

# Plan du cours

## Masse et blindage

---

1. Réduction des perturbations
2. Potentiel de référence 0V
3. Mise à la terre
4. Mise à la masse
5. Plan de masse
6. Plan et réseau de masse
7. Efficacité du blindage
8. Ouvertures dans les blindages
9. Câbles blindés
10. Mise à terre des blindages
11. Autres forme du blindage

## Réduction des perturbations

### Il n'est pas toujours possible d'agir sur des appareils extérieurs

- La puissance en jeu des perturbateurs est élevée ,
- Les coûts d'améliorations des perturbateurs et des victimes sont élevés (Pertes de rendement),
- Difficile de distinguer les signaux utiles des signaux perturbateurs au niveau de la victime.

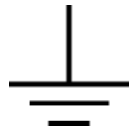
### Réduction du couplage : 4 moyens possibles :

- Bonne interconnexion des masses et mise à terre,
- Disposition et connexion adéquates des câbles et des composants,
- Blindage,
- Suppression des pointes de tension, filtrage, ...

## Potentiel de référence 0V

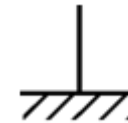
**Terre** : Connexion liée à la terre (sol de notre planète)

- Dans certaines applications électriques, c'est une référence de potentiel nul (0V)
- Sa conductivité électrique très variable véhicule des courants électriques.
- La connexion de terre n'est pas nécessaire au fonctionnement (exemple : avion)
- Le symbole de la référence terre est celui du schéma ci-contre.



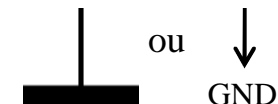
**Masse** : Carcasse métallique conductrice du système

- toute partie conductrice accessible au toucher d'un appareil ou d'une installation.
- Elle n'est pas sous tension en fonctionnement normal.
- mais peut le devenir en cas de défaut (défaut d'isolation).
- Le symbole de la référence masse est celui du schéma ci-contre.



**Commun** - Référence 0 Volt d'un circuit (ex. amplificateur)

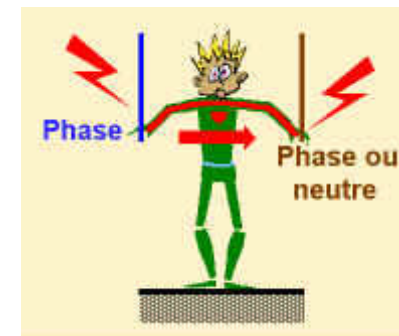
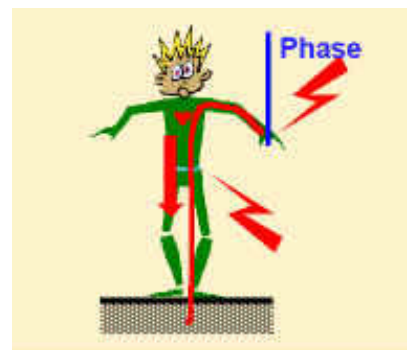
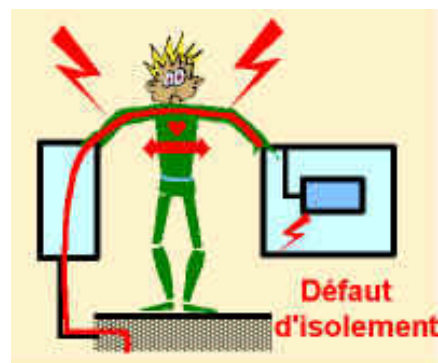
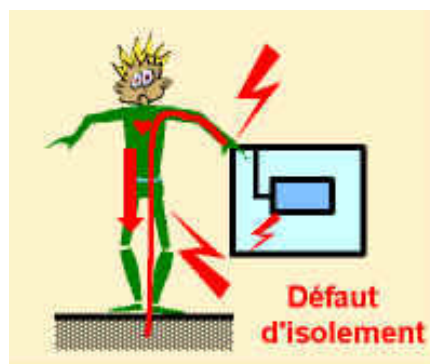
- Différent de la masse dans les circuits flottants (sans liaison avec la terre).
- Souvent désigné à tort par la masse lorsqu'il est relié à la terre.
- sur le plan de la CEM, le commun et la masse d'un circuit doivent être réalisés séparément, même s'ils sont reliés en un point.



## Mise à la terre

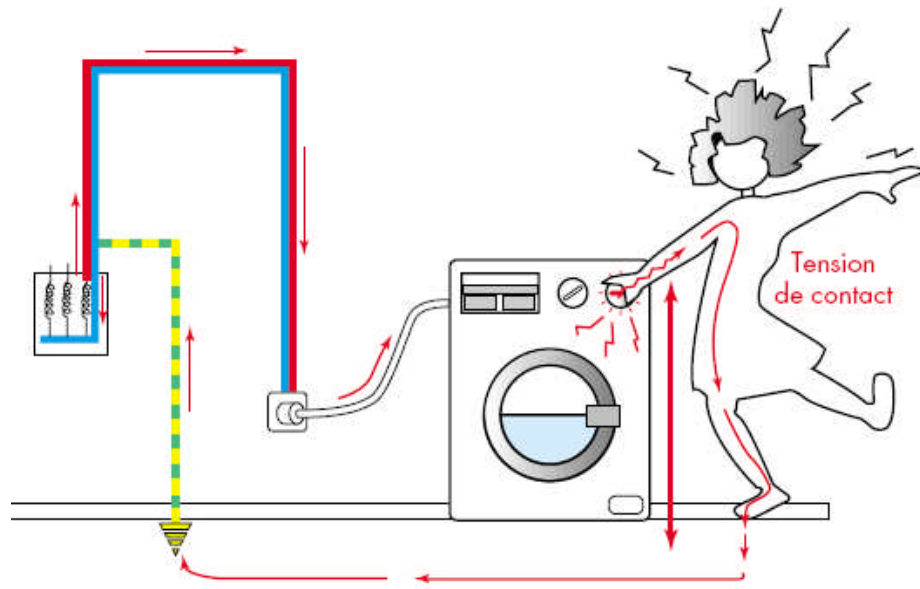
- **Sécurité des personnes**
- **Implantation du piquet de terre**
- **Une seule et unique mise à la terre**

Comportement d'une installation dans le cas d'un défaut d'isolement où la masse est mise accidentellement à un potentiel dangereux.

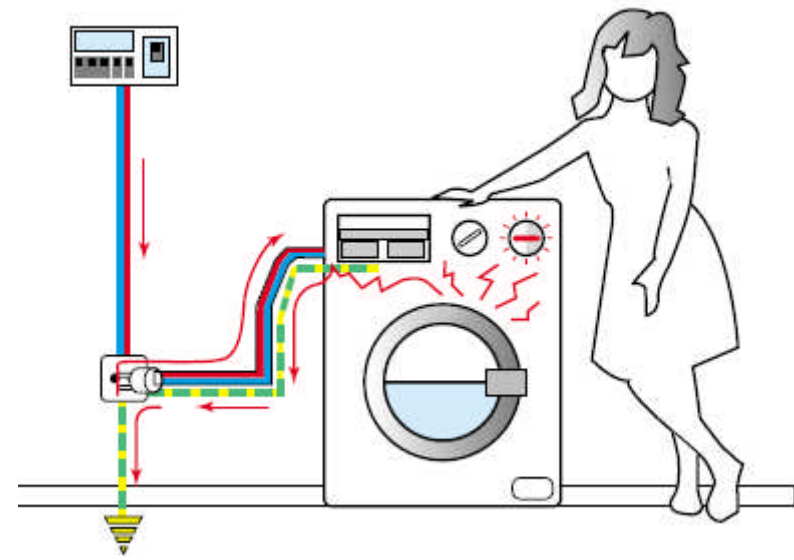


## Mise à la terre - Sécurité des personnes

les masses des appareils et installations sont raccordées à la terre pour assurer la protection des personnes contre les risques électriques en cas de défaut d'isolation. Cela provient du fait que la terre est utilisé comme potentiel de référence pour la distribution de l'énergie électrique.

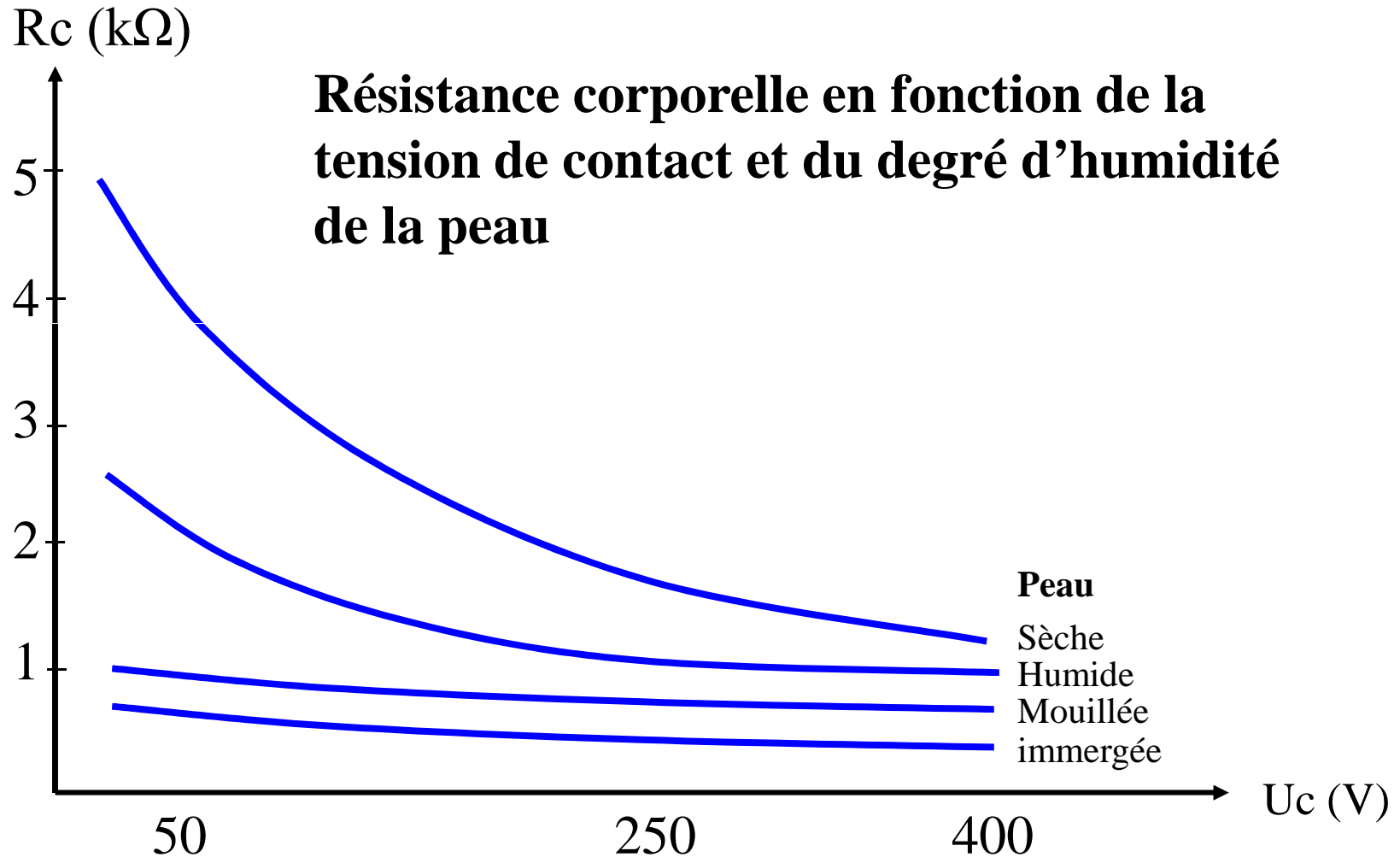


Sans mise à la terre



Avec mise à la terre

## Mise à la terre - Sensibilité



## Mise à la terre - Sensibilité

### Effets physiologiques du courant

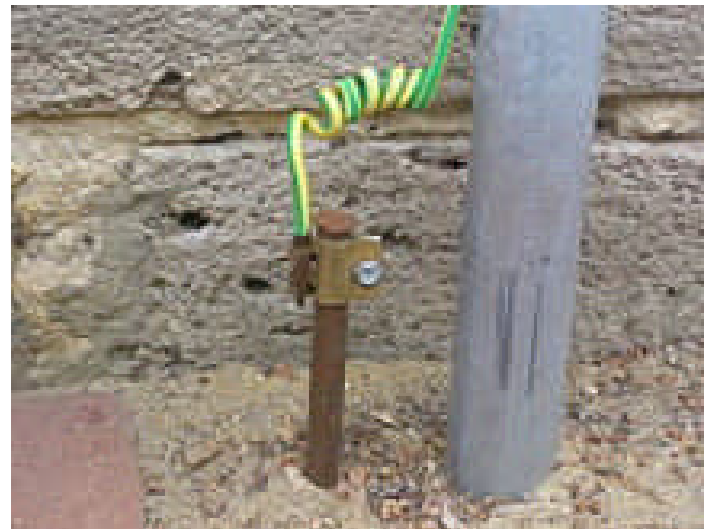
#### Les chiffres significatifs du risque électrique en courant alternatif

5mA	Seuil de sensibilité
10mA	Seuil de réaction réflexe Seuil de non lâcher
30mA	Seuil de téτανisation du diaphragme : arrêt respiratoire
50mA pendant une seconde	Seuil de fibrillation ventriculaire : arrêt circulatoire

### Mise à la terre - Implantation du piquet de terre

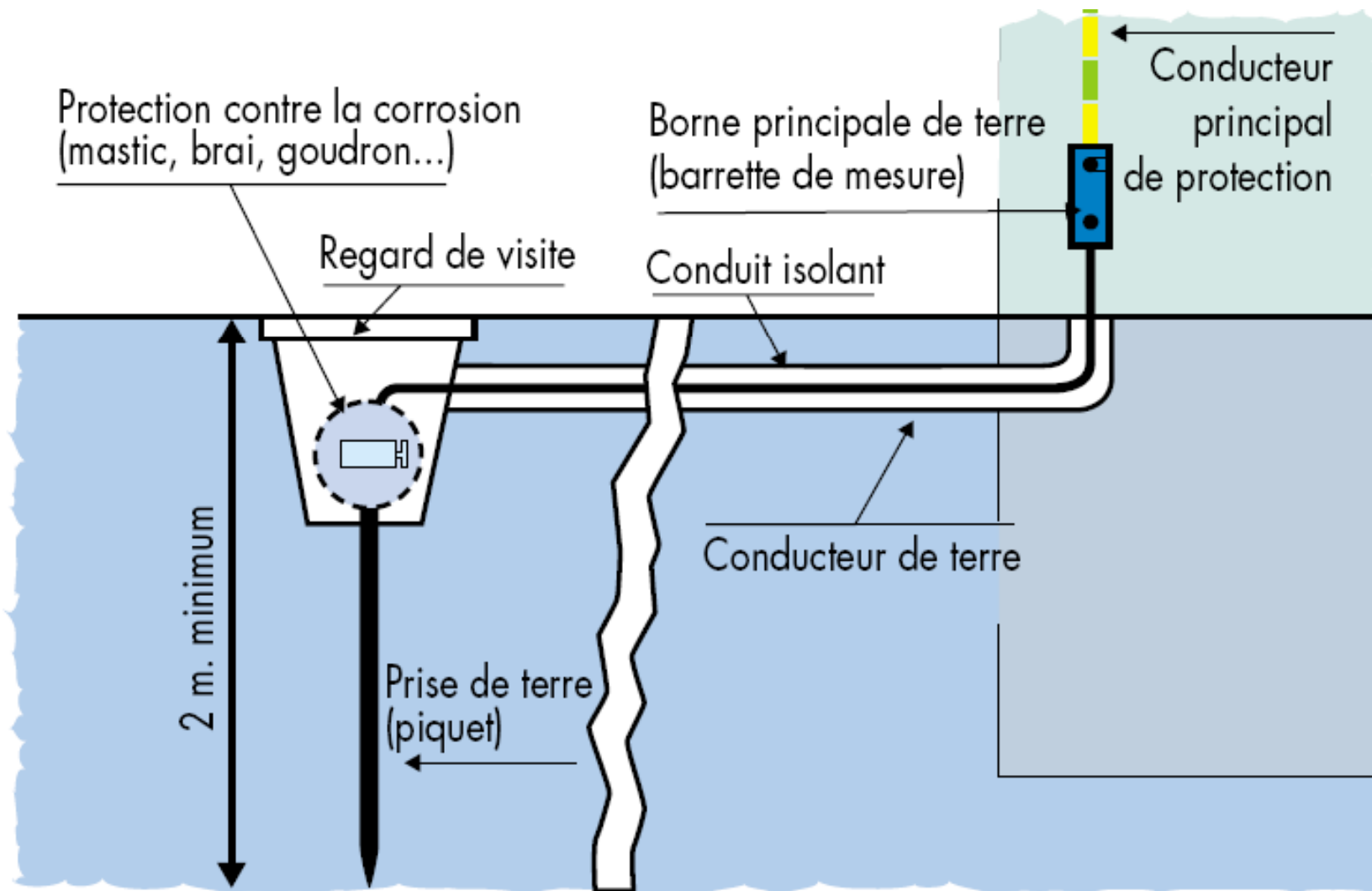
Connexion à la terre doit être faite :

- ❑ Par une tige en cuivre d'environ 1m de long et de diamètre supérieure au centimètre
- ❑ Implantée dans un endroit bon conducteur (humide) pour pouvoir écouler des courants de défaut ou de foudre de l'ordre de 20kA.





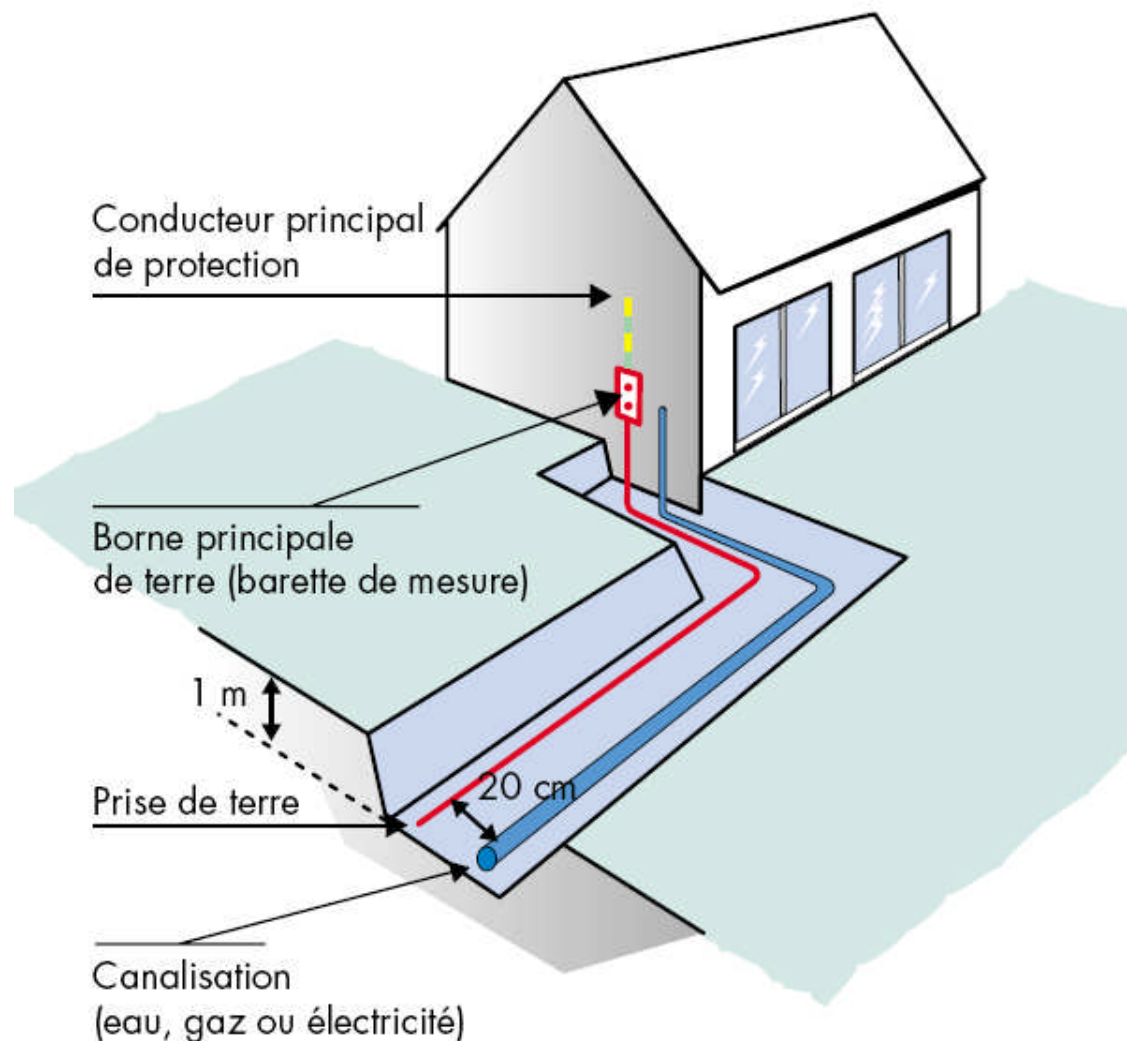
## Implantation du piquet de terre



## Implantation du piquet de terre

les plus utilisés sont des barres de cuivres ou en acier recouvert de cuivre ou galvanisés d'au moins 15mm de diamètre.

L'utilisation des canalisations d'eau comme prise de terre est interdite.



## Une seule et unique mise à la terre

---

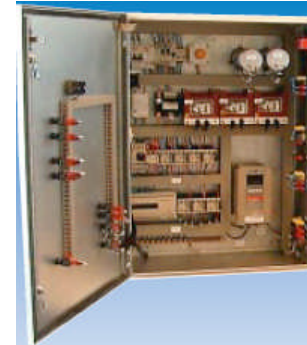
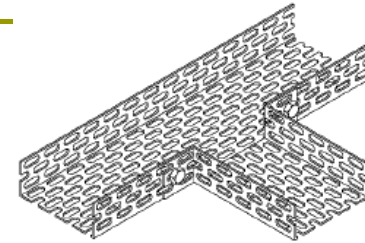
### Unique, sinon

- ❑ La résistance très variable du sol entraînerait en cas de coup de foudre des différences de potentiel extrêmement élevées et destructrices entre les différentes prises de terre.
- ❑ Dans une installation en fonctionnement normale (courants de fuite, de défauts, etc ...) entraînerait des perturbations inacceptables (couplage par conduction)

## Masse

La masse est l'enveloppe métallique de toutes appareils ou installations électriques.

- Goulottes métalliques
- Armoires métalliques, plaques de fond d'armoire non peintes
- Structure métallique du bâtiment (charpente, tuyauterie ...)
- Bâtis et support de machines
- Carcasse de transformateur, moteur, boîtier de PC et d'automates, ...
- Fils électriques vert - jaune (PE) de liaison à la terre



## La mise à la terre des masses

---

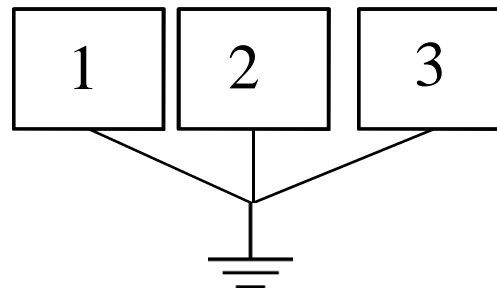
Les masses doivent être reliées à la terre par des conducteurs de couleur vert-jaune dits «PE» ou «terres de protection».

- Les courants de défaut élevés soient éliminés (sécurité des biens)
- Aucune tension dangereuse ne puisse apparaître entre deux masses, masse et sol ou structure métallique (sécurité des personnes).
- Pour tout défaut ou apparition d'une tension dangereuse, un disjoncteur différentiel est prévu pour déconnecter l'appareil ou l'installation du réseau électrique.

## Plan de masse

### Masse en étoile :

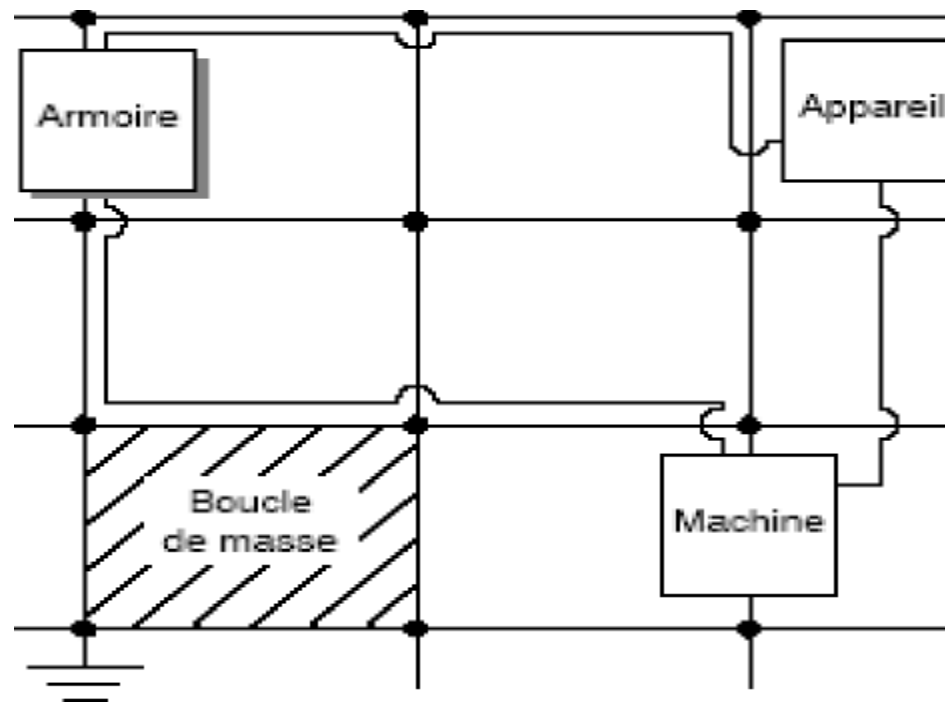
- Pas de couplage par conduction, puisqu'il n'y a aucune impédance commune.
- Totalemment suffisant pour la protection des personnes et des biens, dans le domaine des basses fréquences (<100Hz).
- **Mais inutile sur le plan de la CEM**
  - les conducteurs peuvent être long (impédance très grande en HF et les courants qui y circulent peuvent produire du rayonnement) .
  - Il devient physiquement impossible de réaliser une étoile quant il y'a plusieurs appareils à mettre à la masse.



## Plan de masse

### Masse en grille (plan de masse) :

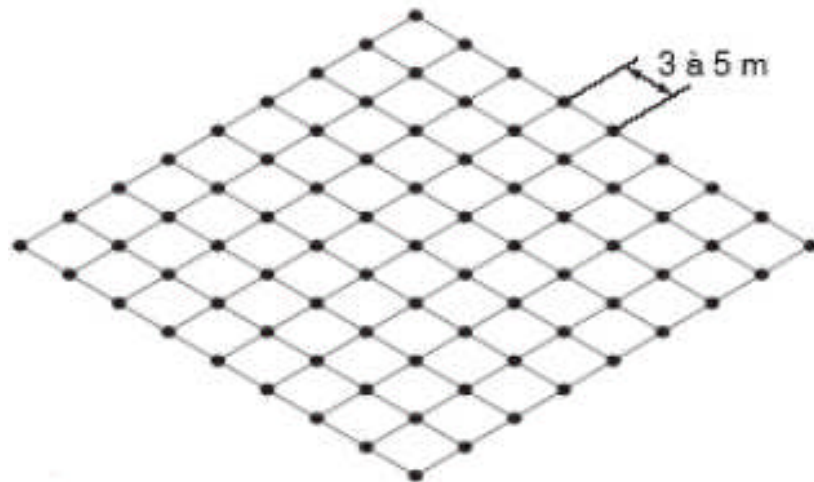
- Une alternative consiste à réaliser un maximum d'interconnexions complémentaires en plus des câbles PE (vert-jaune)
- On constitue ainsi un réseau équipotentiel de masse de mailles fines répondant aux exigences de «CEM»



## Plan et réseau de masse

### Plan de masse équipotentiel :

- Réaliser un plan de masse et une ceinture de masse à chaque étage en utilisant les treillis de fer à béton coulés dans les dalles
- Interconnecter toutes les structures métalliques ; charpentes, tuyaux et conduites, ...
- Dans les zones destinées à recevoir du matériel sensible (mesure, informatique, ...) un plan de masse avec des mailles plus serrées peut être nécessaire

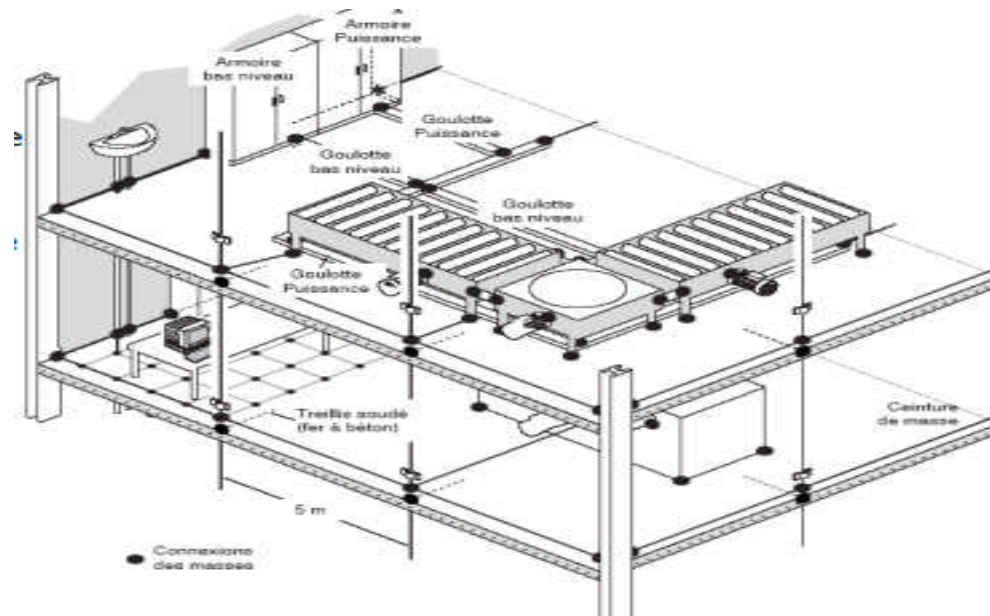




## Plan et réseau de masse

### Masse du site équipotentiel :

- Interconnecter toutes les structures métalliques structures métalliques des machines, armoires, goulottes, canalisations, ...
- les conducteurs non utilisés d'un câble doivent être mis à masse aux 2 extrémités,
- Raccorder ce réseau de masse local au réseau de masse du site



## Blindage

### Topologie avec 2 niveaux de blindages

- Les circuits sensibles sont regroupés à l'intérieur d'une enveloppe blindée,
- Les circuits perturbateurs également, à l'abri d'une autre enveloppe blindée,
- Les circuits non critiques sont regroupé mais sans enveloppe,
- Tous ces groupes sont placés à l'intérieur d'une enveloppe blindée extérieure,

### Un blindage est une enveloppe qui :

- Maintient en dehors les perturbations externes,
- Maintient à l'intérieur les signaux internes,
- Procure aux perturbations un chemin de diversion à basse impédance.

## Efficacité du blindage

**L'efficacité d'un blindage :**  $E = \frac{\text{Intensité du champ côté perturbateur}}{\text{Intensité du champ côté victime}}$

**L'efficacité se mesure en décibel :**

$$E_{dB} = 20 \text{Log} \frac{E_{Perturb}}{E_{Victime}} \quad \text{ou} \quad B_{dB} = 20 \text{Log} \frac{B_{Perturb}}{B_{Victime}}$$

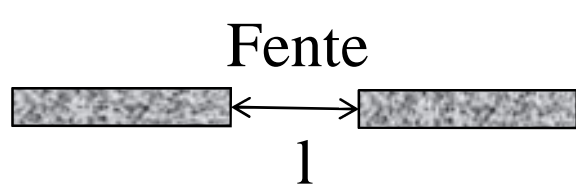
### Le blindage dépend fortement de la fréquence:

- En basse fréquence, même une feuille d'acier de 0,5 mm n'atténue presque rien. Il faut augmenter l'épaisseur ou choisir des matériaux à haute perméabilité  $\mu_r$ .
- En haute fréquence, un blindage en cuivre même très mince est largement suffisant.

## Ouvertures dans les blindages

### Influence des ouvertures dans les blindages :

- L'efficacité d'un blindage est fortement dégradée par les ouvertures, particulièrement les ouvertures en forme de fente.
- L'influence d'une fente n'existe qu'en haute fréquence
- L'efficacité d'un blindage dépend de la longueur de la fente pratiquée et de la longueur d'onde considérée. Il est décrit par la relation ci-contre :

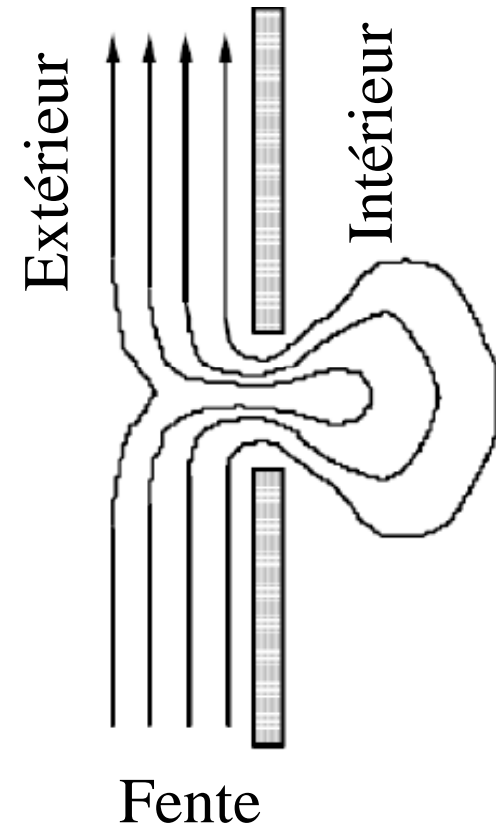

$$E_{db} = 20 \text{Log} \left( \frac{2l}{\lambda} \right)$$

## Ouvertures dans les blindages

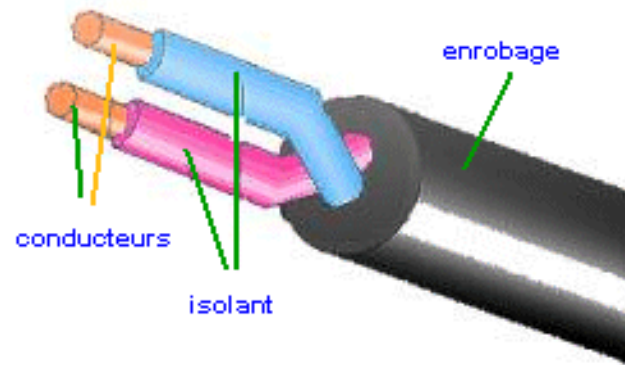
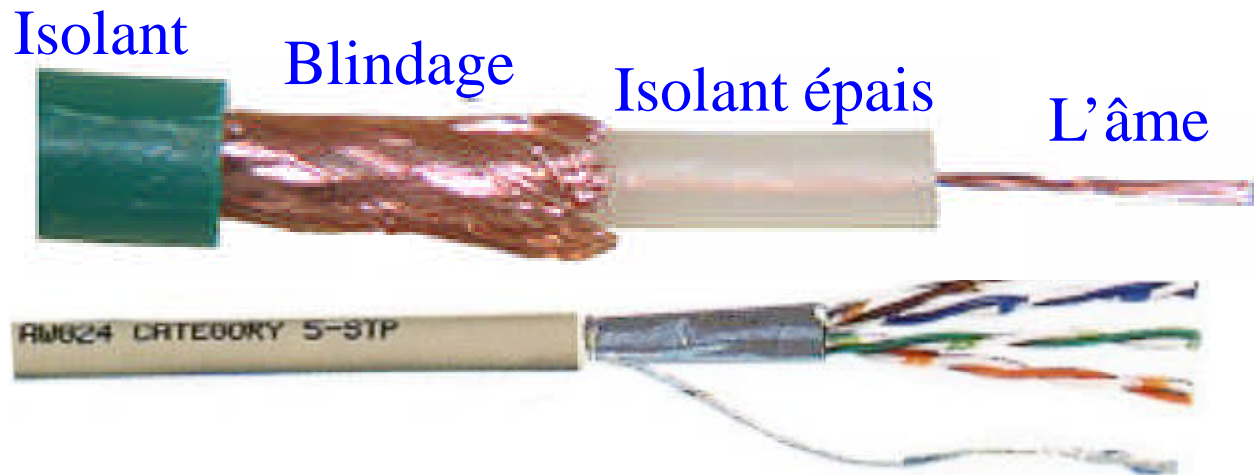
### Conseils

- Plusieurs trous ronds plutôt qu'une fente
- Même la petite fente entre 2 tôles est critique
- Le plus économique : épaulements sur le bord des tôles (pas de contact visuel direct)
- le plus cher : joint en gomme conductrice ou ressort conductrices

Trous



## Câbles blindés



## Mise à terre des blindages

### Non mise à terre des blindages :

- Si les circuits à protéger n'ont aucune liaison électrique avec l'extérieur, le blindage n'a pas besoin d'être mis à terre pour être efficace.
- Mais un blindage « flottant » induirait des perturbation dans le circuit à potentiel fixe

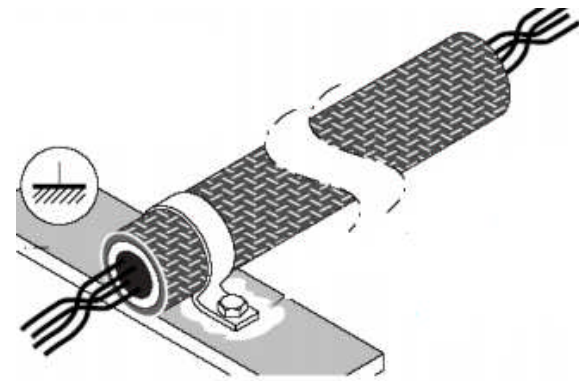
### Une bonne mise à terre du blindage :

- Les courants perturbateurs intérieurs ne peuvent pas sortir à l'extérieur
- Les courants perturbateurs provenant de l'extérieur doivent être « forcés » de passer par la face externe du blindage pour aller à la terre
- Cette mise à terre assure également une protection en cas de défaut d'isolation

## Mise à terre des blindages

### Mise à la masse du blindage d'un câble coaxial :

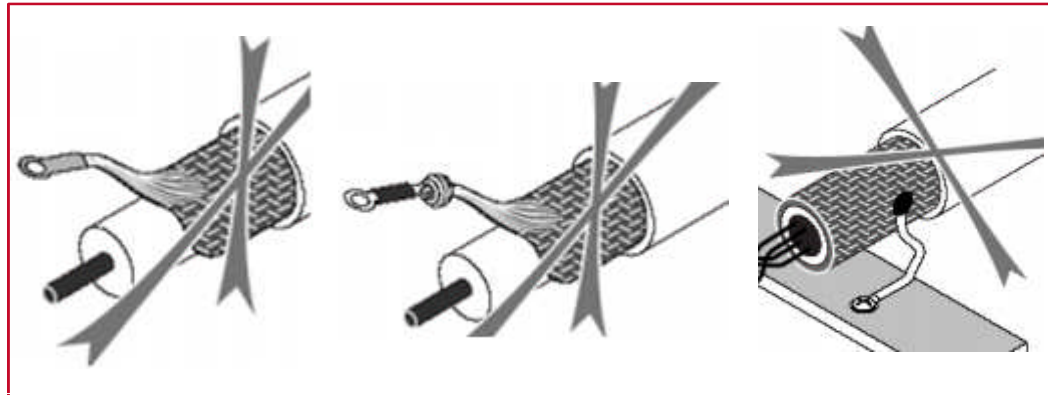
- Un blindage relié à une seule extrémité présente un danger mortel !
- Une forte tension peut apparaître à l'extrémité non reliée à la masse.
- Le blindage doit donc être protégé contre les contacts directs.
- Le blindage peut faire antenne et entrer en résonance perturbation supplémentaire nécessaire



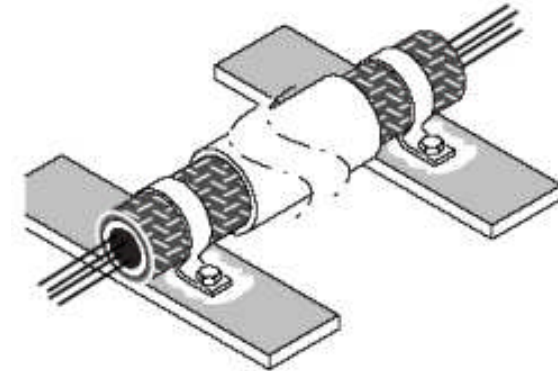
**Danger de surtension  
à l'autre extrémité**



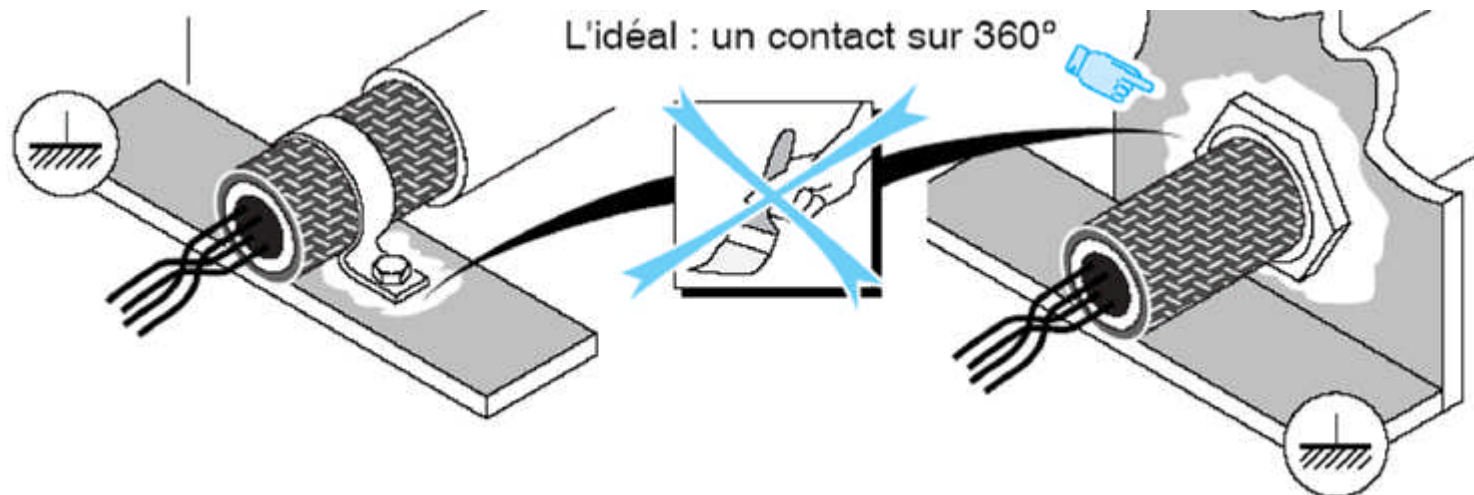
## Mise à terre des blindages



les « queues » ne servent à rien du tout sur le plan de la CEM



La meilleure façon de raccorder le blindage



### Autres forme du blindage

#### Fenêtres blindée transparentes

- ❑ les affichages ou verres (écrans de PC, portière micro-onde, ...) exigent de grandes ouvertures transparentes
- Réseau de fils très fins (4 à 60 conducteurs par cm) disposés en 2 couches croisées
- Réseau de couches de carbone
- Couche fine d'or

#### ❑ Boîtiers plastic

- Recouvrir la face interne d'une couche conductrice (très mince)
- Mouler le plastic autour d'une feuille ou d'une structure conductrice
- Utiliser un adjuvant rendant la masse du plastic conducteur

Ces protections suffisent contre les décharges électrostatiques, mais pas assez contre les rayonnements électromagnétiques.

### Référence bibliographique

---

1. Alain Charoy « Compatibilité électromagnétique » 2ème édition; Dunod ISBN 2-10-049520-8
2. J. Unger « Introduction à la compatibilité Electromagnétique », Haute Ecole d'Ingénierie et de gestion du Canton de Vaud (heig-  
vd), Suisse.
3. Jacques Cuvillier « cours de cem », Université de Nantes.
4. Emmanuel CLAVIER « Compatibilité Electromagnétique », Ecole Centrale Marseille, France.
5. P. POULICHET, «Introduction à la Compatibilité Electromagnétique», Ecole de l'innovation technologique ESIEE), Paris France

**Remerciement**

---

**Merci de  
votre  
attention !**