

# Le test de conversion de mode empêche votre réseau d'être déséquilibré

## Présentation

Il y a une raison pour laquelle le câblage torsadé équilibré en cuivre est utilisé pour les réseaux Ethernet haut débit d'aujourd'hui, et cette raison est l'équilibre. L'immunité au bruit est un facteur important dans la capacité d'un câble à transmettre correctement des signaux Ethernet, et l'équilibre des deux conducteurs sur une paire torsadée est ce qui annule le bruit injecté dans le câble. L'équilibre est également responsable d'empêcher la fuite de signal du câble. À mesure que nous nous passons à de plus hautes fréquences et à des débits plus rapides, les câbles sont bien plus sensibles au bruit, et assurer un bon équilibre devient plus essentiel que jamais.

L'équilibre des câbles à paires torsadées est obtenu grâce à la conception globale du câble et un processus de fabrication précis. Cependant, les câbles ne sont pas tous identiques et des variations importantes subsistent entre ceux-ci sur le marché. Assurer l'équilibre d'une paire torsadée par le test de conversion de mode est un excellent indicateur d'immunité au bruit, y compris la diaphonie exogène (AXT) dans des applications de fréquence plus élevée. Cependant, le test de conversion de mode n'est pas actuellement une exigence de test sur le terrain requise par les normes de l'industrie en raison de l'absence d'équipement de terrain en mesure d'effectuer ces tests. Les installateurs et les utilisateurs finaux sur le terrain n'avaient aucun moyen de vérifier l'équilibre, enfin jusqu'à présent.

## Pourquoi l'équilibre est important

Le concept de base derrière l'équilibre est que les signaux Ethernet sont appliqués en mode différentiel à deux conducteurs d'une paire comme des tensions positives et négatives opposées, ou mode hors phase. En mode différentiel, les deux signaux sont mis en référence. Ceci diffère du mode commun où les signaux semblent en phase et sont mis en référence à la terre.

Des signaux de mode commun peuvent être partiellement convertis en mode différentiel le long de la voie de transmission d'une liaison de données, et vice versa. Désigné sous le nom de conversion de mode, ce phénomène peut se produire dans une paire ou entre les paires, et ce n'est pas une bonne chose. Quand le bruit est injecté dans un câble en mode commun, un pourcentage de ce bruit peut être converti en mode différentiel et faire partie intégrante du signal Ethernet. Le déséquilibre provoqué par ce bruit rend par conséquent la tension sur les paires équilibrées inégale, dégradant le signal différentiel Ethernet de la transmission ce qui peut potentiellement provoquer des erreurs de bit, des retransmissions et des performances réseau plus lentes. La conversion de mode peut être particulièrement problématique dans les applications de centre de données Ethernet et industrielles où l'environnement contient du bruit et où la latence est essentielle.

L'équilibre est atteint grâce à la conception globale du câble et des processus de fabrication de précision ce qui a pour résultat l'obtention de paires plus cohérentes et compactes avec des tailles et espacements identiques de conducteurs. Un câble bien équilibré offre une meilleure immunité au bruit parce que le bruit induit de mode commun apparaîtra comme étant égal ou presque égal à la tension sur les paires équilibrées et par conséquent se voit annuler.

Le schéma 1 ci-dessous explique la différence entre une liaison avec le bon équilibre et une liaison avec un mauvais équilibre. Dans une liaison avec un bon équilibre, le mode injecté est considéré comme égal et le signal de mode différentiel reste la même tension à l'autre extrémité de la liaison. Dans la liaison avec un mauvais équilibre, le mode injecté n'est pas vu comme étant égal par les deux conducteurs, ce qui provoque une tension inégale de mode différentiel à l'extrémité.

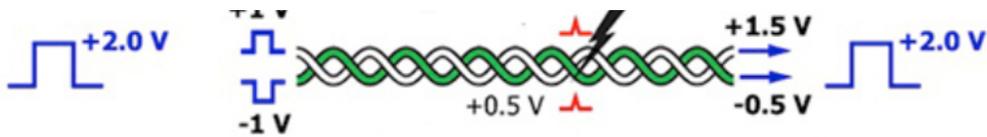
Differential mode  
signal injected at 2V

±1 V

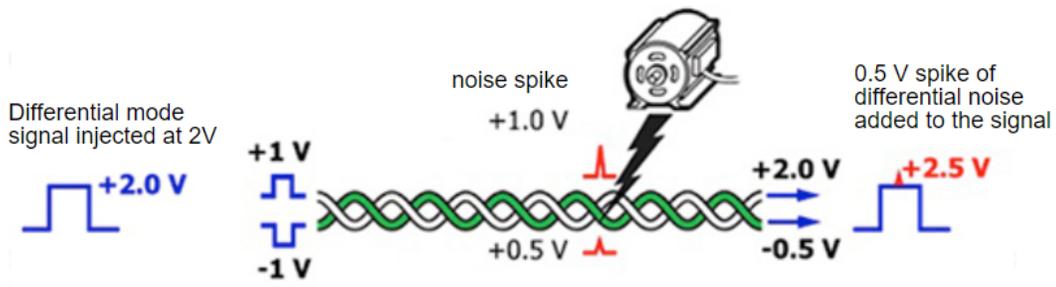
noise spike  
+0.5 V



Differential mode  
signal remains at 2V



Liaison bien équilibrée

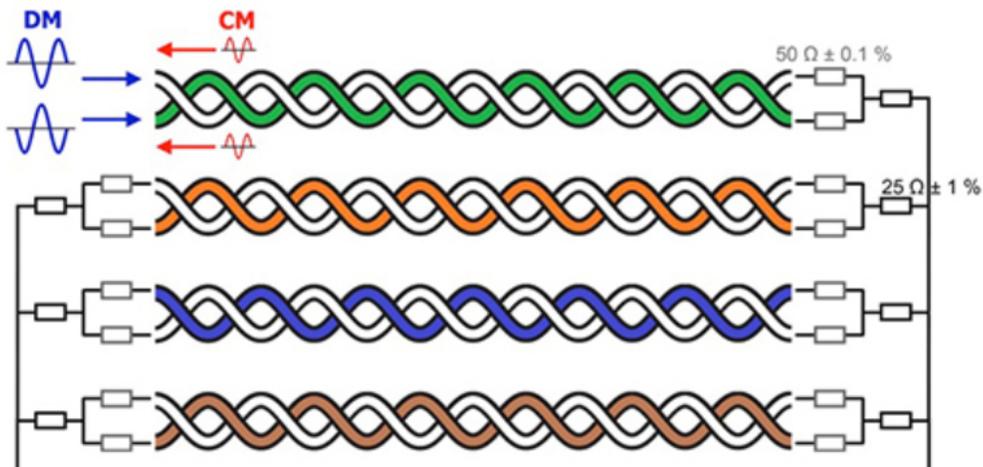


Liaison mal équilibrée

Le schéma 1 ci-dessous explique la différence entre une liaison avec le bon équilibre et une liaison avec un mauvais équilibre. Dans une liaison avec un bon équilibre, le mode injecté est considéré comme égal et le signal de mode différentiel reste la même tension à l'autre extrémité de la liaison. Dans la liaison avec un mauvais équilibre, le mode injecté n'est pas vu comme étant égal par les deux conducteurs, ce qui provoque une tension inégale de mode différentiel à l'extrémité.

## Paramètres de conversion de mode TCL et ELTCL

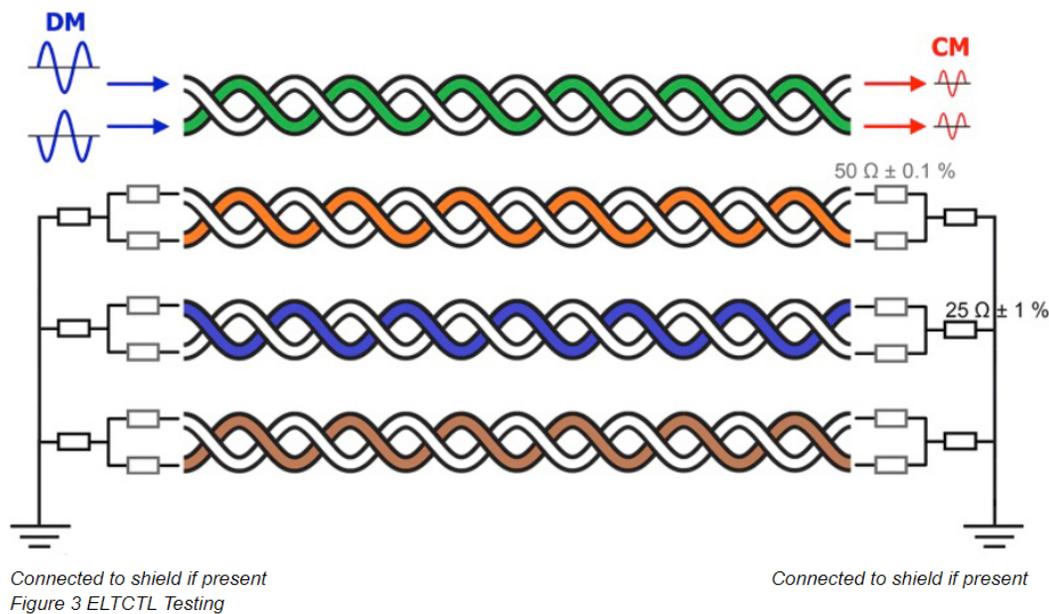
ANSI/TIA-568-C.2, ANSI/TIA-1005 et ISO/IEC 11801:2010 comprennent deux paramètres de conversion de mode qui indiquent l'équilibre : TCL et TCTL. La perte de conversion transversale (TCL) est une conversion de mode mesurée dans une paire à la même extrémité. Comme illustré à la Figure 2, la mesure est réalisée par l'injection d'un signal de mode différentiel dans une paire torsadée, puis en mesurant le signal de mode commun renvoyé sur la même paire torsadée. Plus le signal de mode commun renvoyé est faible, plus l'équilibre sera meilleur. Le TCL semble similaire à une mesure de la perte de retour, à l'exception que, plutôt que de mesurer le signal de mode commun retourné, la perte de retour mesure le signal différentiel retourné.





La perte transversale de transfert de conversion (TCTL) est la conversion de mode sur une paire mesurée à l'extrémité opposée de la paire. Comme illustré à la Figure 3, la mesure est réalisée par l'injection d'un signal de mode différentiel dans une paire torsadée, puis en mesurant le signal de mode commun à l'autre extrémité de la liaison sur cette même paire torsadée. Étant donné que la quantité de signal en mode commun est dépendante de la longueur, l'égalisation doit être appliquée pour pouvoir prendre en compte la perte d'insertion. Par conséquent la mesure la plus significative est le TCTL à niveau égal (ELTCTL). Semblable au TCL, plus le signal de mode commun à l'extrémité est petit, plus l'équilibre est meilleur.

Tout comme le TCL ressemble à une mesure de la perte de retour, l'ELTCTL ressemble à une mesure de perte par insertion. Cependant, la perte par insertion mesure le signal différentiel de mode à l'extrémité tandis que l'ELTCTL mesure le signal de mode commun à l'extrémité (TCTL) et puis applique l'égalisation basée sur la perte par insertion pour obtenir la mesure ELTCTL.



Tandis que les paramètres TCL et ELTCTL sont d'excellents indicateurs de l'équilibre d'un câble torsadé, ni l'un ni l'autre n'est actuellement une exigence de test sur le terrain requise par les normes ANTI/TIA-568.C.2. C'est parce que la plupart des équipements de test de terrain n'étaient pas capables d'effectuer des mesures de mode différentiel. Les tests TCL et ELTCTL ont donc été limités à des environnements de laboratoire par les fabricants qui doivent assurer de bonnes caractéristiques en matière d'équilibre sur les paires pour se conformer aux normes de performance de l'industrie TIA et ISO/IEC.

Mais avouons-le, les câbles ne sont pas tous les mêmes et il y a beaucoup de divergences au niveau des divers types de conception et méthodes de fabrication. En outre, l'équilibre est quelque chose que les fabricants respectent généralement uniquement par le biais de tests de qualité initiale de leurs produits et pas nécessairement durant tout le processus de fabrication au jour le jour, qui peut induire certaines irrégularités.

Parce que le TCL et l'ELTCTL sont des mesures importantes qui définissent des performances minimales d'équilibre et donc l'immunité au bruit, il y a un intérêt croissant pour ces paramètres chez les propriétaires/exploitants de réseaux. Plutôt que de compter uniquement sur ce que les fabricants annoncent, l'équilibre peut maintenant être vérifié sur le terrain avec DSX CableAnalyzer (voir encadré). Le DSX est le premier testeur de terrain capable à la fois d'effectuer des mesures en mode différentiel et en mode commun pour prendre en charge les tests de l'équilibre via TCL et ELTCTL.

## Trouver un équilibre avec ANEXT

À la plus haute fréquence de 500 MHz nécessaire pour prendre en charge des débits de données de 10 Gb/s comme pour le 10GBASE-T, AXT, le couplage de

bruit indésirable entre des câbles rapprochés devient le facteur limitant des performances de transmission. C'est pourquoi les câbles de la catégorie 6A de plus haute performance nécessaires pour prendre en charge 10 Gb/s sont conçus avec un meilleur équilibre de paire à paire pour fournir une meilleure immunité au bruit sur les câbles de catégorie inférieure.

Dans un environnement de laboratoire, les fabricants de câbles testent l'AXT en utilisant une configuration de câblage ayant un câble entouré de six câbles, qui prévoit le pire des cas pour un câble à proximité de six câbles perturbateurs. Bien que ce soit assez simple, effectuer des essais sur le terrain de l'AXT est un processus beaucoup plus complexe. Plutôt que de tester chaque câble dans un groupe de câbles, ce qui serait extrêmement chronophage, une certification sur le terrain pratique n'implique que le test d'un échantillon, un pourcentage relatif au nombre total de liaisons, généralement 1 % ou cinq liaisons. Il est également recommandé de tester les liaisons les plus longues et les plus courtes dans un groupe de câbles, car celles-ci ont tendance à présenter des niveaux plus élevés d'AXT. Malgré ces méthodes d'échantillonnage, les tests AXT sont rarement effectués sur le terrain et ne sont pas souvent exigés par les constructeurs pour la certification.

Bien que peu d'entités ont déployé des débits de 10 Gbit/s en dehors de l'environnement de centre de données, le 10GBASE-T devrait arriver dans l'espace de l'entreprise au cours des prochaines années. Il devient donc plus important que jamais d'assurer les performances en matière d'AXT. Cependant, les coûts de main-d'œuvre associés aux essais sur le terrain pour AXT sont toujours un sujet de préoccupation, en particulier pour les grandes installations avec des milliers de liaisons. Puisqu'une grande partie du câblage précédemment installé de la catégorie 6A n'a pas été initialement testé et n'a pas été certifié en matière de diaphonie exogène (AXT), il n'existe aucun moyen réel de savoir si le câblage existant dispose de performances AXT à même de prendre en charge le 10GBASE-T.

Heureusement l'équilibre tel qu'il est déterminé par l'intermédiaire de tests TCL et ELTCTL est un excellent indicateur pour savoir si un câble disposera des performances adéquates en matière de diaphonie exogène (AXT) pour prendre en charge le 10GBASE-T. Tester les paramètres TCL et ELTCTL est beaucoup plus facile à tester que l'AXT comme cela peut être accompli aux côtés de tests sur le terrain standard, mesurant d'autres paramètres de performance requis sur le canal (c'est à dire, NEXT, PSNEXT, perte d'insertion, perte de retour). En fait, TIA reconnaît la forte corrélation entre l'équilibre et le bruit avec la norme TSB-1197, qui explique l'interaction entre les paramètres d'équilibre et de conversion de mode dans un canal et la diaphonie exogène entre les canaux.

## Conclusion

Personne ne peut contester le fait que l'immunité au bruit et donc de bonnes performances AXT ne peuvent être réalisées sans un équilibrage adéquat. Avec les nombreux systèmes de catégorie 6A existants qui n'ont jamais été testés afin de vérifier leur diaphonie exogène, et peu de fabricants qui exigeaient des analyses AXT, il n'y a pas moyen de savoir si ces câbles installés ont des performances en matière d'équilibre adéquates pour prendre en charge le 10GBASE-T. Déterminer le TCL et l'ELTCTL offre donc des avantages importants pour les installateurs et utilisateurs finaux.

Que le paramètre TCL soit finalement requis par les normes reste encore à voir. Bien que n'étant pas actuellement une exigence de conformité avec la norme ANSI/TIA-56-C.2, la capacité de tester facilement les paramètres TCL et ELTCTL à l'aide de DSX CableAnalyzer permet maintenant de vérifier l'équilibre et la prise en charge des applications à débits plus élevés comme le 10GBASE-T par le biais de tests réguliers. Il constitue l'une des méthodes la plus facile et la plus efficace pour s'assurer que les performances de votre réseau ne sont pas mises en danger par l'équilibre.

## Qu'en est-il de l'équilibre sur du câblage blindé ?

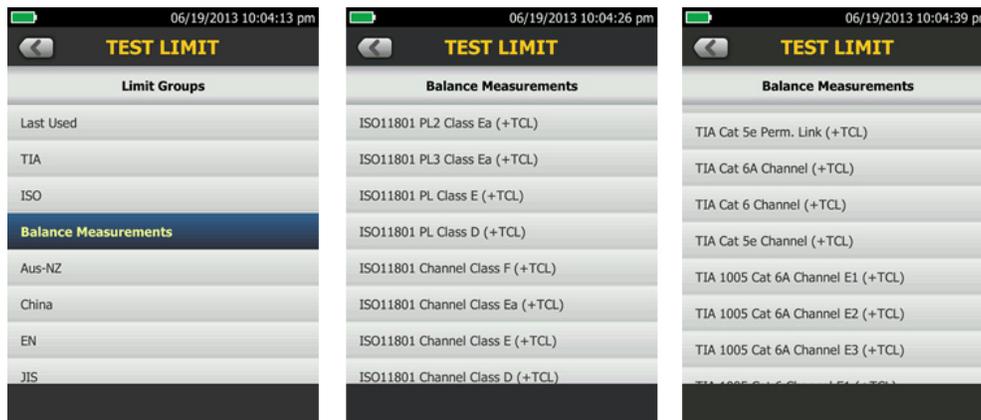
Alors que le câblage LAN est principalement non blindé, le câblage blindé est souvent déployé comme un moyen de fournir une immunité au bruit dans de nombreux environnements et présenté comme permettant de meilleures performances pour les applications haut débit. Beaucoup affirment que la diaphonie exogène ne présente pas de problème avec un câblage blindé. Toutefois, le blindage doit rester constant tout au long de la totalité du canal afin d'assurer de bonnes performances de diaphonie exogène pour les applications haut débit. L'équilibre sur un câblage blindé tend à être moins contrôlé que pour des câbles non blindés, parce que l'introduction du blindage permet de réduire le couplage des sources de bruits externes au signal de paires du câble. Bien que les paramètres TCL et ELTCTL deviennent moins importants avec un câblage blindé, l'intégrité du blindage en lui-même est essentielle aux performances du câblage blindé.

Un excellent moyen d'assurer l'intégrité du blindage est d'utiliser l'option de l'intégrité de blindage sur le DSX CableAnalyzer. La continuité de blindage est historiquement une mesure de courant continu CC, sans aucune distance jusqu'au défaut disponible. Dans l'environnement de centre de données où les deux extrémités du câble résident dans des casiers qui sont mis à la terre de l'immeuble et ont donc une masse commune, l'utilisation d'une mesure CC montrera que le bouclier est connecté, même quand il ne l'est pas. DSX CableAnalyzer est le premier testeur de terrain à indiquer la distance jusqu'aux problèmes d'intégrité du blindage à l'aide d'une technique brevetée de mesure du courant alternatif, il indique une rupture de blindage indépendamment de la masse commune et vient repérer l'emplacement exact de la rupture.

## Déterminer le TCL et l'ELTCTL est rapide et facile avec DSX

Les mesures ELTCTL et TCL ne font pas partie à l'heure actuelle d'une des exigences de test sur le terrain parce qu'avant la disponibilité du DSX CableAnalyzer, aucun fournisseur de matériel d'essai sur le terrain n'était en mesure d'effectuer un essai TCL sur site. Tandis que le paramètre peut éventuellement être exigé dans les essais selon les normes de l'industrie et que d'autres vendeurs d'équipements de test offriront aussi éventuellement les mesures TCL sur le terrain, la plupart des testeurs de terrain sur le marché sont normalement capables de mesures de mode différentiel uniquement. Le DSX est capable à la fois d'effectuer des mesures en mode différentiel et en mode commun pour prendre en charge les tests TCL et ELTCTL.

Les mesures TCL et ELTCTL peuvent être facilement ajoutées à vos tests aux normes de catégorie 5e, 6, 6A ou de classe D, E ou EA, en sélectionnant votre limite de test sous le dossier de DSX appelé Mesures de l'équilibre et recherchez des limites de test ayant un suffixe (+TCL) comme il indiqué ci-dessous :



Le suffixe (+TCL) indique un essai aux normes ANSI/TIA ou ISO/CEI en plus des mesures ELTCTL et TCL. ANSI/TIA-568-C.2 et ISO/IEC 11801:2010 fournissent uniquement à l'heure actuelle des limites d'essai pour des mesures de canal. Si vous sélectionnez une limite d'essai de liaison permanente, les mesures TCL et ELTCTL seront effectuées, mais il n'y aura aucun critère de RÉUSSITE/D'ÉCHEC appliqué. Vous verrez également les normes Ethernet industrielles TIA 1005 avec les différentes limites environnementales E1, E2, E3, TCL et ELTCTL. Les essais TCL et ELTCTL n'ajoutent qu'environ 6,6 secondes à la durée habituelle de l'AUTOTEST DSX, un très court laps de temps par rapport aux essais AXT et ce temps est utilisé à bon escient pour vérifier l'équilibre.



## À propos de Fluke Networks

Fluke Networks est le numéro un mondial dans les domaines de la certification, du dépannage et des outils d'installation pour les professionnels de l'installation et de la maintenance d'infrastructures de câblage réseau stratégiques. De l'installation de centres de données les plus avancés à la restauration de services dans des conditions difficiles, nous allions fiabilité exceptionnelle et performances inégalées pour des tâches réalisées de manière efficace. Les produits phares de la société incluent l'innovant LinkWare™ Live, première solution au monde de certification de câble connectée sur le cloud, avec plus de quatorze millions de résultats téléchargés à ce jour.

1-800-283-5853 (US & Canada)

International : 1-425-446-5500

<http://www.flukenetworks.com>

Descriptions, information, and viability of the information contained in this document are subject to change without notice.

Revised: 9 octobre 2023 6:49 PM

Literature ID: 6004005B

© Fluke Networks 2018