



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**02.02.2022 Bulletin 2022/05**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**H01F 17/04** <sup>(2006.01)</sup> **H01F 17/06** <sup>(2006.01)</sup>  
**H01F 27/36** <sup>(2006.01)</sup> **H01F 27/34** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Numéro de dépôt: **21187083.7**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**H01F 17/062; H01F 17/045; H01F 27/363;**  
**H01F 2017/065; H01F 2027/348**

(84) Etats contractants désignés:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB**  
**GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO**  
**PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
 Etats d'extension désignés:  
**BA ME**  
 Etats de validation désignés:  
**KH MA MD TN**

(72) Inventeurs:  
 • **DUBOIS, Eric Ravindranath**  
**78400 CHATOU (FR)**  
 • **KHERBOUCHI, Hocine**  
**78400 CHATOU (FR)**  
 • **GUGUEN, Stéphane**  
**78400 CHATOU (FR)**

(30) Priorité: **27.07.2020 FR 2007872**

(74) Mandataire: **Marks & Clerk France**  
**Immeuble "Visium"**  
**22, avenue Aristide Briand**  
**94117 Arcueil Cedex (FR)**

(71) Demandeur: **THALES**  
**92400 Courbevoie (FR)**

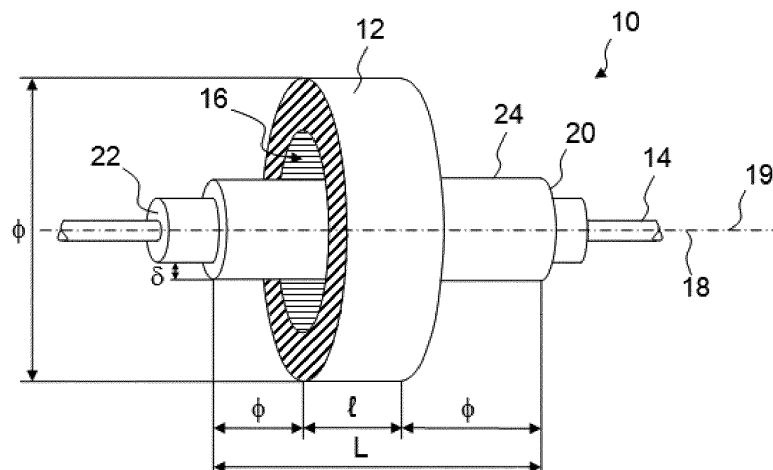
(54) **DISPOSITIF DE FILTRAGE INDUCTIF A LIMITATION D'ECHAUFFEMENT**

(57) L'invention concerne un dispositif de filtrage inductif comprenant :

- un noyau magnétique (12)
- au moins un câble électrique (14) enroulé autour du noyau magnétique (12) en formant au moins une spire, le câble électrique (14) étant destiné à véhiculer un signal électrique possédant au moins une composante alternative indésirable se superposant à une fréquence fondamentale du signal électrique et
- un écran (20) électriquement conducteur, isolé électriquement du câble électrique (14) et du noyau magnétique

que (12), l'écran (20) étant disposé entre le noyau magnétique (12) et le câble électrique (14) de façon à permettre la génération dans l'écran (20), par induction électromagnétique, d'un courant dont la fréquence est supérieure à la fréquence fondamentale, l'écran (20) étant configuré de façon à ne pas permettre la circulation d'un courant dans une direction parallèle à celle de la ou des spires formées par l'enroulement du câble électrique (14) autour du noyau magnétique.

[Fig. 1]



## Description

**[0001]** L'invention concerne un dispositif de filtrage inductif. Ce type de filtrage est communément utilisé afin de réduire d'éventuelles perturbations présentes sur un signal véhiculé sur un câble électrique. Le dispositif est alors placé en série sur le câble. L'invention trouve une utilité particulière dans le domaine aéronautique où la tendance actuelle est d'augmenter le nombre d'équipements électriques et donc le nombre de dispositifs de filtrage associés aux équipements. Dans ce domaine, la réduction de masse embarquée est un problème récurrent qui se pose. L'invention propose de réduire la masse des dispositifs de filtrage.

**[0002]** De façon classique un dispositif de filtrage peut être formé par une inductance raccordée en série sur un conducteur électrique. La valeur de l'impédance d'une inductance est proportionnelle à la fréquence du courant qui la traverse. Une inductance est donc bien adaptée à filtrer les composantes à haute fréquence du courant circulant dans le conducteur électrique.

**[0003]** L'inductance peut être réalisée au moyen d'un conducteur électrique enroulé autour d'un noyau magnétique permettant de canaliser le flux magnétique induit par le courant circulant dans le conducteur électrique. Afin d'optimiser la circulation du flux magnétique, il est possible de mettre en œuvre un noyau magnétique fermé sans entrefer. Ce type de noyau est appelé par de nombreux fabricants : « noyau torique ». Il est formé autour d'un évidement central. La qualification de torique pour le noyau magnétique va bien au-delà de la définition mathématique d'un tore. On trouve notamment des noyaux magnétiques dits toriques à section circulaire, rectangulaire... L'inductance est réalisée en enroulant un conducteur électrique autour du noyau magnétique en traversant l'évidement central afin de former une ou plusieurs spires.

**[0004]** La demanderesse a constaté que lors du filtrage d'harmoniques d'un courant dont la composante fondamentale est à basse fréquence, les harmoniques et plus généralement les composantes à haute fréquence, se superposant à la composante fondamentale du courant, génèrent des courants électriques induits importants dans le noyau magnétique. En effet, bien que les matériaux des noyaux magnétiques soient choisis pour leurs propriétés magnétiques, notamment pour leur perméabilité, ils sont également conducteurs de l'électricité. Cette propriété électrique permet la génération de courants induits. Plus la fréquence du courant circulant dans le conducteur est élevée, plus le courant induit est élevé.

**[0005]** Ces courants importants circulent exclusivement dans le noyau magnétique sans en sortir et génère un échauffement par effet Joule. Or, plus la température d'un noyau augmente, plus la perméabilité magnétique du matériau du noyau diminue ce qui entraîne une baisse de la valeur de l'inductance et en conséquence une augmentation du courant circulant dans le conducteur, notamment pour ses composantes à haute fréquence. Cet-

te augmentation du courant génère un courant induit plus fort et donc un échauffement plus important. La demanderesse a même observé dans certains cas un emballement thermique pouvant entraîner la destruction du noyau magnétique.

**[0006]** Pour limiter l'échauffement des circuits magnétiques, il serait possible de mettre en œuvre des noyaux magnétiques réalisés à partir de matériaux possédant une plus forte résistivité électrique. Cependant leurs caractéristiques magnétiques sont bien moins bonnes que celles des noyaux magnétiques classiques.

**[0007]** L'évacuation de la chaleur produite dans le noyau magnétique peut se faire en augmentant le volume du noyau magnétique afin d'augmenter sa surface de contact avec l'air ambiant. Il est également possible de prévoir dissipateur thermique fixé au noyau. Quelle que soit la solution retenue pour évacuer la chaleur, cela entraîne une augmentation de masse et de volume de l'inductance.

**[0008]** Un premier but de l'invention est de réduire la masse et le volume d'une inductance mettant en œuvre un noyau magnétique. Ce but est atteint en limitant l'apparition de courant à haute fréquence dans le noyau magnétique autour duquel est entouré le conducteur de l'inductance.

**[0009]** Pour limiter l'apparition de courant à haute fréquence dans le noyau magnétique, un écran conducteur est disposé entre le conducteur de l'inductance et le noyau magnétique. Cet écran a pour fonction de déplacer la génération de courants induits bouclés du noyau magnétique vers l'écran. Les courants induits sont opposés à ceux circulant dans le conducteur. Ainsi le noyau magnétique est soumis à deux courants opposés, ce qui tend à réduire le flux magnétique et donc les courants induits pouvant circuler dans le noyau magnétique. Autrement dit, la présence de l'écran permet de réduire très nettement l'apparition de courants induits dans le noyau magnétique et donc son échauffement.

**[0010]** Plus précisément, l'invention a pour objet un dispositif de filtrage inductif comprenant :

- un noyau magnétique
- au moins un câble électrique enroulé autour du noyau magnétique en formant au moins une spire, le câble électrique étant destiné à véhiculer un signal électrique possédant au moins une composante alternative indésirable se superposant à une fréquence fondamentale du signal électrique et
- un écran électriquement conducteur, isolé électriquement de son environnement, l'écran étant disposé entre le noyau magnétique et le câble électrique de façon à permettre la génération dans l'écran, par induction électromagnétique, d'un courant dont la fréquence est supérieure à la fréquence fondamentale, l'écran étant configuré de façon à ne pas permettre la circulation d'un courant dans une direction parallèle à celle de la ou des spires formées par l'enrou-

lement du câble électrique autour du noyau magnétique.

**[0011]** Lorsque le dispositif est destiné à filtrer une fréquence donnée, l'écran possède avantageusement une épaisseur au moins égale à  $\delta = (\rho/\pi \cdot f \cdot \mu)^{1/2}$  avec  $\rho$  : la résistivité, et  $\mu$  : la perméabilité magnétique absolue du matériau choisi pour réaliser l'écran.

**[0012]** Dans un premier mode de réalisation d'un dispositif de filtrage inductif selon l'invention, le câble électrique s'étend selon un axe et l'écran est disposé autour du câble électrique de façon coaxiale.

**[0013]** Dans ce premier mode, le noyau magnétique peut être de forme cylindrique en s'étendant autour d'un axe, l'écran dépasse avantageusement du noyau magnétique au-delà de la ou des spires formées autour du noyau magnétique. Le dépassement est avantageusement au moins égal à une dimension extérieure caractéristique du noyau magnétique.

**[0014]** Le câble peut être enroulé plusieurs fois autour du noyau magnétique en formant plusieurs spires autour du noyau magnétique.

**[0015]** Dans un second mode de réalisation d'un dispositif de filtrage inductif selon l'invention, l'écran est disposé sur au moins une face du noyau magnétique.

**[0016]** Dans le second mode, l'écran peut comprendre plusieurs parties, chaque partie étant disposée de façon à recouvrir une des faces du noyau magnétique.

**[0017]** Dans le second mode, l'écran peut comprendre deux coquilles s'emboîtant l'une dans l'autre.

**[0018]** Le noyau magnétique peut posséder un évidement central et le câble électrique peut être enroulé autour du noyau magnétique en traversant l'évidement central.

**[0019]** L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée de plusieurs modes de réalisation donnés à titre d'exemple, description illustrée par le dessin joint dans lequel :

[Fig. 1] la figure 1 représente une première variante d'enroulement d'un câble d'un premier mode de réalisation de l'invention ;

[Fig. 2] la figure 2 représente une seconde variante d'enroulement du câble du premier mode de réalisation de l'invention ;

[Fig. 3] la figure 3 représente un second mode de réalisation de l'invention ;

[Fig. 4] la figure 4 représente un noyau magnétique et un écran mis en œuvre dans une variante du second mode de réalisation de l'invention ;

[Fig. 5] la figure 5 représente le premier mode de réalisation adapté à une variante de noyau magnétique ;

[Fig. 6] la figure 6 représente le second mode de réalisation adapté à la variante de noyau magnétique de la figure 5.

**[0020]** Par souci de clarté, les mêmes éléments porteront les mêmes repères dans les différentes figures.

**[0021]** La figure 1 représente un dispositif 10 de filtrage inductif comprenant un noyau magnétique 12 et un câble électrique 14. Autrement dit, le dispositif 10 de filtrage inductif forme une inductance. Le noyau magnétique 12 est formé autour d'un évidement central 16. Le noyau magnétique 12 est de forme tubulaire s'étendant autour d'un axe 18. L'évidement central 16 se développe autour de l'axe 18. Le noyau magnétique 12 est fermé et par exemple sans entrefer. Sur la figure 1, le noyau magnétique 12 possède une section circulaire perpendiculairement à l'axe 18. D'autres sections sont possibles dans le cadre de l'invention, par exemple une section rectangulaire, triangulaire... La section circulaire est bien adaptée au passage d'un câble électrique 14 également à section circulaire ne traversant qu'une seule fois l'évidement central. Le câble 14 s'étend selon un axe 19. Dans le cas d'un seul passage, les axes, 18 du noyau magnétique 12 et 19 du câble 14, sont sensiblement confondus au jeu fonctionnel près entre le câble 14 et l'évidement central 16. Comme on le verra plus loin, le câble électrique 14 peut traverser plusieurs fois l'évidement central 16. Il peut alors être avantageux de ranger les différents passages dans l'évidement central 16 pour occuper une section différente d'une section circulaire. La forme du noyau magnétique 12 peut également être guidée par l'environnement du dispositif 10. Il peut être plus facile de ranger un dispositif 10 dont le noyau magnétique 12 est à section rectangulaire.

**[0022]** Ce type de noyau magnétique fermé sans entrefer est habituellement appelé « torique » chez de nombreux fabricants. Ce qualificatif va bien au-delà de la forme d'un tore telle que définie mathématiquement. On trouve notamment des noyaux magnétiques dits toriques à section circulaire, rectangulaire... L'absence d'entrefer permet de conserver le champ magnétique se développant dans le noyau magnétique 12 uniquement dans le matériau du noyau magnétique sans être perturbé par un entrefer.

**[0023]** Selon l'invention, le dispositif 10 comprend un écran 20 électriquement conducteur, disposé entre le noyau magnétique 12 et le câble électrique 14. L'écran 20 est isolé électriquement du câble électrique 14 et du noyau magnétique 12. Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 1, l'écran 20 est disposé autour du câble électrique 14. L'écran 20 est coaxial avec le câble 14. Un isolant électrique 22 est disposé entre le câble 14 et l'écran 20. L'isolant électrique 22 peut être une gaine extérieure du câble 14. Un autre isolant électrique 24 est disposé entre l'écran 20 et le noyau magnétique 12. Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 1, l'isolant 24 recouvre l'écran 20. Alternativement, l'isolant 24 peut recouvrir le noyau magnétique 12 et notamment la face

interne de l'évidement central 16.

**[0024]** La disposition de l'écran 20 entre le câble 14 et le noyau magnétique 12 permet la circulation de courants dans l'écran 20. Ces courants sont générés par induction électromagnétique formée par le courant circulant dans le câble 14.

**[0025]** Le dispositif 10 permet un filtrage inductif d'un courant circulant dans le câble 14. Ce courant peut être bruité. Plus précisément, le courant circulant dans le câble 14 comprend une fréquence fondamentale et des fréquences plus élevées dont on cherche à réduire l'amplitude au moyen du dispositif 10. Dans le cas d'un courant continu circulant dans le câble 14, la fréquence fondamentale est nulle. Les fréquences plus élevées sont formées de toutes composantes alternatives se superposant à la composante continue du courant ou à la composante fondamentale alternative dans le cas d'un courant alternatif circulant dans le câble 14. Ces composantes alternatives de fréquence supérieures à la fréquence fondamentale peuvent être dues à la production du courant continu au moyen d'un redresseur. En effet, on retrouve, se superposant au courant continu, des traces de fréquences présentes en amont du redresseur. Les composantes alternatives indésirables peuvent également être dues à des réjections de courant émises par des charges alimentées par le câble 14 ou à des perturbations électromagnétiques que peut subir le câble 14. Dans l'écran 20, on s'intéresse principalement à la génération de courants induits par les composantes alternatives indésirables du courant circulant dans le câble 14.

**[0026]** Il est possible d'adapter l'épaisseur de l'écran 20 aux fréquences que l'on souhaite filtrer. Ces fréquences peuvent être bien au-delà de la fréquence fondamentale. De façon générale, dans un conducteur massif, les courants à haute fréquence circulent essentiellement dans la peau du conducteur. De ce fait, pour filtrer de façon efficace une fréquence donnée et les fréquences supérieures, l'épaisseur  $\delta$  de l'écran 20 doit avoir au moins l'épaisseur de la peau dans laquelle circule le courant à la fréquence donnée. En deçà de cette épaisseur, le filtrage de la fréquence donnée demeure, mais avec moins d'efficacité. Il est possible de prendre une marge de sécurité dans la détermination de l'épaisseur  $\delta$  de l'écran 20 en choisissant une épaisseur au moins égale à deux ou trois fois l'épaisseur de la peau dans laquelle circule le courant à la fréquence donnée. L'épaisseur de peau est donnée par la formule suivante :

$$\delta = (\rho/\pi \cdot f \cdot \mu)^{1/2}$$

**[0027]** avec  $\rho$  : la résistivité, et  $\mu$  la perméabilité magnétique absolue du matériau choisi pour réaliser l'écran 20.

**[0028]** Selon l'axe 19 du câble 14, l'écran 20 possède une longueur finie L selon l'axe 19 du câble 14, avantageusement supérieure à la longueur l du noyau magné-

tique 12 selon son axe 18. Le fait que la longueur L de l'écran 20 soit finie permet d'éviter la circulation dans l'écran 20 de courant dans une direction parallèle à l'axe 19 du câble 14. De tels courants ne sont pas souhaitables car ils s'opposeraient au passage de la fréquence fondamentale dans le câble 14 en formant un transformateur. En pratique, le passage du câble 14 au travers de l'évidement central 16 est assimilé à une spire entourant le noyau magnétique 2. Plus précisément, lorsqu'un courant circule dans le câble 14, celui-ci forme un circuit fermé avec au moins un générateur et une charge. Ce circuit fermé forme une spire autour d'une section du noyau magnétique 12, section formée dans un plan contenant l'axe 18. Par ailleurs, la circulation d'un courant dans l'écran 20 parallèlement à l'axe 19 du câble 14 formerait de la même façon une autre spire autour d'une section du noyau magnétique 12. La spire du câble 12 et celle de l'écran formerait alors le transformateur évoqué plus haut, transformateur qu'il est souhaitable d'éviter.

**[0029]** Il est possible de fixer le potentiel de l'écran 20 en le raccordant électriquement par exemple à une masse électrique de l'équipement dans lequel est installé le dispositif 10. Ce raccordement doit se faire en un seul point de l'écran 20 afin d'éviter la création par l'écran 20 d'une spire autour du noyau magnétique. Alternativement, pour simplifier la réalisation du dispositif 10, l'écran 20 peut être isolé électriquement de son environnement, c'est-à-dire que l'écran 20 ne possède aucun raccordement électrique. Le potentiel de l'écran 20 est laissé flottant. Des essais en interne ont montré que cette isolation électrique complète permettait à l'écran de remplir sa fonction principale de limitation de l'échauffement du noyau magnétique 12. Autrement dit, lorsque le dispositif est en fonctionnement, l'écran 20 n'est raccordé électriquement ni au noyau magnétique 12, ni au câble 14, ni à aucune source de potentiel de l'équipement auquel le dispositif appartient.

**[0030]** L'écran 20 entourant le câble 14, des courants tournant autour de l'axe du câble peuvent s'y développer. De tels courants sont notamment induits par les composantes alternatives indésirables du courant circulant dans le câble 14.

**[0031]** Le matériau formant le noyau magnétique 12 ayant des propriétés de conceptions électriques, en l'absence d'écran 20, les composantes alternatives indésirables induisent, dans le noyau magnétique 12, des courants tournant autour de l'évidement central 16. La présence de l'écran 20 dans lequel se développent des courants tournants induits par les composantes alternatives indésirables circulant dans le câble 14 permet d'atténuer les courants tournants dans le noyau magnétique 12. En effet, le noyau magnétique est soumis par induction à des courants tournants dans le câble 14 et à des courants opposés tournant dans l'écran 20. Cette opposition des courants tournant dans le câble 14 et dans l'écran 20 permet de limiter la génération de courants induits dans le noyau magnétique 12, ce qui permet de limiter son

échauffement par effet Joule.

**[0032]** La figure 2 représente une variante du mode de réalisation du dispositif 10 représenté sur la figure 1. La figure 2 représente un dispositif 30 de filtrage inductif, formant également une inductance et dans lequel on retrouve le noyau magnétique 12, le câble 14 et l'écran 20. A la différence du dispositif 10, le câble 14 du dispositif 30 traverse deux fois l'évidement central 16 en formant une seconde spire 32 autour du noyau magnétique 12. Dans le cadre de l'invention, il est bien entendu possible de réaliser autant de spires 32 que nécessaire pour assurer le filtrage souhaité. L'axe 19 du câble 14 suit la forme de la spire 32 et l'écran 20 reste ici coaxial du câble 14. Autrement dit, l'écran 20 suit l'axe 19 du câble 14. Les axes 18 et 19 ne sont pas confondus. Comme dans la variante de la figure 1, l'écran 20 du dispositif 30 ne forme pas de spire autour du noyau magnétique 12. L'isolant électrique 24 présente ici un intérêt pour éviter des courts-circuits entre les spires formées par l'écran 20 autour du noyau magnétique. En effet, de tels courts-circuits entraîneraient des courants tournants parallèlement au courant circulant dans le câble 14.

**[0033]** L'écran 20 possède une longueur L définie le long de l'axe 19 du câble 14. L'écran 20 dépasse du noyau magnétique 12 de part et d'autre du passage du câble 14 au travers de l'évidement central 16. Des essais en interne ont montré que pour obtenir une efficacité optimale du filtrage, il est avantageux que l'écran 20 dépasse de chaque côté noyau magnétique 12 selon l'axe 18. Un dépassement optimal est au moins égal à une dimension extérieure caractéristique du noyau magnétique 12 perpendiculairement à son axe 18. Par exemple pour un noyau magnétique 12 cylindrique, le dépassement est au moins égal au diamètre extérieur  $\phi$  du noyau magnétique 12, comme représenté sur la figure 1. Avec un tel dépassement, il n'y a quasiment plus d'induction entre le câble 14 et le noyau magnétique 12. Avec un noyau magnétique de forme tubulaire et à section carrée ou rectangulaire, la dimension caractéristique est par exemple la diagonale de la section carrée ou rectangulaire. Plus généralement, un dépassement optimal est au moins égal à une plus grande dimension extérieure caractéristique du noyau magnétique.

**[0034]** Comme précédemment, dans la variante de la figure 2, le potentiel de l'écran 20 peut être fixé en le raccordant électriquement par exemple à une masse électrique de l'équipement dans lequel est installé le dispositif 30. Ce raccordement se fait en un seul point de l'écran 20 afin d'éviter la création par l'écran 20 d'une spire autour du noyau magnétique 12.

**[0035]** L'écran 20 peut être réalisé au moyen d'un feuillard ou d'une tresse métallique par exemple en alliage de cuivre ou d'aluminium entourant le câble 14. Tout autre matériau conducteur de l'électricité peut bien entendu être mis en œuvre. Il est possible de mettre en œuvre un film plastique métallisé. Le film plastique proprement dit remplit la fonction de l'isolant 24 et la métallisation celle de l'écran 20.

**[0036]** La figure 3 représente un second mode de réalisation d'un dispositif 40 de filtrage inductif conforme à l'invention. Dans ce mode de réalisation on retrouve le noyau magnétique 12 ainsi que le câble 14 et son isolant 22. Sur la figure 3, le câble 14 forme une spire 32 autour du noyau magnétique 12. Le second mode de réalisation peut être mis en œuvre avec autant de spires 32 que nécessaire ou même sans spire 32 comme dans la variante de la figure 1. Le dispositif 40 comporte un écran 42 disposé entre le noyau magnétique 12 et le câble 14. A la différence des dispositifs 10 et 30, l'écran 42 n'est pas disposé autour du câble électrique 14 de façon coaxiale. L'écran 42 est disposé sur au moins une face du noyau magnétique 12. Un isolant électrique 43 est interposé entre l'écran 42 et le noyau magnétique 12. L'isolant électrique 43 remplit la fonction de l'isolant électrique 24 présent dans le premier mode de réalisation. L'écran 42 et l'isolant 43 peuvent être réalisés au moyen d'un film plastique métallisé.

**[0037]** Dans le mode de réalisation de la figure 3, l'écran 42 comprend deux parties 42a et 42b. La partie 42a est disposée sur une face interne 44a du noyau magnétique 12 et la partie 42b est disposée sur une face externe 44b du noyau magnétique 12. De même, l'isolant 43 comprend deux parties 43a et 43b. La partie 43a est disposée sur la face interne 44a du noyau magnétique 12 et la partie 43b est disposée sur la face externe 44b du noyau magnétique 12. Plus précisément, les faces 44a et 44b sont concentriques de l'évidement central 16. Les faces 44a et 44b possèdent des sections cylindriques autour de l'axe 18. La face 44a forme une paroi interne de la forme tubulaire du noyau magnétique 12 et la face 44b forme une paroi externe de la forme tubulaire du noyau magnétique 12. Lorsque le câble 14 ne traverse qu'une seule fois l'évidement central 16, comme dans la variante de la figure 1, la partie 42a disposée sur la face interne 42a suffit et il n'est pas nécessaire de réaliser une partie 42b sur la face externe 44b pour disposer l'écran entre le câble 14 et le noyau magnétique 12. Par contre lorsque le câble 14 traverse plusieurs fois l'évidement central 16 pour former une ou plusieurs spires 32, la partie 42b est avantageuse pour compléter la disposition de l'écran 42 entre le câble 14 et le noyau magnétique 12.

**[0038]** Le noyau magnétique 12 comprend deux faces 46 et 48 perpendiculaires à l'axe 18. Il est possible de compléter l'écran 42 et l'isolant 43 en recouvrant l'une des faces 46 et 48 voire les deux. En recouvrant l'une des faces 46 ou 48 l'écran 42 peut assurer une continuité électrique entre les parties 42a et 42b. En cas de recouvrement des deux faces 46 et 48 par l'écran 42, il est important de rompre la continuité électrique de l'écran 42 de façon à éviter toute possibilité de courant tournant dans l'écran 42 parallèlement à la ou aux spires réalisées par le câble 14 traversant l'évidement central 16.

**[0039]** L'écran 42 peut être réalisé sous forme d'une tresse métallique disposée sur les faces concernées du noyau magnétique 12.

**[0040]** La fixation du potentiel de l'écran 42 n'est pas utile. Il est donc possible de conserver l'écran 42, qu'il soit réalisé en une seule partie ou en plusieurs parties 42a et 42b de conserver l'écran 42 ou même ses différentes parties complètement isolées électriquement de leur environnement.

**[0041]** La figure 4 représente une variante d'un écran adapté au second mode de réalisation. Pour ne pas surcharger la figure 4, seul le noyau magnétique 12 et l'écran sont représentés. L'écran est formé de deux coquilles 50 et 52 s'emboîtant l'une dans l'autre. La coquille 50 comprend une face plane 50a en contact avec la face 46 du noyau magnétique 12. La coquille 50 comprend aussi deux faces cylindriques 50b et 50c s'étendant selon l'axe 18 du noyau magnétique 12. La face cylindrique 50b est en contact avec la face interne 44a du noyau magnétique 12 et la face cylindrique 50c est en contact avec la face externe 44b du noyau magnétique 12. De même, la coquille 52 comprend une face plane 52a en contact avec la face 48 du noyau magnétique 12. La coquille 52 comprend aussi deux faces cylindriques 52b et 52c s'étendant selon l'axe 18 du noyau magnétique 12. La face cylindrique 52b est en contact avec la face cylindrique 50b de la coquille 50 et la face cylindrique 52c est en contact avec la face cylindrique 50c de la coquille 50. Les coquilles sont par exemple réalisées en métal usiné ou moulé. Pour chaque coquille 50 et 52, sa face plane et ses faces cylindriques sont continues électriquement. Les coquilles 50 et 52 sont recouvertes d'un isolant électrique au moins entre leurs faces en contact avec le noyau magnétique 12 lui-même. L'isolant électrique assure aussi une isolation entre les deux coquilles 50 et 52 afin d'éviter la formation d'une spire autour du noyau magnétique 12 comme évoqué plus haut. L'isolant électrique peut être formé d'un film plastique recouvrant complètement ou partiellement chacune des coquilles 50 et 52.

**[0042]** Comme précédemment, les deux demi-coquilles peuvent être complètement isolées électriquement de leur environnement.

**[0043]** Les figures 5 et 6 représentent l'invention adaptée à une autre forme de noyau magnétique. Plus précisément, sur les figures 5 et 6, le noyau magnétique 60 possède une forme longiligne entourée pas le câble 14. Dans l'exemple représenté, le noyau magnétique 60 ne possède pas d'évidement le traversant. Alternativement, il est possible de mettre en œuvre un noyau magnétique possédant un ou plusieurs évidements, et d'enrouler le câble 14 autour de ce noyau magnétique sans traverser le ou les évidements. Le noyau magnétique 60 possède une forme cylindrique à section pleine et circulaire s'étendant selon un axe 62. Toute autre forme cylindrique de noyau magnétique est possible, par exemple possédant une section perpendiculaire à l'axe 62 de forme carrée ou rectangulaire. Le noyau magnétique 60 peut être percé de part en part selon l'axe 62.

**[0044]** Sur la figure 5, on retrouve le câble 14 des figures 1 et 2 entouré du premier isolant 22, de l'écran 20

et du second isolant 24. Le câble 14 est enroulé autour du noyau magnétique 60. L'axe 62 forme l'axe d'enroulement du câble 14. Sur la figure 5, le câble 14 est enroulé sur deux tours. Il est bien entendu possible de mettre en œuvre l'invention quel que soit le nombre de tours du câble 14 autour du noyau magnétique 60. Dans cette configuration, l'écran 20 réduit l'apparition de courants haute fréquence dans le noyau magnétique 60 induits par des composantes haute fréquence présentes dans le signal véhiculé par le câble 14. Dans l'exemple représenté sur la figure 5, l'écran 20 est disposé autour du câble 14 de façon coaxiale tout au long de la partie du câble 14 enroulée autour du noyau magnétique 60. Comme précédemment, il est avantageux que l'écran 20 soit prolongé au-delà de l'enroulement du câble 14 autour du noyau magnétique 60. Dans ce mode de réalisation le dépassement de l'écran au-delà de l'enroulement est avantageusement au moins égal au diamètre  $\phi$  du noyau magnétique 60. Le dépassement minimum est représenté sur la figure 5.

**[0045]** Avec le noyau magnétique 60, il est possible de réaliser un écran comme décrit sur la figure 3, c'est-à-dire, disposé sur au moins une des faces du noyau magnétique 60. La figure 6 décrit un écran 66 entourant la face cylindrique 64 du noyau magnétique 60. Pour ne pas surcharger la figure, le câble 14 n'est pas représenté. Il est enroulé comme sur la figure 5. Pour éviter de générer des courants induits dans l'écran 66, celui-ci est interrompu sensiblement le long d'une génératrice de la forme cylindrique du noyau magnétique 60. L'interruption peut être réalisée selon une autre forme, par exemple en hélice autour de l'axe 62 du noyau magnétique 60 ou même en suivant une ligne brisée. Il est avantageux que l'écran 66 se recouvre au-delà d'un tour au niveau de son interruption. Un tel recouvrement 68 est visible sur la figure 6. Pour assurer un recouvrement sans contact électrique entre les extrémités de l'écran au niveau de son interruption, l'écran 66 peut être réalisé au moyen d'un film conducteur recouvert sur ses deux faces d'un isolant électrique. Sur une des faces, l'isolant assure l'isolation de l'écran 66 vis-à-vis du noyau magnétique et sur l'autre face vis-à-vis de l'écran lui-même au niveau du recouvrement et éventuellement vis-à-vis du câble 14. Ici encore, il est inutile de raccorder électriquement l'écran 66 et l'isolant électrique le recouvrant peut être réalisé sous forme d'un film continu.

**[0046]** Dans les différents modes de réalisation, le câble 14 est représenté avec un seul conducteur électrique traversant le noyau magnétique 12. Il est tout à fait possible de mettre en œuvre l'invention avec un câble 14 comprenant plusieurs conducteurs électriques isolés entre eux. Les conducteurs sont alors destinés à porter des tensions électriques différentes, par exemple la tension positive et la tension négative de la sortie d'une alimentation en courant continue ou la phase et le neutre d'une alimentation alternative monophasée. Il est également possible de prévoir plus de deux conducteurs électriques regroupés dans un même câble, par exemple pour filtrer

les différentes phases de sortie d'une alimentation alternative polyphasée.

(12 ; 60) en formant plusieurs spires (32) autour du noyau magnétique (12 ; 60).

## Revendications

### 1. Dispositif de filtrage inductif comprenant :

- un noyau magnétique (12 ; 60)
- au moins un câble électrique (14) enroulé autour du noyau magnétique (12 ; 60) en formant au moins une spire (32), le câble électrique (14) étant destiné à véhiculer un signal électrique possédant au moins une composante alternative indésirable se superposant à une fréquence fondamentale du signal électrique et
- un écran (20 ; 42 ; 50, 52 ; 66) électriquement conducteur, isolé électriquement de son environnement, l'écran (20 ; 42 ; 50, 52 ; 66) étant disposé entre le noyau magnétique (12 ; 60) et le câble électrique (14) de façon à permettre la génération dans l'écran (20 ; 42 ; 50, 52 ; 66), par induction électromagnétique, d'un courant dont la fréquence est supérieure à la fréquence fondamentale, l'écran (20 ; 42 ; 50, 52 ; 66) étant configuré de façon à ne pas permettre la circulation d'un courant dans une direction parallèle à celle de la ou des spires (32) formées par l'enroulement du câble électrique (14) autour du noyau magnétique.

2. Dispositif de filtrage inductif selon la revendication 1, le dispositif étant destiné à filtrer une fréquence donnée, dans lequel l'écran (20 ; 42 ; 50, 52 ; 66) a une épaisseur au moins égale à  $\delta = (\rho/\pi \cdot f \cdot \mu)^{1/2}$  avec  $\rho$  : la résistivité, et  $\mu$  : la perméabilité magnétique absolue du matériau choisi pour réaliser l'écran (20 ; 42 ; 50, 52 ; 66).

3. Dispositif de filtrage inductif selon la revendication 1, dans lequel le câble électrique (14) s'étend selon un axe (19) et dans lequel l'écran (20) est disposé autour du câble électrique (14) de façon coaxiale.

4. Dispositif de filtrage inductif selon la revendication 3, dans lequel le noyau magnétique (12) est de forme cylindrique s'étendant autour d'un axe (18), dans lequel l'écran (20) dépasse du noyau magnétique (12) au-delà de la ou des spires formées autour du noyau magnétique (12 ; 60), le dépassement étant au moins égal à une dimension extérieure caractéristique du noyau magnétique (12).

5. Dispositif de filtrage inductif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le câble (14) est enroulé plusieurs fois autour du noyau magnétique

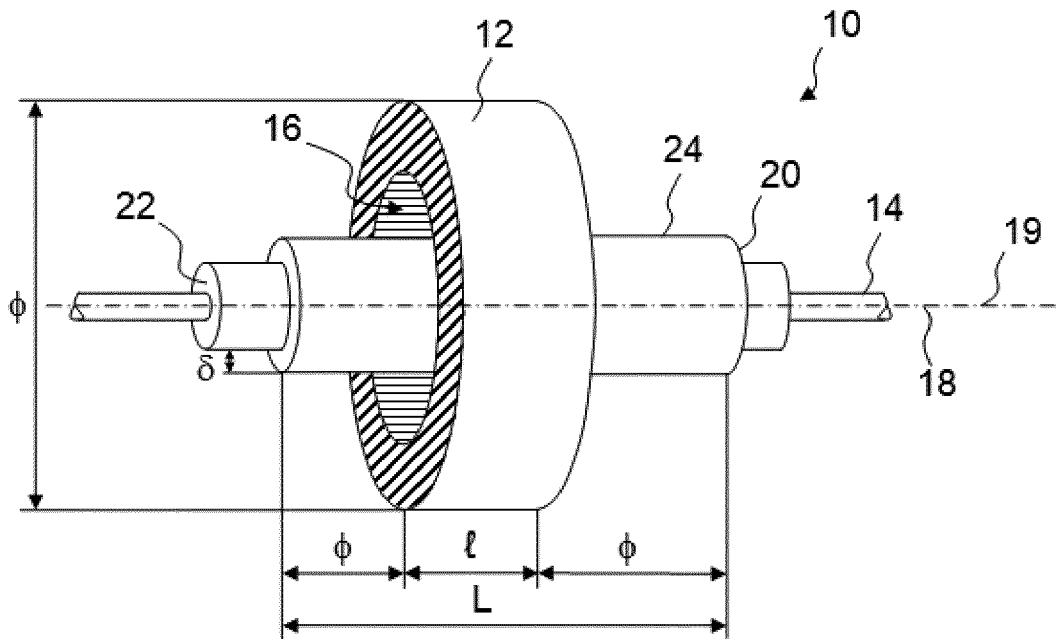
6. Dispositif de filtrage inductif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'écran (42 ; 66) est disposé sur au moins une face (44a, 44b, 46, 48 ; 64) du noyau magnétique (12 ; 60).

7. Dispositif de filtrage inductif selon la revendication 6, dans lequel l'écran (42) comprend plusieurs parties (42a, 42b), chaque partie étant disposée de façon à recouvrir une des faces (44a, 44b, 46, 48) du noyau magnétique (12).

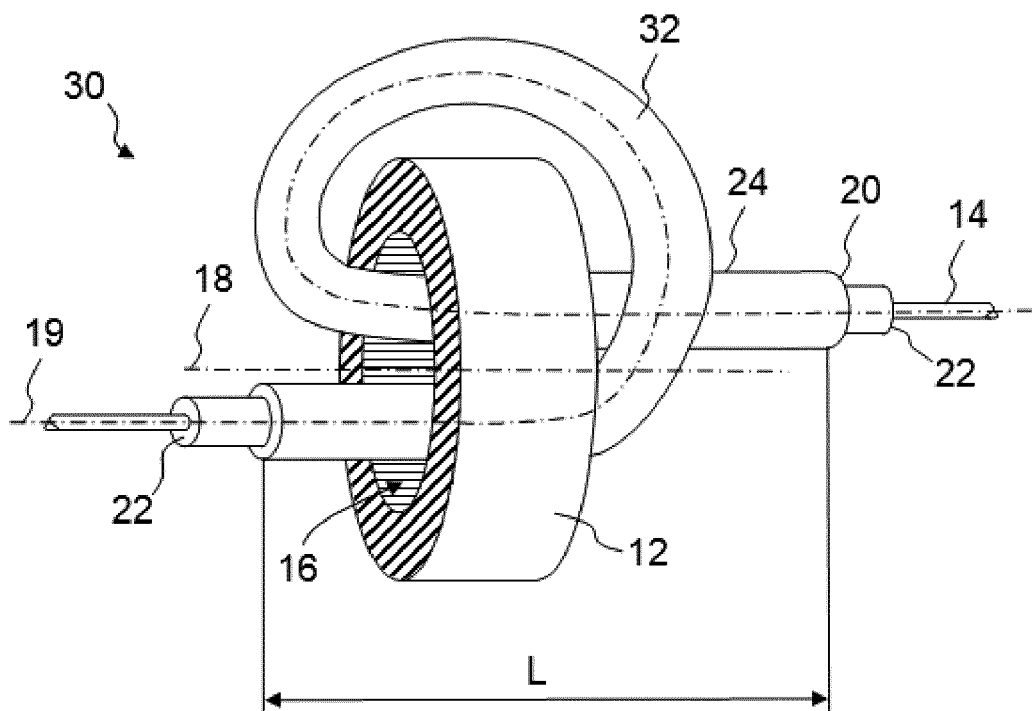
8. Dispositif de filtrage inductif selon la revendication 6, dans lequel l'écran comprend deux coquilles (50, 52) s'emboîtant l'une dans l'autre.

9. Dispositif de filtrage inductif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le noyau magnétique (12) possède un évidement central (16), et dans lequel le câble électrique (14) est enroulé autour du noyau magnétique (12) en traversant l'évidement central (16).

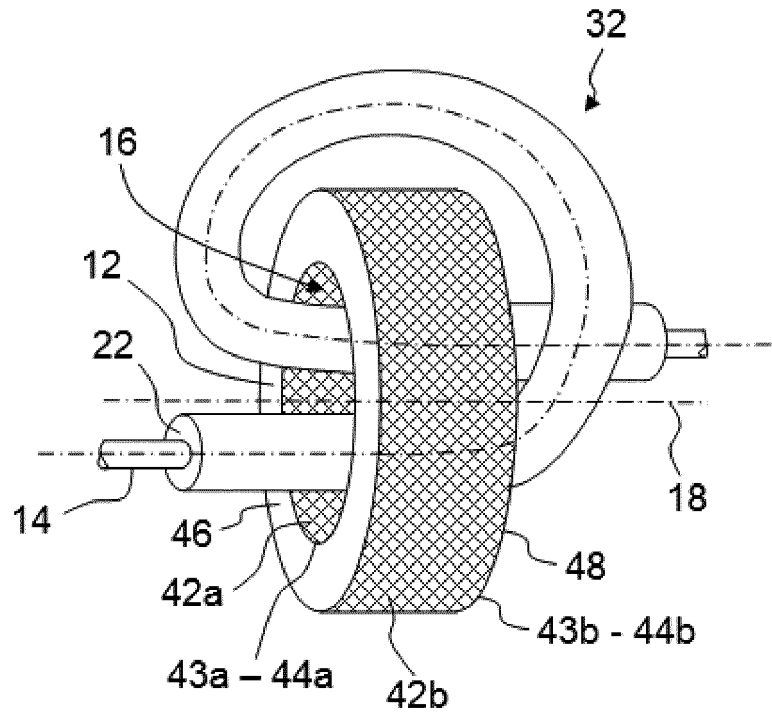
[Fig. 1]



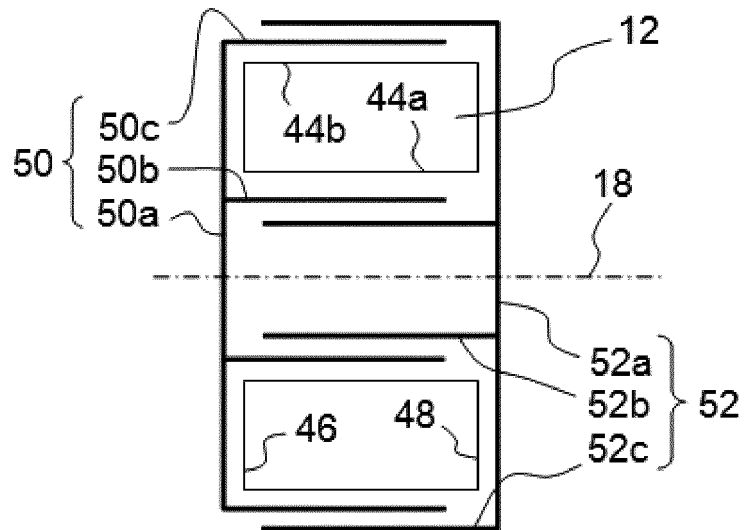
[Fig. 2]



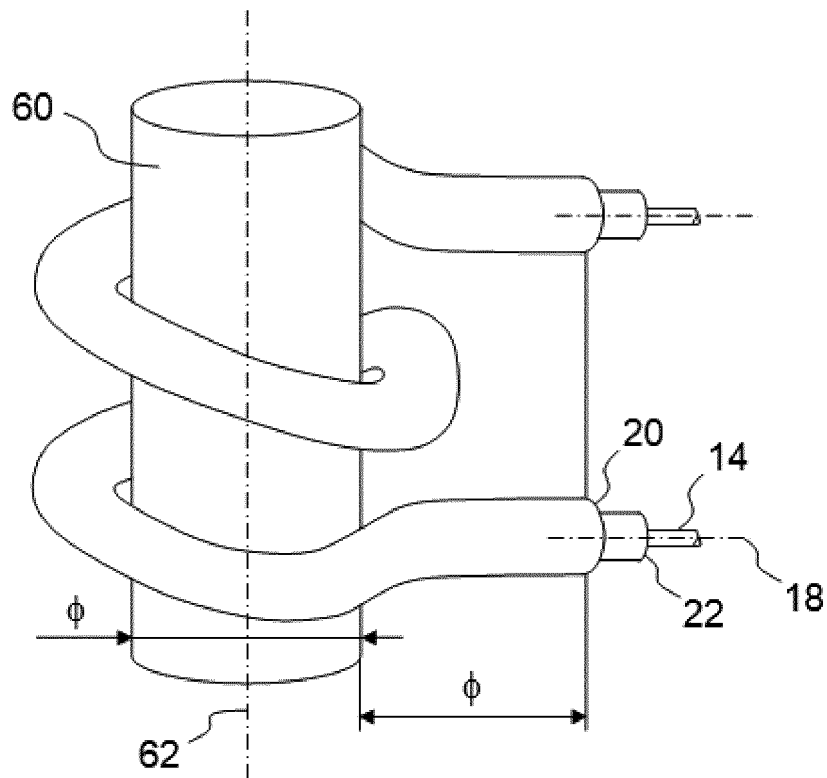
[Fig. 3]



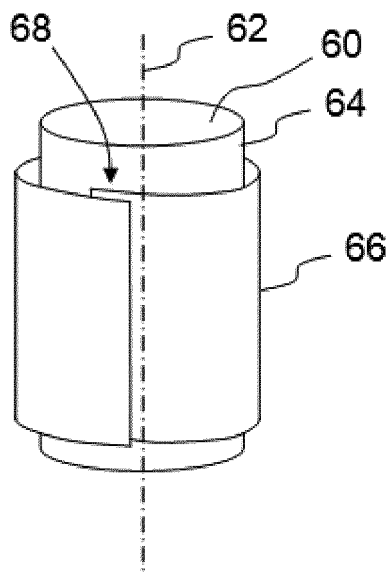
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 21 18 7083

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X A	US 2016/365192 A1 (OHDAIRA YUSUKE [JP]) 15 décembre 2016 (2016-12-15) * figures 1-11 * * description correspondante * -----	1,2,5-7, 9 3,4,8	INV. H01F17/04 H01F17/06 H01F27/36 H01F27/34
X A	US 2001/050605 A1 (SUGIURA TOSHIHIRO [JP] ET AL) 13 décembre 2001 (2001-12-13) * figures 2a,2b * * description correspondante * -----	1-7,9 8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01F
3 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>Munich</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>15 septembre 2021</b>	Examineur <b>Weisser, Wolfgang</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.

EP 21 18 7083

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.  
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

15-09-2021

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2016365192 A1	15-12-2016	JP 2017005572 A US 2016365192 A1	05-01-2017 15-12-2016
US 2001050605 A1	13-12-2001	JP 4579448 B2 JP 2002305480 A US 2001050605 A1	10-11-2010 18-10-2002 13-12-2001

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82