

# Protection contre la foudre des installations industrielles

Pierre Gruet  
INERIS



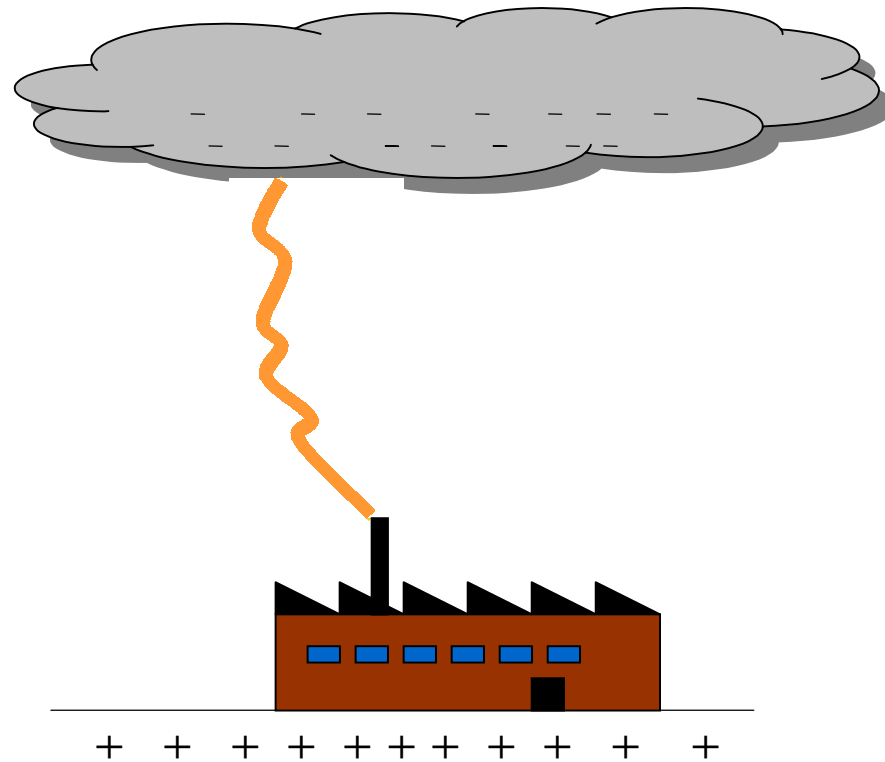
# Protection contre la foudre des installations industrielles

- Les effets des coups de foudre
- Les accidents industriels liés à la foudre
- Les solutions de protection
- L'optimisation de la protection



# *DEVELOPPEMENT DES COUPS DE Foudre*

## **Décharge négative descendante**



Effets

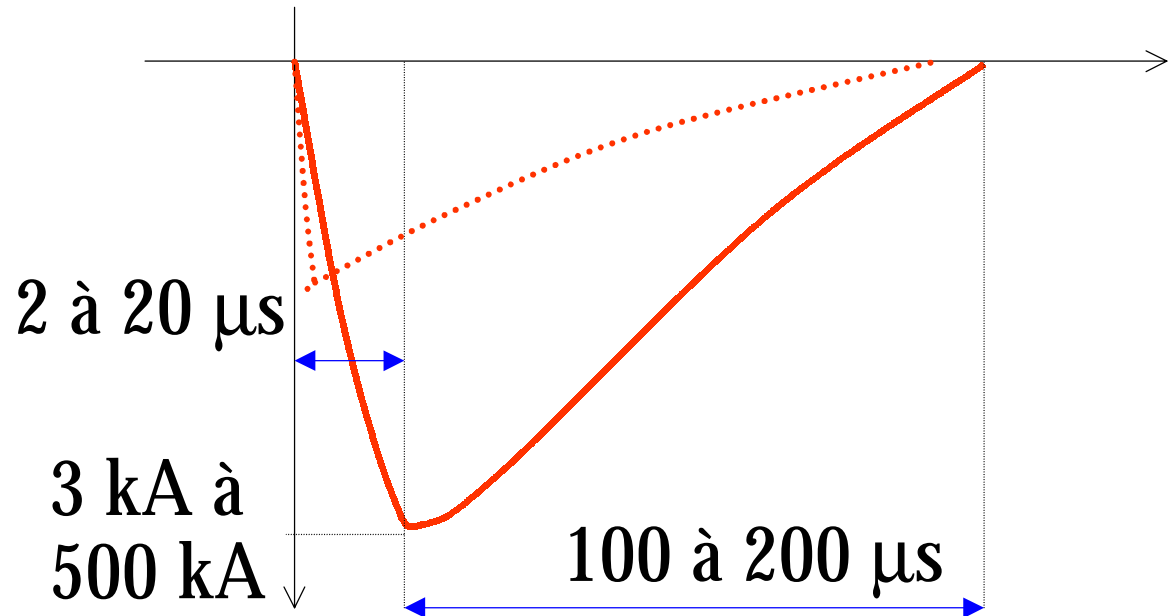
Accidents

Protections



# PARAMETRES ELECTRIQUES DE LA DÉCHARGE

## Coup de foudre négatif



- ✓ 1<sup>er</sup> coup : courant plus élevé
- ✓ coups subséquents : vitesse de variation plus élevée

Effets

Accidents

Protections



## *LES EFFETS DE LA FOUDRE*

**Foudre = courant électrique haute fréquence de très forte intensité**

- Effets thermiques (effets joule),
- Effets dus aux différences de potentiels,
- Effets électromagnétiques,
- Effets électrodynamiques,
- Effets électrochimiques,
- Effets acoustiques,
- Effets lumineux.

Effets

Accidents

Protections



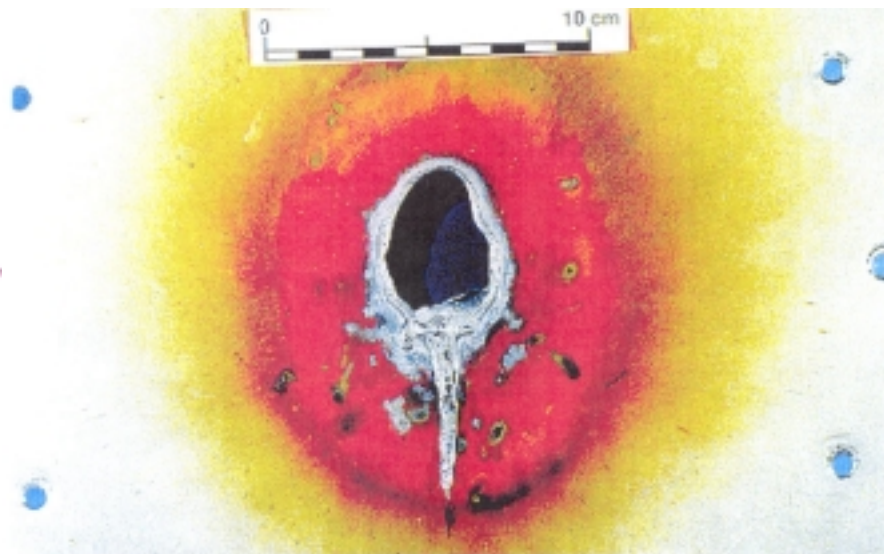
## *EFFETS THERMIQUES (effets joule)*

Effets

Accidents

Protections

- **Perforation de tôle d'acier,**
- **Soudure par point de contact de relais,**
- **Vitrification du sol,**
- **Vaporisation de l'eau dans le bois ou la maçonnerie.**



200 kA  $\Rightarrow$  Fer ép. 0,6 mm





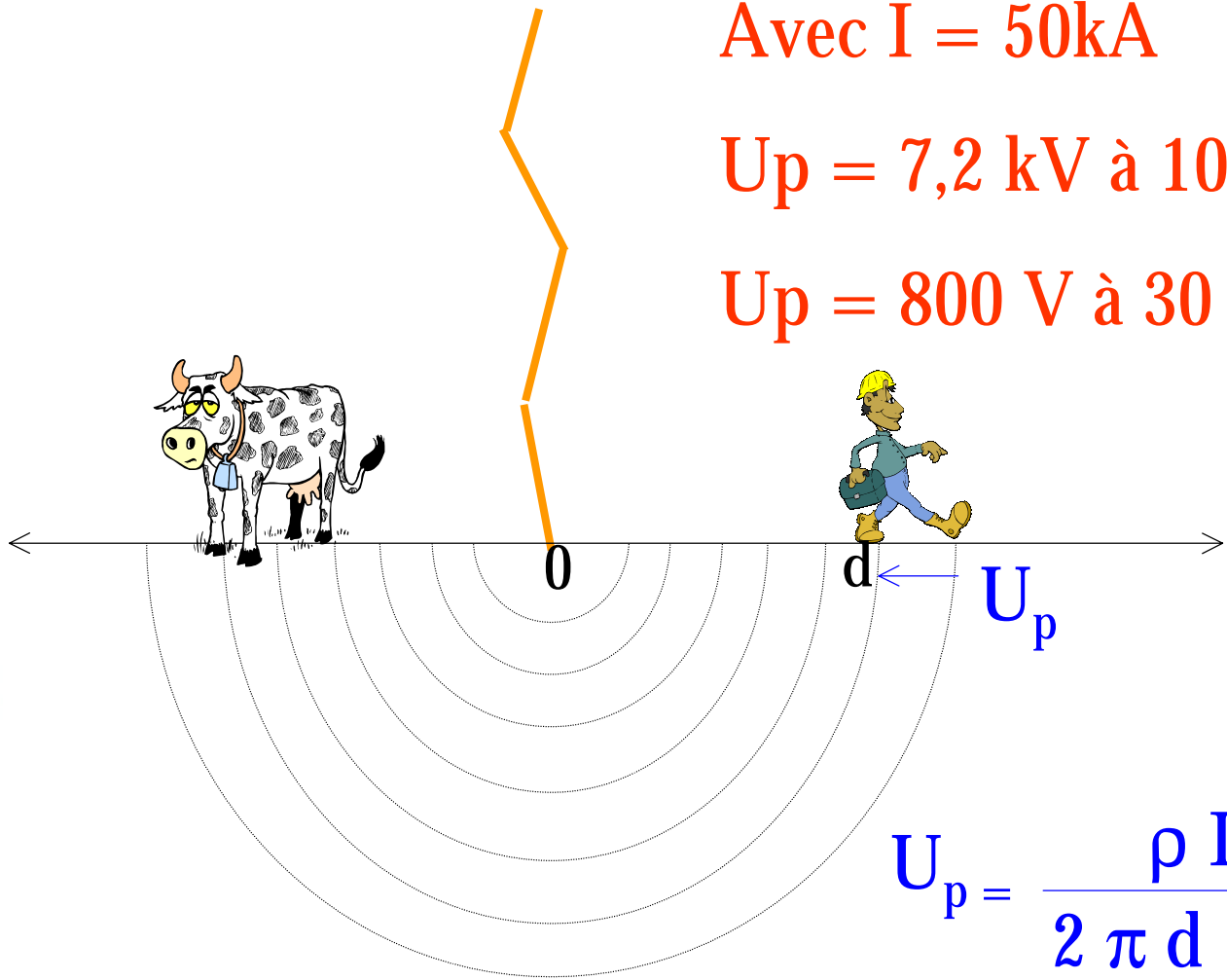
# LES DIFFÉRENCES DE POTENTIEL

## La tension de pas

Avec  $I = 50\text{kA}$

$U_p = 7,2 \text{ kV}$  à 10 m

$U_p = 800 \text{ V}$  à 30 m



$$U_p = \frac{\rho I}{2 \pi d (d+1)}$$

Effets

Accidents

Protections



# LES DIFFERENCES DE POTENTIEL

## Les étincelles entre masses métalliques

$$U = L \frac{di}{dt}$$

$$L = 1 \mu\text{H/m}$$

$$\text{Si } \frac{di}{dt} = 40 \text{ kA}/\mu\text{s}$$

$$U = 400 \text{ kV}$$

10 m

U

Amorçage entre masses métalliques non équipotentielles

Effets

Accidents

Protections





# PERTURBATIONS ELECTROMAGNETIQUES

## Les rayonnements électromagnétiques

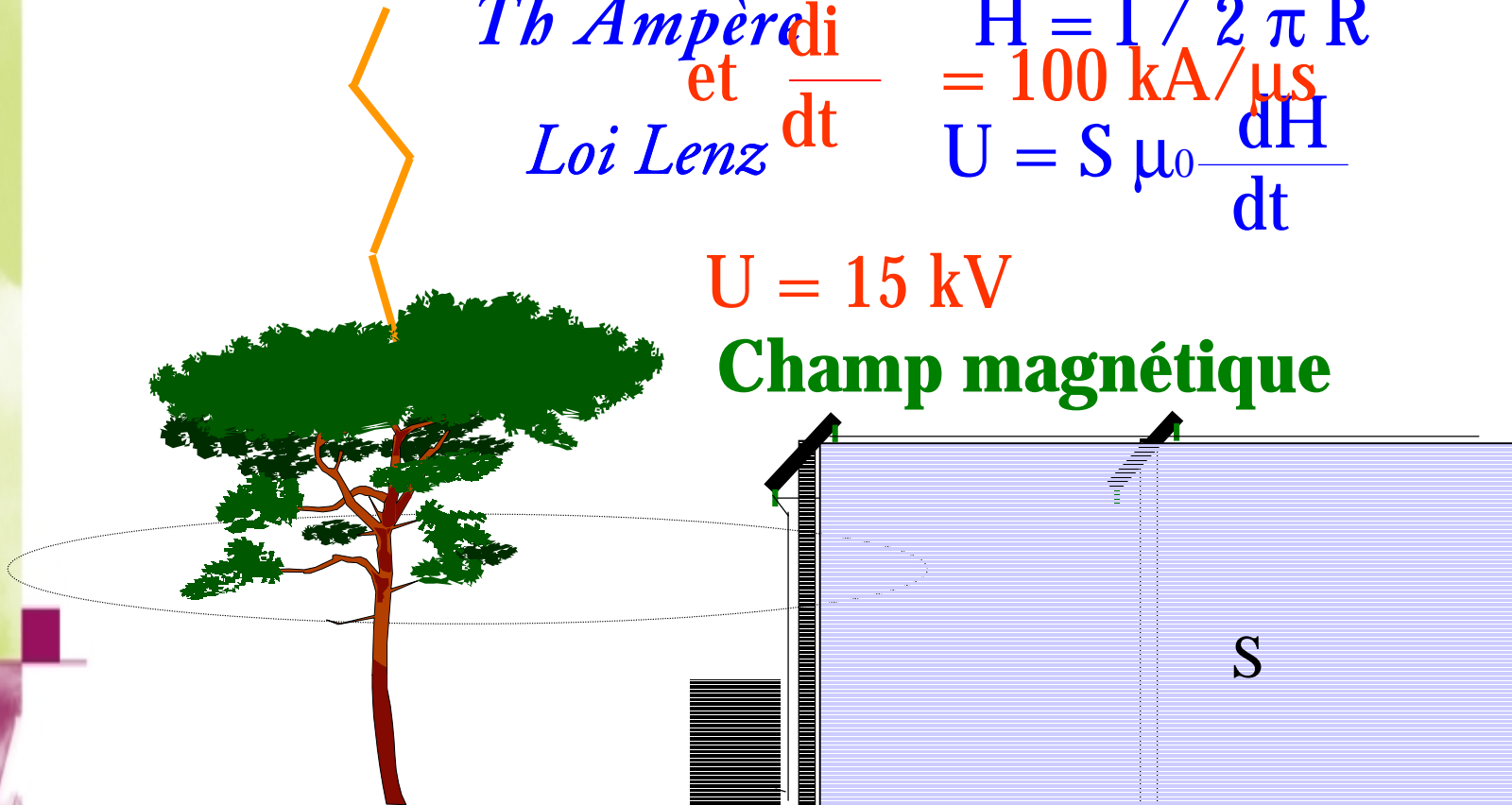
$$S = 300 \text{ m}^2 \quad R = 400 \text{ m}$$

$$\text{Th Ampère} \quad \frac{dI}{dt} = 100 \text{ kA}/\mu\text{s}$$

$$\text{Loi Lenz} \quad U = S \mu_0 \frac{dH}{dt}$$

$$U = 15 \text{ kV}$$

Champ magnétique



Effets  
Accidents  
Protections



## *LES CONSÉQUENCES*

Effets

Accidents

Protections

- **L'incendie**  
**Exploitations agricoles, stockages inflammables .....**
- **La défaillance des systèmes de sécurité**  
**alarmes, capteurs, automates de sécurité**
- **Les pertes d'exploitation**  
**arrêt partiel ou total d'une activité**
- **19 accidents foudre en France depuis 1994**  
**(données du BARPI)**

Pour en savoir plus : <http://aria.environnement.gouv.fr>



# ANALYSE DES ACCIDENTS (données du SEI/BARPI)

Effets

Accidents

Protections

- Événement d'une extrême brutalité,
- Dispositifs de protection pas toujours suffisants  
*Les impacts de foudre peuvent être redoutés*
- Phénomène difficilement prévisible  
*en raison de quel type d'installation*  
ou totalement inattendu,  
*dès l'instant que cette dernière n'est pas*

1972 – DONGES : Explosion d'un pétrolier  
*ou est insuffisamment protégée.*

1986 – ISSOIRE : Explosion dans une fonderie

1992 – MARLE : Incendie de phytosanitaires

■ 1993 – VENDIN LE VIEIL :  
Destruction d'un transformateur

1976 – CIDEVILLE : Canalisation de gaz enterrée à 1,2 m

Pour en savoir plus : <http://aria.environnement.gouv.fr>



## LES OUTILS

Effets

Accidents

Protections

- **Les textes réglementaires**

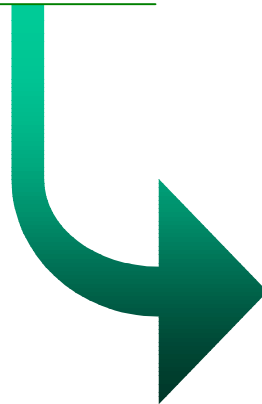
ICPE, SILO, ERP, INB

- **Les normes et guides**

NFC 17-100, NFC 17-102, CEI 1024, UTE 15-443

- **Les matériels**

paratonnerres et parafoudres



**Protections des lignes électriques**

**Protections des bâtiments**

Pour en savoir plus : <http://www.inpfrance.com>



## LA MÉTHODE

Effets

Accidents

Protections

- **Évaluation des risques**

Agressions de la foudre sur l'installation

- **Évaluation des besoins de protection**

protection contre les effets directs et indirects

- **choix des protections**

types de paratonnerres et parafoudres,  
les systèmes d'alerte foudre.



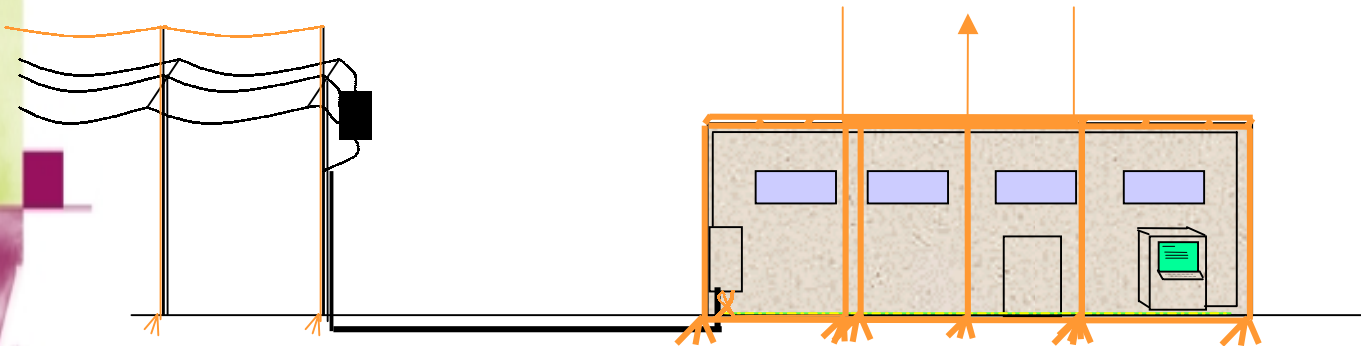
# PROTECTIONS CONTRE LES EFFETS DIRECTS

Effets

Accidents

Protections

- **Cage maillée**
- **Paratonnerre à tige simple**
- **Fils tendus**
- **Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage**





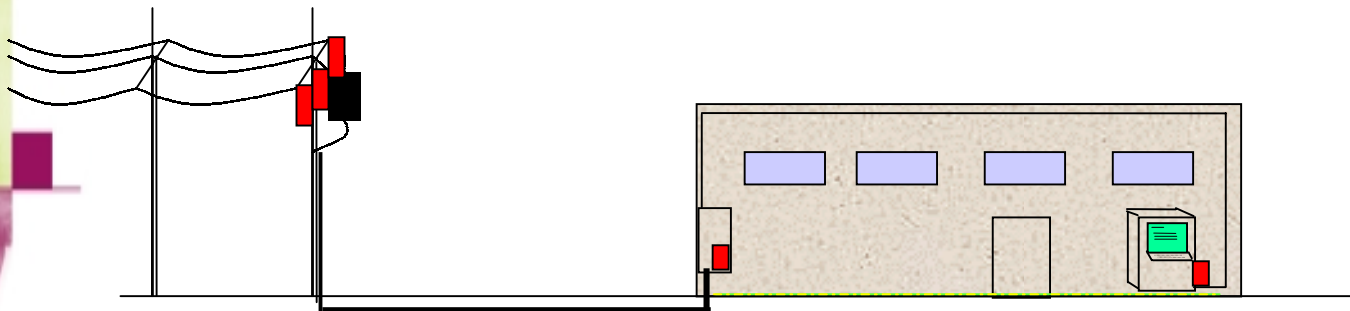
# PROTECTIONS CONTRE LES EFFETS INDIRECTS

Effets

Accidents

Protections

- **Mise à la terre et équipotentialité**
- **Réduction des surfaces de capture du rayonnement électromagnétique**
- **Utiliser des câbles blindés**
- **Installer des parafoudres**



# PROTECTIONS CONTRE LES EFFETS INDIRECTS

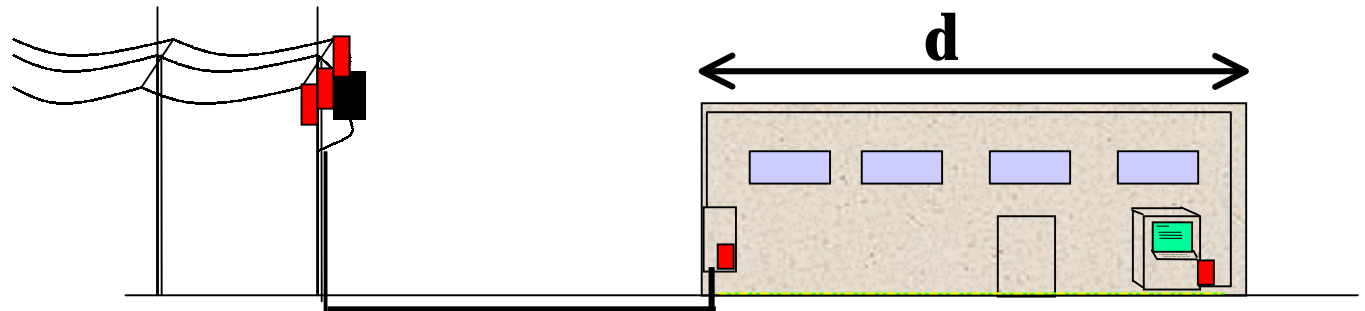
## LES PARAFOUDRES

Effets

Accidents

Protections

- **Commencer par l'équipement à protéger**  
Tension de tenue aux chocs de l'équipement (ex 1 kV)  
Tension de service (ex 240 V)
- **Respecter les contraintes d'installation**  
Règles de câblage  
Coordination des parafoudres  
Distance max. entre parafoudre et matériel à protéger  
Distance min. entre deux parafoudres



## OPTIMISER LA PROTECTION

Effets

Accidents

Protections

- **Choisir la protection contre les effets directs adaptée au risque identifié**

Ne pas se contenter de rechercher le moindre coût,

- **Installer la protection directe et indirecte en même temps**

Planifier la protection par zone ou bâtiment,

- **Repérer et séparer les lignes électriques vers les équipements sensibles**

Séparation courants forts - courants faibles,

- **Privilégier les interconnexions entre masses métalliques plutôt qu'une terre de faible valeur**

Limiter les différences de potentiel électrique pour éliminer les étincelages.

