

COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE :

LE TRÈS HAUT DÉBIT DEMANDE DE PRENDRE EN COMPTE LA CEM DE FAÇON ENCORE PLUS RIGOUREUSE. EST-IL POSSIBLE D'AMÉLIORER LA CEM D'UN RÉSEAU TOUT EN DIMINUANT LES COÛTS ?

VERY HIGH DEBIT-RATE REQUIRES TAKING EMC INTO ACCOUNT IN AN EVEN MORE RIGOROUS WAY. IS IT POSSIBLE TO IMPROVE THE EMC OF A NETWORK WHILE REDUCING COSTS?

APEI

Gilles DELCOURT Consultant en compatibilité électromagnétique
28, Côte de L'HORMET
69110 STE FOY-LES-LYON
Tél : 04 78 59 29 26 / 06 07 63 23 65



RESUME : Des règles de l'art maintenant anciennes sont toujours utilisées. On peut citer la préconisation de trolleys de cuivre tout le long des chemins de câbles métalliques, les ponts en cuivre sur les éclisses des chemins de câbles métalliques, les soudures pour les connexions de masse ou encore, pour un plancher technique, la règle d'interconnexion d'un vérin sur trois avec une tresse de cuivre. Est-il possible d'optimiser ces règles ?

SUMMARY: According to the rule book, some rules which are ancient are still in use. For instance, we can quote advocating copper cables all along metal cable ducts, copper bridges on the fishplates of metal cable ducts, welding for mass connections and also, in the case of a technical floor, the rule which consists in interconnecting one small post out of three with stranded copper. Is it possible to optimize rules ?

LE CABLE DE CUIVRE LE LONG DES CHEMINS DE CÂBLES MÉTALLIQUES

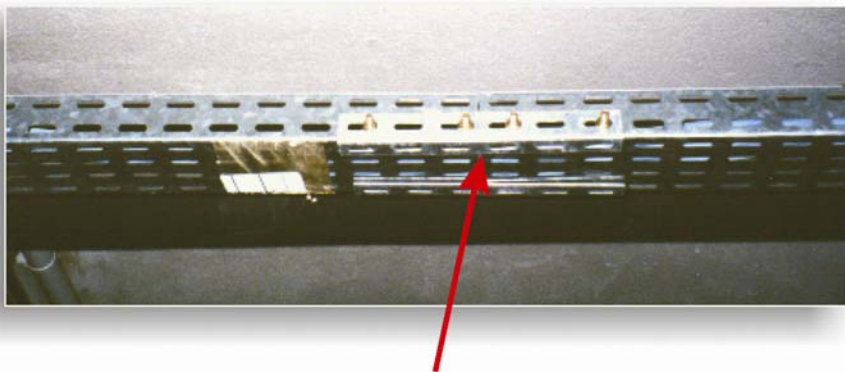
Beaucoup de bureaux d'étude préconisent de placer le long des chemins de câbles métalliques un conducteur de cuivre nu de 16 mm² (ou même 35 mm² pour les plus généreux) parfois en affirmant que la NF C 15-100 l'exige, parfois en affirmant que cela améliore la compatibilité électromagnétique de l'installation notamment en assurant la continuité électrique des chemins de câbles métalliques. Dans les deux cas, il apporte une contribution mais il n'est pas indispensable.

La NF C 15-100 n'a jamais recommandé de conducteur d'accompagnement le long des chemins de câbles métalliques. Du fait que les câbles "courant fort" peuvent être

accidentellement entaillés, les chemins de câbles métalliques risquent d'être portés à un potentiel dangereux (230 V au minimum); il est donc nécessaire de les raccorder à la terre. Pour ce cas précis, un raccordement à une seule extrémité suffit. Les chemins de câbles métalliques constituant un surblindage efficace jusque vers 100 MHz, pour protéger les systèmes électroniques, il faut les raccorder à la masse à leurs deux extrémités et assurer leur continuité électrique de bout en bout. En maillant entre eux tous les chemins de câbles métalliques et en les raccordant aux structures métalliques voisines, on améliore encore la protection électromagnétique en divisant les courants perturbateurs. Il faut tenir compte que la façon d'assurer la continuité électrique est déterminante pour l'efficacité contre les perturbations courantes (transitoires rapides) dont le spectre (1MHz à 300 MHz) se situe dans les hautes fréquences. Quelle que soit sa section, un conducteur de cuivre rond a une impédance de 1,3 $\mu\text{H}/\text{m}$, ce qui représente une impédance trop élevée pour se protéger des perturbations hautes fréquences. Pour l'aspect basse fréquence, un chemin de câbles métallique de 200 mm de large sans couvercle fait environ 1 milliohm par mètre. Un conducteur de cuivre de 16 mm² fait aussi environ 1 milliohm par mètre, on ne peut donc pas dire que le conducteur de cuivre soit considérablement plus performant dans ce cas.

La seule façon d'être efficace en hautes fréquences est de réaliser la continuité des chemins de câbles métalliques avec des éclisses et non pas avec un conducteur d'accompagnement. Le contact réalisé par une éclisse qui est toujours fixée par plusieurs vis est inférieur au milliohm. De plus, la surface la rend meilleure en haute fréquence. Avec la pression des vis, l'oxydation ne s'étend pas sous l'éclisse, le contact reste bon dans le temps. Si la continuité se fait avec un conducteur de cuivre de 20 cm de long, on peut estimer que l'efficacité en hautes fréquences est divisée par 10. Dans le cas des traversées de mur où l'on est obligé d'interrompre le chemin de câbles métallique, l'idéal est de placer une tresse (2 cm de large ou plus) sur chaque rive. L'expérience a déjà prouvé moult fois que les chemins de câbles métalliques sans conducteur d'accompagnement apportent un effet réducteur important et suffisant contre les perturbations électromagnétiques courantes (transitoires rapides du secteur et la foudre).

Le bilan : en supprimant ce conducteur de cuivre, on améliore les performances des chemins de câbles métalliques (en utilisant des éclisses pour les interconnexions) et du réseau de masse en général, enfin on réalise une belle économie de matière et de main d'œuvre.



**C'EST AVEC DES ECLISSES DE CE GENRE
QU'IL FAUT INTERCONNECTER LES CHEMINS
DE CABLES METALLIQUES ET NON PAS AVEC
UN CONDUCTEUR DE CUIVRE ROND**



CABLES DE CUIVRE D'ACCOMPAGNEMENT INUTILES

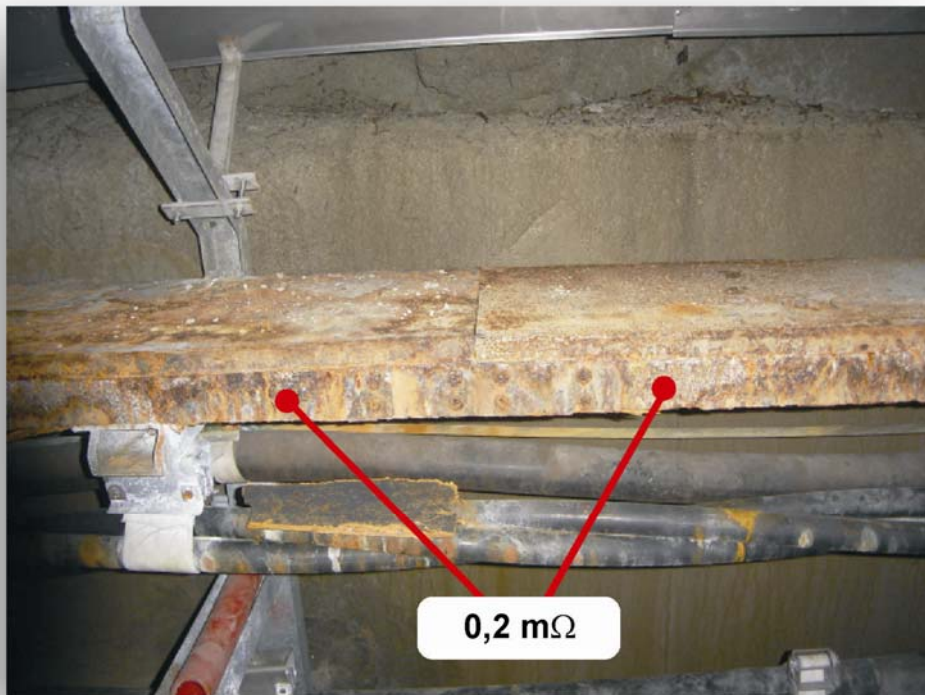
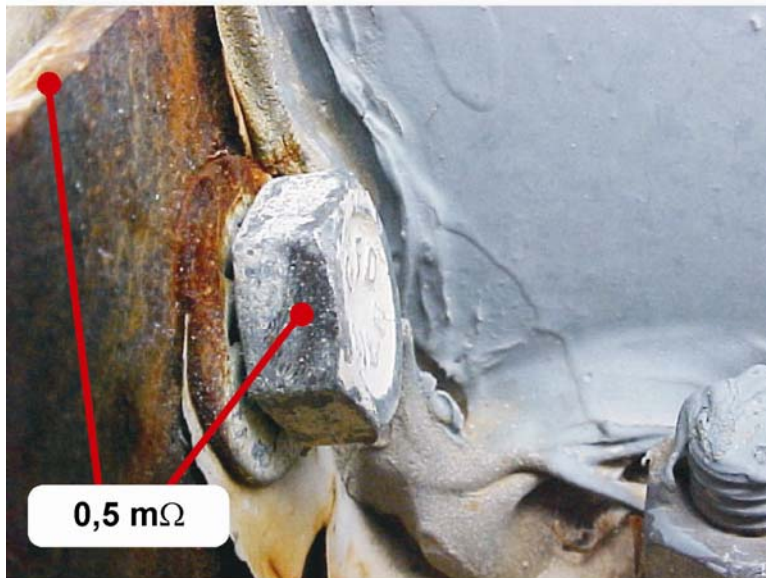
LES SOUDURES POUR LES CONNEXIONS DE MASSE

La qualité des connexions de masse est un des critères de performance pour un réseau de masse. Pour une bonne efficacité, il faut que ces contacts aient une valeur inférieure à 10 milliohms. Dans la pratique, on constate qu'une vis normalement serrée (une vis pour une cosse de tresse par exemple) assure un contact inférieur à 1 milliohm. Mais qu'en est-il du vieillissement ?

Le premier critère est évidemment que la vis ne doit pas se desserrer. Une rondelle crantée permet d'éviter d'une façon simple ce problème. Il reste maintenant la difficulté de l'oxydation. Il est fréquemment préconisé de procéder à des soudures, en général l'aluminothermie, pour se prémunir contre ce phénomène.

L'inconvénient de cette méthode est qu'elle coûte cher ; de plus, les soudures peuvent entraîner des problèmes de déclenchement des capteurs incendie, de risques d'incendie parce qu'on a justement neutralisé la détection incendie, et un surcoût de main-d'œuvre non négligeable. Il est vrai que la valeur du contact sera légèrement inférieure à celle d'une vis serrée, mais cette amélioration de performance n'est pas nécessaire puisqu'une valeur proche du milliohm est largement suffisamment bonne. Pour ce qui est du risque d'oxydation, on constate qu'une vis serrée normalement exerce une pression supérieure à 100 kg/cm². Or à cette pression, le contact réalise une soudure. Lorsque l'on débloque une vis et que l'on entend un petit « tac », c'est cette soudure que l'on vient de faire sauter. L'expérience prouve que même après plusieurs dizaines d'années dans des ambiances humides, les contacts vissés ont conservé une valeur proche du milliohm, même si en surface il existe une rouille pulvérulente. Il n'y a que dans le cas des connexions enterrées où il est effectivement plus prudent de procéder des soudures, car aucun contrôle visuel n'est possible.

Le bilan : pour des contacts vissés plutôt que soudés, il n'y a pas de perte de performance et on réalise une substantielle économie tout en évitant les problèmes de mise en œuvre.



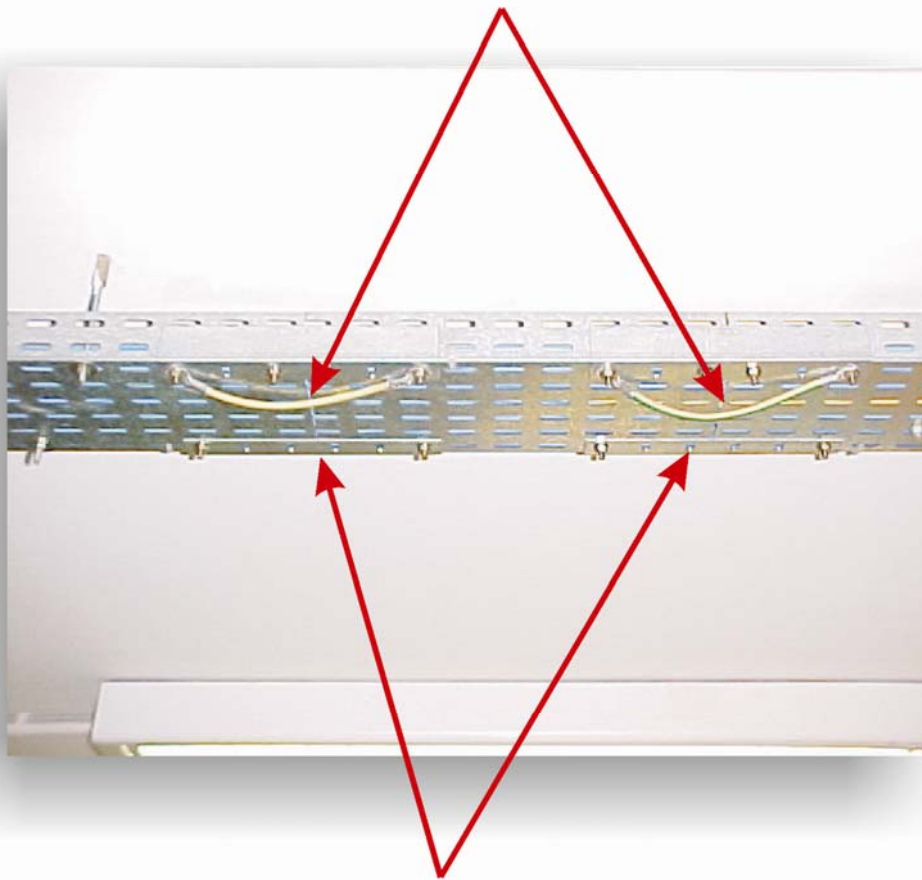
LES PONTS EN CUIVRE SUR LES ÉCLISSES DES CHEMINS DE CÂBLES MÉTALLIQUES

Sur le terrain, les perturbations électromagnétiques qui gênent le fonctionnement des systèmes informatiques sont principalement les transitoires (plus communément appelés parasites secteur). Ces transitoires rapides vont en fréquence équivalente jusque vers 300 MHz, c'est donc contre les hautes fréquences qu'il faut se protéger. Un conducteur rond est selfique ($1,3 \mu\text{H/m}$) et il est donc impédant à haute fréquence. C'est pour cette raison qu'il est fortement recommandé d'interconnecter les chemins de câbles métalliques entre eux avec des éclisses. Or, il est fréquent de voir des éclisses avec un petit conducteur rond vert et jaune en parallèle qui est parfois demandé par les organismes de contrôle

avec parfois l'argument que la résistance est plus faible avec ce conducteur supplémentaire. Ce petit conducteur en parallèle n'a pas de justification. L'interconnexion entre deux chemins de câbles métalliques faite par une éclisse mesure environ 0,2 milliohm. Un conducteur rond de 10 mm² d'une longueur de 20 cm mesure 0,3 milliohm. En valeur absolue 0,2 milliohm est une excellente valeur et il n'est absolument pas nécessaire de vouloir abaisser cette valeur en ajoutant un conducteur en parallèle. Cela est d'autant plus vrai qu'une éclisse est fixée avec 4 vis, ce qui fiabilise le contact dans le temps.

Le bilan : en supprimant ce conducteur supplémentaire, on ne perd pas en performance, et on fait une belle économie de main-d'œuvre.

CES CONDUCTEURS VERT-ET-JAUNE
EN PARALLELE AVEC LES ECLISSES
NE SONT PAS NECESSAIRES



LES ECLISSES SONT DE MEILLEURS CONDUCTEURS
AUSSI BIEN EN BASSE FREQUENCE
QU'EN HAUTE FREQUENCE

LES TRESSES DE CUIVRE DANS LES PLANCHERS TECHNIQUES

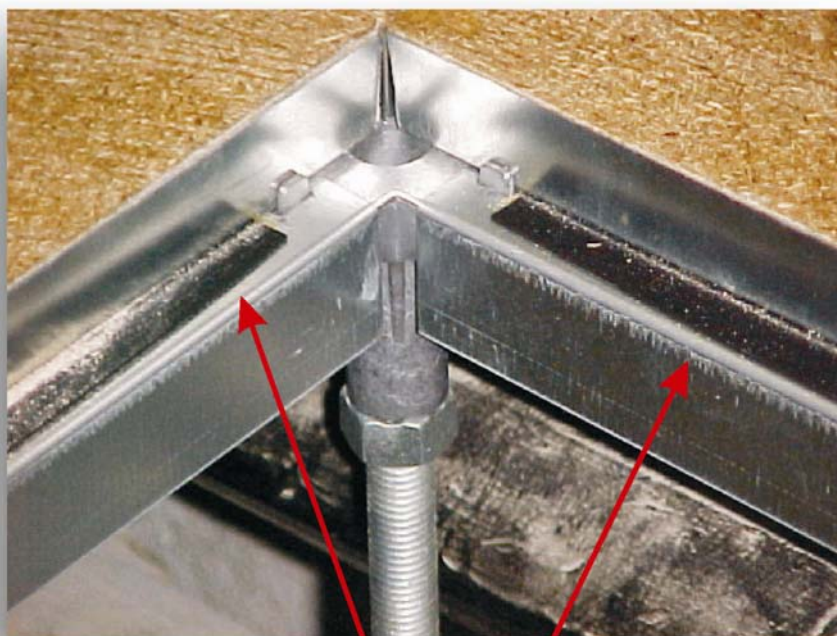
Pour les planchers techniques, une des règles de l'art habituelle consiste à poser au sol une tresse de 5 mm² ou même 16 mm² raccordée à un vérin sur trois ou un vérin sur deux. Par ailleurs, les règles de l'art imposent des sous faces métalliques sous les dalles. Cette dernière recommandation est judicieuse, malheureusement les dalles reposent sur des tampons qui sont en général antistatiques donc peu conducteurs. Ces tampons ont pour but de compenser une éventuelle différence de niveau entre les vérins, et d'éviter ainsi le bruit que peut faire une personne en passant. Mais ils ont l'inconvénient de rendre

presque inefficace l'excellent plan masse constitué par les sous faces métalliques des dalles. En retirant ces tampons, on met en contact les sous faces métalliques avec les vérins et les barres transversales ce qui réalise un plan de masse parfait aussi bien en haute fréquence qu'en basse fréquence.

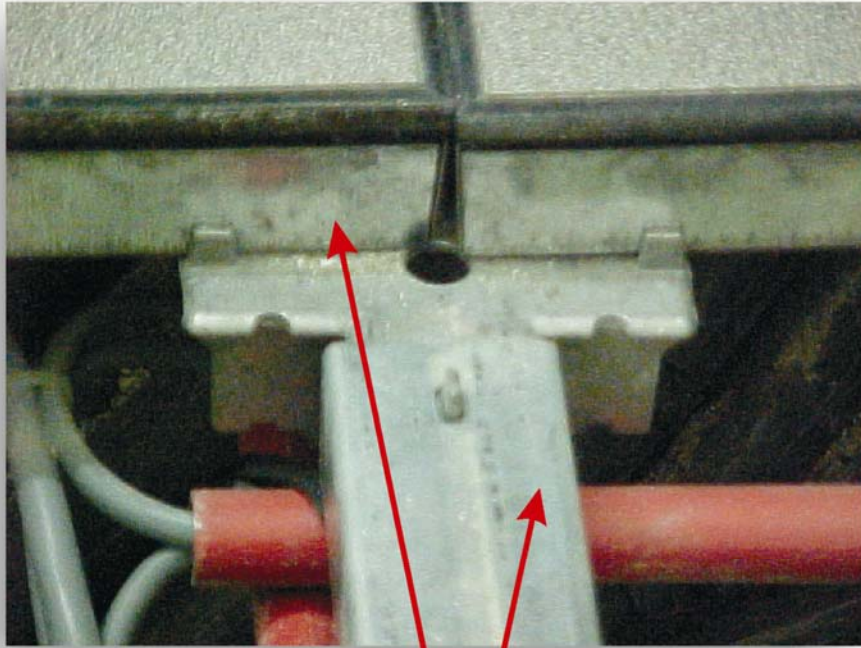
En effet, en haute fréquence une tôle a une impédance nulle et en basse fréquence la résistance de l'ensemble des sous faces métalliques est très faible. Si l'on part de l'hypothèse que la sous face métallique a une épaisseur d'acier de 1 mm, et si la largeur de la salle est de 10 m, on a donc (en prenant la coupe du plancher technique) une section de 10 000 mm². L'acier est six fois moins bon conducteur que le cuivre, cela nous donne une section équivalente à 1600 mm² de cuivre. Si l'on place une tresse de 16 mm² un vérin sur deux, sur 10 m on obtient une section de cuivre globale de 133 mm². Même si l'on ajoute une ceinture de cuivre de 60 mm², cela nous fait au total une section de 253 mm² ce qui est évidemment moins performant que les 1600 mm² des sous faces métalliques.

Le problème du bruit lorsqu'une personne marche sur des dalles sans tampons n'est pas critique, car pour les planchers constitués de cette façon, en général on ne constate pas de bruit particulier. En principe les vérins sont suffisamment bien ajustés en hauteur pour que les dalles ne basculent pas ; si malgré tout cela se produisait pour une dalle sur un lieu de passage, il suffit de caler un angle avec un isolant quelconque (un bout de mouchoir en papier par exemple) pour remédier au problème. Le fait qu'un angle soit isolé à quelques endroits ne changera rien à la qualité du plan de masse réalisé par les sous faces des dalles.

Le bilan : en retirant les tampons isolants, on améliore grandement l'efficacité haute fréquence et en basse fréquence, tout en économisant la tresse cuivre et la ceinture de cuivre ainsi que la main-d'œuvre qui dans ce cas est un poste important.



LES SOUS FACES METALLIQUES
DES DALLES POURRAIENT CONSTITUER
UN EXCELLENT PLAN DE MASSE,
MAIS LES BANDES DE CAOUTCHOUC
REDUISENT LEUR EFFICACITE
EN DEGRADANT LA QUALITE DU CONTACT.



LA SOUS FACE METALLIQUE
ETABLIT UN CONTACT PARFAIT
AVEC LA CHANDELLE ET LES
TRAVERSES

En résumé, voici une illustration des variations de performances et prix en fonction des modifications possibles :

	PERFORMANCE	PRIX
SUPPRESSION DU CABLE DU CABLE D'ACCOMPAGNEMENT	↗	↘
CONTACTS VISSÉS AU LIEU DE SOUDURES	→	↘
SUPPRESSION DES PONTS DE CUIVRE EN PARALLELE SUR LES ECLISSES	→	↘
SUPPRESSION DES TRESSSES DE MAILLAGE DANS LES PLANCHERS TECHNIQUES	↗	↘

