

## Ferrites pour le filtrage et le blindage

### Transmission d'énergie et de données

La transmission fiable des données et de l'énergie constitue un élément central des systèmes électriques et électroniques modernes. Dans pratiquement tous les domaines d'application – de l'automatisation industrielle aux technologies de l'information et de la communication, en passant par l'automobile et le secteur médical –, il est essentiel de disposer de liaisons de transmission performantes et peu sujettes aux interférences. On utilise à cet effet aussi bien des technologies filaires que sans fil, qui présentent chacune des avantages, des défis et des exigences spécifiques.

Le graphique suivant offre un aperçu des différents réseaux de transmission dans le domaine industriel:

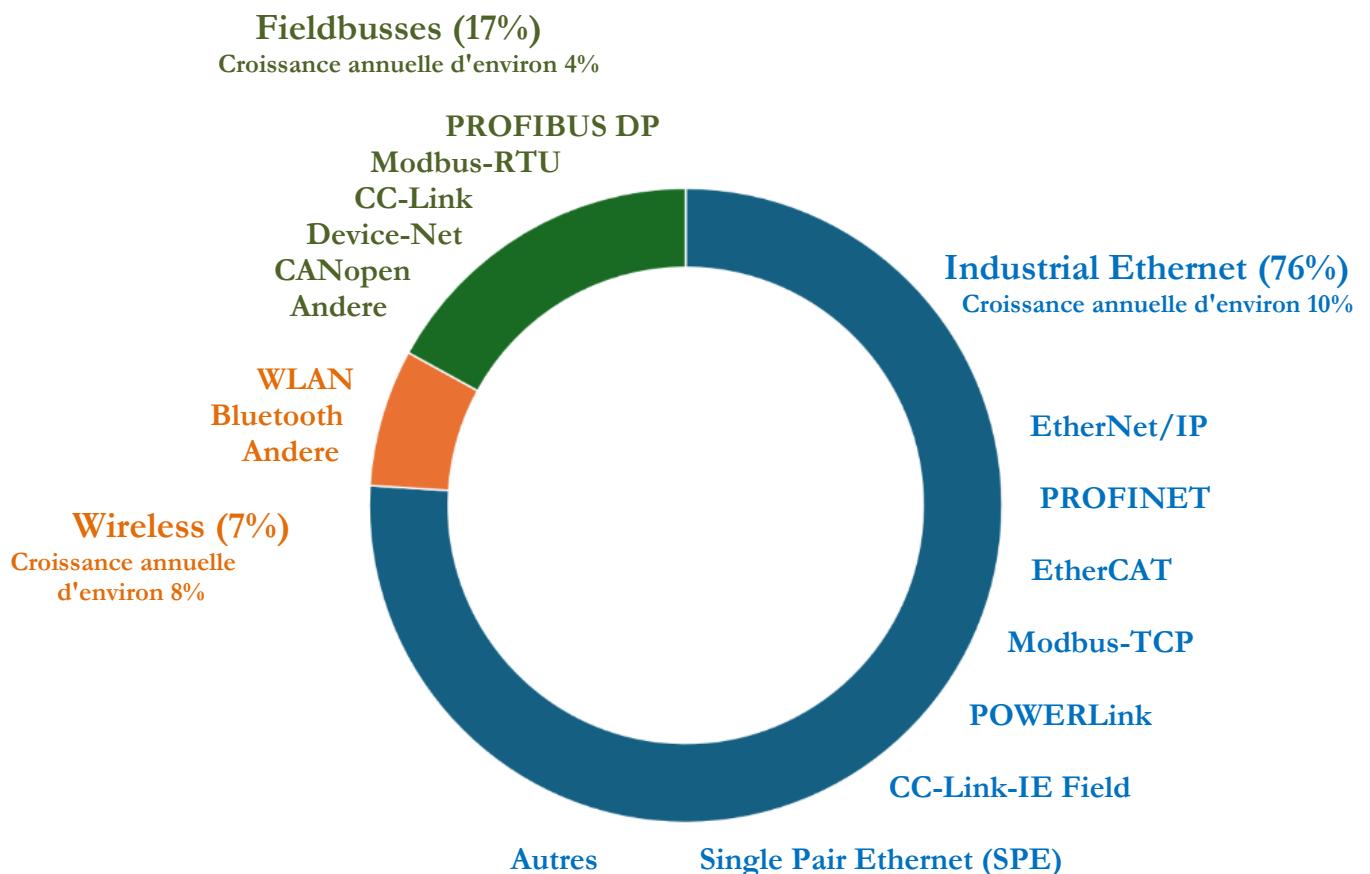


Figure 1 – Aperçu des réseaux industriels, situation en 2025

Toutes les données sont fournies à titre indicatif. Sous réserve d'erreurs et de modifications. No responsibility is taken for the correctness. Errors and modifications are subject to change.

Les techniques de transmission par câble, telles que les lignes en cuivre classiques, les câbles coaxiaux et les fibres optiques, sont utilisées avec succès depuis des décennies. Le Single Pair Ethernet (SPE), en particulier, prend de plus en plus d'importance ces derniers temps, notamment dans l'automatisation industrielle ainsi que dans la domotique et l'électronique automobile. Le SPE permet la transmission de données via une seule paire de fils torsadés et, en combinaison avec le Power over Data Line (PoDL), permet la transmission simultanée de données et d'énergie électrique. Dans d'autres domaines d'application, des normes et protocoles tels qu'Ethernet, CAN, USB, HDMI ou Powerline (PLC) sont largement répandus et permettent des débits de données élevés, une communication robuste et des architectures système flexibles.

Parallèlement, les technologies sans fil gagnent en importance. Les systèmes radio tels que le Wi-Fi, le Bluetooth, le NFC et les normes de téléphonie mobile, ainsi que les procédés de transmission d'énergie sans contact basés sur l'induction ou la résonance, permettent de nouvelles applications et une grande flexibilité. Dans le même temps, ces technologies imposent des exigences accrues en matière de compatibilité électromagnétique, car elles sont particulièrement sensibles aux interférences et peuvent elles-mêmes agir comme sources de perturbations.

Cependant, l'augmentation des fréquences de transmission, des débits de données et des densités de puissance s'accompagne d'une augmentation des interférences électromagnétiques, de l'atténuation dans les câbles, de la diaphonie et du rayonnement.

## Suppression des interférences grâce à l'utilisation de ferrite

Dans ce contexte, le filtrage et le blindage des liaisons de transmission de données et d'énergie jouent un rôle central. Les ferrites se sont imposés comme des composants passifs éprouvés pour atténuer les composantes parasites à haute fréquence, supprimer les interférences en mode commun et réduire les émissions électromagnétiques, sans nuire de manière significative à l'intégrité des signaux utiles. Ils contribuent ainsi de manière significative au respect des exigences de compatibilité électromagnétique et facilitent notamment le respect des limites normatives pour les émissions parasites conduites et rayonnées. Parallèlement, ils contribuent à une plus grande sécurité de fonctionnement des systèmes électroniques en réduisant les perturbations de la transmission des signaux dues aux interférences et en augmentant la robustesse face aux influences électromagnétiques externes. Ces effets positifs sont importants dans de nombreux domaines d'application techniques, notamment dans la technologie médicale, l'automatisation industrielle ainsi que dans les technologies de l'information et de la communication, où une sécurité de fonctionnement élevée ainsi que le respect de spécifications CEM strictes sont requis. De plus, les composants en ferrite de forme spéciale peuvent souvent être intégrés dans des systèmes existants de manière à ne modifier que très légèrement la géométrie et la conception mécanique de l'ensemble du système, ce qui facilite encore davantage leur mise en œuvre pratique.

Dans le domaine de la transmission de données et d'énergie, on distingue globalement deux cas d'application principaux pour les ferrites et les mesures de compatibilité électromagnétique (CEM) associées : le filtrage des signaux à haute fréquence sur les voies de transmission filaires et le blindage des liaisons de transmission sans fil contre les couplages électromagnétiques indésirables. Ces deux fonctions reposent sur des principes physiques et des objectifs différents.

## Suppression des interférences des signaux HF dans les systèmes câblés

Dans les liaisons de transmission câblées, des composantes parasites à haute fréquence apparaissent souvent en plus des signaux utiles souhaités. Celles-ci sont générées, par exemple, par des fronts de commutation abrupts dans les circuits électroniques de puissance, par des convertisseurs CC/CC synchronisés ou par couplage

électromagnétique provenant de lignes voisines. Les ferrites sont ici utilisées de manière ciblée comme impédances dépendantes de la fréquence.

Les ferrites antiparasites agissent comme une self à faible inductance. À hautes fréquences, ce composant se comporte comme une inductance présentant des pertes importantes et une grande réactance. Ils ont un faible facteur de qualité. Les pertes souhaitées dans ce cas d'application empêchent les résonances avec les capacités parasites et de ligne. À l'inverse, les inductances à facteur de qualité élevé ne conviennent pas bien comme filtres antiparasites.

Un ferrite peut être décrit électriquement comme une impédance complexe:

$$Z(f) = R(f) + jX(f)$$

Où

$Z(f)$ : l'impédance complexe  
 $R(f)$ : la partie réelle (partie perte/résistive)  
 $X(f)$ : la partie imaginaire (partie réactive/inductive)

Les deux composantes  $R(f)$  et  $X(f)$  dépendent fortement de la fréquence.

## La partie imaginaire $X(f)$

À basses fréquences, la ferrite se comporte principalement comme une inductance:

$$X_L = 2 \pi f L$$

Un courant génère un champ magnétique dans l'inductance de la ferrite. Ce faisant, l'énergie est stockée et restituée de manière cyclique dans le champ magnétique ; elle n'est pas détruite. Le signal utile n'est pratiquement pas atténué. Dans certains cas défavorables (par exemple en présence de capacités), cela peut entraîner une résonance et donc une amplification du signal parasite.

## La partie réelle $R(f)$

À mesure que la fréquence augmente, des pertes magnétiques telles que les pertes par hystérésis et les pertes par courants de Foucault apparaissent. Celles-ci entraînent une augmentation de la partie réelle de l'impédance. Dans la partie réelle de l'impédance, l'énergie parasite HF est convertie en chaleur et éliminée du trajet du signal. Cela permet de supprimer les effets de résonance.

## L'interaction en fonction de la fréquence

À basses fréquences, le ferrite est principalement inductif. L'atténuation des signaux parasites est faible. Aux fréquences moyennes, la composante ohmique de l'impédance augmente fortement. C'est là que l'atténuation du signal parasite HF est maximale. L'énergie est absorbée et convertie en chaleur. Aux très hautes fréquences, les capacités parasites entrent en jeu. L'effet magnétique de la ferrite diminue. L'impédance baisse.

Les ferrites offrent une meilleure protection contre les interférences que les bobines idéales, car ils possèdent une part de pertes importante. L'énergie HF n'est pas renvoyée, mais détruite. Cela empêche les résonances et est extrêmement important en matière de CEM.

Le diagramme suivant illustre à titre d'exemple les courbes de Z, R et X en fonction de la fréquence pour le matériau ferrite Neosid F02 :

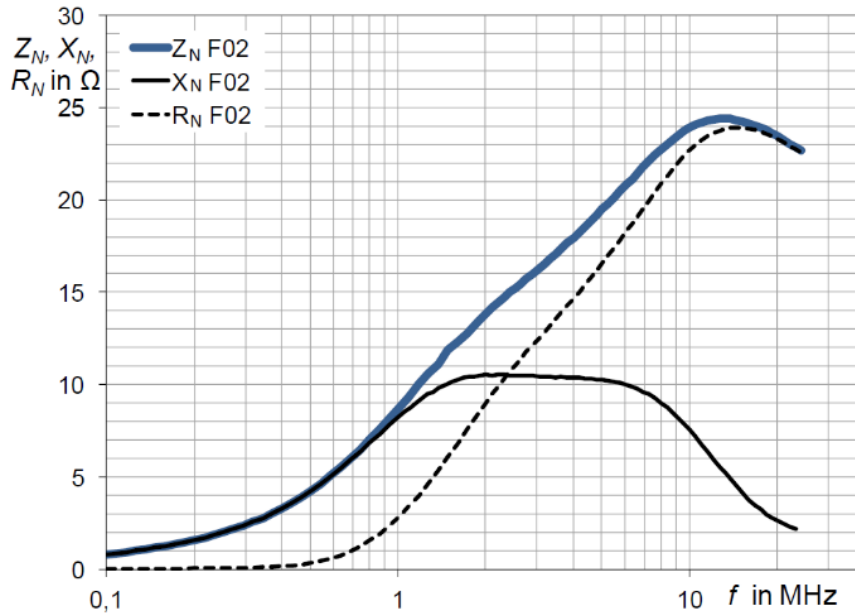


Figure 2 – Impédance en fonction de la fréquence pour le matériau ferrite F02 (MnZn)

## La perméabilité complexe

La bonne capacité de suppression des interférences des ferrites s'explique par leur perméabilité complexe:

$$\mu = \mu' - j\mu''$$

Où:

- $\mu$ : la perméabilité complexe
- $\mu'$ : la composante inductive de stockage X
- $\mu''$ : la composante de perte ou partie réelle R

À mesure que la fréquence augmente,  $\mu''$  croît et l'atténuation s'accroît.

En pratique, on peut résumer ainsi: la ferrite n'est pas une inductance idéale, mais une résistance HF avec pertes, dont la composante de perte augmente avec la fréquence.

Toutes les données sont fournies à titre indicatif. Sous réserve d'erreurs et de modifications. No responsibility is taken for the correctness. Errors and modifications are subject to change.

Le graphique suivant présente à titre d'exemple les courbes caractéristiques en fonction de la fréquence pour  $\mu'$  et  $\mu''$  du matériau ferrite Neosid F02:

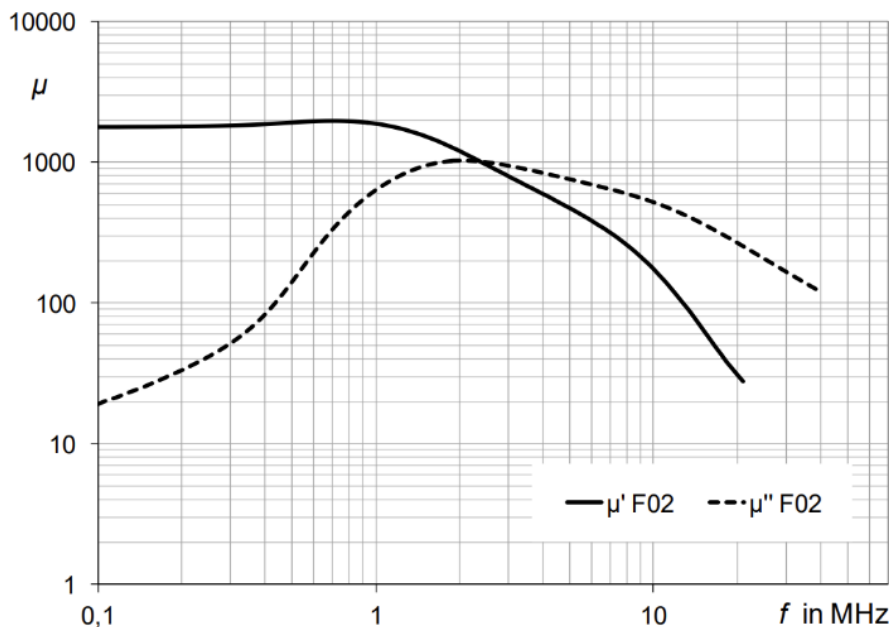


Figure 3 – Perméabilité complexe en fonction de la fréquence pour le matériau ferrite F02(MnZn)

Les ferrites sont particulièrement efficaces pour supprimer les interférences en mode commun, car celles-ci sont souvent responsables de rayonnements indésirables. Les noyaux ou perles de ferrite placés sur les câbles augmentent l'impédance en mode commun sans influencer de manière significative le chemin du signal différentiel. À basses fréquences ou en tension continue, ils n'ont pratiquement aucun effet.

Les éléments antiparasites en ferrite permettent de respecter les limites CEM et de stabiliser la qualité du signal, en particulier avec les protocoles à haut débit tels qu'Ethernet ou Single Pair Ethernet.

## Blindage des liaisons de transmission sans fil

Dans les procédés de transmission sans fil, le signal est transmis par des champs électromagnétiques. Le défi réside ici moins dans la réduction des interférences par conduction que dans le contrôle et la limitation de la répartition du champ. Dans ce cas d'application, les matériaux ferritiques sont utilisés pour le blindage magnétique. En raison de leur perméabilité magnétique élevée, ils influencent de manière ciblée la propagation du champ magnétique en concentrant, en déviant ou en atténuant les lignes de champ.

Ceci est également important dans les systèmes de transmission d'énergie inductifs ou résonants, qui utilisent des champs magnétiques alternatifs. Les ferrites réduisent ici les champs parasites, minimisent les pertes et limitent les couplages indésirables avec les composants électroniques voisins. Parallèlement, elles contribuent à limiter les émissions électromagnétiques et à augmenter l'immunité aux champs externes.

On peut citer ici comme exemple la liaison de transmission inductive utilisée pour la recharge sans contact de différents véhicules. Les voitures particulières, les vélos électriques ou d'autres véhicules mobiles peuvent être alimentés en énergie de manière pratique et efficace grâce à cette technologie.

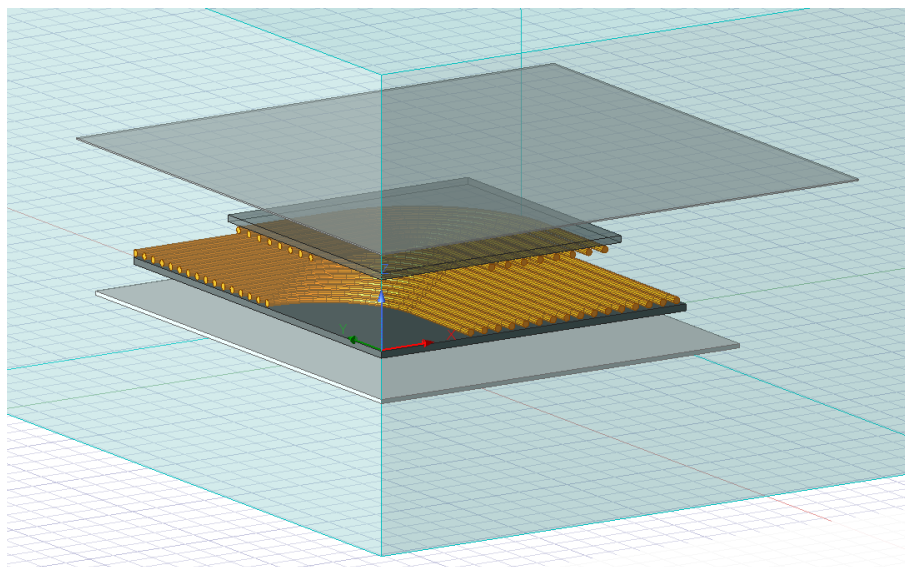


Figure 4 – Simulation d'une bobine de transmission pour la recharge inductive d'un véhicule électrique (VE)

En résumé, les ferrites servent à la fois à atténuer de manière sélective les interférences HF indésirables dans les systèmes câblés et à influencer de manière ciblée les champs électromagnétiques dans les liaisons de transmission sans fil. Elles constituent ainsi un élément central des conceptions de systèmes modernes conformes aux normes CEM.

## Neosid – Votre spécialiste des ferrites sur mesure

En tant que fabricant de ferrites magnétiques douces, Neosid est en mesure d'adapter de manière ciblée les composants en ferrite aux exigences électromagnétiques et mécaniques des systèmes modernes de transmission de données et d'énergie. La conception est toujours orientée vers l'application et tient compte à la fois des mécanismes physiques de suppression des interférences et des contraintes géométriques de l'application concernée.

Le point de départ de la conception électromagnétique est l'analyse du spectre de fréquences concerné. Selon que les ferrites sont utilisées pour supprimer les interférences haute fréquence par conduction ou pour influencer les champs magnétiques dans les liaisons de transmission sans fil, on sélectionne, parmi une multitude de matériaux différents, des systèmes de matériaux présentant des perméabilités complexes définies ( $\mu'$  et  $\mu''$ ). Pour le filtrage HF, l'accent est mis sur une part de pertes élevée dans la gamme de fréquences cible, afin d'atténuer efficacement les courants parasites et de les convertir en chaleur. Pour les applications de blindage et de guidage de champ, en revanche, ce sont des perméabilités élevées et de faibles pertes qui priment, afin de diriger de manière ciblée les lignes de champ magnétique et de réduire les champs de dispersion.

La conception géométrique des composants en ferrite s'effectue parallèlement au choix des matériaux. La forme, l'épaisseur de paroi et la section effective sont dimensionnées de manière à atteindre l'impédance ou

l'effet magnétique souhaité, sans générer d'effets de saturation ou de résonances indésirables. Dans les applications câblées, on utilise par exemple des noyaux fermés ou divisés, des manchons ou des géométries à plusieurs trous afin d'obtenir une impédance en mode commun maximale avec un impact minimal sur le signal utile. Pour les systèmes de transmission d'énergie sans fil, nous développons des structures en ferrite planes ou segmentées qui s'intègrent de manière optimale dans l'espace disponible et favorisent une répartition homogène du champ.

Pour valider la conception, Neosid utilise des méthodes de simulation numérique, telles que des simulations de champs électromagnétiques et des modèles de circuit équivalent, complétées par des mesures spécifiques aux matériaux et aux composants. Les prototypes sont caractérisés dans des conditions de fonctionnement réelles afin de valider l'atténuation, les pertes et le comportement thermique. Grâce à cette étroite interaction entre le développement des matériaux, la conception géométrique et la vérification par des mesures, Neosid est en mesure de fournir des solutions en ferrite sur mesure qui répondent de manière fiable aux exigences CEM ainsi qu'aux contraintes mécaniques et thermiques.

## Toujours parfaitement adaptés

Grâce à notre procédé spécial de moulage par injection, nous sommes en mesure de réaliser des formes de ferrites optimisées spécifiquement pour votre application, pour la tâche que vous avez définie et pour l'espace d'installation que vous avez spécifié, ce qui serait impossible avec le pressage à sec habituellement utilisé. Nous vous proposons une large gamme de ferrites à base de nickel-zinc (Ni-Zn), de manganèse-zinc (Mn-Zn) et de matériaux composites (par exemple, poudre métallique et polymère).

### Avons-nous éveillé votre intérêt ?

N'hésitez pas à nous contacter : nous développons des composants sur mesure à partir de ferrites magnétiques douces de dernière génération.

NEOSID Pemetzrieder GmbH & Co. KG  
Langenscheid 26-30  
58553 Halver  
Allemagne  
Téléphone: +49 (0) 2353 / 71 - 22  
[m.hoess@neosid.de](mailto:m.hoess@neosid.de)  
[www.neosid.de](http://www.neosid.de)

Votre interlocuteur direct sur place en France est:

 **Technicome**  
GROUPE SORELEC  
6 rue Blaise Pascal, Parc Euclide  
78990 Elancourt  
France  
Téléphone: +33 (0)7 89 48 62 74  
[neosid@technicome.com](mailto:neosid@technicome.com)  
[www.technicome.com](http://www.technicome.com)