

Protection contre la foudre des installations industrielles

Pierre Gruet
INERIS



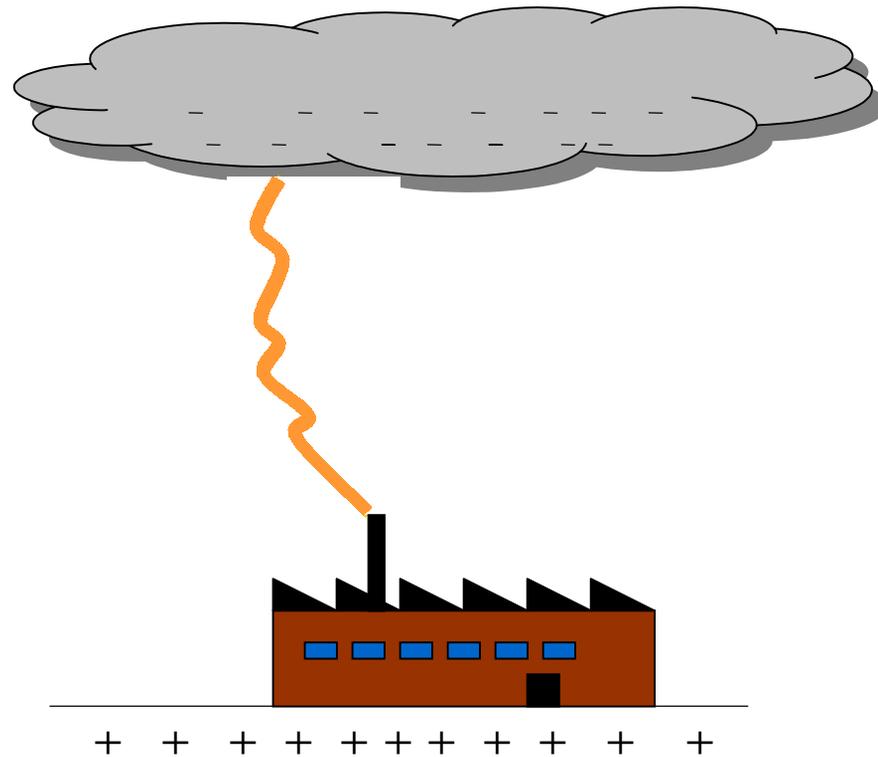
Protection contre la foudre des installations industrielles

- 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

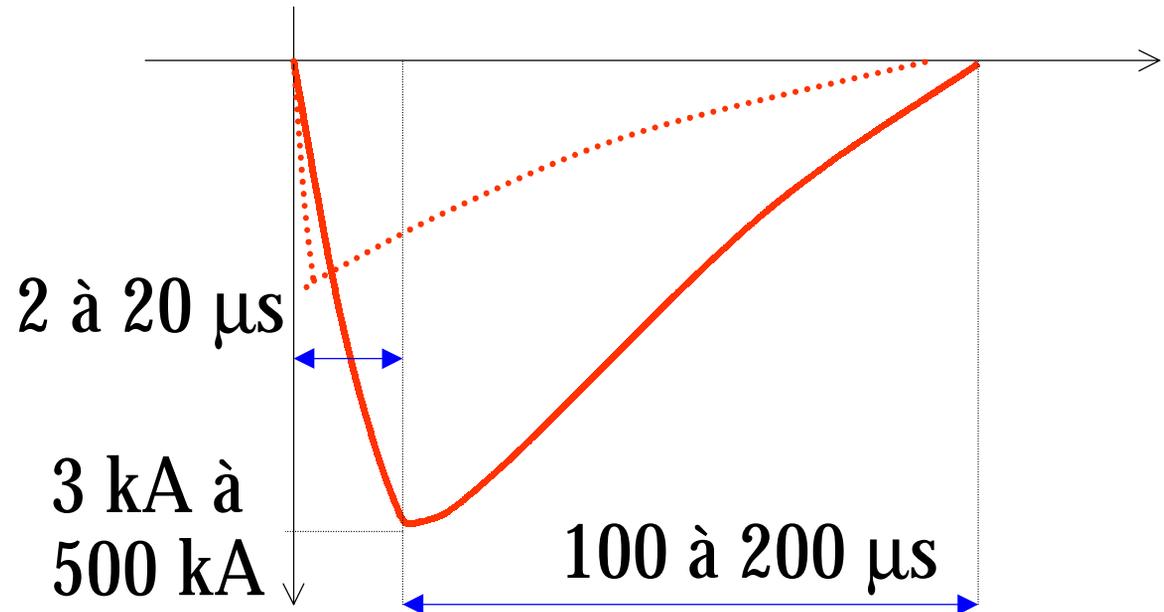
Accidents

Protections



PARAMETRES ELECTRIQUES DE LA DÉCHARGE

Coup de foudre négatif



- ✓ 1^{er} 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



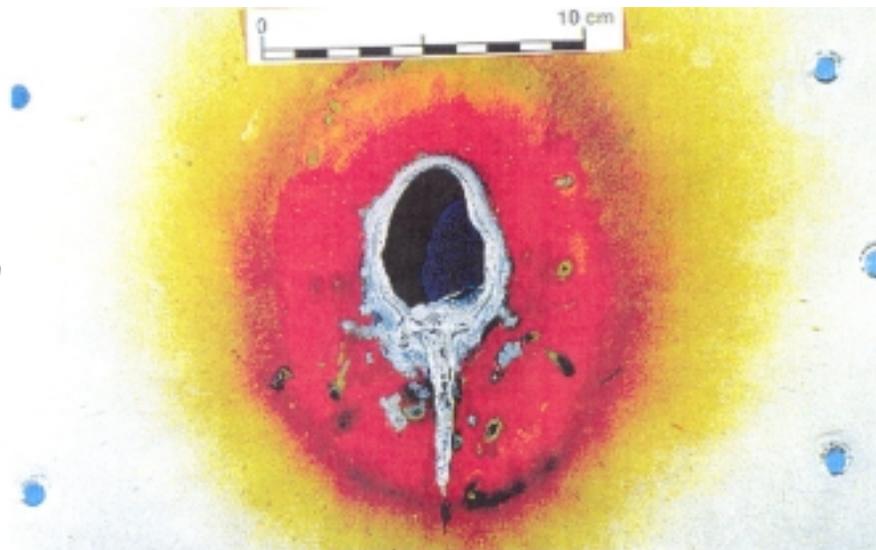
EFFETS THERMIQUES (effets joule)

Effets

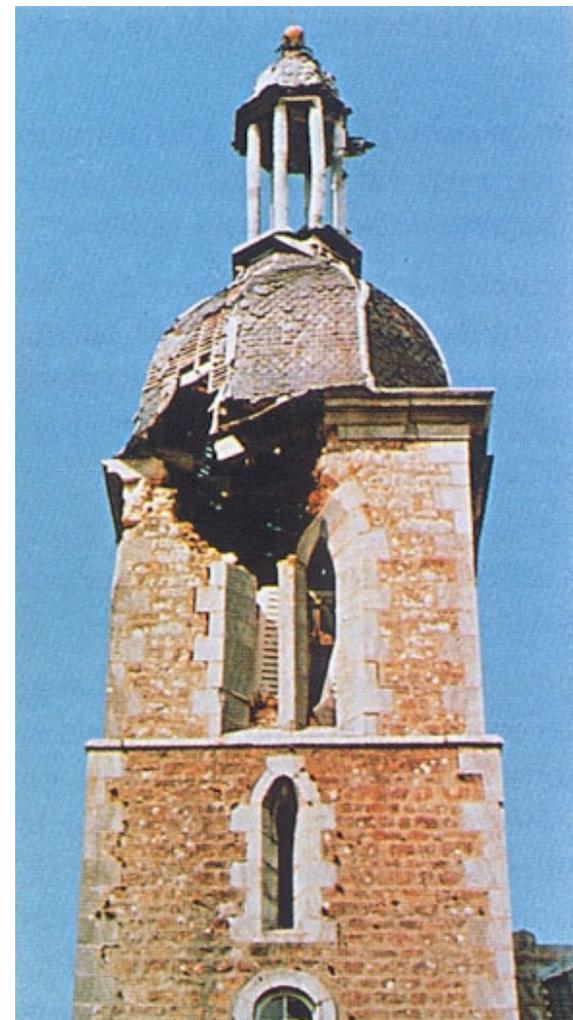
Accidents

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



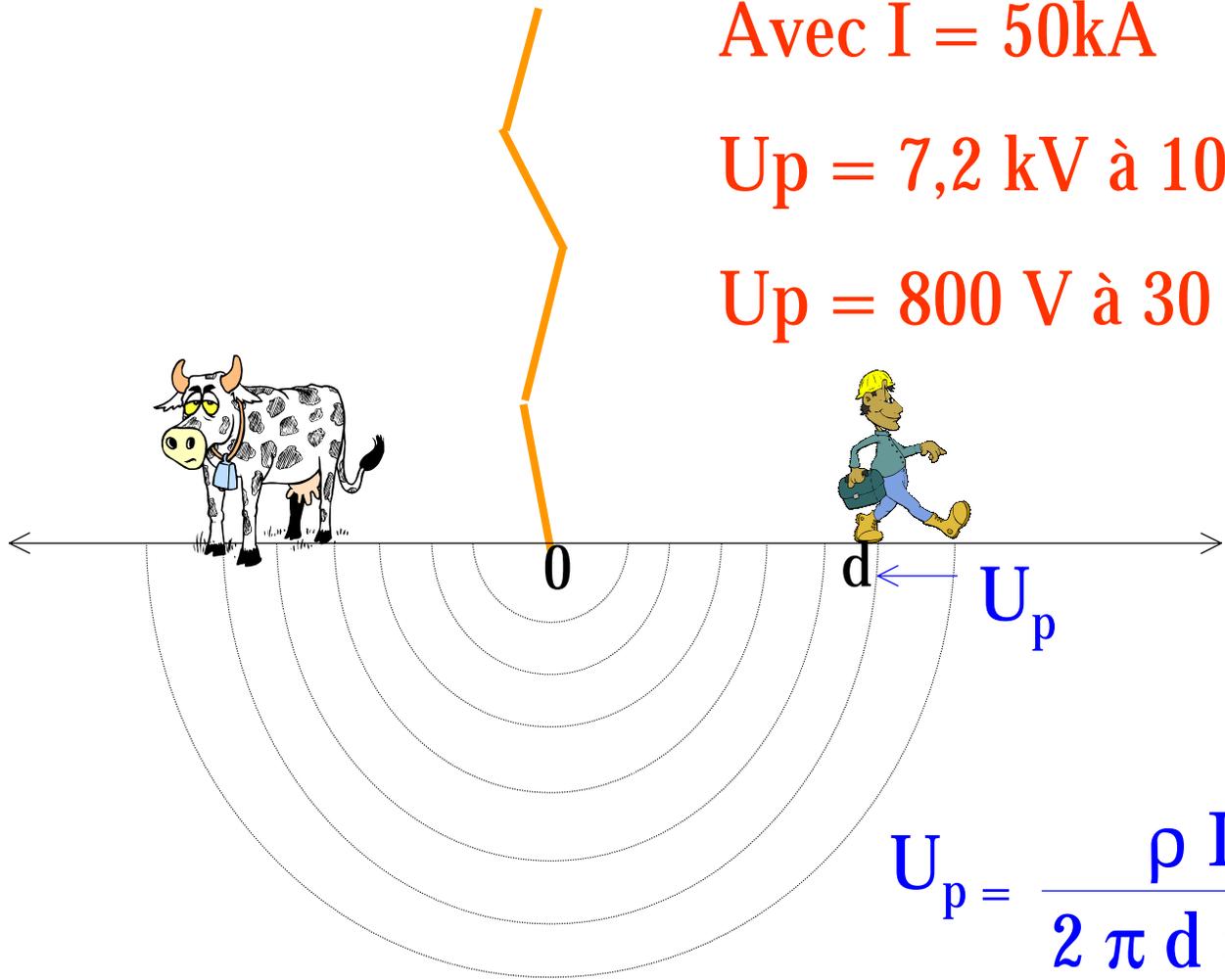
LES DIFFÉRENCES DE POTENTIEL

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

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

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

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

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

10 m

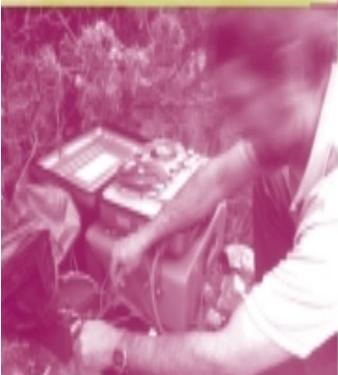
U

Amorçage entre masses métalliques non équipotentielles

Effets

Accidents

Protections



PERTURBATIONS ELECTROMAGNETIQUES

Les rayonnements électromagnétiques

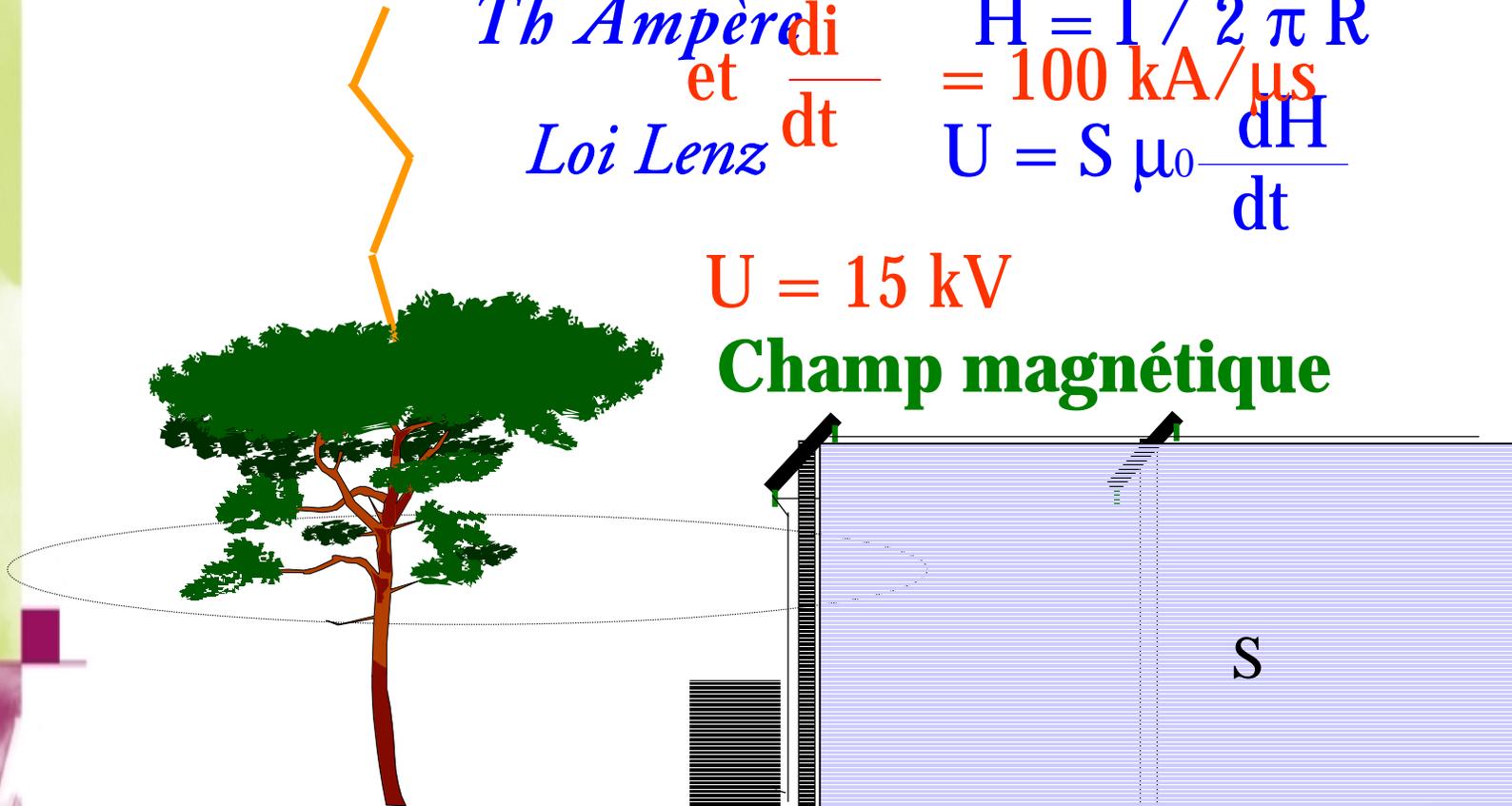
$$S = 300 \text{ m}^2 \quad R = 400 \text{ m}$$

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

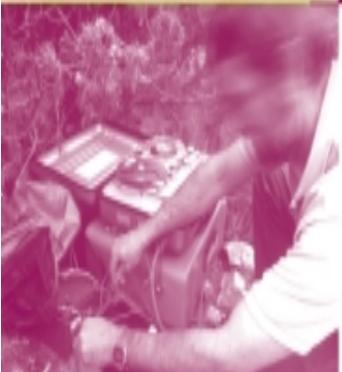
$$\text{Loi Lenz} \quad U = S \mu_0 \frac{dH}{dt}$$

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

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 de installation
ou totalement inattendu,
dès l'instant que cette dernière n'est pas

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

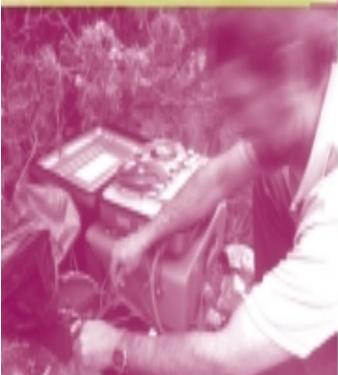
1986 – **ISSOIRE** : Explosion dans une fonderie

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**

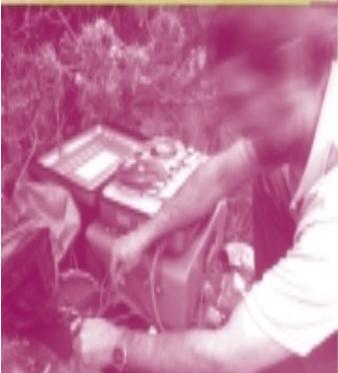
paratonnerres et parafoudres



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.



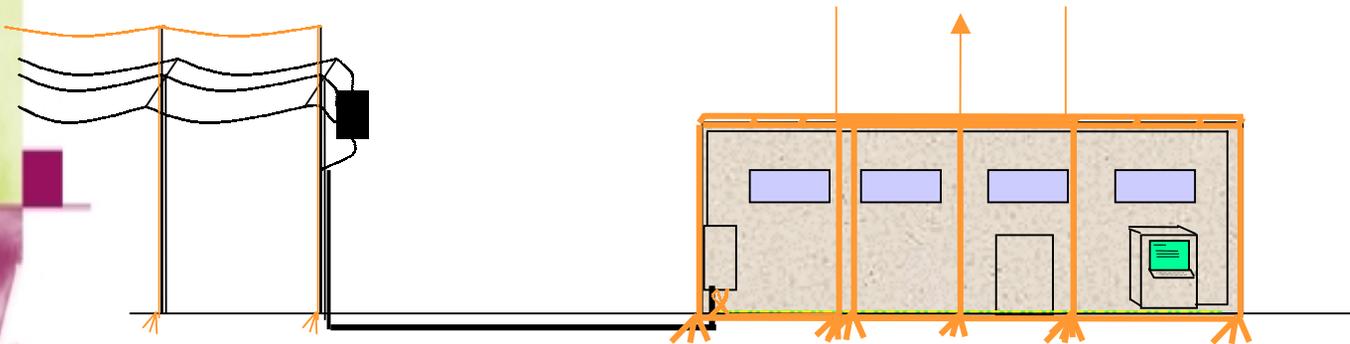
PROTECTIONS CONTRE LES EFFETS DIRECTS

Effets

Accidents

Protections

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



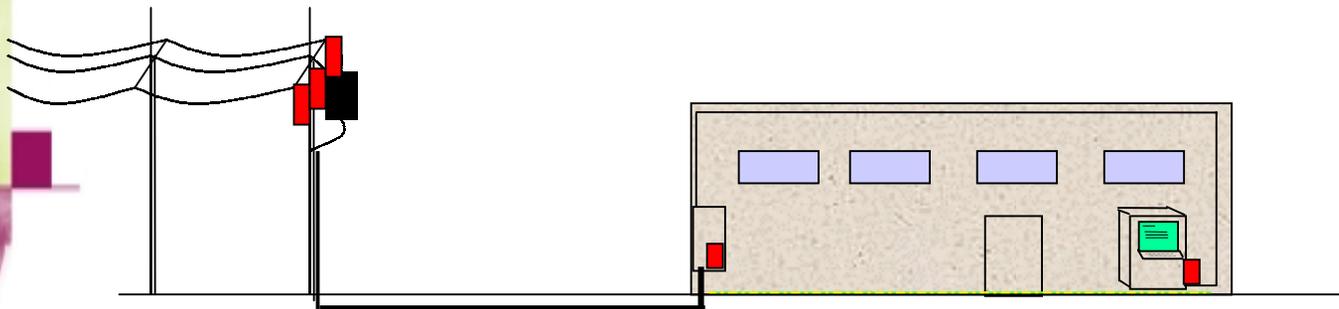
PROTECTIONS CONTRE LES EFFETS INDIRECTS

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

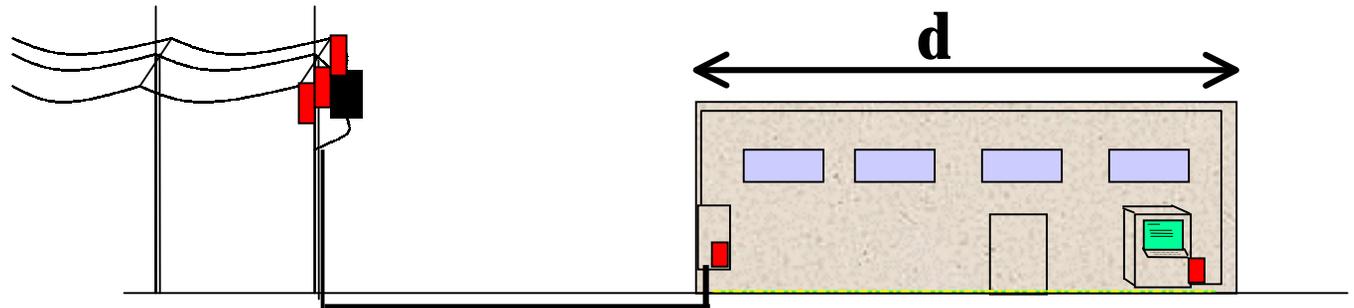
LES PARAFOUDRES

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.

