
Les terres, les masses, la foudre

La compatibilité électromagnétique

Les alimentations, les sources et couplages

Idées reçues et remèdes

Extraits de l'ouvrage de Monsieur Alain Charoy paru aux éditions DUNOD

Idées reçues sur les terres et les masses

Une terre est importante en milieu industriel car c'est elle qui évacue les courants de fuite des équipements.

Non ! Les industries sont alimentées en schéma IT ou (mieux) en TN. Les courants de fuite passent dans les conducteurs de protection mais ne s'évacuent pas dans la terre, ils se referment par le conducteur de mise du neutre à la terre. Un courant de fuite ou de défaut dans un conducteur PE ne passe par la terre qu'en schéma TT.

Plus une terre évacue du courant, plus sa résistance doit être faible.

Une terre n'évacue que les courants externes, dont le courant de foudre direct. Il est souhaitable que la surface de contact du réseau de terre avec le sol soit importante. Mieux vaut une résistance de 10 Ω avec une surface de contact de 10 m² qu'une résistance de 2 Ω avec une surface de contact de 0,1 m. Si un courant important devait être évacué, le premier réseau résisterait, le second risquerait d'être partiellement détruit par vitrification du sol.

Un courant évacué dans le sol y est dissipé.

Les courants ne se dissipent pas, ils suivent la loi de Kirchhoff. Un courant qui entre ressort... et réciproquement ! Un courant évacué dans la terre se referme obligatoirement par un conducteur. Les courants circulent dans des circuits fermés le long desquels ils peuvent être mesurés.

Une terre indépendante réduit les risques de dysfonctionnement.

C'est tout le contraire ! Deux terres différentes sur un site sont nuisibles et dangereuses. Par chance elles sont toujours couplées, c'est à dire pas tout à fait indépendantes, mais leur couplage dépend du climat, donc... Toutes les masses accessibles doivent être reliées à la même terre, c'est heureusement la loi.

Une terre propre est nécessaire au bon fonctionnement des électroniques.

Une terre propre n'existe pas ! Une terre qui n'évacuerait jamais de courant pourrait être supprimée, ça ferait des économies ! Plus une terre est séparée, plus son potentiel est différent de celui des masses, donc plus elle est sale !

Si la terre est bonne, il faut y raccorder les masses en étoile.

Non ! Même avec la meilleure terre du monde, il est nécessaire de mailler les masses pour garantir l'équipotentialité HF entre équipements interconnectés.

Il faut raccorder directement la masse de chaque équipement à la terre par un conducteur isolé des masses, raccordé en étoile sur la borne de terre.

Non ! Un PE peut être commun à plusieurs équipements. L'étoile est mauvaise pour les équipements interconnectés : grande boucle de masse et forte impédance commune.

Si la terre est trop impédante, les électroniques risquent d'être perturbées.

Les équipements ne sont jamais perturbés par une forte résistance de terre.

Les avions volent ! Mais l'équipotentialité donc l'unicité est essentielle.

Il ne faut pas raccorder la terre informatique à la masse du bâtiment.

Au contraire ! Pour garantir l'équipotentialité il importe de raccorder la terre informatique à la masse du bâtiment ainsi qu'au faux-plancher de la salle informatique. Chaque baie devrait, en plus du conducteur PE, être connectée au plus court à la grille de masse.

Pour qu'il fonctionne, il faut connecter un écran à la terre.

Pour qu'ils fonctionnent en HF, il faut connecter un écran au plus court à la masse de l'équipement. Pas à la terre, toujours trop éloignée.

Si la terre n'est pas bonne, les limiteurs de surtension fonctionneront mal en mode commun.

Les limiteurs de surtension connectés court au potentiel des masses fonctionneront même si la terre est "mauvaise". Ce n'est que si la masse n'est pas bonne, c'est à dire mal maillée ou trop lointaine, que les protections parallèles protégeront mal des surtensions.

On ne peut pas raccorder les éclateurs des lignes de télécommunication à la terre de l'usager si l'alimentation EDF est protégée par la même terre.

Il faut bien sûr raccorder les éclateurs des lignes de télécommunication au même potentiel que les protections des lignes d'énergie. Chez le particulier le seul potentiel commun est celui de la barrette de terre du tableau électrique.

Si les normes de sécurité ne l'interdisaient pas, il serait bon de réaliser des terres indépendantes, isolées entre elles.

Curieux, des terres isolées ! Même s'il était possible de réaliser des terres isolées, l'équipotentialité serait bien sûr moins bonne qu'avec une seule terre.

Une bonne terre doit faire moins de 1 ohm (ou 2 Ω ou 3 Ω , ou 5 Ω , ou 7 Ω , ou 10 Ω , ou 15 Ω , ou 20 Ω , ou 25 Ω , ou 33,3 Ω , ou 50 Ω , ou...).

Une bonne terre doit garantir au site une bonne équipotentialité, c'est tout et ce n'est pas si facile... surtout si les masses ne sont pas maillées !

Quand le sol n'est pas bon, on peut réaliser une prise de terre à une... certaine distance (!).

Tout conducteur est inductif (1 $\mu\text{H/m}$), ainsi plus la prise de terre est éloignée, moins elle contribue à l'équipotentialité du site, et moins elle est bonne.

Quand le sol n'est pas bon, on peut le saler.

C'est vrai ! On abaisserait localement la résistivité du sol donc la résistance de la prise de terre... mais à quoi bon ? Si le sel conserve le jambon, il accélère la corrosion ! Restons donc au régime sans sel !

Les paratonnerres doivent avoir une terre indépendante.

Pour limiter les risques d'amorçage entre les conducteurs de descente et la masse, les paratonnerres doivent être référencés à l'unique terre du site. Par ailleurs plus la surface de contact entre le réseau de terre et le sol est grande, meilleure est sa robustesse à la foudre. Relions toutes les terres d'un même site.

En CEM le problème le plus fréquent est la "remontée de terre"

Par rapport à quoi la terre remonterait-elle ? Ce qui est vrai est que l'on a de gros problèmes d'équipotentialité, ça oui !

Une bonne "cage de Faraday" doit avoir une bonne terre.

Un blindage isole l'intérieur de l'extérieur en champs et en courants quel que soit le potentiel extérieur de son enveloppe. Raccordons les chambres blindées aux masses voisines, ça évitera de s'électrocuter en y entrant, c'est tout !

Une terre doit être bonne jusqu'à au moins 100 MHz.

Une résistance de terre n'a physiquement de sens qu'en dessous de quelques mégahertz (la notion de d.d.p. perd son sens à plus d'un dixième de longueur d'onde). Au sens du contrepoids d'une antenne fouet, sa mesure nous indiffère.

Il faut relier les masses à la terre par des connexions à basse impédance en hautes fréquences.

Nous n'aurions rien contre... si c'était possible ! Il est déjà difficile de conserver une bonne équipotentialité HF aux masses des îlots. Tout conducteur de terre devient inutile en HF quand $\lambda/30$ est plus faible que sa longueur.

Il ne faut pas raccorder la référence propre des circuits électroniques (le "0V") à la masse sale.

Une masse n'est sale que si elle n'est pas équipotentielle. Il est souhaitable au contraire que les cartes soient référencées au potentiel du châssis à cause du couplage capacitif carte à châssis. Rappelons (tome 1) qu'une carte supporte mal les forts dU/dt par rapport à son environnement.

Si à la conception un équipement fonctionne mieux avec son 0V raccordé au châssis, c'est parce la masse du laboratoire de développement est propre.

Un équipement fonctionne partout mieux avec son 0V raccordé au châssis avec un seul risque, celui de lancer des courants dans le 0V. Il faut donc choisir les points de reprise de masse près des points d'entrée des courants HF.

Quand la masse est sale, il faut faire flotter tous les 0V.

Seules les interfaces vers l'extérieur gagnent (éventuellement) à être galvaniquement isolées. Le 0V principal des équipements numériques devrait être mis à la masse du châssis en autant de points que possible.

Un raccordement des masses en étoile supprime les boucles de masse.

C'est l'inverse ! Relier les masses d'équipements interconnectés en étoile réalise une grande surface de boucle de masse. C'est évidemment très mauvais !

Il faut raccorder les masses comme les lignes d'alimentation, c'est à dire en étoile autour du transformateur (ou du TGBT).

Une confusion fréquente ! Si la distribution des phases en étoile à partir du TGBT réduit l'impédance commune en mode différentiel entre des circuits différents, câbler les masses (par les seuls PE) en étoile augmente l'impédance en mode commun entre des équipements interconnectés.

Il faut relier les 0V analogique et numérique en étoile autour de l'alimentation pour minimiser l'impédance commune.

C'est l'inverse ! Relier les 0V analogique et numérique en étoile autour de l'alimentation réalise une forte impédance commune : les courants numériques chercheront à se refermer via l'analogique ! Il faut relier les 0V analogique et numérique au plus court, c'est à dire au niveau de l'étage de conversion.

Il faut relier les 0V analogique et numérique en étoile autour de l'alimentation pour supprimer la boucle de masse.

Pour réduire la surface de la boucle de masse, il faut tirer le 0V analogique à partir du 0V numérique et non en étoile depuis l'alimentation.

Il faut raccorder le 0V à la terre propre et pas à la masse sale.

Aucun potentiel n'est "propre" en soi. Ne jamais raccorder le 0V uniquement à la terre : elle est toujours trop éloignée, donc non équipotentielle en HF.

Si on maille les masses, comment garantir la sécurité des personnes ?

Quand la sécurité est assurée par les PE, et il le faut, elle l'est encore mieux avec des conducteurs d'interconnexions supplémentaires entre masses !

Il faut raccorder les masses à la terre uniquement par le conducteur de protection pour ne pas faire de boucle de masse.

En maillant les masses on réalise des boucles entre masses, ce qui est favorable. Il faudrait raccorder les masses entre elles aussi souvent que possible.

Un câble de terre unique empêche les boucles de masse.

Ridicule ! Il y a qu'on le veuille ou non autant de boucles de masse que de câbles !

Un gros fil vert-et-jaune suffit bien...

Pour la sécurité à 50 Hz, oui ! Pour éviter les dysfonctionnements, non !

Si on connecte une goulotte aux deux bouts, on fait une boucle de masse.

Non ! On fait une boucle entre masses, ce qui est favorable. De plus on bénéficie d'un effet réducteur en HF pouvant dépasser 30 si l'on est soigneux.

Il faut éloigner le plus possible les câbles numériques des câbles d'énergie.

C'est une erreur fréquente en bureautique : l'alimentation dans la plinthe et le câble du réseau local dans le plafond ! La boucle de masse par rapport au vert-et-jaune est alors monumentale (attention au champ de la foudre !). Tous les câbles numériques bien blindés peuvent côtoyer les fils secteurs sans problème.

Il ne faut pas relier les goulottes propres aux goulottes sales.

Une goulotte n'est propre ou sale qu'à l'intérieur. La diaphonie entre goulottes est négligeable, même si elles sont proches et raccordées. On devrait mailler de façon systématique les masses des goulottes entre elles et aux masses voisines.

Il ne faut pas rapprocher une goulotte propre d'une machine sale.

Heureusement qu'on le peut, sinon on serait souvent bien ennuyé ! Il n'y a aucun risque à relier la masse d'une machine "sale" à une goulotte "propre".

La plaque collectrice d'un ilot représente le centre d'une étoile, donc si une plaque collectrice est favorable, une distribution en étoile est favorable !

Il n'y a que sur une plaque (collectrice) que l'on sait rendre plusieurs conducteurs bien équipotentiels entre eux. Les câbles "nettoyés" doivent rester courts entre plaque collectrice et équipements et protégés par effets réducteurs. L'ilot doit aussi rester bien équipotentiel, donc maillé. Ce n'est pas une étoile.

Les inductances mutuelles entre câbles sont défavorables.

C'est vrai entre deux câbles ! C'est faux entre un câble et un conducteur de masse, c'est même la base des effets réducteurs.

Si on maille les masses on ne sait pas où vont passer les courants.

Si ! Dans les masses ! Ceci dit, il est certain que si l'on ne maille pas les masses, on sait encore mieux où passeront les courants de mode commun HF : dans les câbles utiles !

Les règles de sécurité des personnes vont à l'encontre de la CEM

Non, à quelques rares exceptions près (le courant de fuite maximal des filtres des équipements par exemple). Les normes de sécurité vont globalement dans le même sens que la CEM : EQUIPOTENTIALITE ! Les règles de sécurité sont simplement insuffisantes puisqu'elles ne garantissent que l'équipotentialité aux fréquences basses.

Nous connaissons les règles de l'art, alors vos maillages...

Certes, les "règles de l'art" des installateurs conviennent aux équipements électrotechniques et à la rigueur aux équipements analogiques, mais sûrement pas aux nouveaux équipements numériques ou à découpage. Il n'y a qu'à essayer pour voir...

Idées reçues sur la CEM

Les blindages doivent être raccordés à une bonne terre.

Tout blindage fonctionne par équipotentialité, il n'a pas besoin d'être raccordé un potentiel particulier pour fonctionner. Il lui suffit d'être à la fois enveloppant et équipotentiel de bout en bout. C'est tout... et déjà pas si facile !

En champ lointain, à plus de $\lambda/2\pi$, les champs décroissent en $1/R$.

Une confusion fréquente entre champ lointain et onde plane. Pour que la décroissance du champ soit en $1/R$, il faut être dans la zone de Fresnel, à plus de $2.D^2/\lambda$ de la source, avec D = diamètre de l'antenne d'émission.

Un blindage de 30 dB à 100 MHz tolère des fentes de 3 centimètres.

Ce type de recette n'est pas vérifié en pratique : tout dépend de la densité du courant de surface coupée par la fente et de son couplage avec les circuits. Cette règle est insuffisante au voisinage des connecteurs ; elle est au contraire trop sévère pour une porte éloignée des câbles et des cartes.

Un matériau à fort μ blinde mieux qu'un matériau non magnétique.

Pas toujours : pour de faibles épaisseurs en BF un écran ne fonctionne que par réflexion. Par ailleurs, les matériaux à fort μ en champ forts risquent de saturer. Dans ces deux cas, mieux vaudrait un matériau très bon conducteur.

Les connecteurs blindés doivent avoir un joint conducteur

Les petits joints conducteurs pour connecteurs font souvent plus de mal que de bien car ils réduisent l'effet de chicane. Mieux vaut un contact direct de l'embase du connecteur à la TRP. Des ressorts plats sont généralement préférables aux joints.

L'atténuation d'un filtre est égale à sa fonction de transfert

Non, même pas dans $50 \Omega / 50 \Omega$! La fonction de transfert d'un filtre est sa tension en sortie par rapport à celle en entrée. Son atténuation (ou perte d'insertion) est la tension en présence du filtre par rapport à celle sans filtre. Seule cette dernière notion nous intéresse.

Un filtre à pente raide limite l'amplitude des impulsions parasites

Pour qu'un filtre limite l'amplitude d'impulsions il faut que ces dernières soient très brèves par rapport à l'inverse de la fréquence de coupure du filtre (à -10 dB) soit très basse. Sa pente de coupure est indifférente.

Un filtre est efficace si, dans le catalogue, son efficacité est forte

Erreur classique : ce n'est vrai que dans $50\ \Omega$ / $50\ \Omega$. Pour les impédances réelles, il faut surtout surveiller son schéma pour éviter les résonances.

Un fusible protège des surtensions

Un fusible protège tout au plus des surintensités pas des surtensions. C'est même le contraire : quand un fusible à fil fond, il génère une surtension !

Un écrêteur fait office de disjoncteur (lu dans une revue technique !)

Un disjoncteur est une protection série contre les surintensités qui agit en ouvrant le circuit en défaut. Un écrêteur est le dual du disjoncteur : c'est une protection parallèle qui agit en écoulant le courant d'une surtension.

Les diodes Transzorb ont un temps de réaction de 10^{-12} seconde !

Non ! Une diode Transzorb a une self d'environ 10 nH, donc réagit en quelques dixièmes de nanosecondes... si elle est câblée au plus court.

Une varistance a un temps de réaction bien plus long qu'une Transzorb

Encore une idée reçue : si elle est câblée très court, elle réagit aussi vite qu'une Transzorb.

En liaison point à point, il faut un isolement galvanique du côté émission (variante : il faut un isolement galvanique du côté réception, ou encore pire : il faut un isolement galvanique des deux côtés).

En liaison point à point, il suffit d'un seul isolement galvanique, placé où l'on veut dans la boucle de masse. Pensons au téléphone...

Un isolement galvanique est une alternative aux écrêteurs.

Ce n'est vrai qu'en environnement équipotentiel (aviation, marine...). Pour une ligne externe (paire téléphonie, ligne d'énergie...), un isolement galvanique ne réduit pas les risques d'amorçages lors de fortes surtensions.

Un isolement galvanique protège de toutes les perturbations conduites.

Un isolement galvanique ne réduit l'effet que des perturbations de mode commun, en BF, et d'amplitudes inférieures à sa rigidité diélectrique. Il est inefficace, voire néfaste en HF ainsi qu'en mode différentiel.

Une liaison par fibre optique a une parfaite immunité aux parasites.

C'est vrai pour la fibre, mais tous les récepteurs optiques sont très sensibles au champ électrique

Avec un optocoupleur, il n'y a plus de problème de boucle de masse.

Un optocoupleur peut s'allumer par des perturbations de mode commun HF, il doit en outre être alimenté par sa propre alimentation isolée pour ne pas recréer une boucle par alimentation commune.

Si un blindage est mauvais, il faut utiliser de bons filtres.

Un filtre ne vaut pas mieux que l'équipotentialité de la TRP.

Il faut compenser les défauts de blindage par de bons câbles blindés.

Le meilleur câble blindé ne vaut pas mieux que sa reprise de masse au châssis. Pour un boîtier isolant, des câbles blindés sont à peu près inutiles.

Il faut relier les limiteurs de surtension à la terre

Erreur fréquente de vocabulaire : il faut relier les écrêteurs à la masse.

L'écran d'un câble blindé doit être raccordé à la terre

Encore une erreur de vocabulaire : l'écran d'un câble blindé doit être raccordé à la masse. Que la masse soit ou non reliée à la terre est indifférent au fonctionnement des électroniques.

Il ne faut pas raccorder un écran à la masse des deux côtés, sinon ça fait une boucle de masse.

Pour les signaux numériques ou de puissance, il faudrait raccorder les écrans des câbles à la masse de façon bilatérale. Il y a toujours autant de boucles de masse que de câbles, et ce sont des antennes efficaces en HF. Si on empêche les courants de circuler librement sur les écrans, leur efficacité devient nulle.

Un écran de câble blindé doit être raccordé au 0V

Un écran de câble blindé entre équipements devrait être raccordé au châssis, lui-même équipotentiel par rapport au 0V principal de l'équipement.

Une queue de cochon est une antenne, il faut la placer hors blindage.

Non, le rayonnement d'une queue de cochon n'est critique que si elle est au très proche des circuits. Même placée à l'extérieur d'un blindage, son impédance est en série avec l'impédance de transfert de l'écran qu'elle ruine en HF.

Quand la connectique d'un câble blindé est médiocre, il suffit de choisir un meilleur écran (un câble à haute immunité).

Un câble à haute immunité se justifie quand on souhaite un grand effet réducteur en HF. La connectique doit alors être nécessairement à faible impédance de transfert.

Pour être protégé à toutes fréquences par un câble à double écran, il faut relier l'écran interne à la masse d'un côté et l'écran externe de l'autre.

Surtout pas ! Cela coûte cher et ne protège pas du tout en HF ! Il faut toujours relier un sur-blindage à la masse des deux côtés.

Un fil de reprise d'à peine 10 centimètres ne peut pas ruiner l'efficacité de l'écran d'un câble blindé long de 50 mètres...

En HF, malheureusement si !

Idées reçues sur les alimentations, la foudre et les remèdes CEM

En schéma TT, avoir une terre à faible résistance est défavorable car elle attire chez soi les courants de défaut de tout le réseau BT

Ce sont les surtensions du réseau et non les courants dans la terre qui perturbent les matériels. Si des écrêteurs sont correctement installés entre les phases et la masse, la résistance de la terre est indifférente.

En schéma TT, la sécurité des personnes n'est plus assurée si la résistance de la terre des masses dépasse une certaine valeur.

Non ! Seule l'équipotentialité des masses importe. Même sans terre, une personne ne risque rien si les masses simultanément accessibles sont reliées.

Le meilleur schéma de neutre est le IT

Pour un réseau de distribution aérien en MT, oui ! En BT, son seul intérêt est la continuité de service après le premier défaut simple, au prix d'une tension composée entre phase et masse, de disjonction des protections différentielles sensibles, de difficultés pour localiser le défaut... et de risques d'électrocution !

Le schéma TN-C est le moins cher, c'est donc le meilleur.

Certes, c'est le moins cher, mais il lance des courants homopolaires dans les masses, ce qui n'est pas souhaitable. Le meilleur schéma est le TN-S.

La sélectivité est impossible à garantir, même en TN-S.

On peut assurer la sélectivité quel que soit le schéma de neutre. Pour cela il convient de maîtriser l'arborescence des protections contre les surintensités, de temporiser et de ne pas cascader les protections différentielles, et enfin de surveiller les évolutions de l'installation.

Les condensateurs de compensation génèrent de la distorsion...

Un condensateur est linéaire, il ne produit pas de courant harmonique. Il faut qu'un courant soit généré (par un pont de Graetz par exemple) pour que la distorsion en tension du réseau soit amplifiée par sa résonance L – C parallèle.

Les condensateurs de compensation de puissance réactive améliorent le rendement des moteurs asynchrones.

Non, la compensation de puissance réactive limite les pertes du réseau électrique en amont de la compensation. Elle n'a pas d'effet sur les charges.

EDF mesure le facteur de puissance.

EDF ne mesure pas (encore) les courants harmoniques, elle mesure en fait la tangente φ / L'énergie réactive est facturée durant les heures pleines d'hiver si $\tan \varphi / > 0,4$. L'équivalence est simple : $\cos \varphi = \sqrt{1/(1 + \tan^2 \varphi)}$.

Un onduleur protège de tous les parasites conduits.

Un onduleur fournit de l'énergie en cas de disparition de la tension réseau. S'il est doté d'un contacteur statique, il ne change pas le schéma de neutre et il laisse passer les perturbations de mode commun. Il génère des perturbations et la distorsion de sa tension utilisation est souvent supérieure à celle du réseau.

Un fusible protège des risques de destruction.

Un fusible protège des surintensités mais pas des surtensions. Il risque même d'en générer une énergétique lors de sa fusion, surtout s'il est à fil.

Un bâtiment Isolant (briques, pierres...) n'attire pas la foudre.

Il ne la repousse pas plus qu'un bâtiment métallique. Tout au plus peut-on dire que le précurseur descendant qui suit un parcours aléatoire déclenche de préférence un arc en retour à partir d'une structure conductrice.

Un Immeuble à structures conductrice fait office de cage de Faraday, le champ à l'intérieur du volume protégé est faible donc il évite le développement de décharges qui en seraient issues.

A l'intérieur du volume protégé, oui (du moins jusqu'au premier arc en retour) mais l'extérieur de l'immeuble reste évidemment exposé à la foudre.

Les seuls effets de la foudre à craindre sont les amorçages.

N'oublions pas l'induction du champ magnétique dans les boucles de masse. Elle est sévère pour les équipements interconnectés.

Les paratonnerres à tiges jouent le rôle de cage.

Seul un maillage en trois dimensions des conducteurs de descente ou des charpentes métalliques joue un rôle de cage, c'est à dire de blindage.

Un bon paratonnerre attire la foudre.

Aucun paratonnerre n'est capable d'attirer la foudre : le canal ionisé est long de plusieurs kilomètres. Tout au plus déclenche-t-il parfois l'arc en retour si un précurseur s'approche dans un rayon inférieur à 100 mètres environ.

Un paratonnerre ionisant repousse la foudre.

Cet argument est une escroquerie, pure et simple.

La foudre n'a jamais tué grand monde.

En 1769, une église de St. Nazaire de Brescia en Lombardie fut foudroyée. Une centaine de tonnes de poudre à canon qui y était entreposé explosa, tuant 3000 personnes et rasant un sixième de la cité.

Un paratonnerre décharge les nuages à partir du sol.

Cet argument proposé vers 1750 par Franklin est réfuté depuis longtemps.

Un paratonnerre ionisant protège une zone réputée plus étendue que celle d'une simple tige à la même hauteur.

Cette réputation est à attribuer aux efforts des vendeurs de paratonnerres. En cas d'orage, le courant d'ionisation naturelle d'une pointe est bien supérieur à celui de l'ionisation artificielle... sans influence sur sa protection.

Un paratonnerre protège la zone sous un cône dont le sommet coïncide avec la pointe et dont le demi-angle au sommet est de 60°.

Cette idée reçue est en parfaite contradiction avec le modèle électro-géométrique. Si elle était vraie, les immeubles de grande hauteur ne seraient jamais foudroyés à leur pied, ce qui a été maintes fois observé.

Lorsqu'une tige de paratonnerre est installée sur un mât le demi-angle au sommet du cône de protection est limité à 45°

Une autre idée saugrenue, aussi fausse que la précédente.

Un bon paratonnerre est économique car il en remplace... plusieurs !

Multiplier les conducteurs le long des arêtes saillantes du bâtiment est la meilleure garantie de ne pas déclencher l'arc en retour d'un autre point.

Un bon paratonnerre suffit à protéger tout un bâtiment.

Le point critique est l'écoulement du courant de la foudre sans amorçages jusqu'à la terre. Plusieurs descentes symétriques sont nécessaires.

Les réseaux de fils tendus sont moins efficaces qu'un bon paratonnerre.

Si les fils constituent une grille assez serrée (20 m de côté environ) au-dessus du site et sont reliés à la terre par de nombreuses descentes, leur protection est plus sûre que celle des "meilleurs" paratonnerres.

La terre d'un paratonnerre doit être isolée de celle des masses.

Hormis pour un réseau suspendu assez éloigné, la d.d.p. entre les conducteurs de descente et les masses rendrait un amorçage plus que probable.

En vertu de la séparation des fonctions, il faut isoler le câble de descente d'un paratonnerre de la masse du pylône sur lequel il est installé.

Il est impossible d'éloigner le câble de descente d'un pylône de 1 m par 10 m de hauteur. La d.d.p. entre ces masses créerait à coup sûr un arc secondaire. Il suffit en pratique d'utiliser le pylône comme conducteur de descente.

Il faut relier un câble de descente de paratonnerre en étoile à la terre.

Sauf en cas d'éloignement suffisant, au moins 1 m par 10 m de hauteur, il est préférable de relier les câbles de descente à la masse de chaque étage.

Le modèle électro-géométrique est scientifiquement démontré.

C'est un modèle empirique qui a été validé statistiquement pour les chocs négatifs. Il ne prend en compte ni les chocs positifs, ni ceux dont l'amplitude maximale n'est pas celle du premier arc en retour.

Il est impossible de se protéger contre la foudre.

On ne sait pas éviter le phénomène mais on sait en limiter les effets : il suffit de mailler les masses, écrêter les câbles externes et limiter les surfaces des boucles de masse. La démonstration en a été faite maintes fois. On n'est démuni que pour protéger les fils fins et les tôles minces contre les coups directs.

En cas d'orage, il est dangereux de porter un outil métallique pointu.

Une pointe de quelques mètres au-dessus du sol, comme tout paratonnerre, n'attire pas la foudre. Les parapluies mêmes mouillés ne portent pas malheur !

Sous un orage, il faut s'allonger à plat sur le sol.

Non ! Le gradient de potentiel du sol risquerait d'électrocuter l'inconscient. Attention aussi aux anfractuosités et aux fissures, surtout en montagne.

Pour ne pas attirer la foudre, il faut fermer portes et fenêtres.

Contre la foudre "normale", c'est indifférent. Contre la foudre en boule, il est concevable qu'un courant d'air augmente les risques d'intrusion de la foudre en boule. L'auteur ne sait pas (encore ?) prendre position.

Le champ électrique de la foudre est très perturbateur.

Le champ électrique statique qui précède la foudre n'a pas d'effet. Au moment de la décharge, seule la composante magnétique pénètre efficacement dans les bâtiments. Elle y induit des surtensions dans les boucles. Equipotentialité et effets réducteurs pour les masses. Attention aux mots.

Il n'y a aucun effort à faire en CEM ! Éventuellement, en cas de besoin, on fera de la qualité par le service.

Ce comportement ressemble à celui qui laisse sa porte de réfrigérateur ouverte quand il fait trop chaud. Localement, temporairement, ça donne l'illusion de résoudre le malaise alors qu'en fait, globalement, il empire !

De toutes façons, les remèdes en CEM s'installent à tâtons.

Bon courage et bonne chance à celui qui procède ainsi ! Tous les remèdes CEM ne se calculent pas, mais tous devraient correspondre à une analyse.

Idées reçues sur les sources et les couplages

Plutôt que de rechercher la perfection en CEM, nous conseillons avant tout d'éviter les erreurs grossières. Très souvent, pour résoudre un problème, il suffit de corriger les deux ou trois plus grosses bourdes. C'est peut-être la raison pour laquelle un spécialiste de CEM passe souvent pour un magicien !

Nous avons tenté de recenser les confusions et les erreurs les plus fréquentes en CEM sur les sources et les couplages en CEM. Peut-être avons-nous oublié quelques idées fausses. Que le lecteur pardonne nos oublis..., et veuille bien nous faire part de ses remarques, d'avance nous l'en remercions.

Un corrigé est proposé après chaque affirmation erronée.

Les microcoupures sont une calamité pour les industriels.

Une microcoupure est un creux de tension à 100% qui dure moins d'une demi-période. Des microcoupures ne peuvent apparaître qu'en distribution BT aérienne par grand vent. Elles ne peuvent affecter les industries qui sont alimentées en haute tension. Les creux de tension atteignent rarement 100% et durent quelques centaines de millisecondes. Les creux de tension, eux, sont redoutables (pertes de mémoire, retombée de relais rapides, impossibilité de freiner par récupération d'énergie, extinction de machines à plasma...).

Une électronique ne peut pas être parasitée par une perturbation beaucoup plus haute fréquence que celle des signaux utiles.

Si tel était le cas, les talkies-walkies ne seraient pas aussi perturbateurs pour les équipements à bas – niveaux et les radars ne perturberaient aucune électronique. L'origine de ce problème est le phénomène de détection d'enveloppe.

Une alimentation à découpage est toujours trop bruyante pour alimenter un circuit à très bas-niveau.

C'est malheureusement souvent vrai ! Toutefois des analyseurs de spectre (existe-t-il des équipements plus sensibles ?) fonctionnent très bien avec des alimentations à découpage. Il suffit de maîtriser les perturbations de mode commun que génèrent les convertisseurs statiques. Leur résiduelle en mode différentiel ne perturbe pratiquement rien.

Un contact sec génère à l'ouverture un extra-courant de rupture.

C'est une extra-tension qui apparaît ! Ce n'est que si un arc se produit que le courant d'amorçage peut dépasser le courant nominal. Tout va alors très mal dans le voisinage !

La décharge électrostatique n'est qu'un phénomène à la mode.

D'abord ça fait quelques millénaires que l'on s'amuse avec l'électricité statique. Ensuite on estime que les DES coûtent plusieurs milliards de dollars par an aux USA ! Enfin les DES représentent l'une des plus difficiles contraintes de CEM aux concepteurs d'électroniques numériques.

Un talkie-walkie est trop peu puissant pour perturber quoi que ce soit.

Certains équipements sont perturbés par un champ d'amplitude inférieure à 1 V/m. Un talkie-walkie d'une puissance de 0,1 watts (la plupart font plusieurs watts) rayonne un champ supérieur à 1 V/m à 1 mètre de son antenne. Nous avons gravement perturbé certaines baies à 1 mètre avec une puissance rayonnée de 30 milliwatts seulement dans la gamme des 150 MHz !

Les électroniques habituelles ne peuvent pas être sensibles aux champs radioélectriques car elles n'ont pas d'antennes pour les capter.

Malheureusement si ! Les câbles sont des antennes efficaces et à large bande, surtout entre 30 et 300 MHz, dans la bande des ondes métriques.

Une bonne terre est nécessaire au bon fonctionnement des électroniques.

Heureusement non ! La terre est une référence de potentiel or le potentiel absolu (contrairement à une d.d.p.) n'a pas de sens. Seule l'équipotentialité des équipements interconnectés importe.

Si la terre n'est pas propre, les électroniques fonctionneront mal.

Une terre propre (terre sans bruit) n'existe pas. Soit elle évacue du courant et elle est sale, soit elle n'en évacue jamais, et on peut la supprimer ! Deux terres séparées sont dangereuses (et heureusement illégales !). Pour en savoir plus, se reporter au tome 2 où nous traitons des terres et des masses.

Un équipement sans connexion à la terre n'a pas de boucles de masse.

Il y a autant de boucles de masse que de câbles. Des courants de mode commun peuvent passer d'un câble à l'autre sans passer par la terre donc même un équipement isolé de la terre peut être traversé par des courants parasites.

Un équipement sans fil de terre (à double isolation) est immunisé contre le mode commun secteur

Ce n'est même pas vrai à 50 Hz ! Retirer le fil de masse qui relie une platine pick-up à son ampli HI-FI fait ronfler à cause du courant capacitif à travers les deux transformateurs. C'est évidemment encore bien pire en HF.

Pour réduire un problème d'impédance commune, il suffit de câbler les masses avec des conducteurs de forte section.

Il est inutile d'utiliser de gros câbles lorsque leur impédance est supérieure à leur résistance. C'est ainsi dès 50 Hz à partir de 35 mm². La self d'un gros câble est pratiquement indépendante de sa section. Il est en revanche intéressant de les raccourcir et de les multiplier pour bien mailler les masses.

Une liaison galvaniquement isolée n'a pas besoin d'être symétrique.

C'est souvent vrai aux très basses fréquences. Pour de fortes réjections de mode commun il reste préférable d'entrer sur un étage différentiel. C'est de toutes façons faux en HF où il faut soit blinder les câbles, soit filtrer chaque fil par rapport au châssis, soit enfin ajouter de la ferrite.

Une tresse est un conducteur de masse à plus faible impédance qu'un conducteur de cuivre de même longueur et de section équivalente.

Une tresse a la même impédance en HF qu'un clinquant de même surface.

Contrairement à une tresse, du fil de Litz (composé de fils isolés) a moins de résistance HF (effet de peau) mais la même inductance qu'un fil non divisé.

Une carte isolée de la masse (dont le 0V flotte) ne craint pas les perturbations de mode commun.

Au contraire ! ... Des courants parasites peuvent circuler à travers une carte connectée à plusieurs câbles, surtout si elle est flottante, c'est à dire si les courants n'ont pas été évacués au châssis dès leur entrée sur la carte. De plus faire flotter une carte en HF est catastrophique à cause du couplage carte à châssis.

Les capacités parasites ne sont gênantes qu'aux fréquences élevées.

La ronflette capacitive à 50 Hz affecte essentiellement les circuits bas niveaux à haute impédance qui ne sont pas blindés.

Les inductances parasites ne sont gênantes qu'aux fréquences élevées.

Même à 50 Hz l'équipotentialité n'est pas meilleure par un câble de cuivre de 300 mm² que par un de 50 mm² ! L'échauffement d'un gros câble est inférieur (puisque sa résistance est plus faible) mais son impédance est équivalente ($2\pi fL > R$). La self des câbles est gênante dès les très basses fréquences.

Un isolement galvanique résout tous les problèmes de mode commun.

Un isolement galvanique est d'une part limité en d.d.p à sa rigidité diélectrique. D'autre part aux fréquences élevées, il ne résout ni le problème d'impédance commune (courant à travers sa capacité parasite) ni le problème du couplage carte à châssis.

Un signal induit par diaphonie peut être supérieur à sa cause.

Jamais ! Seul un transformateur avec un rapport de transformation $\neq 1$ peut avoir une amplitude de sortie supérieure (soit en tension, soit en courant, mais pas les deux) à celle en entrée. Ce n'est pas le cas de la diaphonie qui en pratique ne dépasse jamais 80%.

Un feuillard aluminium limite bien la diaphonie inductive.

Un feuillard aluminium blinde bien le champ électrique BF mais très mal le champ magnétique BF. En HF un feuillard est souvent décevant.

Pour supprimer les problèmes de mode commun il suffit de supprimer les boucles de masse.

Une boucle de masse est la surface entre un câble et le conducteur de masse le plus proche. Il y a autant de câbles que de boucles de masse, elles sont donc inévitables. Ouvrir une boucle de masse par isolement galvanique résout éventuellement un problème en BF, mais pas en HF.

Un filtre secteur antiparasite filtre aussi les harmoniques du réseau.

L'efficacité d'un filtre secteur antiparasite est à peu près nulle jusqu'à une dizaine de kilohertz. Or les harmoniques sont limitées à 2 kHz.

Il ne faut pas raccorder la référence des circuits électroniques (le 0V) à la masse sale.

Si l'on fait flotter un 0V on doit craindre le couplage carte à châssis. En potentiel, être sale n'a pas de sens si l'on ne définit pas la référence de potentiel. Pour une carte, la seule référence de potentiel ayant un sens est la masse de l'environnement. Il est donc bon de s'y raccorder quand on a pris quelques précautions contre les perturbations conduites par tous les câbles externes.

Si en laboratoire un équipement fonctionne mieux avec son 0V raccordé au châssis, c'est parce la masse du labo est propre.

Une électronique marche mieux avec son 0V au même potentiel que celui du coffret, surtout si l'environnement n'est pas équipotentiel.

Il faut relier les 0V analogique et numérique en étoile autour de l'alimentation pour supprimer le couplage par impédance commune.

Au contraire ! On obtient de la sorte une forte impédance commune entre circuits interconnectés.

Avant de brancher, vérifier qu'il y a du courant (!)

Ne vaudrait-il pas mieux dire "vérifier que la tension est présente" ?

Sur carte numérique, mieux vaut découpler le 5 V que le 0V.

Cette affirmation ressemble à " dans un mariage, c'est la femme qui se marie ! ". On doit découpler le 5 V par rapport au 0V... et au plus près des boîtiers.

La problématique intrinsèque en CEM d'un locuteur est à replacer au niveau phénoménologique de la communication sémantique sous-jacente à l'interprétation de la méthodologie globale. Et réciproquement

La CEM a surtout besoin de clarté, ne trouvez-vous pas ?

Idées reçues sur les terres et les masses	1
Une terre est importante en milieu industriel car c'est elle qui évacue les courants de fuite des équipements.	1
Plus une terre évacue du courant, plus sa résistance doit être faible.	1
Un courant évacué dans le sol y est dissipé.	1
Une terre indépendante réduit les risques de dysfonctionnement.....	1
Une terre propre est nécessaire au bon fonctionnement des électroniques.	1
Si la terre est bonne, il faut y raccorder les masses en étoile.	1
Il faut raccorder directement la masse de chaque équipement à la terre par un conducteur isolé des masses, raccordé en étoile sur la borne de terre.	1
Si la terre est trop impédante, les électroniques risquent d'être perturbées.....	1
Il ne faut pas raccorder la terre informatique à la masse du bâtiment.	1
Pour qu'il fonctionne, il faut connecter un écran à la terre.....	2
Si la terre n'est pas bonne, les limiteurs de surtension fonctionneront mal en mode commun.	2
On ne peut pas raccorder les éclateurs des lignes de télécommunication à la terre de l'utilisateur si l'alimentation EDF est protégée par la même terre.....	2
Si les normes de sécurité ne l'interdisaient pas, il serait bon de réaliser des terres indépendantes, isolées entre elles.	2
Une bonne terre doit faire moins de 1 ohm (ou 2 Ω ou 3 Ω , ou 5 Ω , ou 7 Ω , ou 10 Ω , ou 15 Ω , ou 20 Ω , ou 25 Ω , ou 33,3 Ω , ou 50 Ω , ou...),.....	2
Quand le sol n'est pas bon, on peut réaliser une prise de terre à une... certaine distance (!).	2
Quand le sol n'est pas bon, on peut le saler.	2
Les paratonnerres doivent avoir une terre indépendante.	2
En CEM le problème le plus fréquent est la "remontée de terre".....	2
Une bonne "cage de Faraday" doit avoir une bonne terre.....	2
Une terre doit être bonne jusqu'à au moins 100 MHz.....	3
Il faut relier les masses à la terre par des connexions à basse impédance en hautes fréquences.	3
Il ne faut pas raccorder la référence propre des circuits électroniques (le "0V") à la masse sale.....	3
Si à la conception un équipement fonctionne mieux avec son 0V raccordé au châssis, c'est parce la masse du laboratoire de développement est propre.....	3
Quand la masse est sale, il faut faire flotter tous les 0V.	3
Un raccordement des masses en étoile supprime les boucles de masse.	3
Il faut raccorder les masses comme les lignes d'alimentation, c'est à dire en étoile autour du transformateur (ou du TGBT).	3
Il faut relier les 0V analogique et numérique en étoile autour de l'alimentation pour minimiser l'impédance commune.	3
Il faut relier les 0V analogique et numérique en étoile autour de l'alimentation pour supprimer la boucle de masse.....	3
Il faut raccorder le 0V à la terre propre et pas à la masse sale.	4
Si on maille les masses, comment garantir la sécurité des personnes ?	4
Il faut raccorder les masses à la terre uniquement par le conducteur de protection pour ne pas faire de boucle de masse.	4
Un câble de terre unique empêche les boucles de masse.	4
Un gros fil vert-et-jaune suffit bien... ..	4
Si on connecte une goulotte aux deux bouts, on fait une boucle de masse.....	4
Il faut éloigner le plus possible les câbles numériques des câbles d'énergie.....	4
Il ne faut pas relier les goulottes propres aux goulottes sales.	4
Il ne faut pas rapprocher une goulotte propre d'une machine sale.....	4
La plaque collectrice d'un îlot représente le centre d'une étoile, donc si une plaque collectrice est favorable, une distribution en étoile est favorable !	4
Les inductances mutuelles entre câbles sont défavorables.....	4
Si on maille les masses on ne sait pas où vont passer les courants.	4

Les règles de sécurité des personnes vont à l'encontre de la CEM.....	5
Nous connaissons les règles de l'art, alors vos maillages.....	5

Idées reçues sur la CEM..... 5

Les blindages doivent être raccordés à une bonne terre.....	5
En champ lointain, à plus de $\lambda/2\pi$, les champs décroissent en $1/R$	5
Un blindage de 30 dB à 100 MHz tolère des fentes de 3 centimètres.....	5
Un matériau à fort μ blinde mieux qu'un matériau non magnétique.....	5
Les connecteurs blindés doivent avoir un joint conducteur.....	5
L'atténuation d'un filtre est égale à sa fonction de transfert.....	5
Un filtre à pente raide limite l'amplitude des impulsions parasites.....	5
Un filtre est efficace si, dans le catalogue, son efficacité est forte.....	6
Un fusible protège des surtensions.....	6
Un écrêteur fait office de disjoncteur (lu dans une revue technique !).....	6
Les diodes Transzorb ont un temps de réaction de 10^{-12} seconde !.....	6
Une varistance a un temps de réaction bien plus long qu'une Transzorb.....	6
En liaison point à point, il faut un isolement galvanique du côté émission (variante : il faut un isolement galvanique du côté réception, ou encore pire : il faut un isolement galvanique des deux côtés).....	6
Un isolement galvanique est une alternative aux écrêteurs.....	6
Un isolement galvanique protège de toutes les perturbations conduites.....	6
Une liaison par fibre optique a une parfaite immunité aux parasites.....	6
Avec un optocoupleur, il n'y a plus de problème de boucle de masse.....	6
Si un blindage est mauvais, il faut utiliser de bons filtres.....	6
Il faut compenser les défauts de blindage par de bons câbles blindés.....	6
Il faut relier les limiteurs de surtension à la terre.....	6
L'écran d'un câble blindé doit être raccordé à la terre.....	7
Il ne faut pas raccorder un écran à la masse des deux côtés, sinon ça fait une boucle de masse.....	7
Un écran de câble blindé doit être raccordé au 0V.....	7
Une queue de cochon est une antenne, il faut la placer hors blindage.....	7
Quand la connectique d'un câble blindé est médiocre, il suffit de choisir un meilleur écran (un câble à haute immunité).....	7
Pour être protégé à toutes fréquences par un câble à double écran, il faut relier l'écran interne à la masse d'un côté et l'écran externe de l'autre.....	7
Un fil de reprise d'à peine 10 centimètres ne peut pas ruiner l'efficacité de l'écran d'un câble blindé long de 50 mètres.....	7

Idées reçues sur les alimentations, la foudre et les remèdes CEM 7

En schéma TT, avoir une terre à faible résistance est défavorable car elle attire chez soi les courants de défaut de tout le réseau BT.....	7
En schéma TT, la sécurité des personnes n'est plus assurée si la résistance de la terre des masses dépasse une certaine valeur.....	7
Le meilleur schéma de neutre est le IT.....	8
Le schéma TN-C est le moins cher, c'est donc le meilleur.....	8
La sélectivité est impossible à garantir, même en TN-S.....	8
Les condensateurs de compensation génèrent de la distorsion.....	8
Les condensateurs de compensation de puissance réactive améliorent le rendement des moteurs asynchrones.....	8
EDF mesure le facteur de puissance.....	8
Un onduleur protège de tous les parasites conduits.....	8
Un fusible protège des risques de destruction.....	8
Un bâtiment Isolant (briques, pierres...) n'attire pas la foudre.....	8

Un Immeuble à structures conductrice fait office de cage de Faraday, le champ à l'intérieur du volume protégé est faible donc il évite le développement de décharges qui en seraient issues.	8
Les seuls effets de la foudre à craindre sont les amorçages.	8
Les paratonnerres à tiges jouent le rôle de cage.	9
Un bon paratonnerre attire la foudre.	9
Un paratonnerre ionisant repousse la foudre.	9
La foudre n'a jamais tué grand monde.	9
Un paratonnerre décharge les nuages à partir du sol.	9
Un paratonnerre ionisant protège une zone réputée plus étendue que celle d'une simple tige à la même hauteur.	9
Un paratonnerre protège la zone sous un cône dont le sommet coïncide avec la pointe et dont le demi-angle au sommet est de 60°	9
Lorsqu'une tige de paratonnerre est installée sur un mât le demi-angle au sommet du cône de protection est limité à 45°	9
Un bon paratonnerre est économique car il en remplace... plusieurs !	9
Un bon paratonnerre suffit à protéger tout un bâtiment.	9
Les réseaux de fils tendus sont moins efficaces qu'un bon paratonnerre.	9
La terre d'un paratonnerre doit être isolée de celle des masses.	9
En vertu de la séparation des fonctions, il faut isoler le câble de descente d'un paratonnerre de la masse du pylône sur lequel il est installé.	10
Il faut relier un câble de descente de paratonnerre en étoile à la terre.	10
Le modèle électro-géométrique est scientifiquement démontré.	10
Il est impossible de se protéger contre la foudre.	10
En cas d'orage, il est dangereux de porter un outil métallique pointu.	10
Sous un orage, il faut s'allonger à plat sur le sol.	10
Pour ne pas attirer la foudre, il faut fermer portes et fenêtres.	10
Le champ électrique de la foudre est très perturbateur.	10
Il n'y a aucun effort à faire en CEM ! Éventuellement, en cas de besoin, on fera de la qualité par le service.	10
De toutes façons, les remèdes en CEM s'installent à tâtons.	10

Idées reçues sur les sources et les couplages 10

Les microcoupures sont une calamité pour les industriels.	11
Une électronique ne peut pas être parasitée par une perturbation beaucoup plus haute fréquence que celle des signaux utiles.	11
Une alimentation à découpage est toujours trop bruyante pour alimenter un circuit à très bas-niveau.	11
Un contact sec génère à l'ouverture un extra-courant de rupture.	11
La décharge électrostatique n'est qu'un phénomène à la mode.	11
Un talkie-walkie est trop peu puissant pour perturber quoi que ce soit.	11
Les électroniques habituelles ne peuvent pas être sensibles aux champs radioélectriques car elles n'ont pas d'antennes pour les capter.	11
Une bonne terre est nécessaire au bon fonctionnement des électroniques.	12
Si la terre n'est pas propre, les électroniques fonctionneront mal.	12
Un équipement sans connexion à la terre n'a pas de boucles de masse.	12
Un équipement sans fil de terre (à double isolation) est immunisé contre le mode commun secteur	12
Pour réduire un problème d'impédance commune, il suffit de câbler les masses avec des conducteurs de forte section.	12
Une liaison galvaniquement isolée n'a pas besoin d'être symétrique.	12
Une tresse est un conducteur de masse à plus faible impédance qu'un conducteur de cuivre de même longueur et de section équivalente.	12
Une carte isolée de la masse (dont le 0V flotte) ne craint pas les perturbations de mode commun.	12
Les capacités parasites ne sont gênantes qu'aux fréquences élevées.	12
Les inductances parasites ne sont gênantes qu'aux fréquences élevées.	12
Un isolement galvanique résout tous les problèmes de mode commun.	13

Un signal induit par diaphonie peut être supérieur à sa cause.....	13
Un feuillard aluminium limite bien la diaphonie inductive.	13
Pour supprimer les problèmes de mode commun il suffit de supprimer les boucles de masse.....	13
Un filtre secteur antiparasite filtre aussi les harmoniques du réseau.	13
Il ne faut pas raccorder la référence des circuits électroniques (le 0V) à la masse sale.....	13
Si en laboratoire un équipement fonctionne mieux avec son 0V raccordé au châssis, c'est parce la masse du labo est propre.	13
Il faut relier les 0V analogique et numérique en étoile autour de l'alimentation pour supprimer le couplage par impédance commune.	13
Avant de brancher, vérifier qu'il y a du courant (!).....	13
Sur carte numérique, mieux vaut découpler le 5 V que le 0V.....	13
La problématique intrinsèque en CEM d'un locuteur est à replacer au niveau phénoménologique de la communication sémantique sous-jacente à l'interprétation de la méthodologie globale. Et réciproquement.....	13