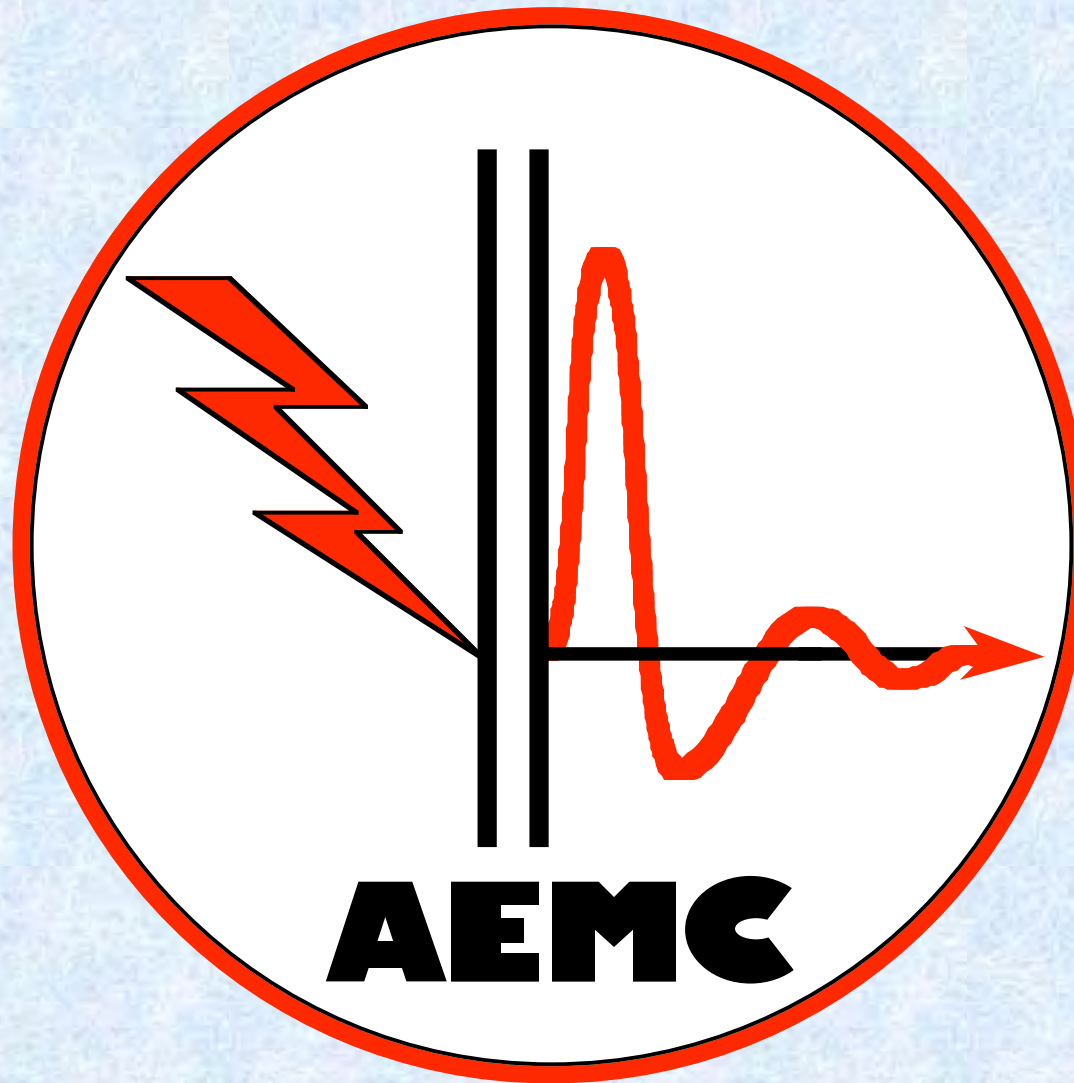


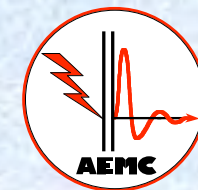
Perturbations Electromagnétiques



Erreurs CEM récurrentes - Bonnes et mauvaises corrections

Alain CHAROY - (0033) 4 76 49 76 76 - a.charoy@aemc.fr

L'électromagnétisme n'est que de l'électricité



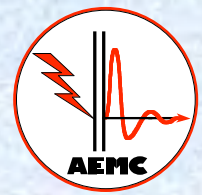
• Perturbations conduites

- Courant i (en ampères) 10 mA (permanent) à > 10 A (crête)
- Tension u (en volts) 1 V (permanent) à > 1 kV (crête)
- Impédance $Z = u / i$ (en ohms) typiquement de 40 to 400 Ω (in HF)
- Puissance $P = u \times i$ (en watts) mW (permanent) à $> MW$ (transitoire)
- Retard de propagation ≈ 5 ns/m (pour tout câble)

• Perturbations rayonnées

- Champ magnétique H (en A/m) B peut excéder 100 mT en DC
- Champ électrique E (en V/m) 1 V/m (CW) to kV/m (impulse)
- Impédance ($Z = E / H$, in Ω) 377 Ω en « champ lointain »
- Densité puissance ($P = E \times H$, in W/m^2) 1 W/m^2 (CW) to MW/m^2 (transitoire)
- Célérité $\approx 300\,000$ km/s dans l'air ou le vide

Quelques sources de parasites

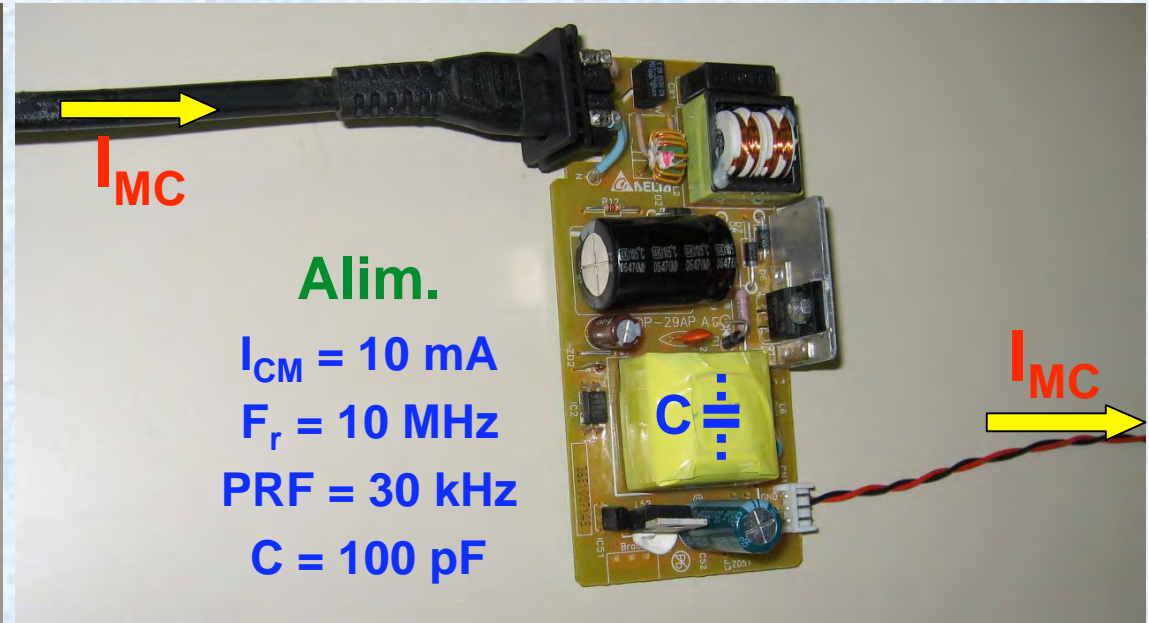


Talkie-walkie
 $E = 10 \text{ V/m @ } 1 \text{ m}$

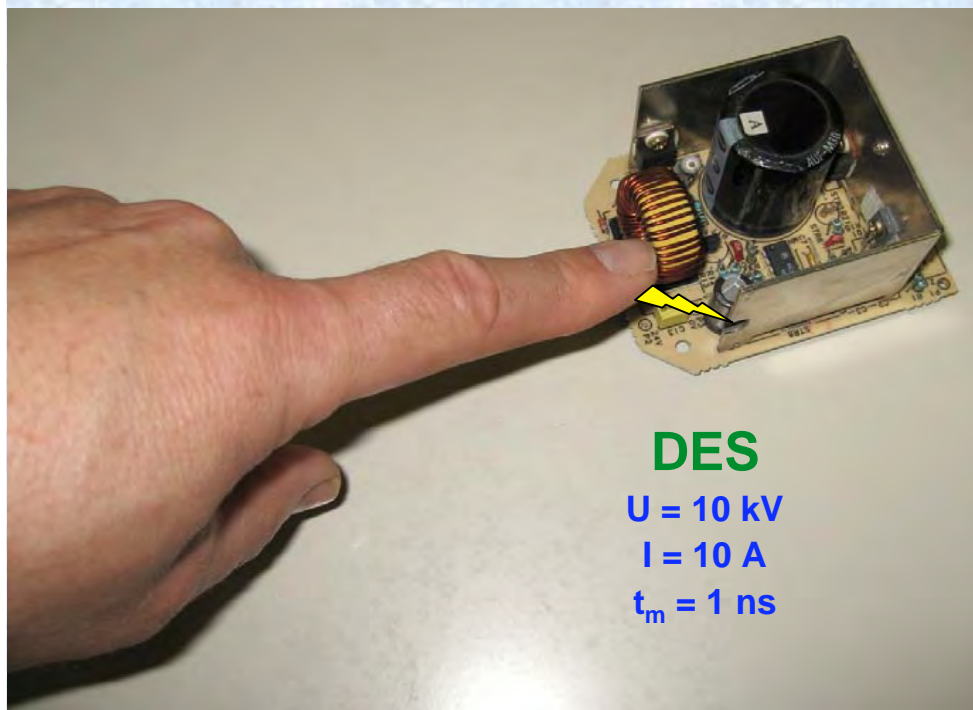


Téléphone GSM
 $E = 3 \text{ V/m @ } 1 \text{ m}$

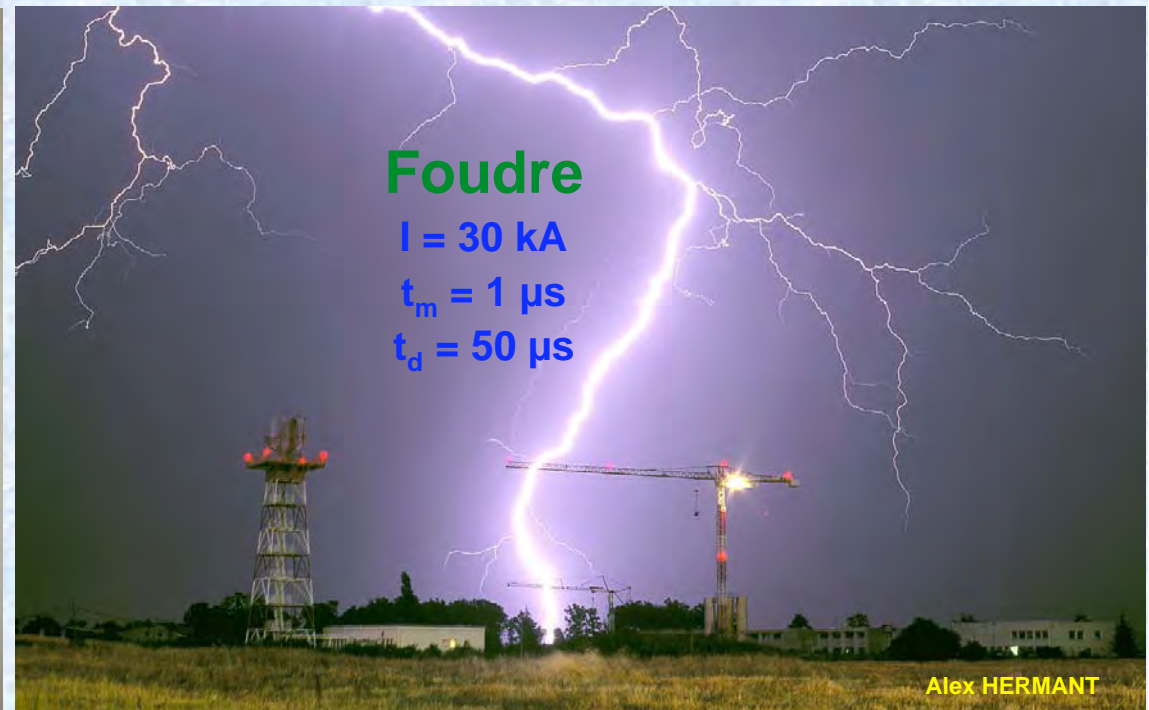
Alim.
 $I_{CM} = 10 \text{ mA}$
 $F_r = 10 \text{ MHz}$
 $PRF = 30 \text{ kHz}$
 $C = 100 \text{ pF}$



DES
 $U = 10 \text{ kV}$
 $I = 10 \text{ A}$
 $t_m = 1 \text{ ns}$

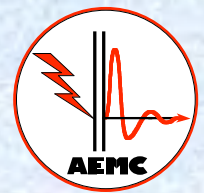


Foudre
 $I = 30 \text{ kA}$
 $t_m = 1 \mu\text{s}$
 $t_d = 50 \mu\text{s}$

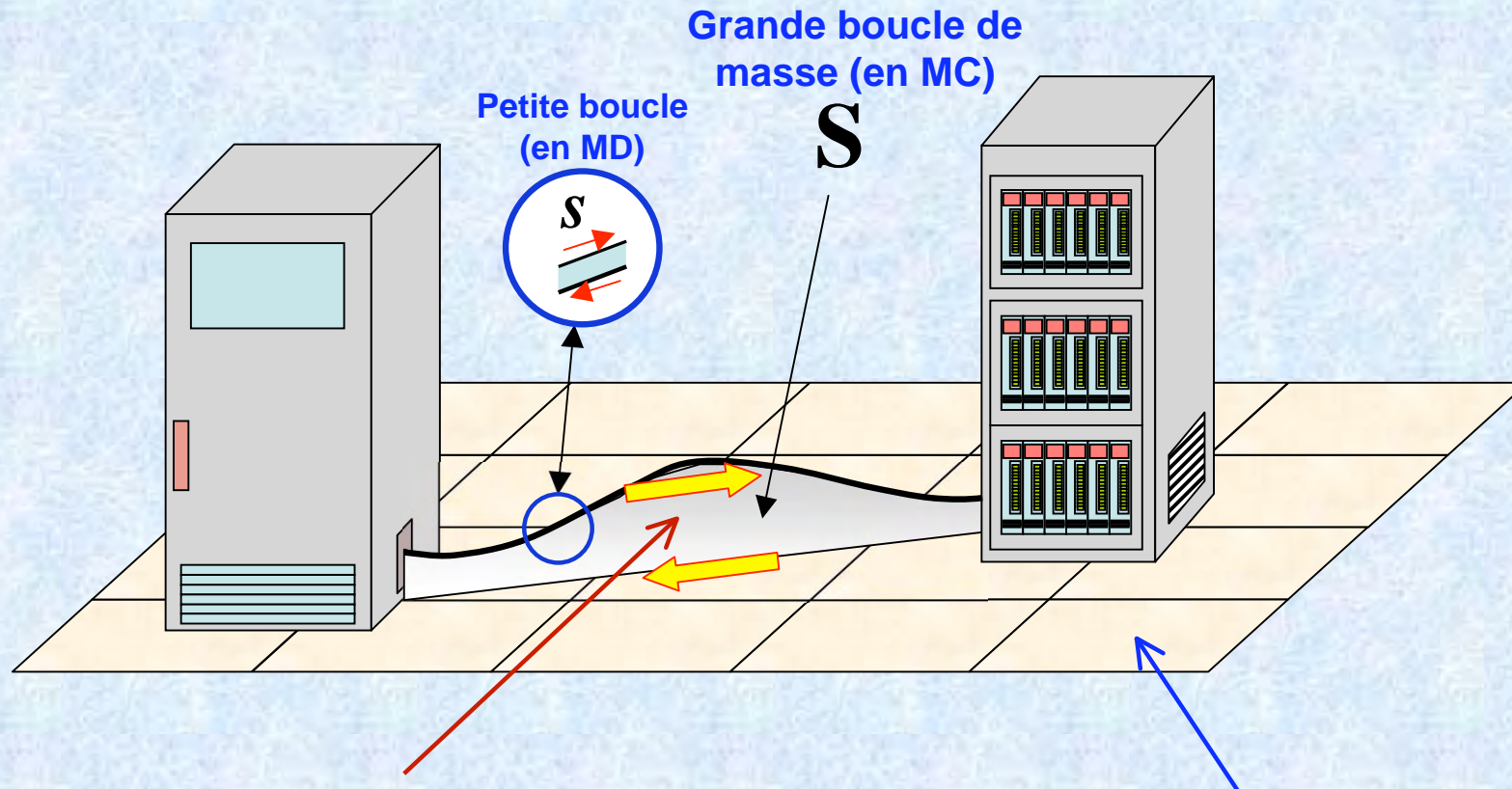


Alex HERMANT

Le problème des boucles de masse



Un champ magnétique variable induit une tension dans les boucles



Cette boucle de masse est néfaste mais inévitable

Sa surface est à réduire en :

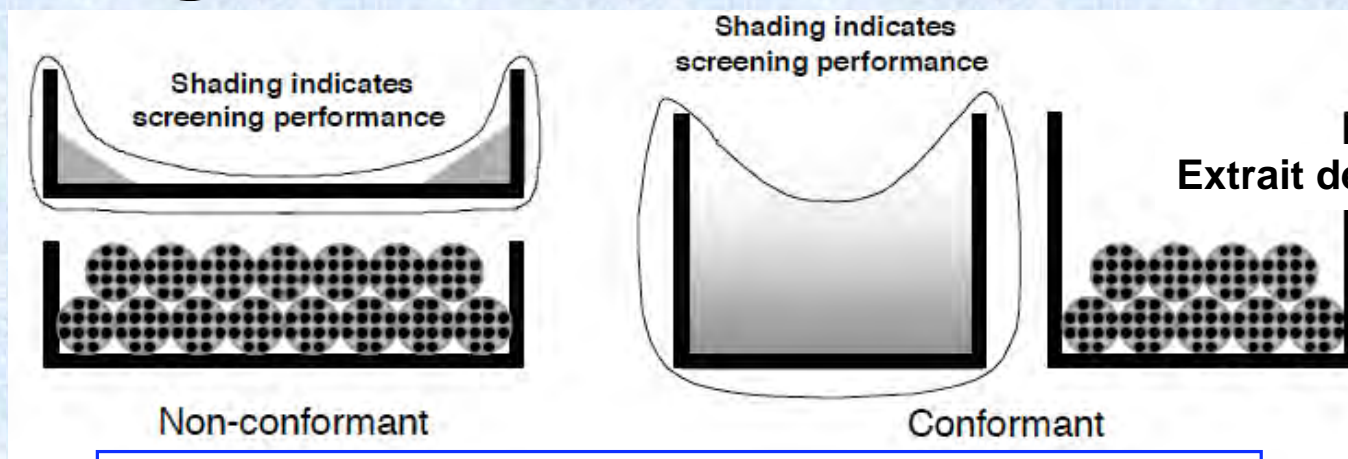
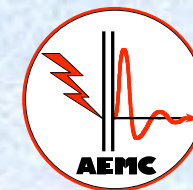
- **Plaquant les câbles sur un plan de masse conducteur**
- **Utilisant des chemins de câbles (en continuité)**
- **Utilisant des câbles blindés mis à la masse aux 2 bouts**

Un faux-plancher n'est pas une boucle

de masse. Cette boucle favorable :

- **Diminue l'impédance de mode commun**
- **Dilue les courants (en les divisant)**
- **Peut réduire les champs EM extérieurs**

Blindage d'un chemin de câbles

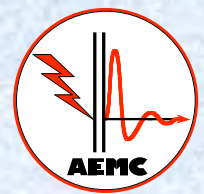


Arrangement dans un chemin de câbles



Excellente solution:
tresses reprises par
des presse-étoupe

Chemins de câbles bien blindés



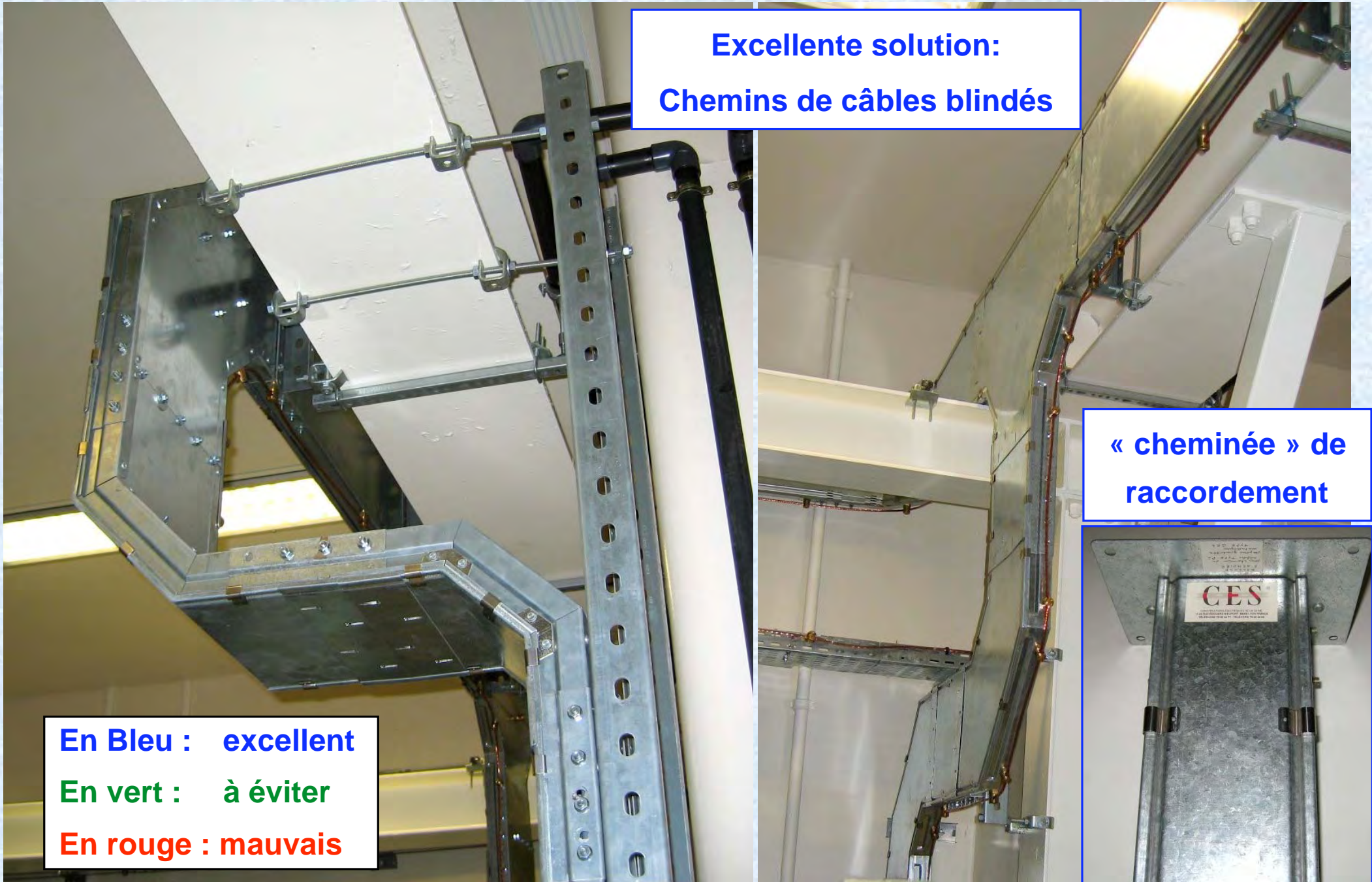
Excellente solution:
Chemins de câbles blindés

« cheminée » de
raccordement

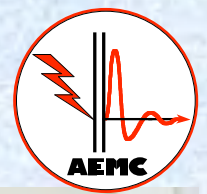
En Bleu : excellent

En vert : à éviter

En rouge : mauvais



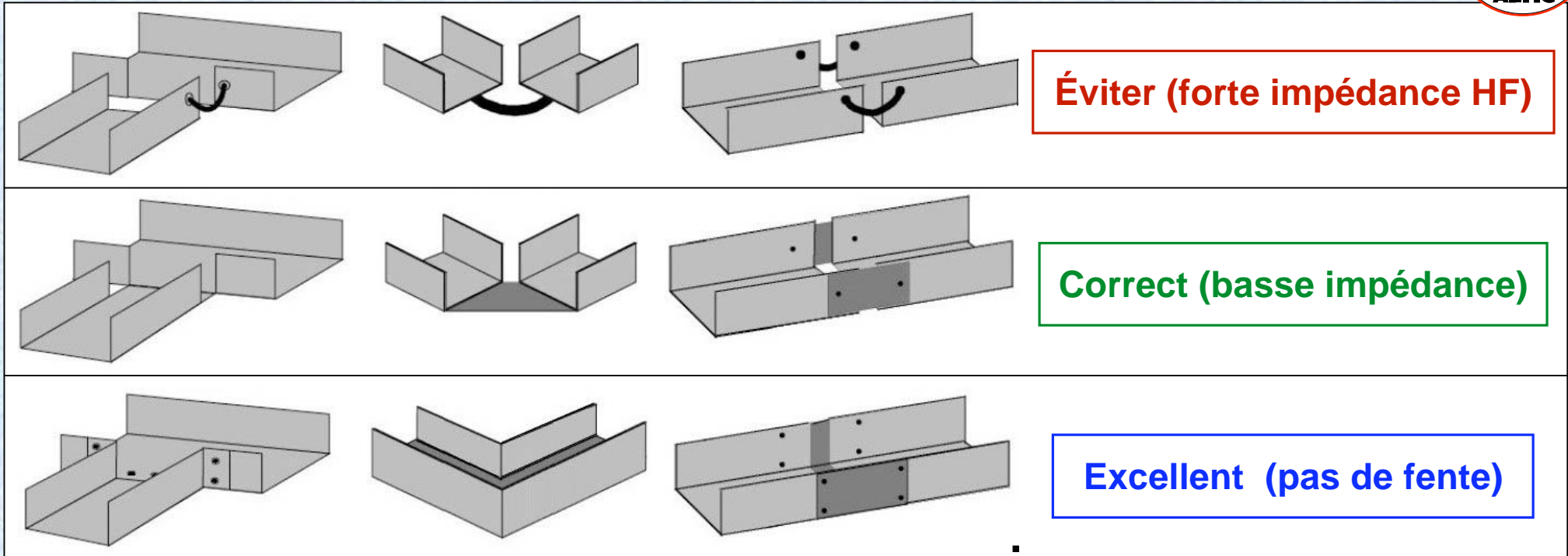
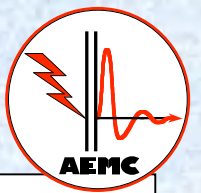
Chemins de câbles bien mis en œuvre



Tous ces chemins de câbles sont correctement reliés



Choix importants en CEM - 1

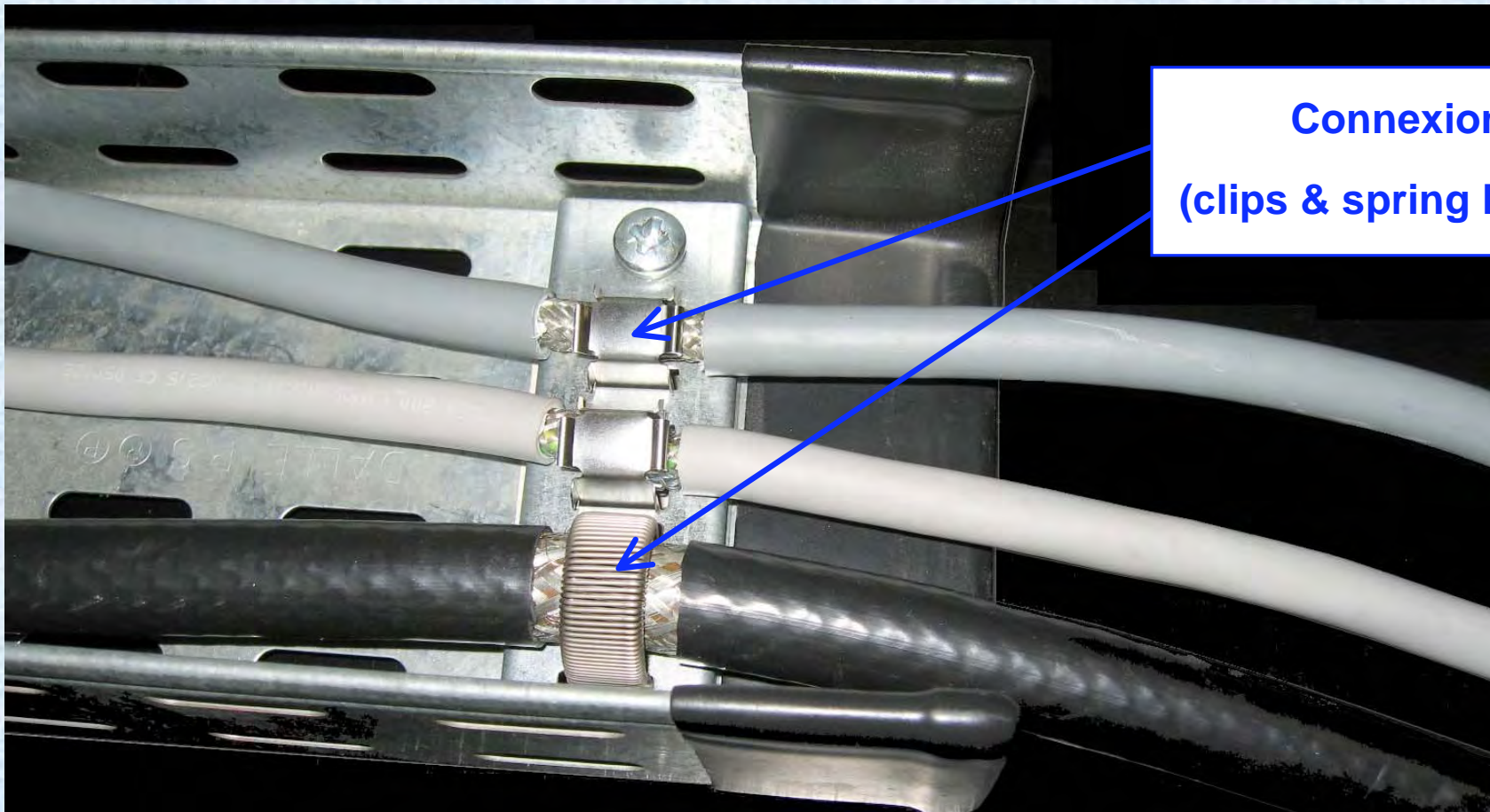
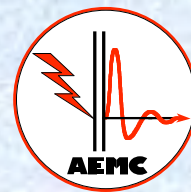


Transition correcte entre CdC et Cablofil

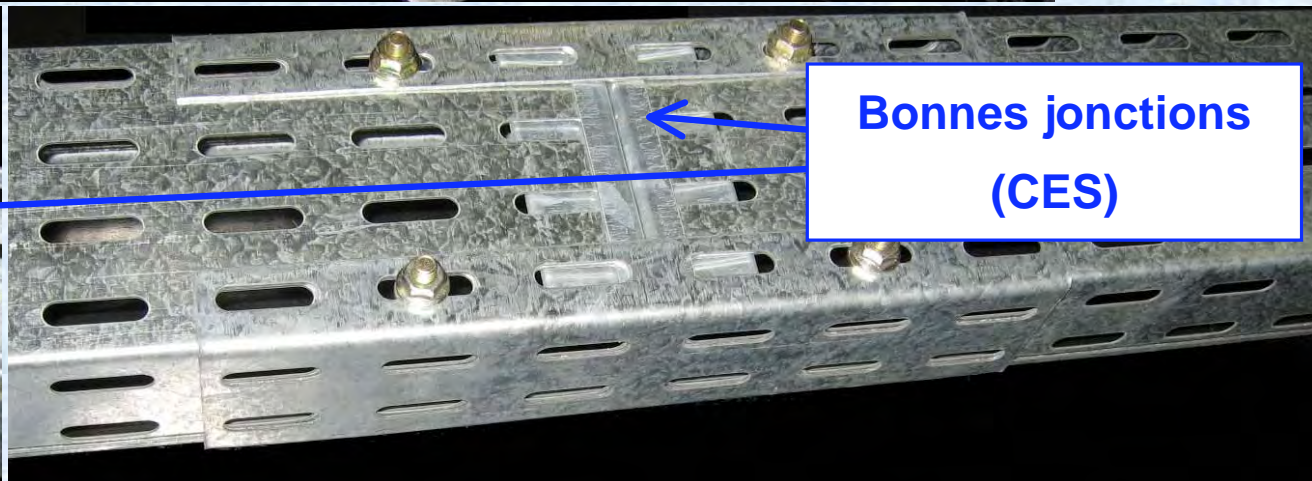
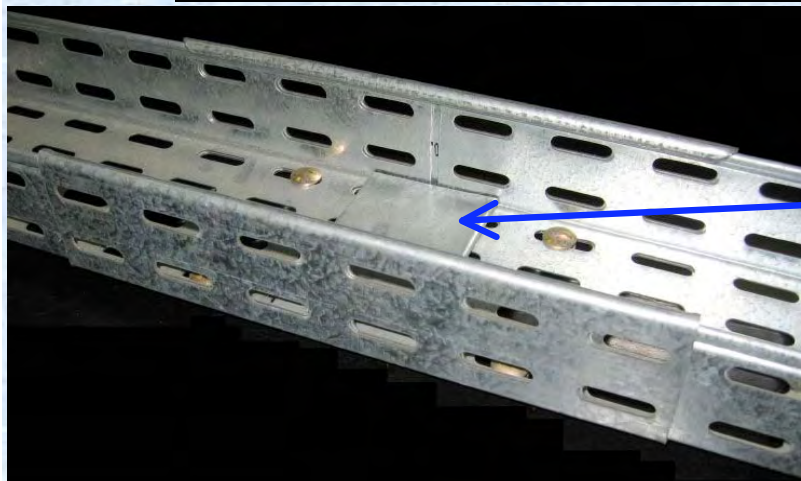


Mauvaise continuité en HF

Choix importants en CEM - 2

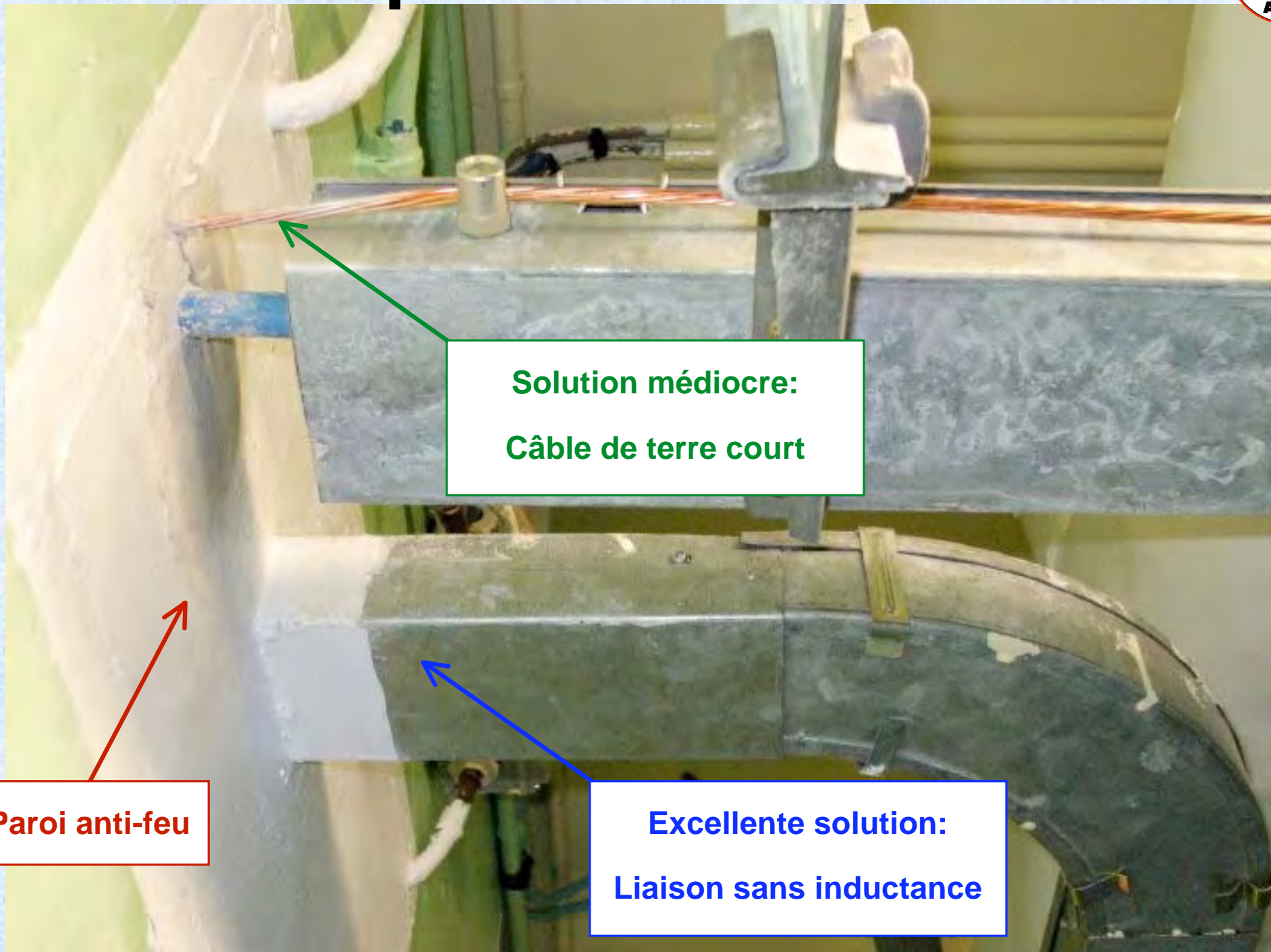
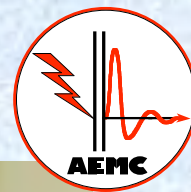


**Connexions
(clips & spring LÜTZE)**



**Bonnes jonctions
(CES)**

Choix importants en CEM - 3

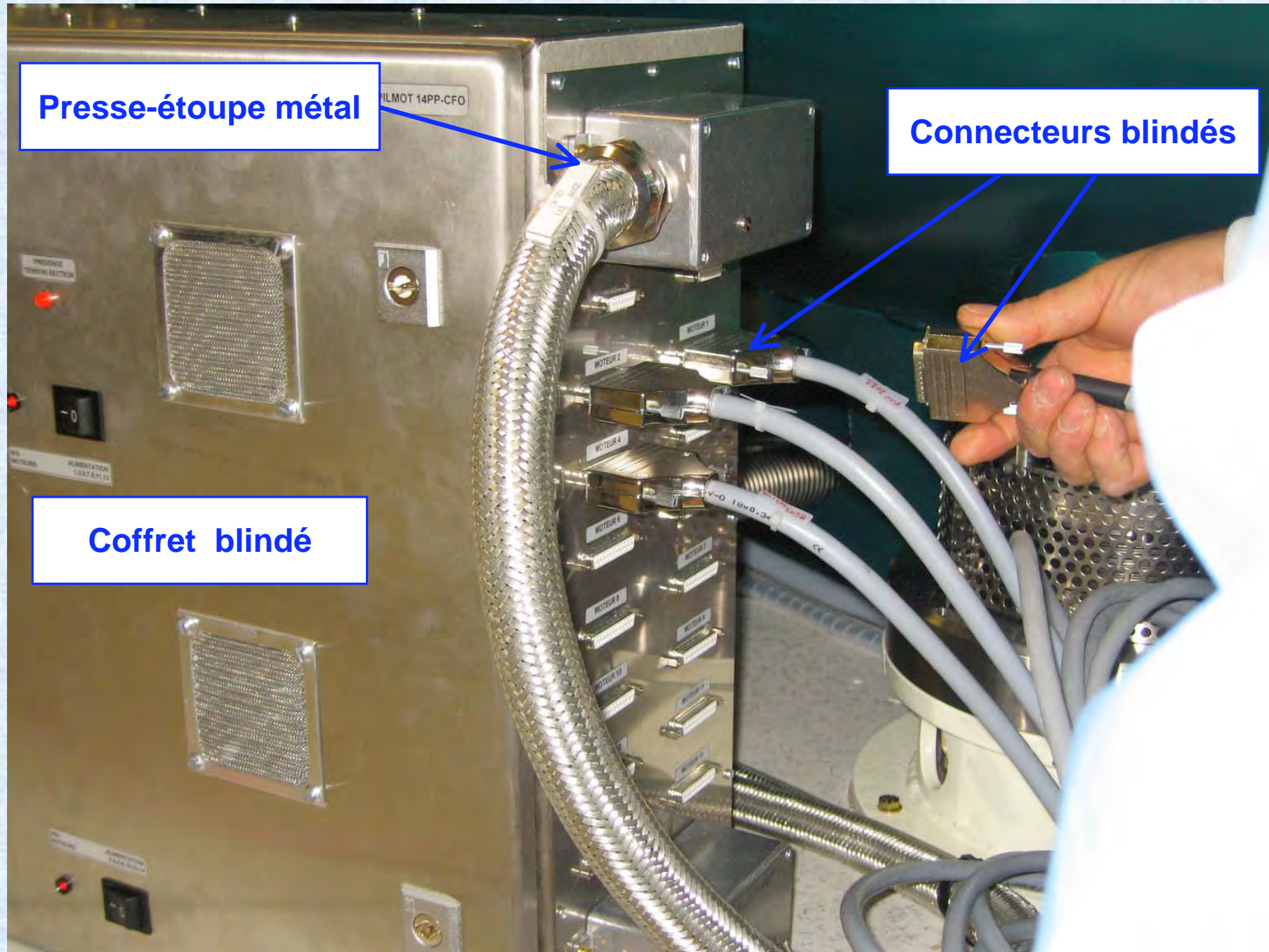
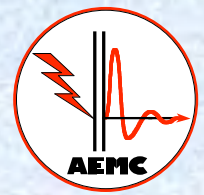


**Solution médiocre:
Câble de terre court**

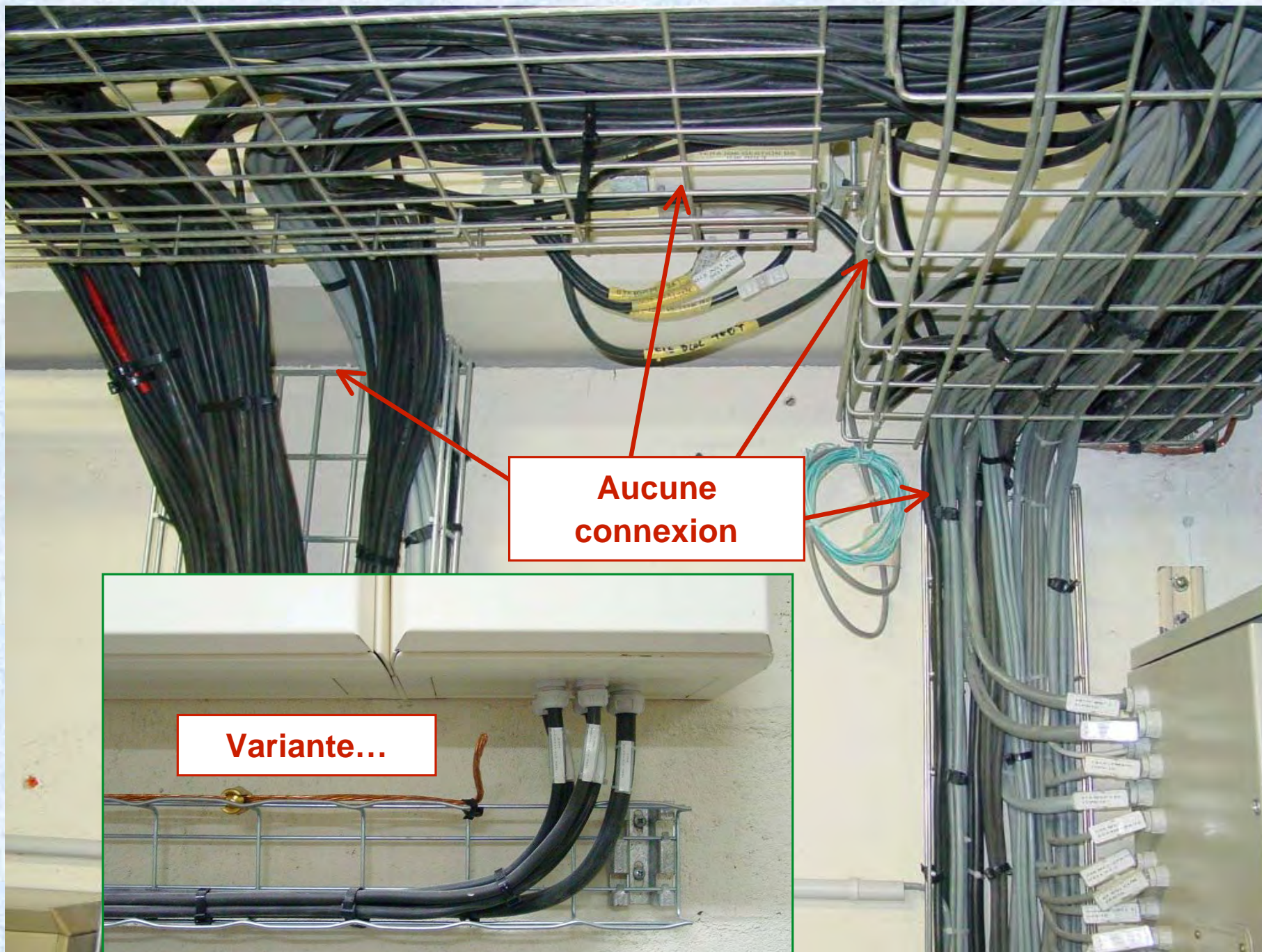
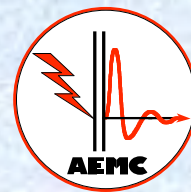
Paroi anti-feu

**Excellente solution:
Liaison sans inductance**

Choix importants en CEM - 4



Erreurs CEM récurrentes - 1

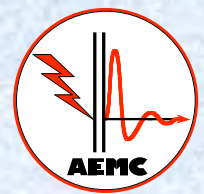


Aucune connexion

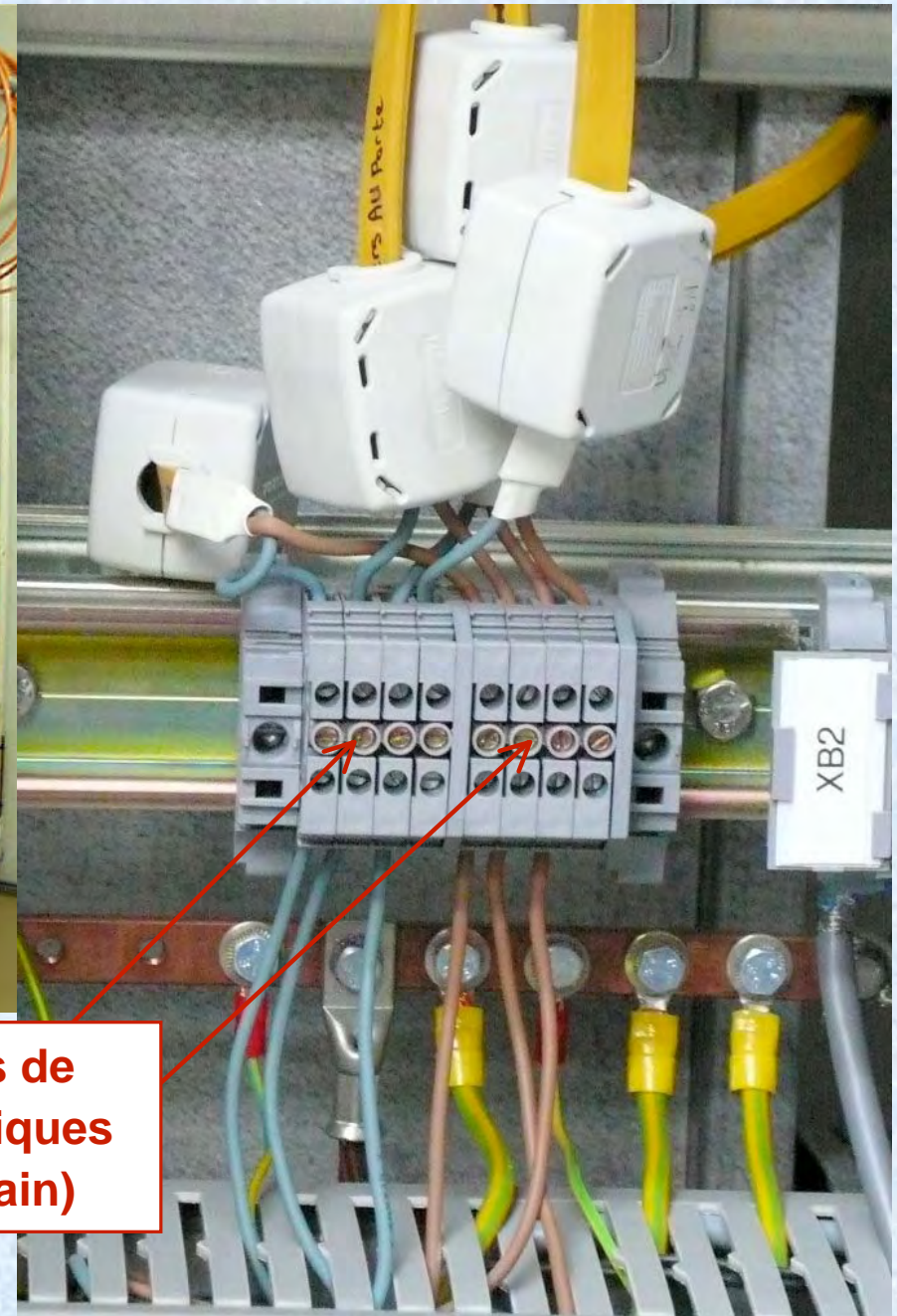


Variante...

Erreurs CEM récurrentes - 2

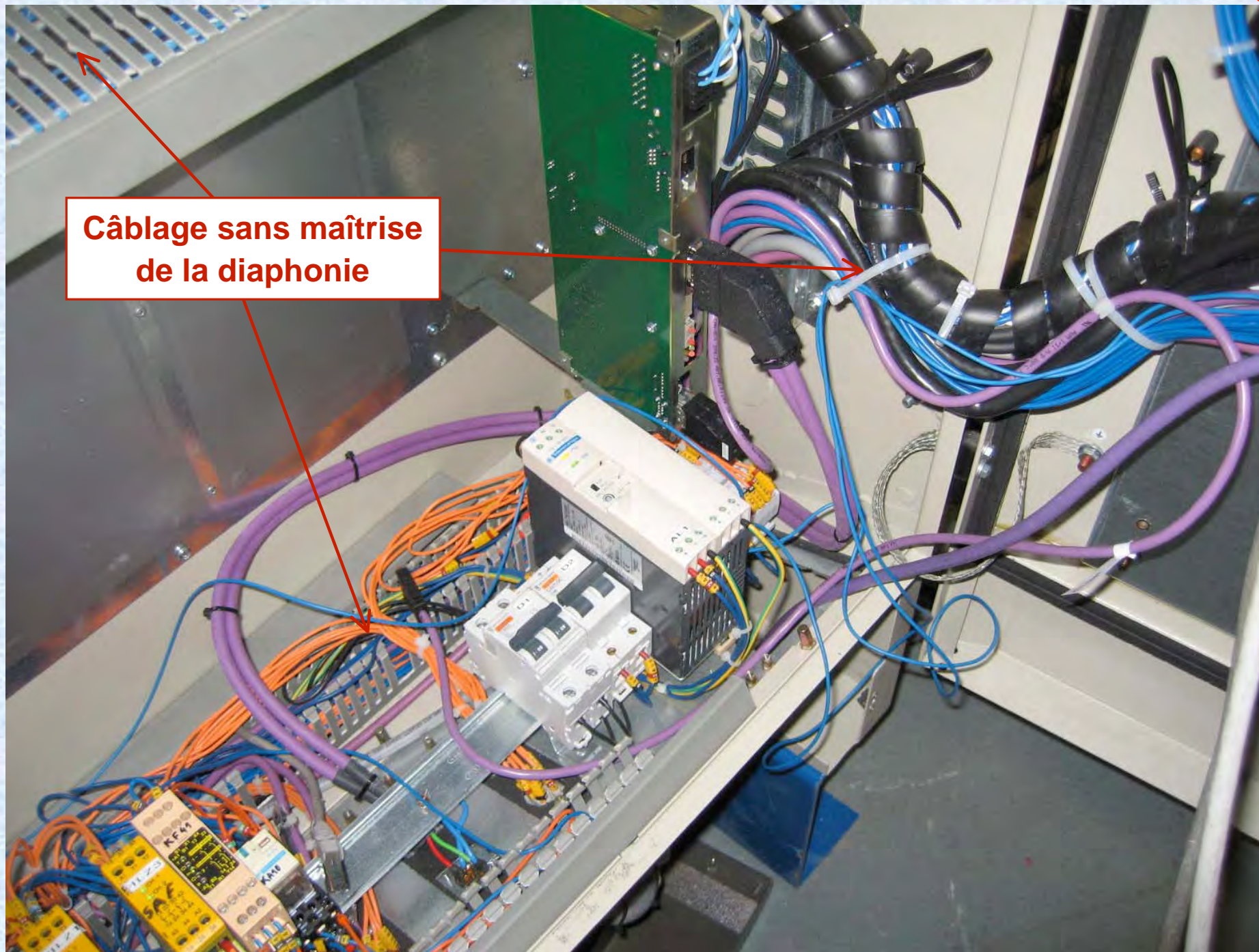
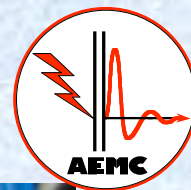


**Très grandes boucles
(impulsions de kA)**



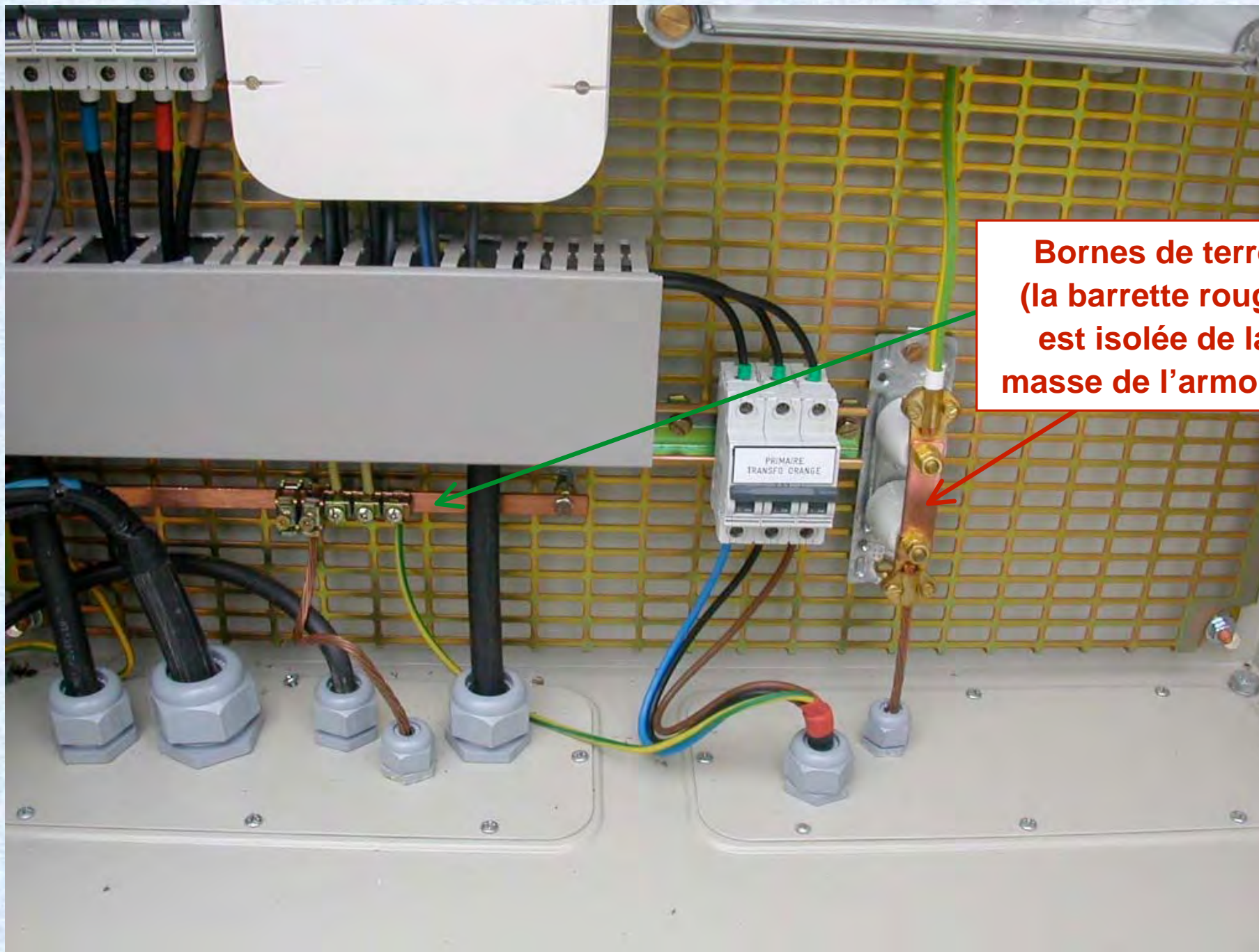
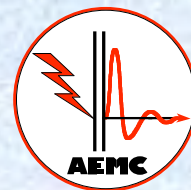
**Fils séparés de
paires numériques
(bus de terrain)**

Erreurs CEM récurrentes - 3



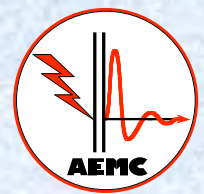
Câblage sans maîtrise de la diaphonie

Erreurs CEM récurrentes - 4

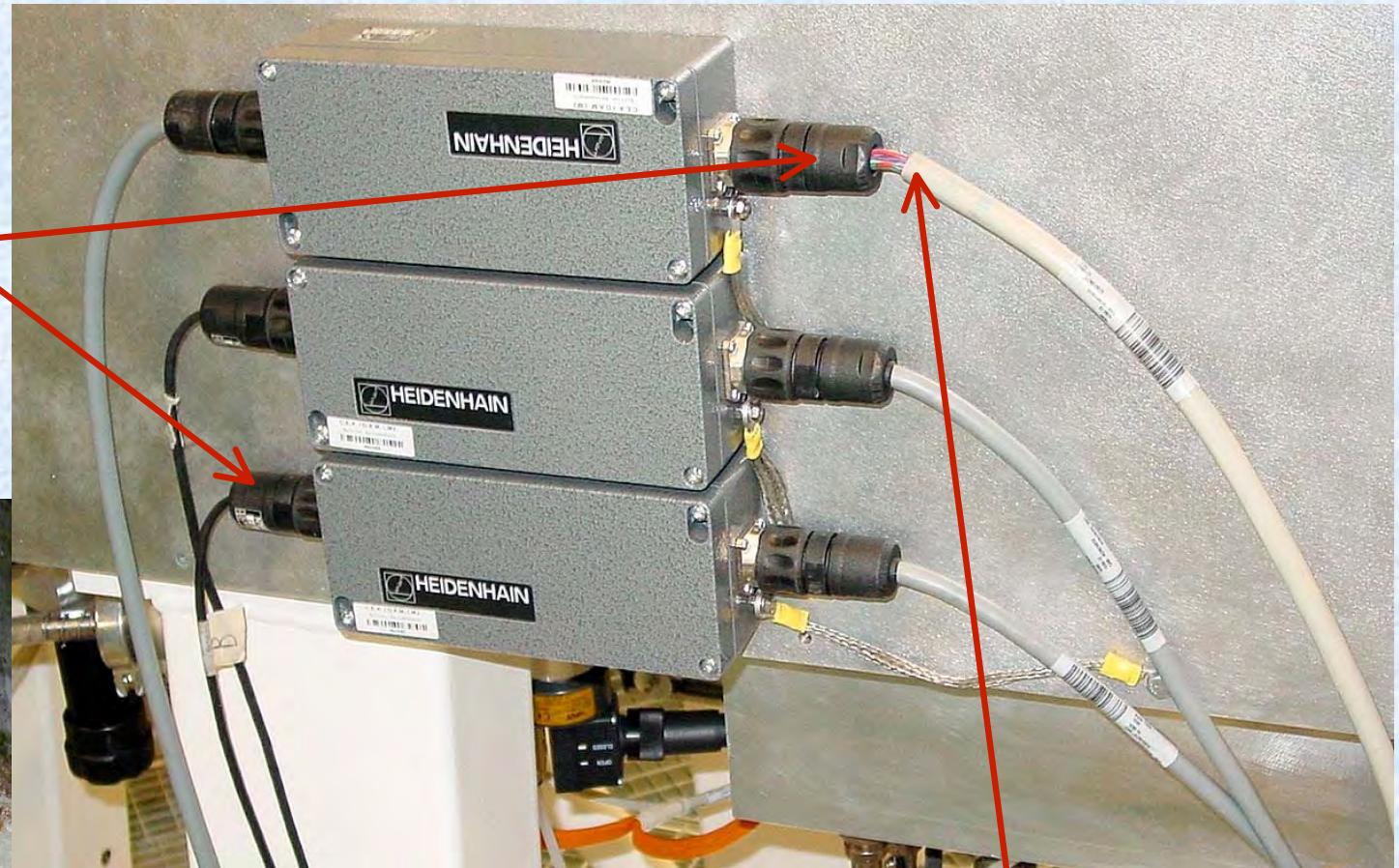


**Bornes de terre
(la barrette rouge
est isolée de la
masse de l'armoire)**

Erreurs CEM récurrentes - 5

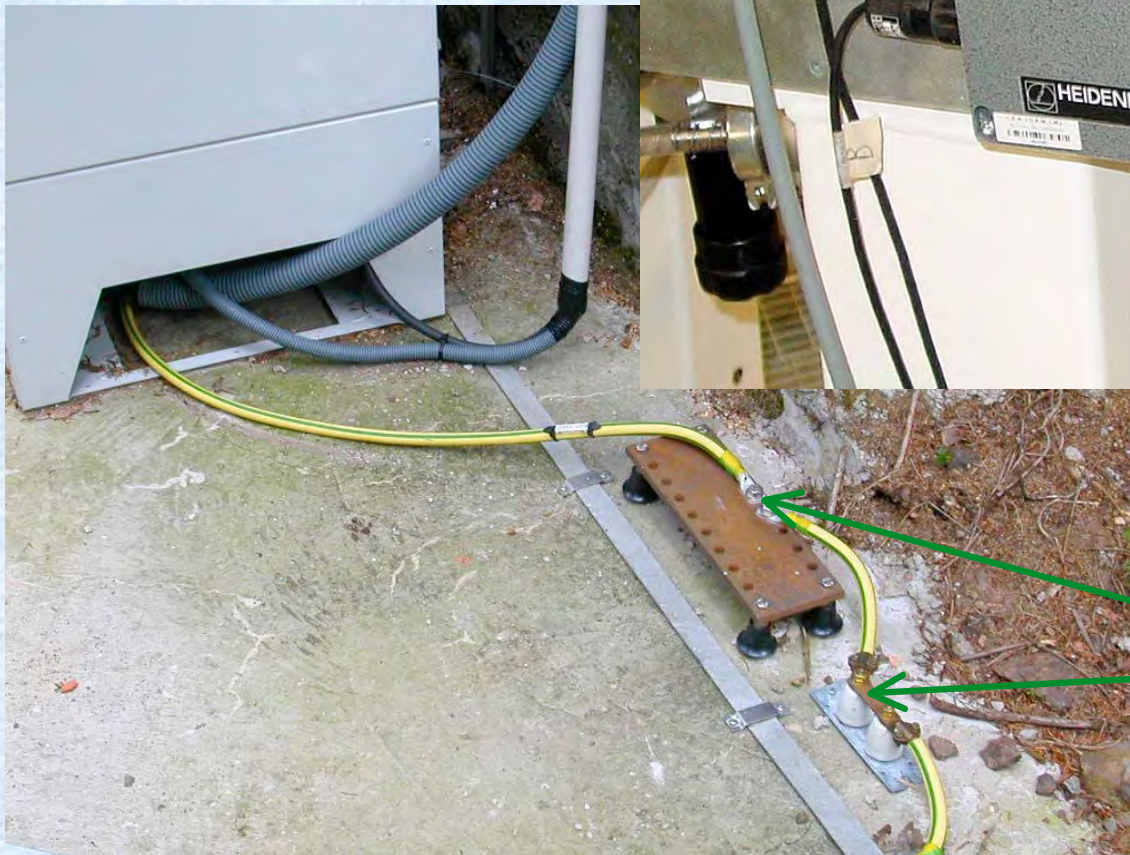


Connecteurs en
plastique

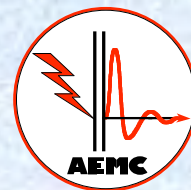


Câbles signaux non blindés

Liaisons de terre en série



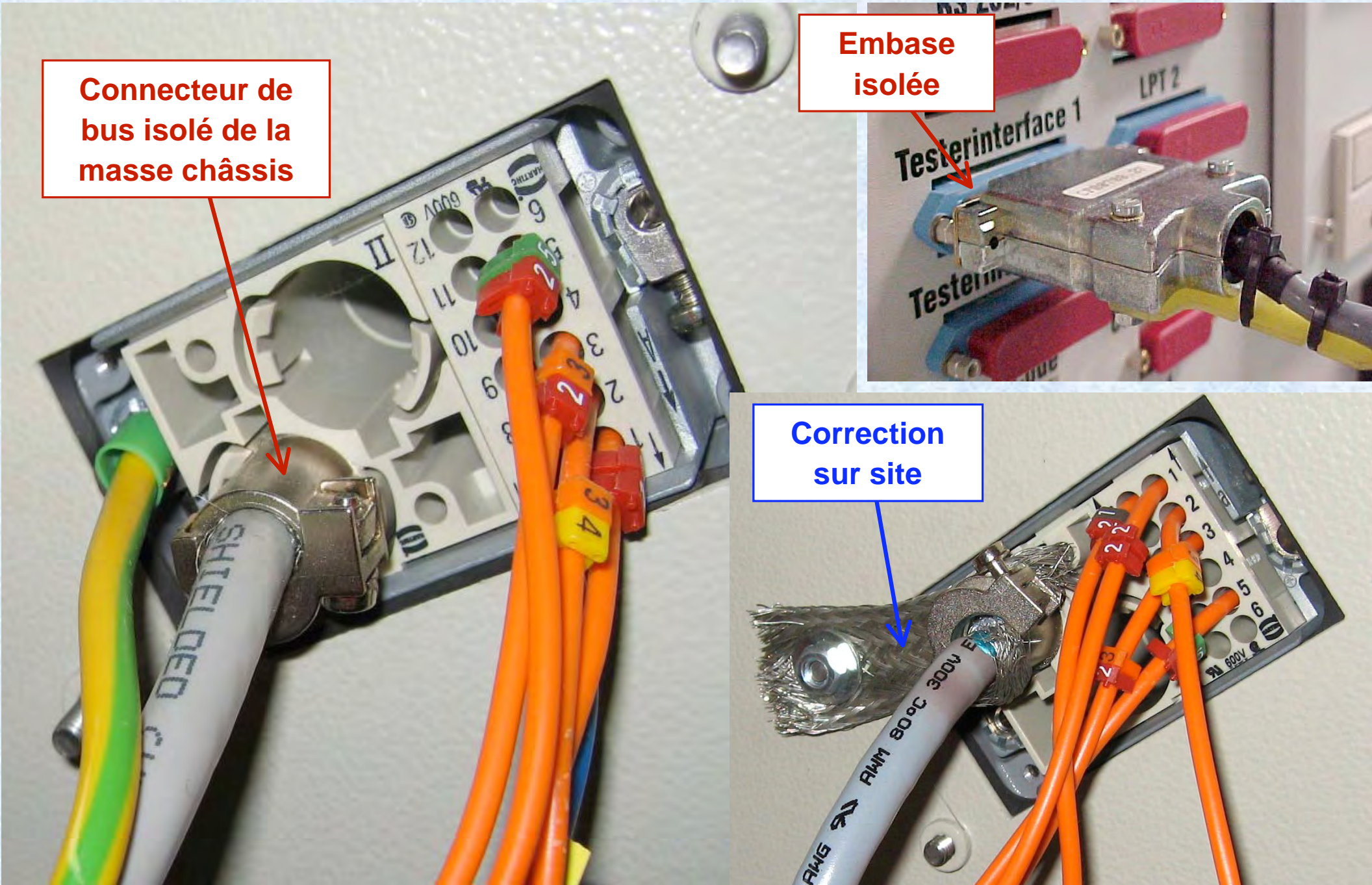
Erreurs CEM récurrentes - 6



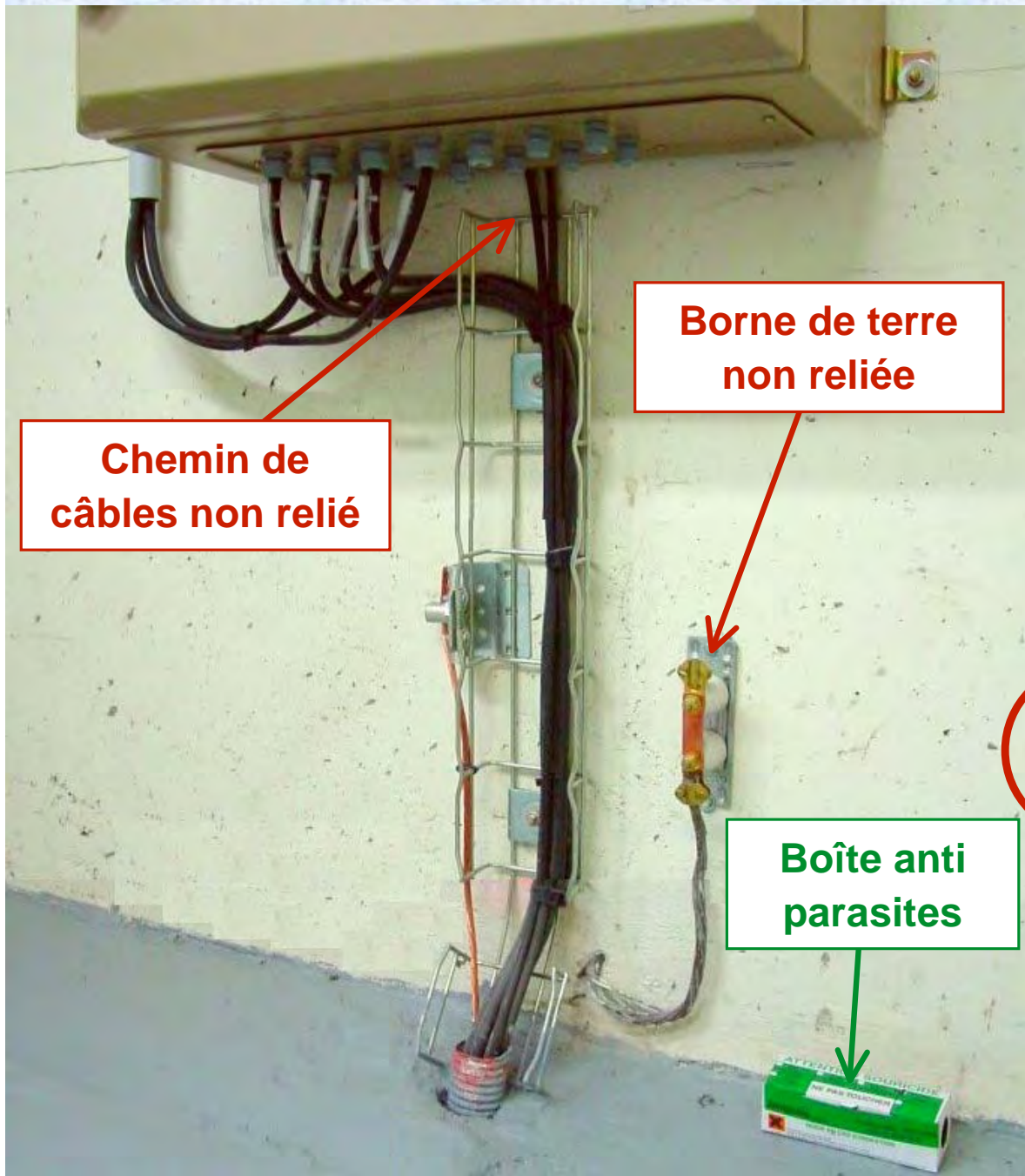
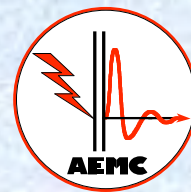
Connecteur de bus isolé de la masse châssis

Embase isolée

Correction sur site



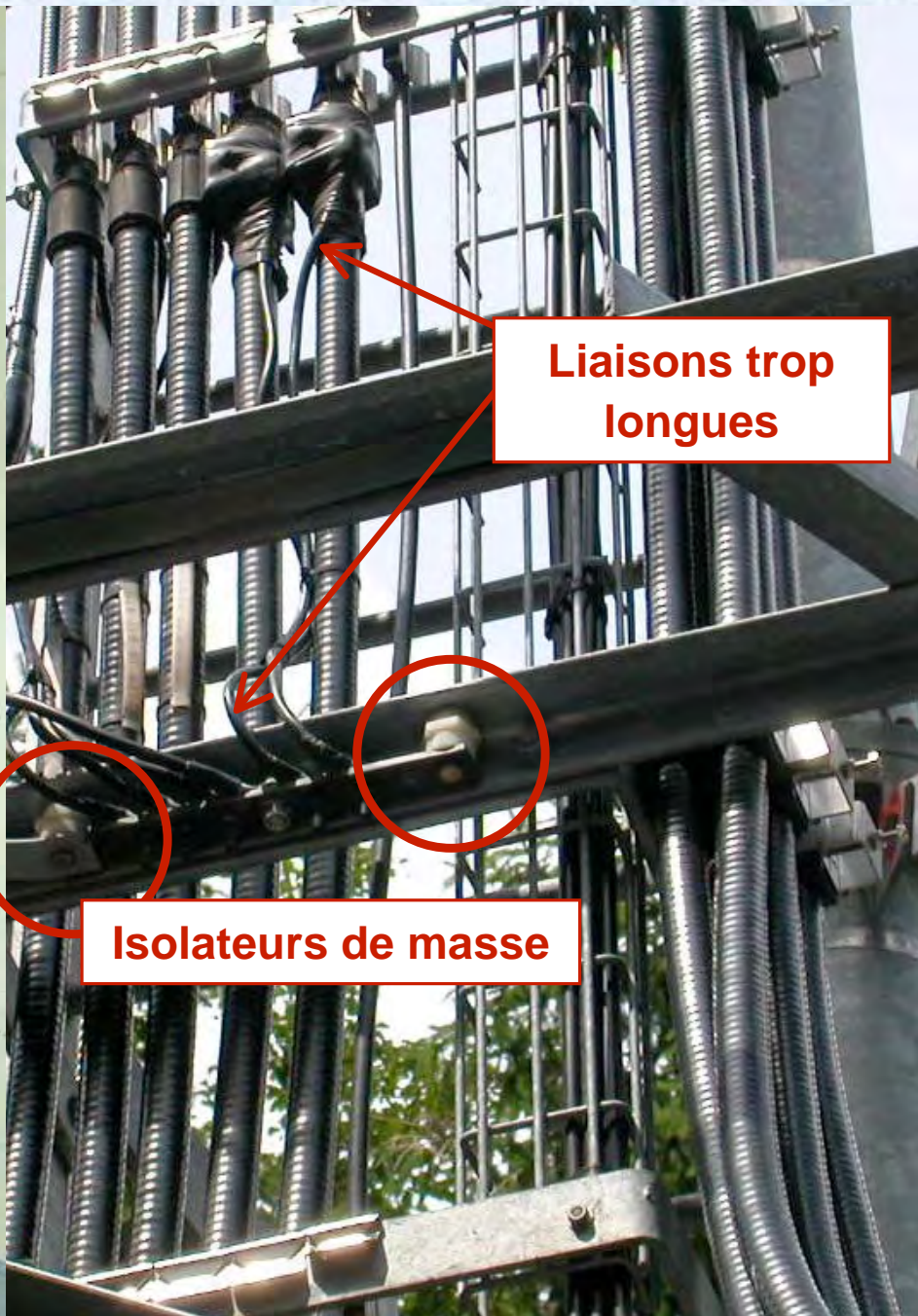
Erreurs CEM récurrentes - 7



Chemin de câbles non relié

Borne de terre non reliée

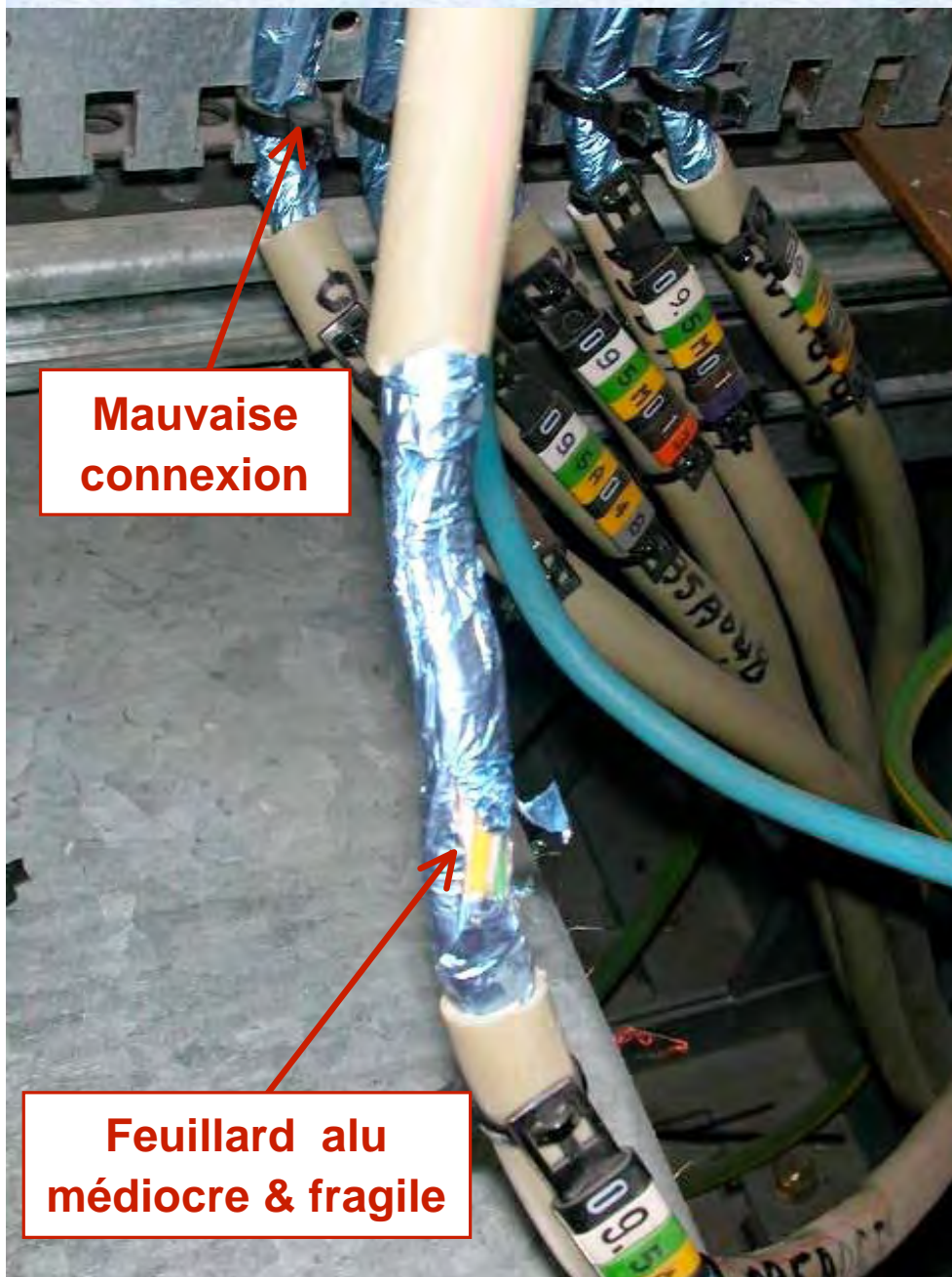
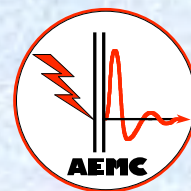
Boîte anti parasites



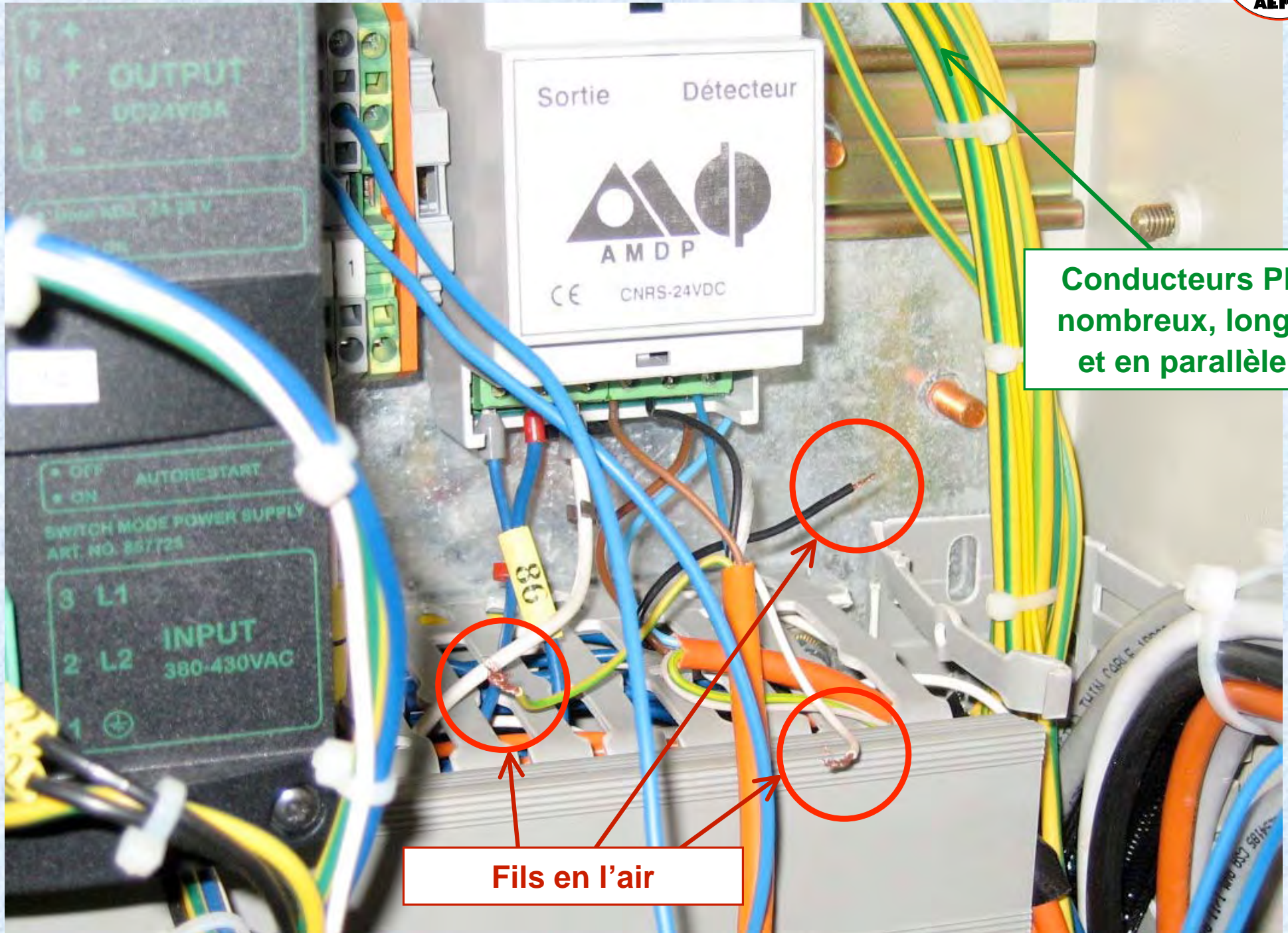
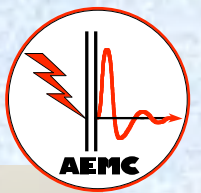
Liaisons trop longues

Isolateurs de masse

Erreurs CEM récurrentes - 8



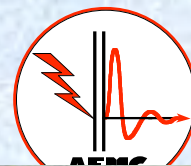
Erreurs CEM récurrentes - 9



Conducteurs PE nombreux, longs et en parallèle

Fils en l'air

Erreurs CEM récurrentes - 10



No comment !



Colliers isolants

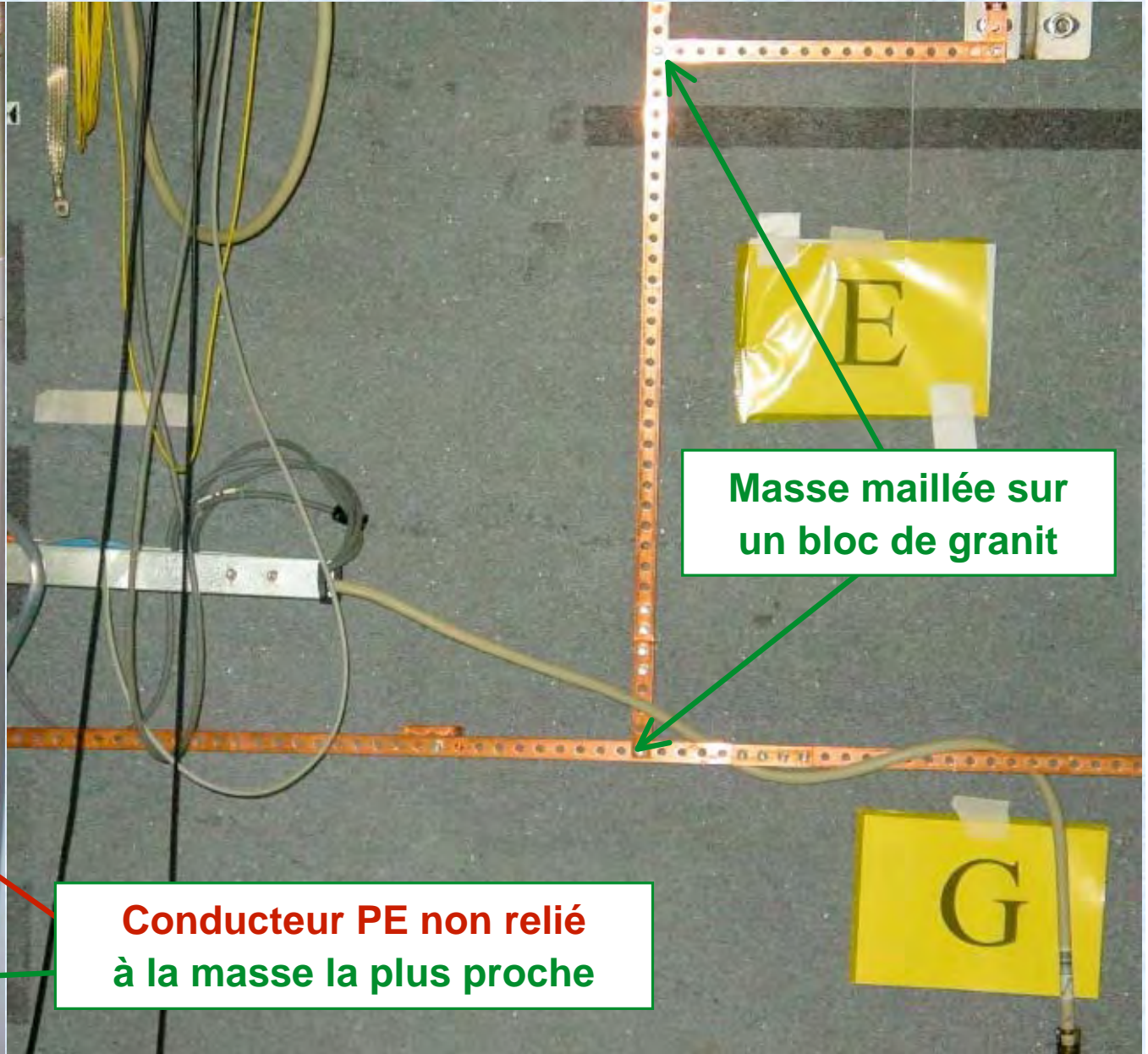
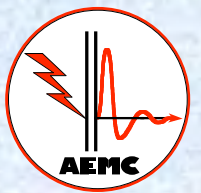
Terre arrêtée en chemin

Pour les électrons
qui savent lire

TERRE
ELECTRONIQUE

TERRE
ELECTRONIQUE

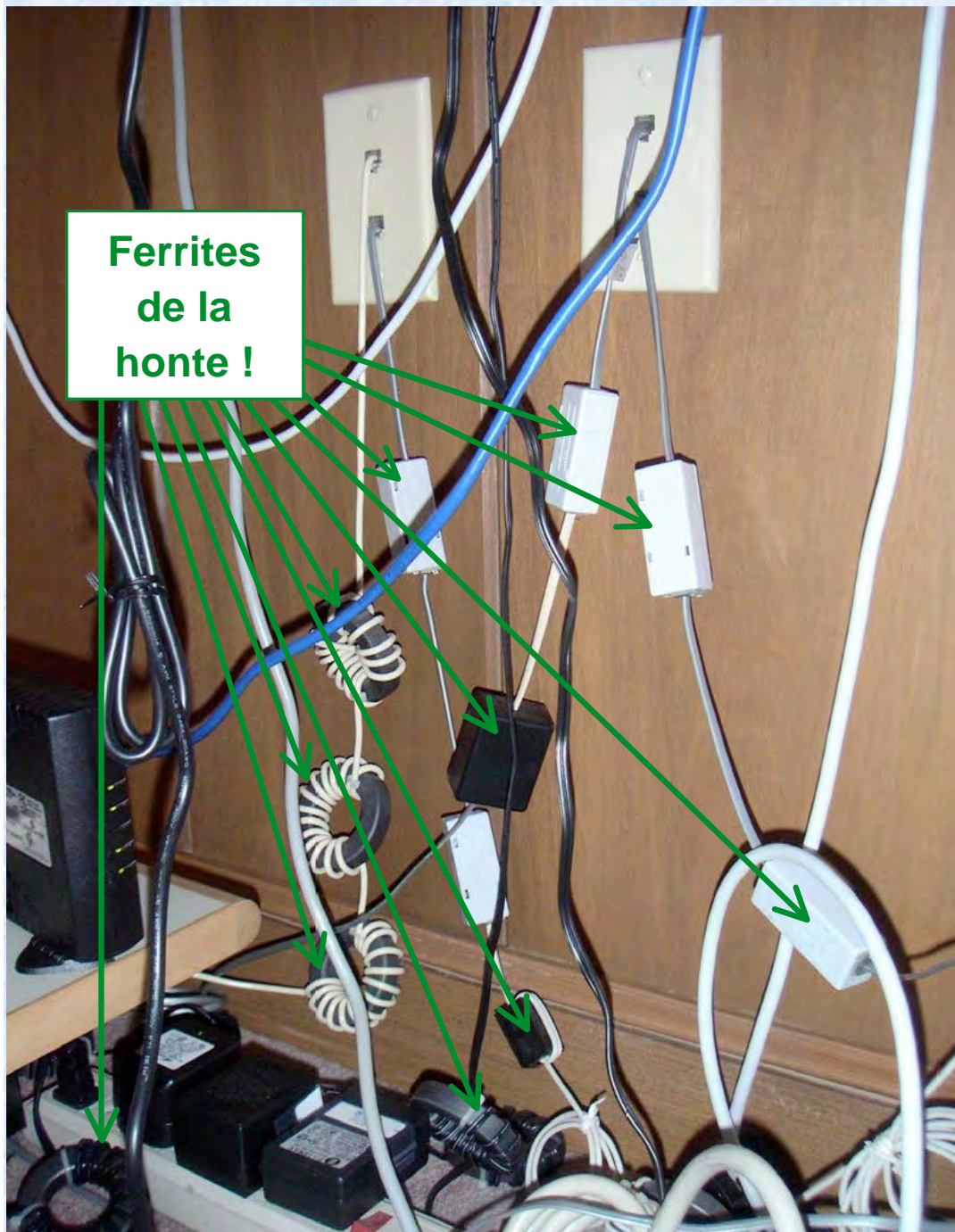
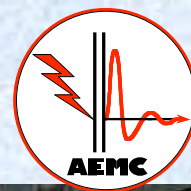
Corrections CEM médiocres - 1



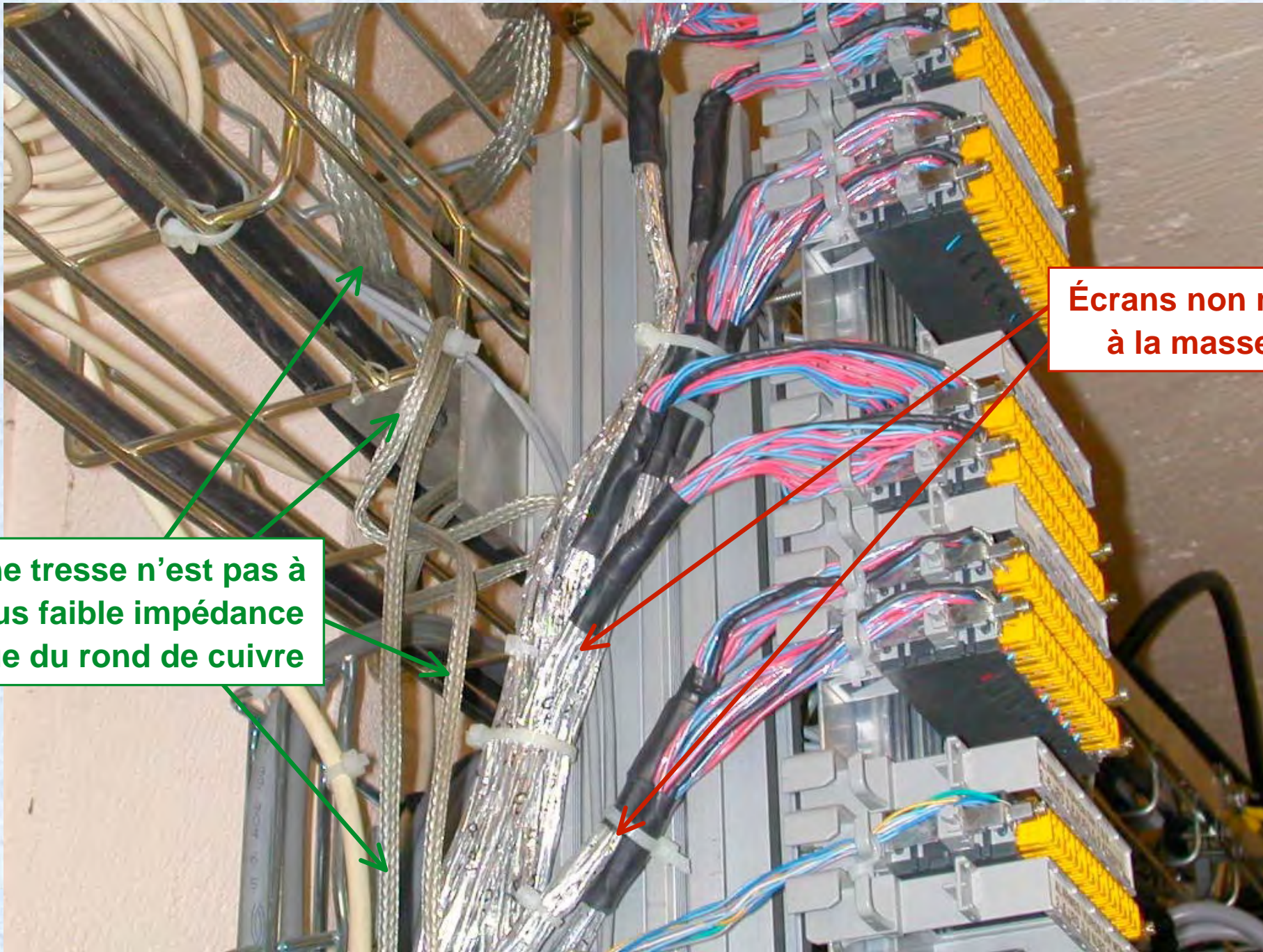
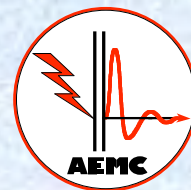
Masse maillée sur un bloc de granit

Conducteur PE non relié à la masse la plus proche

Corrections CEM médiocres - 2



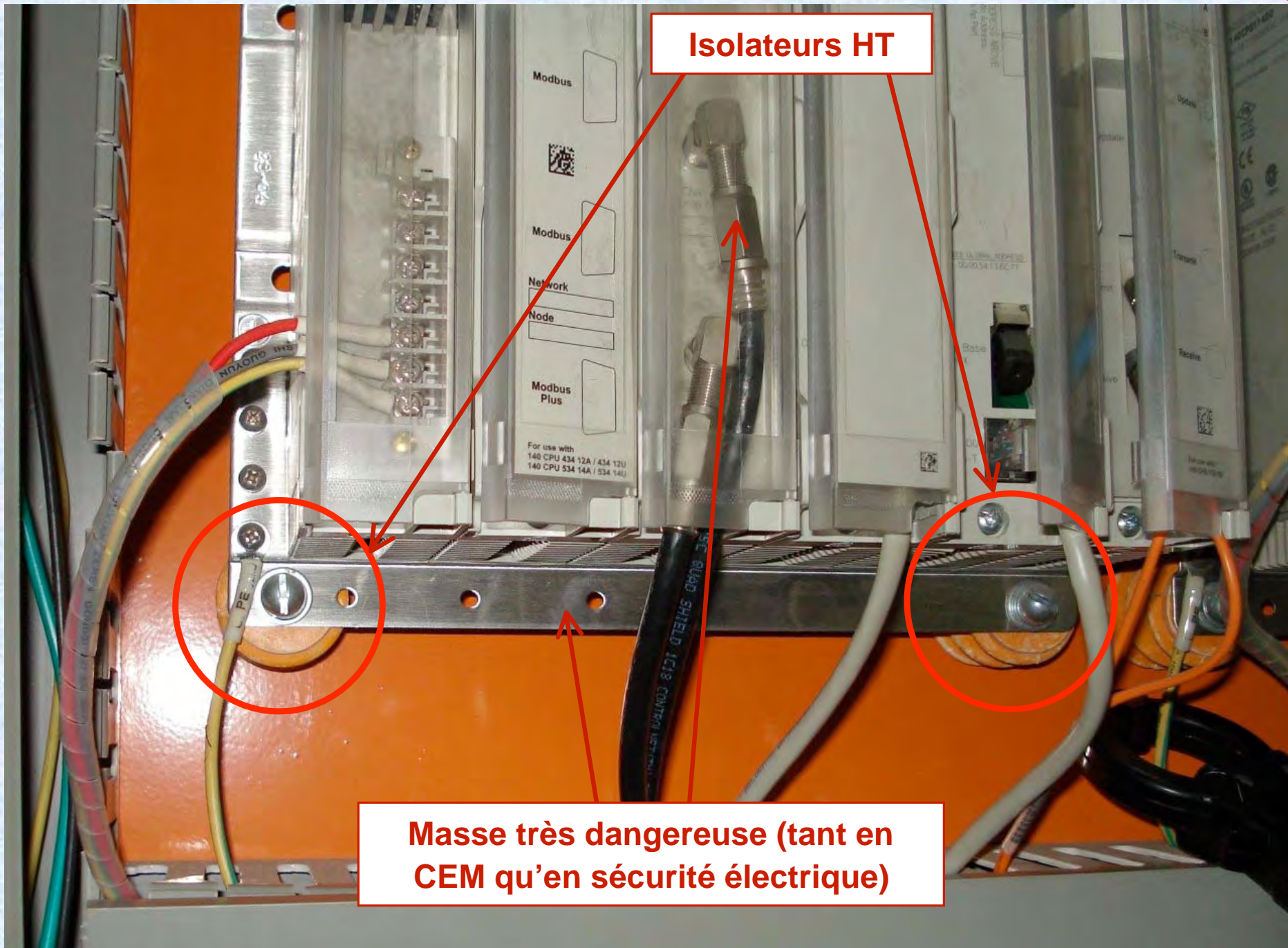
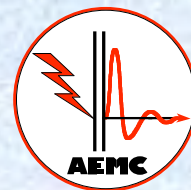
Corrections CEM médiocres - 3



Une tresse n'est pas à plus faible impédance que du rond de cuivre

Écrans non mis à la masse

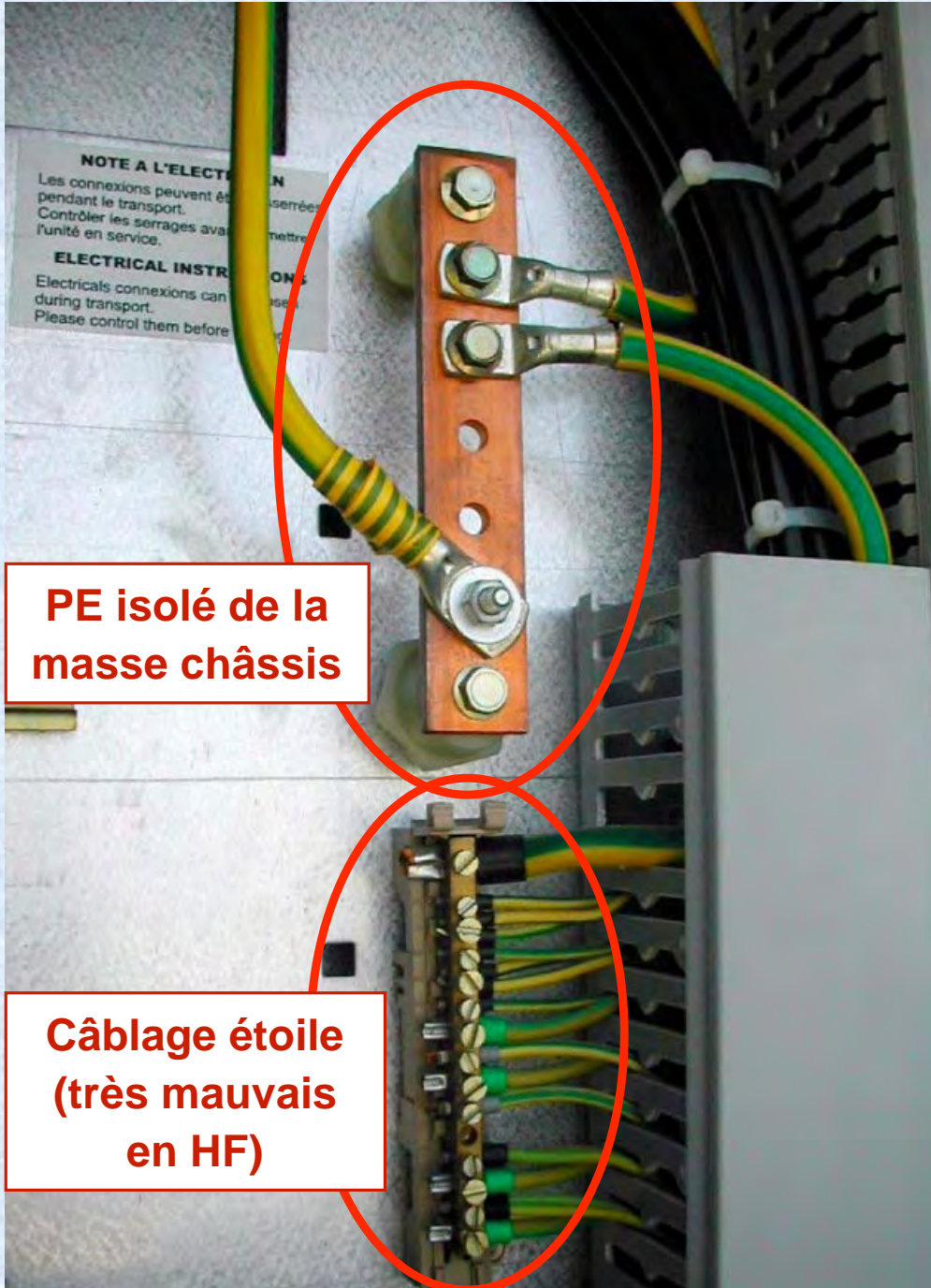
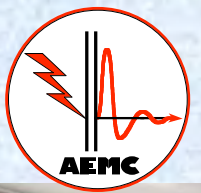
Corrections CEM médiocres - 4



Isolateurs HT

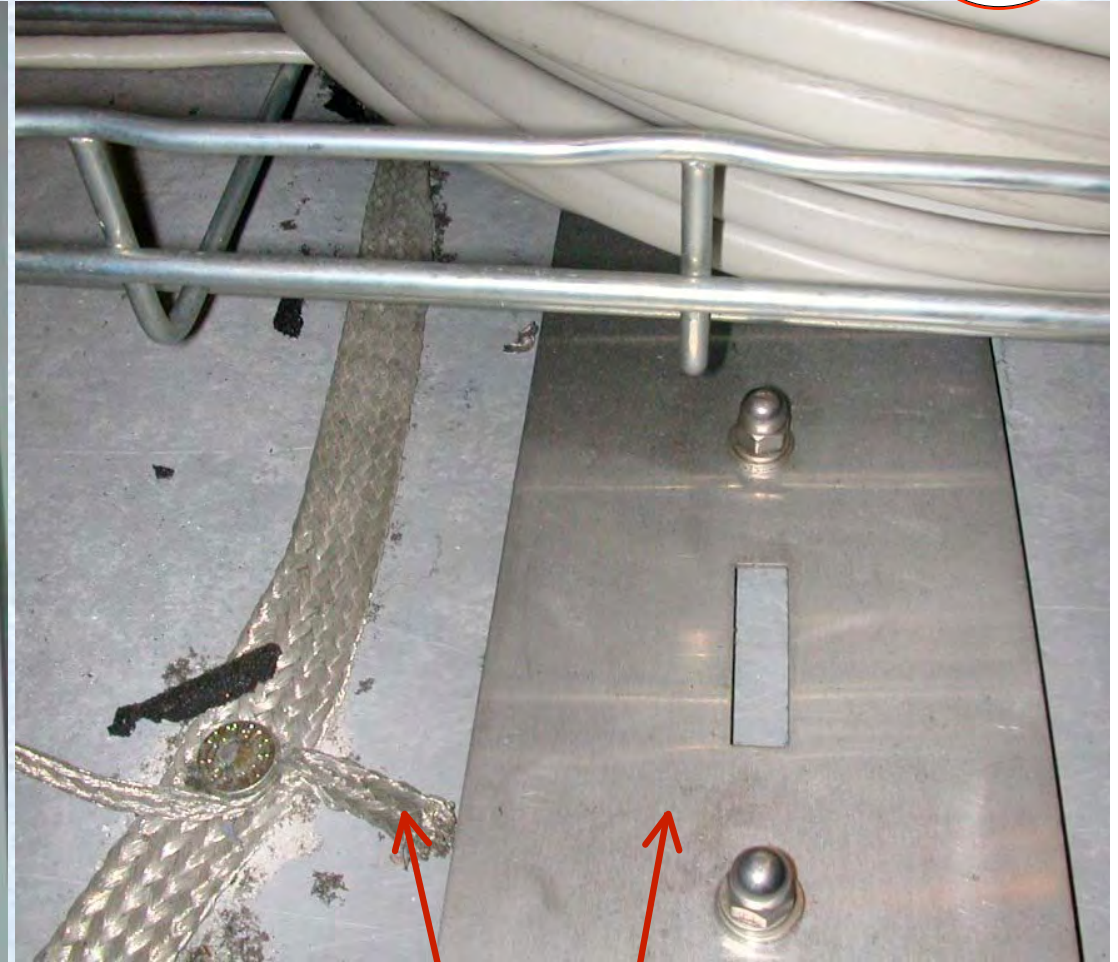
Masse très dangereuse (tant en CEM qu'en sécurité électrique)

Corrections CEM médiocres - 5



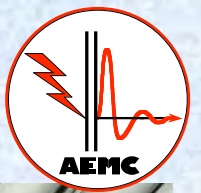
PE isolé de la masse châssis

Câblage étoile (très mauvais en HF)

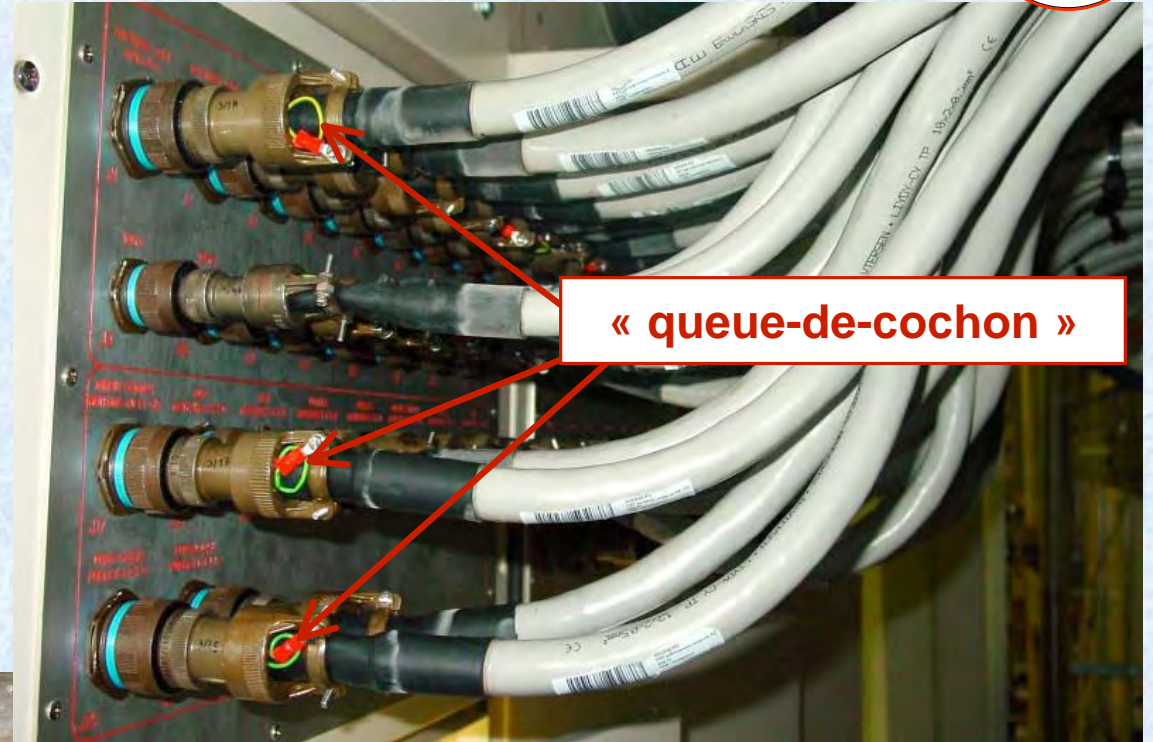


Médiocre maillage de masse (pas de contact entre la tresse et la tôle en acier inox)

Corrections CEM médiocres - 6



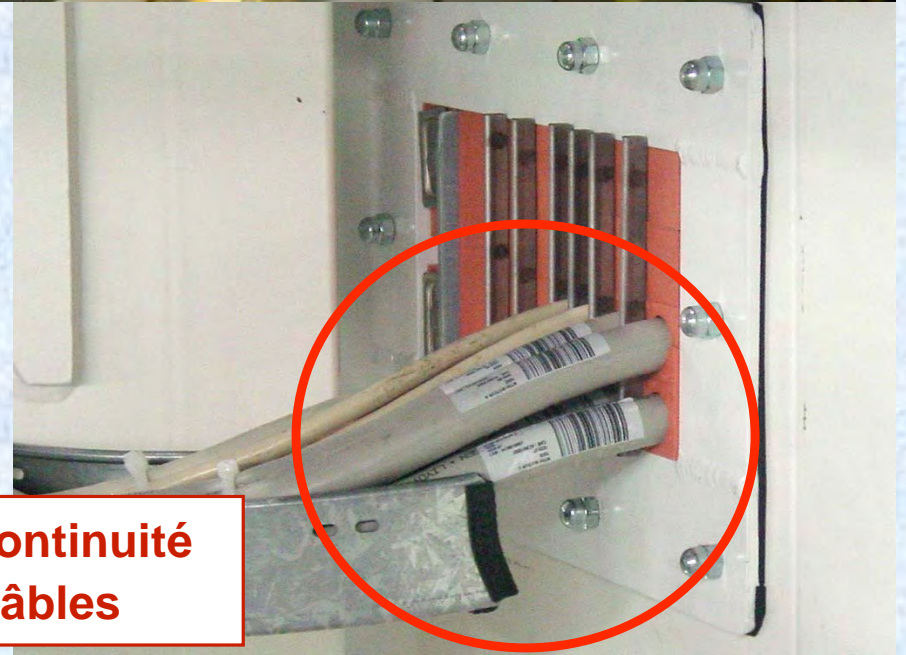
**Connecteur mal repris
(par le drain du câble)**



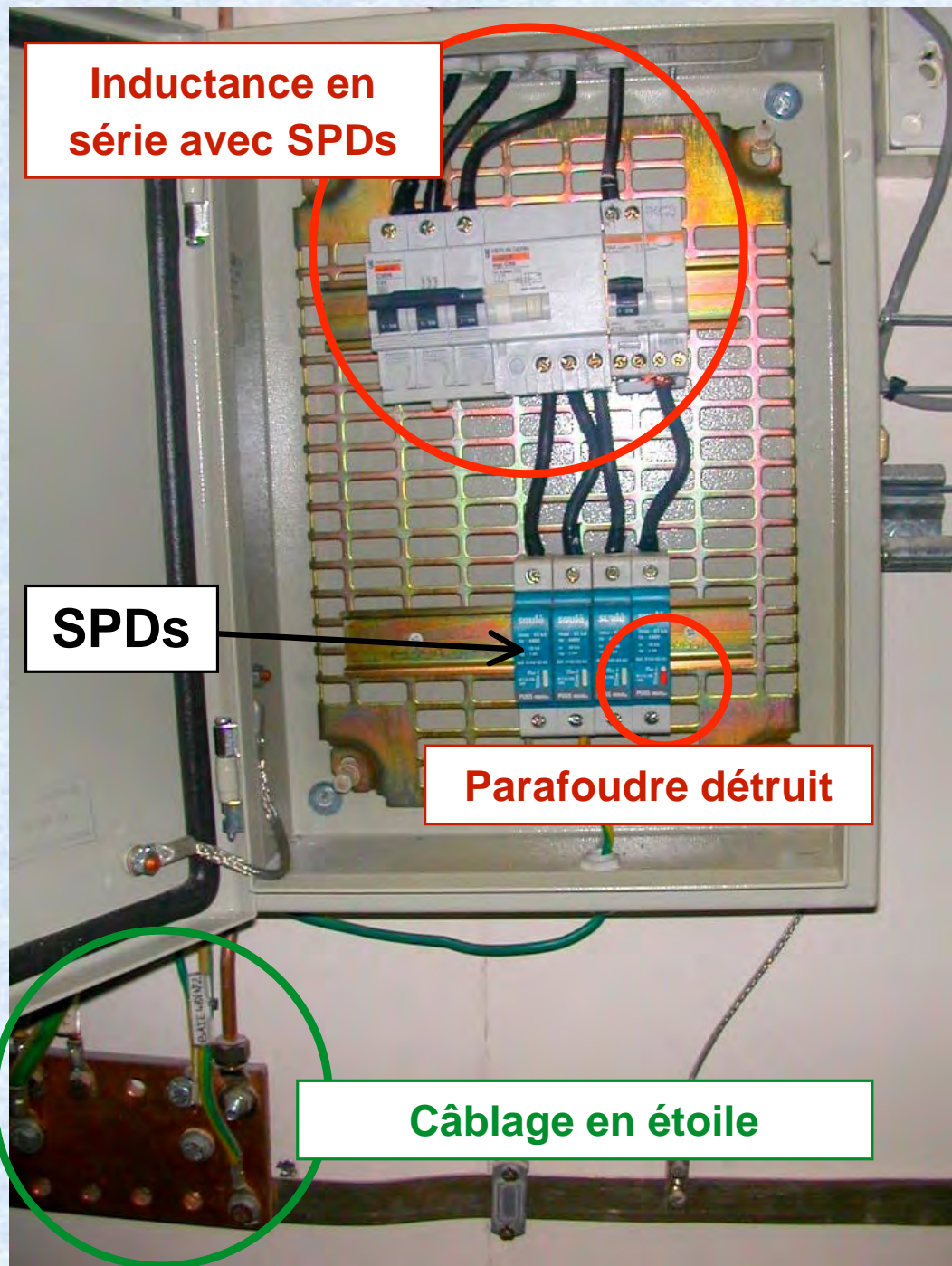
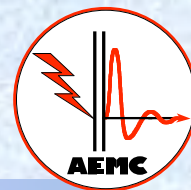
« queue-de-cochon »



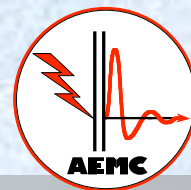
**Paroi anti-feu sans continuité
des chemins de câbles**



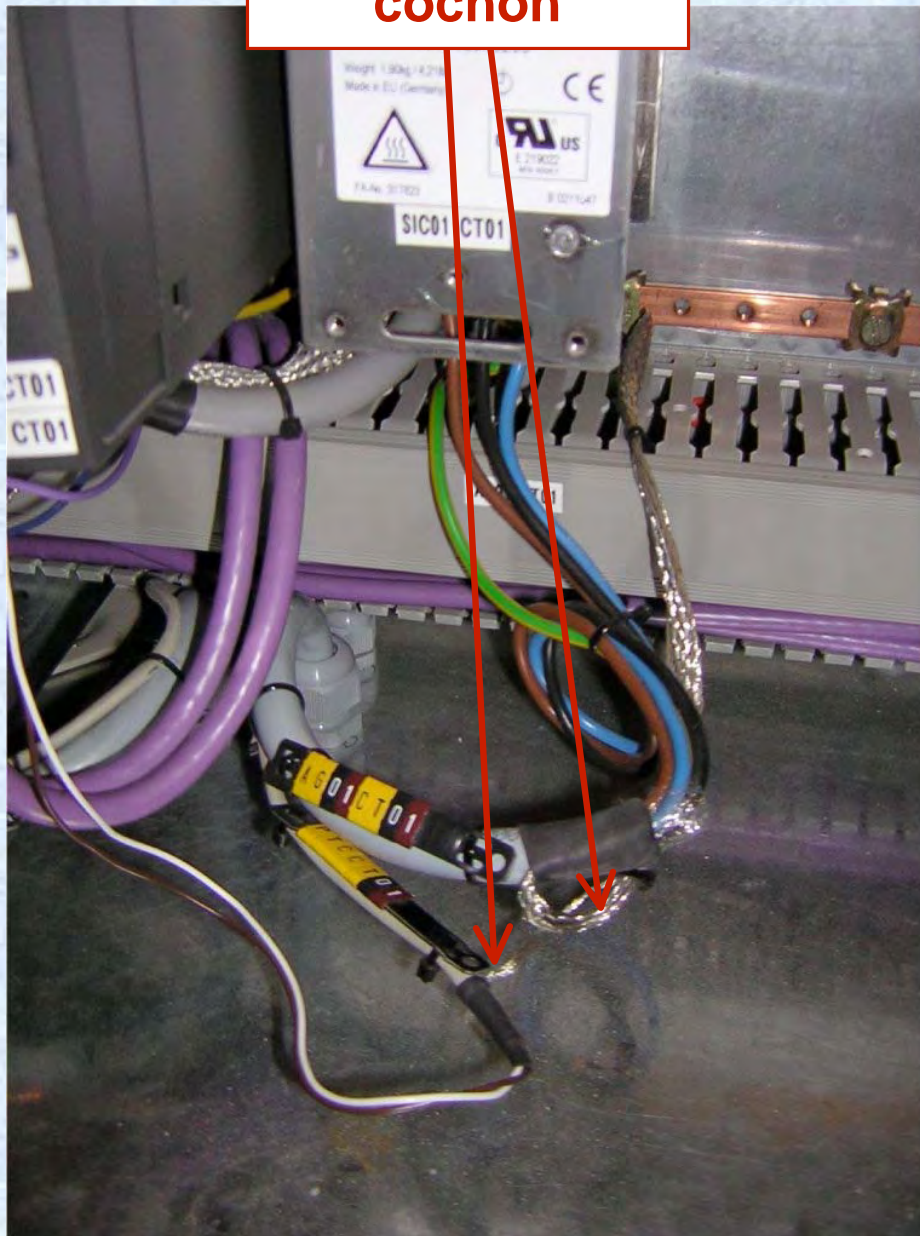
Corrections CEM médiocres - 7



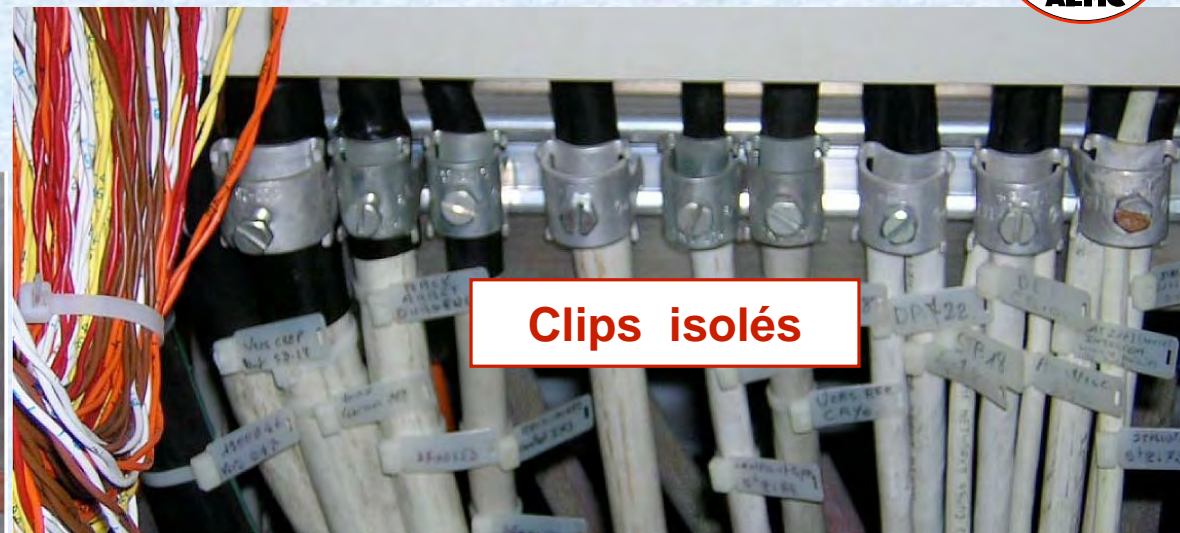
Corrections CEM médiocres - 8



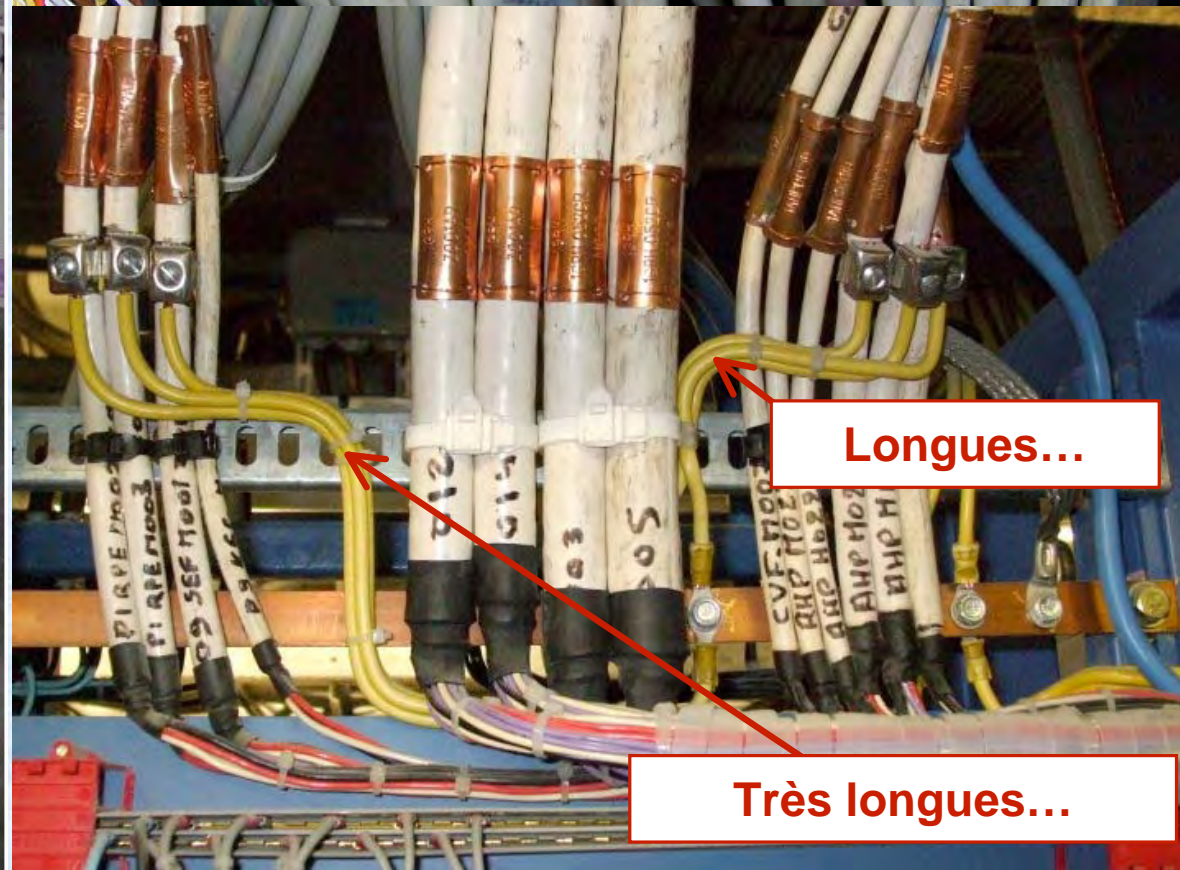
Queues-de-cochon



Clips isolés



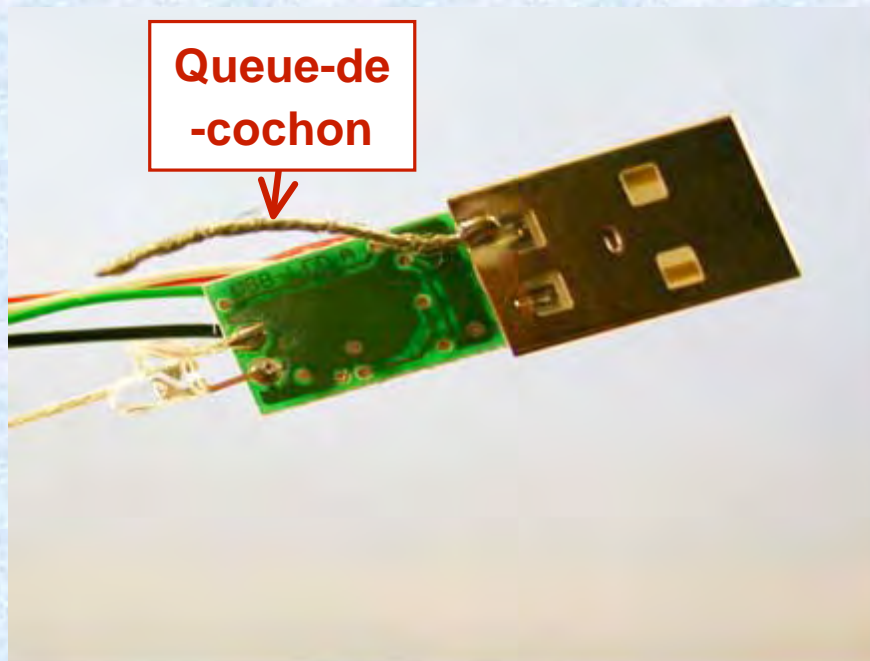
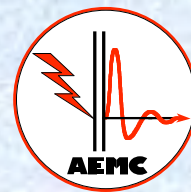
Longues...



Très longues...



Corrections CEM médiocres - 9



Queue-de-cochon

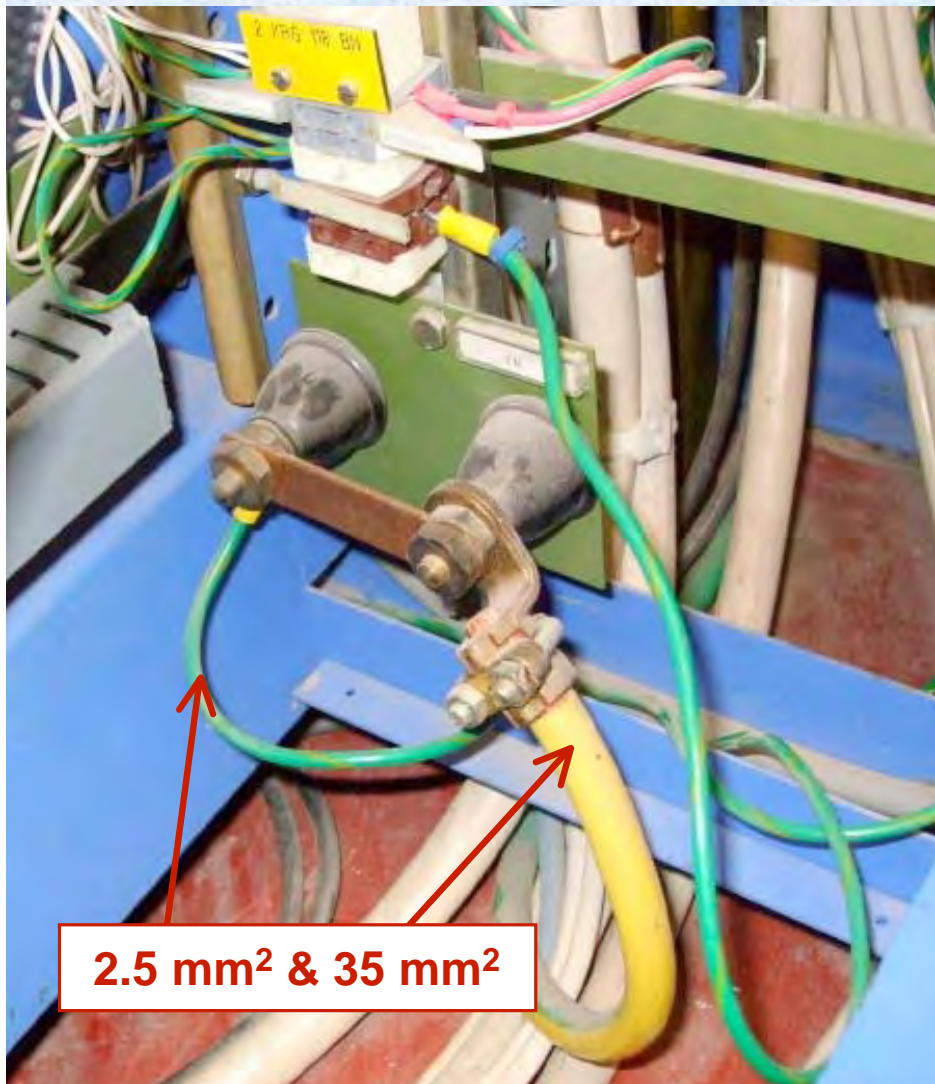
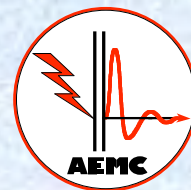


Pas de reprise de masse du tout !



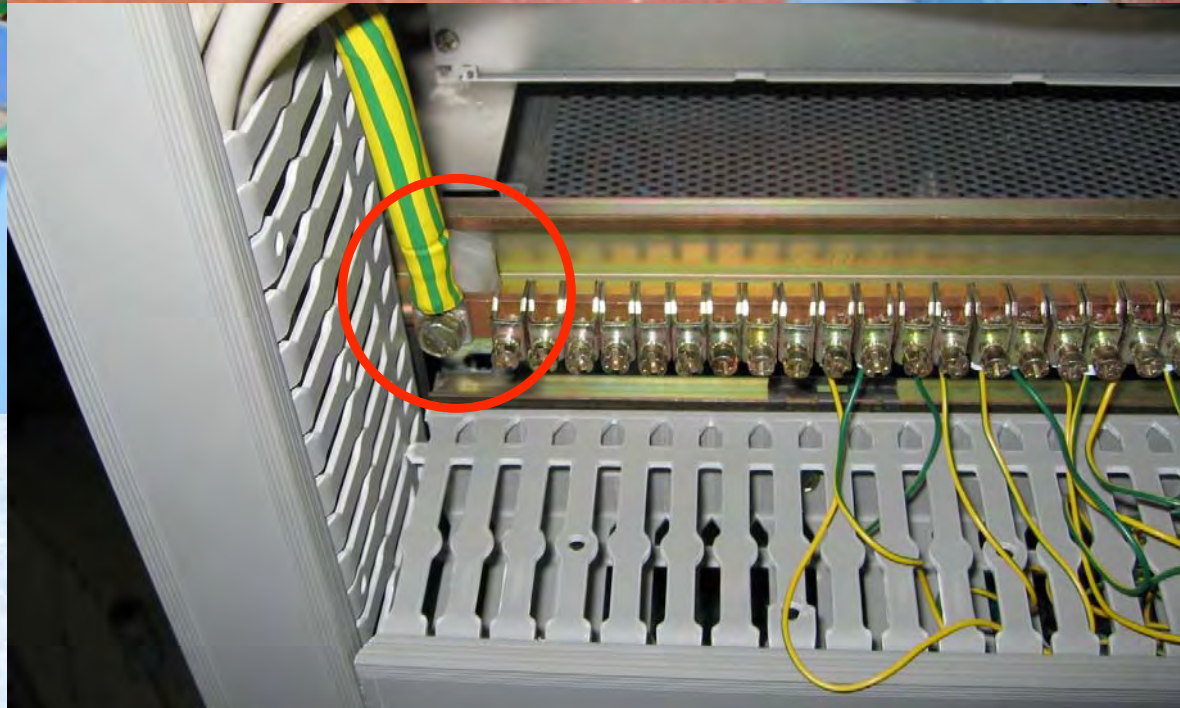
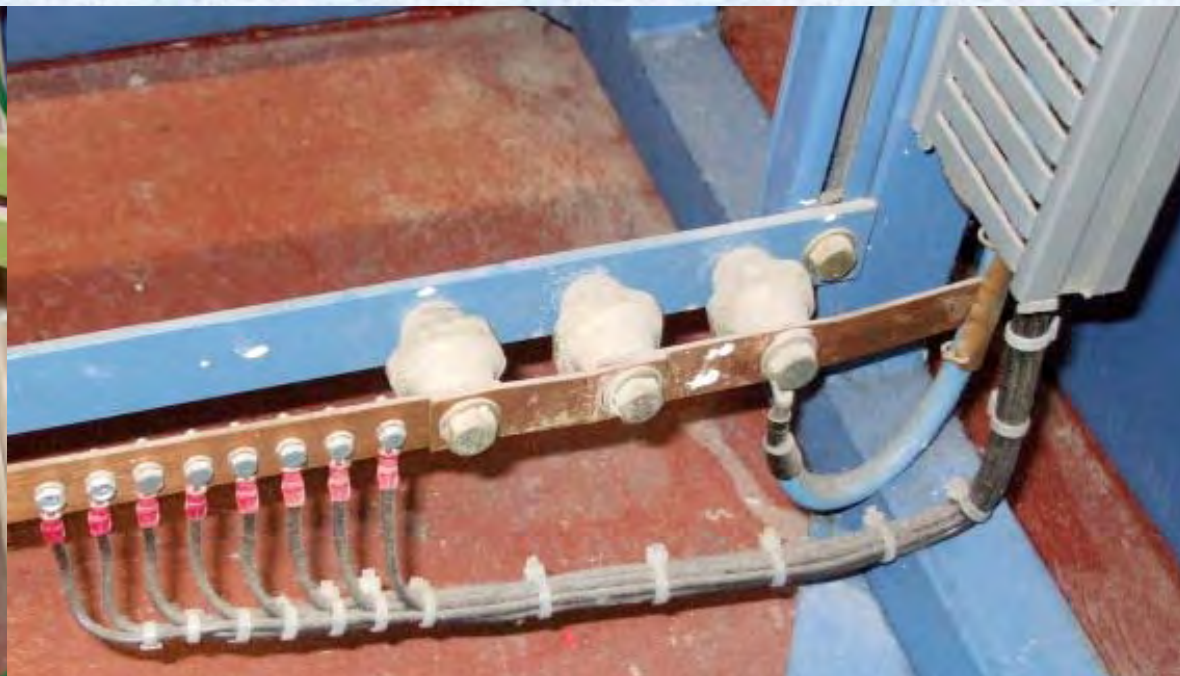
Queue-de-cochon

Corrections CEM médiocres - 10

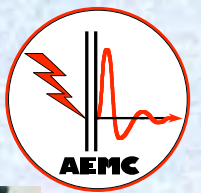


2.5 mm² & 35 mm²

Terres et masses
séparées



Corrections CEM ultime - 11



**Un effet de la loi
de causalité...**

Merci de votre attention

