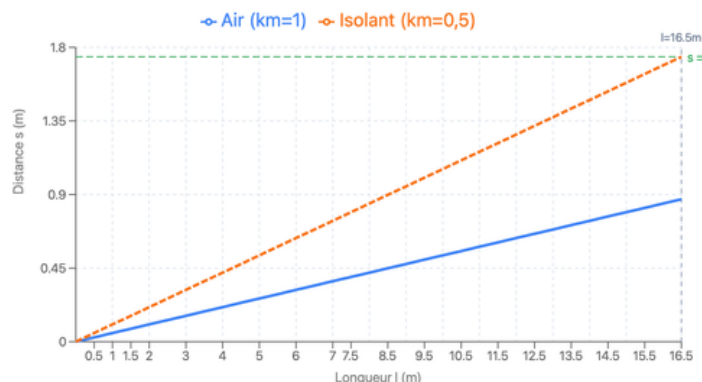


Tableau des distances de séparation dans l'air (km = 1)

l (m)	0.0 m	10.0 m	20.0 m	30.0 m	40.0 m	16.5 m
0.0	0.00	0.53	1.06	1.58	2.11	0.87
0.5	0.03	0.55	1.08	1.61	2.14	0.90
1.0	0.05	0.58	1.11	1.64	2.16	0.92
1.5	0.08	0.61	1.14	1.66	2.19	0.95
2.0	0.11	0.63	1.16	1.69	2.22	0.98
2.5	0.13	0.66	1.19	1.72	2.24	1.00
3.0	0.16	0.69	1.21	1.74	2.27	1.03
3.5	0.18	0.71	1.24	1.77	2.30	1.06
4.0	0.21	0.74	1.27	1.80	2.32	1.08
4.5	0.24	0.77	1.29	1.82	2.35	1.11
5.0	0.26	0.79	1.32	1.85	2.38	1.14
5.5	0.29	0.82	1.35	1.87	2.40	1.16
6.0	0.32	0.84	1.37	1.90	2.43	1.19
6.5	0.34	0.87	1.40	1.93	2.46	1.21
7.0	0.37	0.90	1.43	1.95	2.48	1.24
7.5	0.40	0.92	1.45	1.98	2.51	1.27
8.0	0.42	0.95	1.48	2.01	2.53	1.29
8.5	0.45	0.98	1.50	2.03	2.56	1.32
9.0	0.48	1.00	1.53	2.06	2.59	1.35
9.5	0.50	1.03	1.56	2.09	2.61	1.37

Tableau des distances de séparation à travers un isolant (km = 0,5)

l (m)	0.0 m	10.0 m	20.0 m	30.0 m	40.0 m	16.5 m
0.0	0.00	1.06	2.11	3.17	4.22	1.74
0.5	0.05	1.11	2.16	3.22	4.28	1.80
1.0	0.11	1.16	2.22	3.27	4.33	1.85
1.5	0.16	1.21	2.27	3.33	4.38	1.90
2.0	0.21	1.27	2.32	3.38	4.44	1.95
2.5	0.26	1.32	2.38	3.43	4.49	2.01
3.0	0.32	1.37	2.43	3.48	4.54	2.06
3.5	0.37	1.43	2.48	3.54	4.59	2.11
4.0	0.42	1.48	2.53	3.59	4.65	2.16
4.5	0.48	1.53	2.59	3.64	4.70	2.22
5.0	0.53	1.58	2.64	3.70	4.75	2.27
5.5	0.58	1.64	2.69	3.75	4.80	2.32
6.0	0.63	1.69	2.75	3.80	4.86	2.38
6.5	0.69	1.74	2.80	3.85	4.91	2.43
7.0	0.74	1.80	2.85	3.91	4.96	2.48
7.5	0.79	1.85	2.90	3.96	5.02	2.53
8.0	0.84	1.90	2.96	4.01	5.07	2.59
8.5	0.90	1.95	3.01	4.07	5.12	2.64
9.0	0.95	2.01	3.06	4.12	5.17	2.69
9.5	1.00	2.06	3.12	4.17	5.23	2.75

Distance de séparation au point supérieur

0,87 m

Distance de séparation au point supérieur

1,74 m

Bâtiment 784 - (Option B)

Graphique des distances de séparation

Air (km = 1) Béton/Briques (km = 0,5)

$s = k_i \times (k_c / k_m) \times l - k_i = 0.08, k_c = 0.7500$

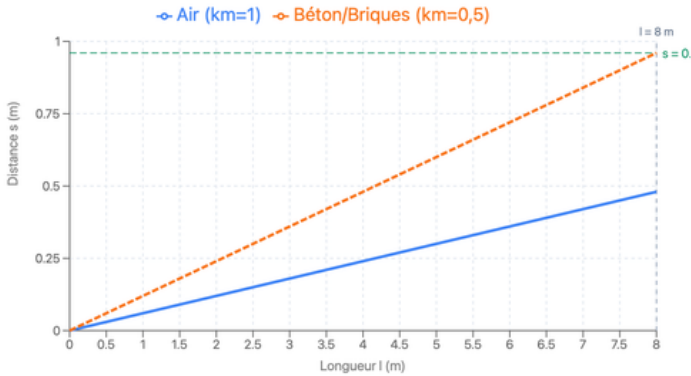


Tableau des distances de séparation dans l'air (km = 1)

l (m)	0.0 m	10.0 m	20.0 m	30.0 m	40.0 m	50.0 m
0.0	0.00	0.60	1.20	1.80	2.40	3.00
0.5	0.03	0.63	1.23	1.83	2.43	3.03
1.0	0.06	0.66	1.26	1.86	2.46	3.06
1.5	0.09	0.69	1.29	1.89	2.49	3.09
2.0	0.12	0.72	1.32	1.92	2.52	3.12
2.5	0.15	0.75	1.35	1.95	2.55	3.15
3.0	0.18	0.78	1.38	1.98	2.58	3.18
3.5	0.21	0.81	1.41	2.01	2.61	3.21
4.0	0.24	0.84	1.44	2.04	2.64	3.24
4.5	0.27	0.87	1.47	2.07	2.67	3.27
5.0	0.30	0.90	1.50	2.10	2.70	3.30
5.5	0.33	0.93	1.53	2.13	2.73	3.33
6.0	0.36	0.96	1.56	2.16	2.76	3.36
6.5	0.39	0.99	1.59	2.19	2.79	3.39
7.0	0.42	1.02	1.62	2.22	2.82	3.42
7.5	0.45	1.05	1.65	2.25	2.85	3.45
8.0	0.48	1.08	1.68	2.28	2.88	3.48
8.5	0.51	1.11	1.71	2.31	2.91	3.51
9.0	0.54	1.14	1.74	2.34	2.94	3.54
9.5	0.57	1.17	1.77	2.37	2.97	3.57

Distance de séparation au point supérieur

0,48 m

Tableau des distances de séparation à travers un isolant (km = 0,5)

l (m)	0.0 m	10.0 m	20.0 m	30.0 m	40.0 m	50.0 m
0.0	0.00	1.20	2.40	3.60	4.80	6.00
0.5	0.06	1.26	2.46	3.66	4.86	6.06
1.0	0.12	1.32	2.52	3.72	4.92	6.12
1.5	0.18	1.38	2.58	3.78	4.98	6.18
2.0	0.24	1.44	2.64	3.84	5.04	6.24
2.5	0.30	1.50	2.70	3.90	5.10	6.30
3.0	0.36	1.56	2.76	3.96	5.16	6.36
3.5	0.42	1.62	2.82	4.02	5.22	6.42
4.0	0.48	1.68	2.88	4.08	5.28	6.48
4.5	0.54	1.74	2.94	4.14	5.34	6.54
5.0	0.60	1.80	3.00	4.20	5.40	6.60
5.5	0.66	1.86	3.06	4.26	5.46	6.66
6.0	0.72	1.92	3.12	4.32	5.52	6.72
6.5	0.78	1.98	3.18	4.38	5.58	6.78
7.0	0.84	2.04	3.24	4.44	5.64	6.84
7.5	0.90	2.10	3.30	4.50	5.70	6.90
8.0	0.96	2.16	3.36	4.56	5.76	6.96
8.5	1.02	2.22	3.42	4.62	5.82	7.02
9.0	1.08	2.28	3.48	4.68	5.88	7.08
9.5	1.14	2.34	3.54	4.74	5.94	7.14

Distance de séparation au point supérieur

0,96 m

Poste HT

Graphique des distances de séparation

km Air = 1

km Isolant = 0,5

$s = (k_i / k_m) \times k_c \times l - k_c = 0.4400, k_i = 0.08$

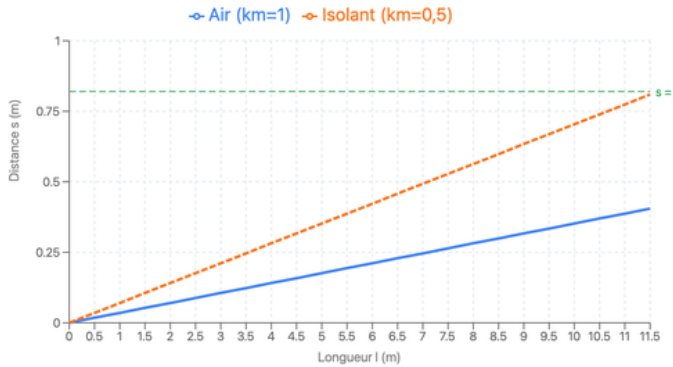


Tableau des distances de séparation dans l'air (km = 1)

l (m)	0.0 m	10.0 m	20.0 m	30.0 m	40.0 m	11.7 m
0.0	0.00	0.35	0.70	1.06	1.41	0.41
0.5	0.02	0.37	0.72	1.07	1.43	0.43
1.0	0.04	0.39	0.74	1.09	1.44	0.45
1.5	0.05	0.40	0.76	1.11	1.46	0.46
2.0	0.07	0.42	0.77	1.13	1.48	0.48
2.5	0.09	0.44	0.79	1.14	1.50	0.50
3.0	0.11	0.46	0.81	1.16	1.51	0.52
3.5	0.12	0.48	0.83	1.18	1.53	0.53
4.0	0.14	0.49	0.84	1.20	1.55	0.55
4.5	0.16	0.51	0.86	1.21	1.57	0.57
5.0	0.18	0.53	0.88	1.23	1.58	0.59
5.5	0.19	0.55	0.90	1.25	1.60	0.60
6.0	0.21	0.56	0.92	1.27	1.62	0.62
6.5	0.23	0.58	0.93	1.28	1.64	0.64
7.0	0.25	0.60	0.95	1.30	1.65	0.66
7.5	0.26	0.62	0.97	1.32	1.67	0.67
8.0	0.28	0.63	0.99	1.34	1.69	0.69
8.5	0.30	0.65	1.00	1.36	1.71	0.71
9.0	0.32	0.67	1.02	1.37	1.72	0.73
9.5	0.33	0.69	1.04	1.39	1.74	0.74

Tableau des distances de séparation à travers un isolant (km = 0,5)

l (m)	0.0 m	10.0 m	20.0 m	30.0 m	40.0 m	11.7 m
0.0	0.00	0.70	1.41	2.11	2.82	0.82
0.5	0.04	0.74	1.44	2.15	2.85	0.86
1.0	0.07	0.77	1.48	2.18	2.89	0.89
1.5	0.11	0.81	1.51	2.22	2.92	0.93
2.0	0.14	0.84	1.55	2.25	2.96	0.96
2.5	0.18	0.88	1.58	2.29	2.99	1.00
3.0	0.21	0.92	1.62	2.32	3.03	1.03
3.5	0.25	0.95	1.65	2.36	3.06	1.07
4.0	0.28	0.99	1.69	2.39	3.10	1.10
4.5	0.32	1.02	1.72	2.43	3.13	1.14
5.0	0.35	1.06	1.76	2.46	3.17	1.17
5.5	0.39	1.09	1.80	2.50	3.20	1.21
6.0	0.42	1.13	1.83	2.53	3.24	1.24
6.5	0.46	1.16	1.87	2.57	3.27	1.28
7.0	0.49	1.20	1.90	2.60	3.31	1.31
7.5	0.53	1.23	1.94	2.64	3.34	1.35
8.0	0.56	1.27	1.97	2.68	3.38	1.38
8.5	0.60	1.30	2.01	2.71	3.41	1.42
9.0	0.63	1.34	2.04	2.75	3.45	1.45
9.5	0.67	1.37	2.08	2.78	3.48	1.49

Distance de séparation au point supérieur

0,41 m

Distance de séparation au point supérieur

0,82 m

Bâtiment 971

Graphique des distances de séparation km Air = 1 km Isolant = 0,5

$s = (k_i / k_m) \times k_c \times l - k_c = 0.4400, k_i = 0.08$

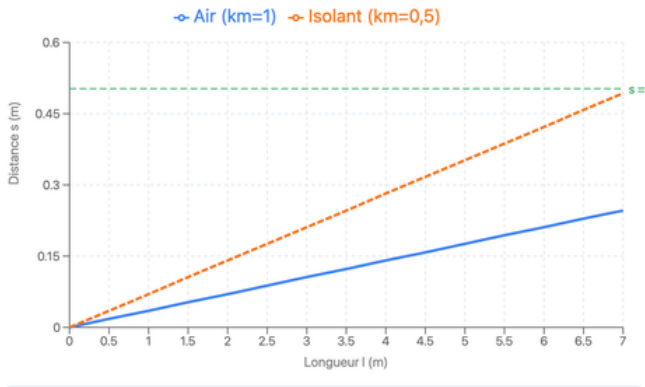


Tableau des distances de séparation dans l'air (km = 1)

l (m)	0,0 m	10,0 m	20,0 m	30,0 m	40,0 m	7,1 m
0,0	0,00	0,35	0,70	1,06	1,41	0,25
0,5	0,02	0,37	0,72	1,07	1,43	0,27
1,0	0,04	0,39	0,74	1,09	1,44	0,29
1,5	0,05	0,40	0,76	1,11	1,46	0,30
2,0	0,07	0,42	0,77	1,13	1,48	0,32
2,5	0,09	0,44	0,79	1,14	1,50	0,34
3,0	0,11	0,46	0,81	1,16	1,51	0,36
3,5	0,12	0,48	0,83	1,18	1,53	0,37
4,0	0,14	0,49	0,84	1,20	1,55	0,39
4,5	0,16	0,51	0,86	1,21	1,57	0,41
5,0	0,18	0,53	0,88	1,23	1,58	0,43
5,5	0,19	0,55	0,90	1,25	1,60	0,44
6,0	0,21	0,56	0,92	1,27	1,62	0,46
6,5	0,23	0,58	0,93	1,28	1,64	0,48
7,0	0,25	0,60	0,95	1,30	1,65	0,50
7,5	0,26	0,62	0,97	1,32	1,67	0,52
8,0	0,28	0,63	0,99	1,34	1,69	0,53
8,5	0,30	0,65	1,00	1,36	1,71	0,55
9,0	0,32	0,67	1,02	1,37	1,72	0,57
9,5	0,33	0,69	1,04	1,39	1,74	0,59

Distance de séparation au point supérieur

0,25 m

Tableau des distances de séparation à travers un isolant (km = 0,5)

l (m)	0,0 m	10,0 m	20,0 m	30,0 m	40,0 m	7,1 m
0,0	0,00	0,70	1,41	2,11	2,82	0,50
0,5	0,04	0,74	1,44	2,15	2,85	0,54
1,0	0,07	0,77	1,48	2,18	2,89	0,57
1,5	0,11	0,81	1,51	2,22	2,92	0,61
2,0	0,14	0,84	1,55	2,25	2,96	0,64
2,5	0,18	0,88	1,58	2,29	2,99	0,68
3,0	0,21	0,92	1,62	2,32	3,03	0,71
3,5	0,25	0,95	1,65	2,36	3,06	0,75
4,0	0,28	0,99	1,69	2,39	3,10	0,78
4,5	0,32	1,02	1,72	2,43	3,13	0,82
5,0	0,35	1,06	1,76	2,46	3,17	0,85
5,5	0,39	1,09	1,80	2,50	3,20	0,89
6,0	0,42	1,13	1,83	2,53	3,24	0,93
6,5	0,46	1,16	1,87	2,57	3,27	0,96
7,0	0,49	1,20	1,90	2,60	3,31	1,00
7,5	0,53	1,23	1,94	2,64	3,34	1,03
8,0	0,56	1,27	1,97	2,68	3,38	1,07
8,5	0,60	1,30	2,01	2,71	3,41	1,10
9,0	0,63	1,34	2,04	2,75	3,45	1,14
9,5	0,67	1,37	2,08	2,78	3,48	1,17

Distance de séparation au point supérieur

0,50 m

4.3

Calcul du courant de choc impulsif (I_{imp})

Objectif : Déterminer le courant impulsif (I_{imp}) à écouler par les parafoudres de type 1 et choisir le niveau de protection approprié.

1 DÉFINITIONS

n = nombre de pôles de la ligne d'alimentation électrique concernée
(les pôles incluent les conducteurs du câble = phases + neutre + PE)

m = nombre de chemins (lignes électriques, canalisations métalliques entrantes)

2 RAPPEL – COURANT DANS UN CHEMIN

$$I_{imp} \text{ du parafoudre} = \frac{I_{imp} \text{ du chemin}}{n}$$

La formule applicable proposée par la norme permettant de calculer le courant circulant dans chaque chemin est :

$$I_{imp} \text{ du chemin} = \frac{I_{max}}{2 \times m}$$

avec I_{max} : intensité directe maximale retenue sur le bâtiment concerné

m : nombre de chemins (lignes électriques, canalisations métalliques entrantes)

3 NIVEAUX DE PROTECTION ET INTENSITÉ MAXIMALE (I_{max})

Niveau de protection	I	II	III - IV
I_{max} (kA)	200	150	100

Tableau de l'intensité I_{max} selon le niveau de protection

les valeurs calculées dans cette annexe sont établies selon la méthode simplifiée couramment utilisée pour le dimensionnement des parafoudres de type 1. Selon la configuration de l'installation, d'autres méthodes de répartition du courant de foudre peuvent être appliquées conformément à l'Annexe E de la NF EN IEC 62305-1.

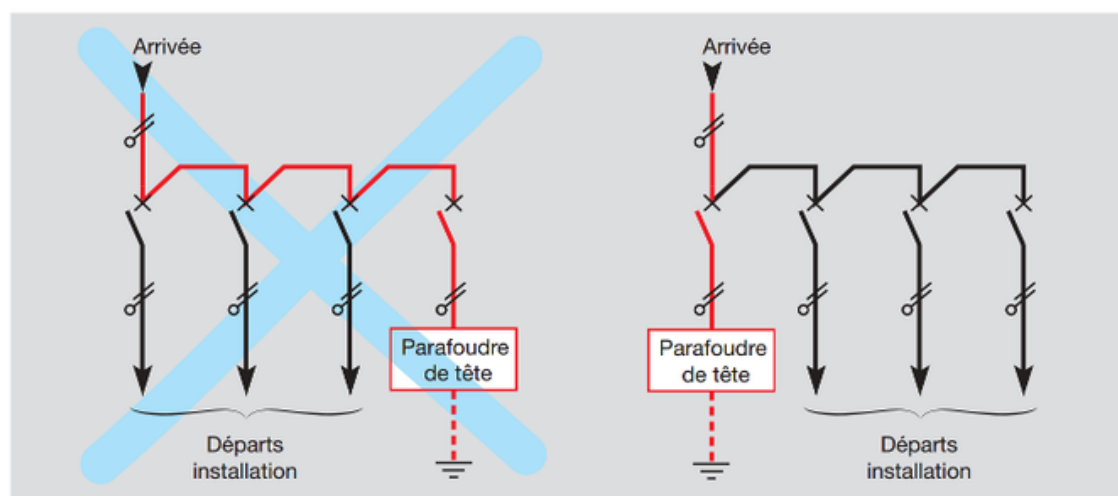
4.4

Règle d'installation des parafoudres

connexions perturbées séparées des conducteurs "propres".
Il est nécessaire de bien séparer les conducteurs d'arrivée du parafoudre de ceux alimentant les départs afin d'éviter la "pollution" de ces circuits protégés.

En effet : le rôle d'un parafoudre étant de

la terre à l'énergie de la surtension de foudre. Il va donc se créer un courant impulsionnel, à variation rapide, dans les conducteurs de liaison du parafoudre vers la terre. Ces conducteurs d'arrivée "perturbés" vont avoir tendance à "rayonner" et à "polluer" les conducteurs "sains" si ces derniers ne sont pas correctement séparés.

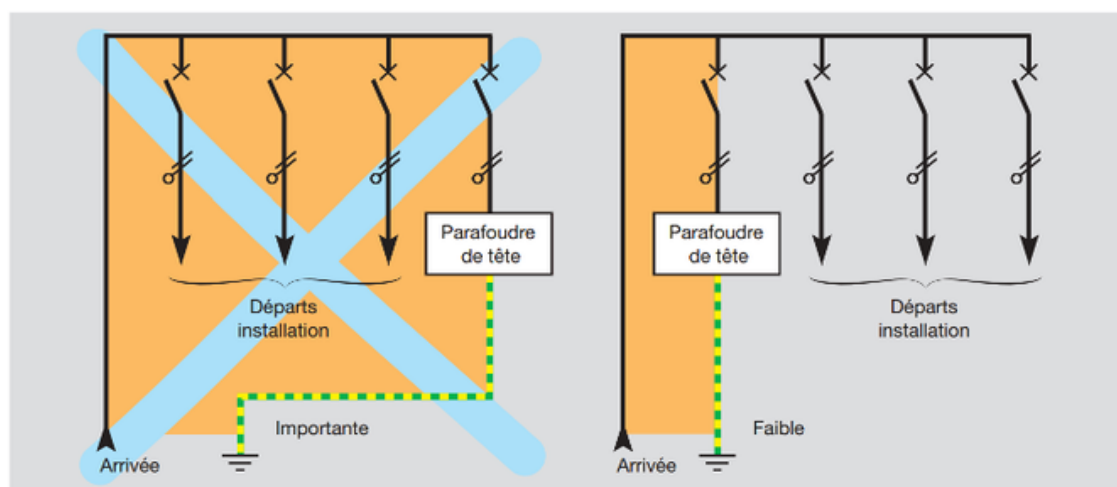


— Câbles pollués lors du passage d'un courant de foudre

Règle 9 : limitation des surfaces de boucle de masse.

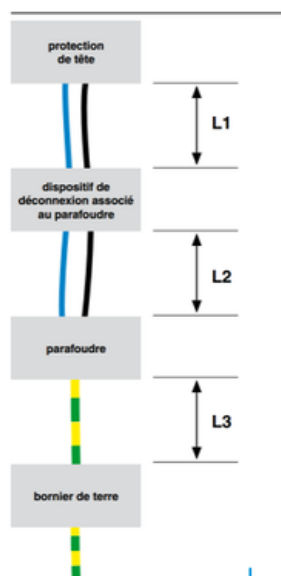
Les conducteurs actifs (Ph/N) et les conducteurs de protection doivent être

très proches l'un de l'autre afin de limiter au maximum les surfaces de boucle de masse.



— Surface de boucle de masse

La règle des «50 cm»



Règle 1 : Respecter la longueur L ($L_1 + L_2 + L_3$) $< 0,50$ m (7.4.2 et annexe H) en utilisant des borniers de raccordement intermédiaires si nécessaire.

Règle 2 : Réduire la surface de boucle générée par le montage des câbles phases, neutre et PE en les regroupant ensemble d'un même côté du tableau.

Règle 3 : Séparer les câbles d'arrivée (en provenance du réseau) et les câbles de départ (vers l'installation) pour éviter de mélanger les câbles perturbés et les câbles protégés. Ces câbles ne doivent pas non-plus traverser la boucle (règle 2).

Règle 4 : Plaquer les câbles contre la structure métallique du tableau lorsqu'elle existe afin de minimiser la boucle de masse et de bénéficier de l'effet réducteur des perturbations.

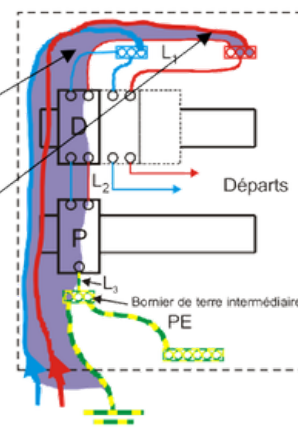
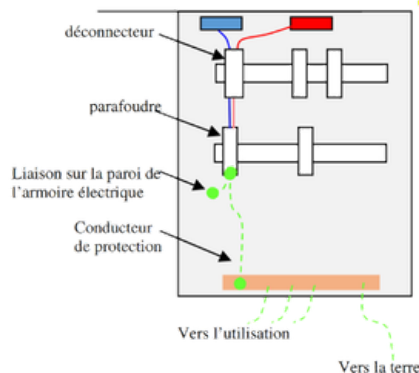
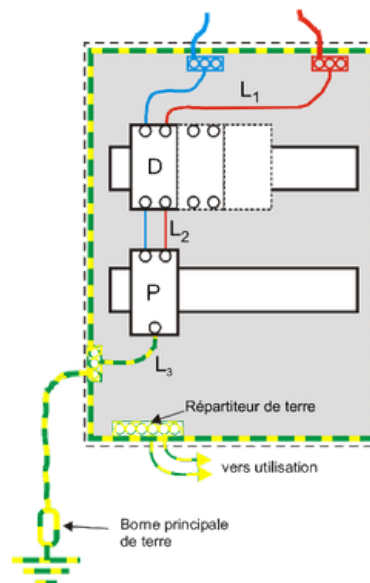
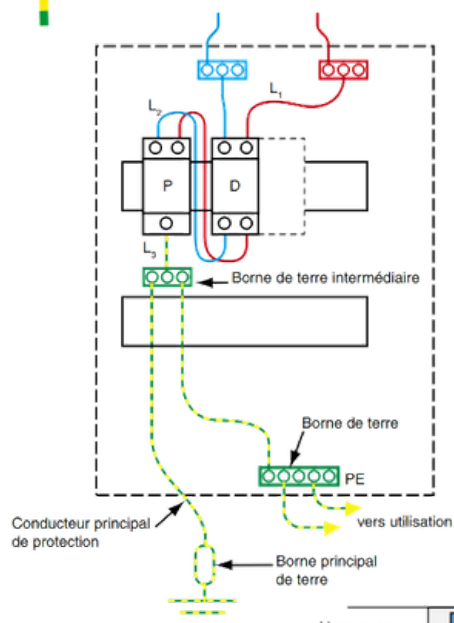


Figure 10 – Exemple de câblage dans un tableau électrique



Armoire métallique conforme à la série de norme NF EN 61439-1