

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication :

3 116 313

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

20 11725

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : F 16 F 1/04 (2020.12), B 33 Y 10/00, 80/00, F 28 F 1/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 16.11.20.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.05.22 Bulletin 22/20.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public à caractère industriel et commercial — FR.

⑦2 Inventeur(s) : PLANQUE Michel et ROUX Guilhem.

⑦3 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public à caractère industriel et commercial.

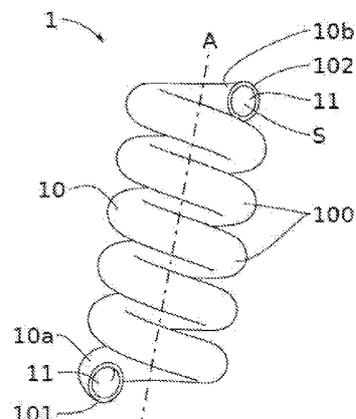
⑦4 Mandataire(s) : CABINET HAUTIER.

⑤4 Ressort élastique à spires, système d'amortissement et procédé de fabrication associés.

⑤7 Ressort élastique à spires, système d'amortissement et procédé de fabrication associés.

L'invention concerne ressort (1) élastique comprenant un corps (10) formant des spires (100) à base d'au moins un métal. Le corps (10) présente une âme creuse (11) s'étendant au moins le long des spires (100), entre une entrée (101) et une sortie (102) du corps (10), l'âme creuse (11) définissant un volume de circulation d'un fluide caloporteur à l'intérieur des spires (100), le ressort (1) étant configuré de sorte qu'un fluide caloporteur entre dans l'âme creuse (11) par l'entrée (101) du corps (10), circule dans l'âme creuse (11) et sort de l'âme creuse (11) par la sortie (102) du corps (10). Le ressort (1) étant apte à être tempéré par un fluide caloporteur circulant à l'intérieur de ses spires (100), une détérioration de ses propriétés mécaniques avec la température est limitée, voire évitée, notamment dans un environnement thermiquement contraignant.

Figure pour l'abrégé : Fig.3



FR 3 116 313 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Ressort élastique à spires, système d'amortissement et procédé de fabrication associés**

#### **Domaine technique**

[0001] La présente invention concerne le domaine des ressorts à spires. Elle trouve pour application particulièrement avantageuse mais non limitative le domaine des systèmes amortisseurs, par exemple pour l'automobile, et/ou pour des équipements industriels.

#### **ETAT DE LA TECHNIQUE**

[0002] Un ressort est un organe élastique capable de supporter d'importantes déformations par rapport à une configuration initiale. Un ressort est destiné, après déformation ou chargement, à exercer une force de rappel, par exemple de flexion, de tension, de compression, de torsion pour tendre vers sa configuration initiale. Typiquement, les ressorts sont destinés à amortir un choc par absorption d'énergie, et produire un mouvement en restituant l'énergie emmagasinée ou encore exercer un effort statique après avoir été déformé.

[0003] On cherche généralement à ce qu'un ressort soit apte à se déformer élastiquement sans subir de déformation plastique. Ceci peut se traduire par la notion de « résistance vive élastique » du matériau. Le matériau de ressort est caractérisé par :  $Re^2/(2E)$ ,  $Re$  étant la limite d'élasticité et  $E$  le module de Young de ce matériau. Cette valeur est typiquement élevée pour les matériaux adaptés à la fabrication de ressort. En outre, il est préférable qu'une haute résistance vive élastique s'accompagne d'une bonne résilience et d'une bonne endurance vis-à-vis des efforts alternés.

[0004] Les propriétés mécaniques d'un ressort dépendent de la température de leur environnement d'utilisation. Afin d'adapter les propriétés des ressorts en fonction de cette température, les solutions existantes prévoient de choisir un matériau présentant des propriétés mécaniques suffisantes à cette température.

[0005] Dans le cadre de la présente invention, nous nous intéressons plus particulièrement aux ressorts à spires. Ces ressorts comprennent un corps en hélice formant des spires.

[0006] Il est connu des ressorts à spires faits d'acier. Une première famille d'aciers utilisés pour les ressorts est celle des aciers mangano-siliceux, comprenant éventuellement un peu de chrome, de tungstène, de molybdène ou de vanadium. Il existe par ailleurs des ressorts fait d'acier au chrome, pouvant en outre comprendre du vanadium, du manganèse ou du silicium-molybdène. L'élinvar, un alliage de fer, de nickel, de chrome et de manganèse, présente un module d'Young indépendant de la température. Il sert à la fabrication de ressorts destinés à des appareils de précision (galvanomètres, sismographes, chronomètres, diapasons, etc.), le ressort étant peu sensible aux va-

riations de températures.

- [0007] Les performances des ressorts à base d'acier sont limitées dans un environnement thermiquement contraignant. Aux très basses températures, par exemple de  $-150$  à  $-200$  °C, les aciers sont fragiles et cassant. En outre, la limite d'élasticité des aciers diminue lorsque la température s'élève.
- [0008] Il est par ailleurs connu des ressorts fait de cuivre au béryllium. Cet alliage permet de réaliser des ressorts très bons conducteurs de l'électricité et de la chaleur, et présentant une bonne endurance. Les performances de ces ressorts restent toutefois limitées dans un environnement thermiquement contraignant, notamment à partir de  $250$ °C.
- [0009] Pour les hautes températures, par exemple jusqu'à  $400$  °C, voire  $500$  °C, il est connu des ressorts fait d'alliages de type Inconel® à base de nickel et d'aluminium. Ces ressorts conservent leurs propriétés mécaniques jusqu'à  $400$  °C, voire  $500$  °C. Au-delà de  $500$ °, les propriétés mécaniques de ces ressorts se détériorent plus la température augmente. La détérioration des propriétés mécanique est également observée aux très basses températures, par exemple autour de  $-150$  à  $-200$  °C.
- [0010] Un objet de la présente invention est donc de proposer une solution visant à améliorer les performances d'un ressort sur une large gamme de température.
- [0011] Un autre objet de la présente invention est de proposer une solution visant à améliorer les performances d'un ressort en environnement thermiquement contraignant.
- [0012] Les autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à l'examen de la description suivante et des dessins d'accompagnement. Il est entendu que d'autres avantages peuvent être incorporés.

## **RESUME**

- [0013] Pour atteindre cet objectif, selon un premier aspect on prévoit un ressort élastique comprenant un corps formant des spires, par exemple à base d'au moins un métal.
- [0014] Avantageusement, le corps présente une âme creuse s'étendant au moins le long des spires, entre une entrée et une sortie du corps, l'âme creuse définissant un volume de circulation d'un fluide caloporteur à l'intérieur des spires, le ressort étant configuré de sorte qu'un fluide caloporteur entre dans l'âme creuse par l'entrée du corps, circule dans l'âme creuse et sort de l'âme creuse par la sortie du corps.
- [0015] Ainsi, le ressort est apte à être tempéré par un fluide caloporteur circulant à l'intérieur de ses spires. Le fait de tempérer le ressort permet de limiter, voire d'éviter, une détérioration de ses propriétés mécaniques avec la température, et notamment dans un environnement thermiquement contraignant.
- [0016] Par ailleurs, puisqu'elle permet de tempérer le ressort et donc de le faire fonctionner sur une large gamme de température, la solution proposée permet de réduire les contraintes habituellement imposées concernant le choix du matériau constituant les

spires. L'invention permet ainsi de choisir des matériaux dont les caractéristiques, par exemple en termes de limite d'élasticité ou de coût, répondent aux besoins souhaités, quand bien même ces matériaux n'auraient pas pu être retenus en l'absence de refroidissement du ressort.

- [0017] En effet, et comme discuté ci-dessus, les solutions recherchées par l'art antérieur pour améliorer les performances des ressorts dans un environnement thermiquement contraignant, concernant toutes l'utilisation de matériaux spécifiques. Ces matériaux présentent souvent des inconvénients en termes de coûts ou de capacité de mise en forme pour la production du ressort.
- [0018] À performances mécaniques égales, l'invention proposée permet ainsi de réduire le coût des ressorts.
- [0019] Le ressort est particulièrement adapté à un environnement à très haute température, par exemple à une température supérieure à 500°C. Le ressort peut ainsi être intégré dans des ensembles fonctionnant à très haute température, tels que des fours et des équipements de sidérurgie. Ceci est également valable pour les basses températures, par exemple autour de -150°C à -200 °C. La circulation du fluide caloporteur dans l'âme creuse 11 permet en effet de réchauffer le ressort sur le même principe.
- [0020] Tempérer le ressort offre une alternative ou un complément à l'adaptation du matériau à la température de l'environnement. Un même ressort peut être adapté à une gamme étendue de températures, et donc à de nombreuses applications.
- [0021] Selon un deuxième aspect, l'invention concerne un système d'amortissement comprenant :
- au moins un ressort élastique selon le premier aspect,
  - un dispositif de mise en circulation d'un fluide caloporteur, fluidiquement connecté au ressort et configuré pour mettre en circulation un fluide caloporteur à l'intérieur du ressort.
- [0022] Selon un exemple, le dispositif de mise en circulation du fluide caloporteur comprend au moins l'un parmi une pompe, un circuit fluide sous pression et un échangeur thermique. Selon un exemple, le dispositif de mise en circulation du fluide caloporteur comprend un circuit fermé comprenant un échangeur thermique. Selon un exemple, le système d'amortissement comprend le fluide caloporteur.
- [0023] Selon un exemple, le système d'amortissement comprend un dispositif de récupération du fluide caloporteur et/ou d'une énergie thermique du fluide caloporteur après circulation du fluide caloporteur dans l'âme creuse du ressort.
- [0024] Selon un troisième aspect, l'invention concerne un procédé de fabrication du ressort selon le premier aspect, par fabrication additive. Le procédé de fabrication additive comprend un dépôt couche par couche d'au moins un matériau, de préférence d'au moins un matériau, par exemple métallique, de façon à former un ressort élastique

comprenant un corps formant des spires, de préférence à base dudit matériau, présentant une âme creuse s'étendant au moins le long des spires, entre une entrée et une sortie du corps, l'âme creuse définissant un volume de circulation d'un fluide caloporteur à l'intérieur des spires, le ressort étant configuré de sorte qu'un fluide caloporteur entre dans l'âme creuse par l'entrée du corps, circule dans l'âme creuse et sort de l'âme creuse par la sortie du corps.

## **BREVE DESCRIPTION DES FIGURES**

- [0025] Les buts, objets, ainsi que les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description détaillée d'un mode de réalisation de cette dernière qui est illustré par les dessins d'accompagnement suivants dans lesquels :
- [0026] [fig.1A] Les figures 1A et 1B représentent chacune une vue de face d'un ressort de l'état de la technique.
- [0027] [fig.1B]
- [0028] [fig.2A] La [fig.2A] représente schématiquement la force en chargement axial d'un ressort de l'état de la technique, en compression.
- [0029] [fig.2B] La [fig.2B] représente schématiquement la force en chargement angulaire d'un ressort de l'état de la technique, en rotation.
- [0030] [fig.3] La [fig.3] représente une vue de face d'un ressort selon un exemple de réalisation.
- [0031] [fig.4] La [fig.4] représente une vue de face d'un système d'amortissement à section transversale cylindrique, selon un exemple de réalisation.
- [0032] [fig.5A] Les figures 5A à 5C et 5E représentent chacune une vue de face d'un ressort à section transversale non-cylindrique, selon quatre exemples de réalisation.
- [0033] [fig.5B]
- [0034] [fig.5C]
- [0035] [fig.5D] La [fig.5D] représente une vue de face d'un ressort présentant une enveloppe externe en forme de diabolo.
- [0036] [fig.5F] Les figures 5F et 5G représentent une vue respectivement de face et du dessus d'un ressort en torsion à section transversale non-cylindrique.
- [0037] [fig.5G]
- [0038] [fig.6A] Les figures 6A et 6B représentent une vue respectivement de face et en coupe d'un ressort comprenant une coupelle, selon un exemple de réalisation.
- [0039] [fig.6B]
- [0040] [fig.7] La [fig.7] représente une vue de face d'un ressort comprenant une coupelle, selon un autre exemple de réalisation.
- [0041] [fig.8] La [fig.8] représente schématiquement les étapes du procédé d'impression selon un exemple de réalisation de l'invention.

[0042] Les dessins sont donnés à titre d'exemples et ne sont pas limitatifs de l'invention. Ils constituent des représentations schématiques de principe destinées à faciliter la compréhension de l'invention et ne sont pas nécessairement à l'échelle des applications pratiques.

### **DESCRIPTION DÉTAILLÉE**

[0043] Avant d'entamer une revue détaillée de modes de réalisation de l'invention, sont énoncées ci-après des caractéristiques optionnelles du ressort selon le premier aspect de l'invention, qui peuvent éventuellement être utilisées en association ou alternativement.

[0044] Selon un exemple, l'âme creuse est exempt d'un matériau solide et/ou statique.

[0045] Selon un exemple, l'âme creuse est destinée à contenir uniquement le fluide caloporteur.

[0046] Selon un exemple, l'entrée est configurée pour coopérer avec un conduit fluidique d'amenée du fluide caloporteur à l'intérieur de l'âme creuse.

[0047] Selon un exemple, la sortie est configurée pour coopérer avec un conduit fluidique d'évacuation du fluide caloporteur à l'extérieur de l'âme creuse.

[0048] Selon un exemple, l'entrée et la sortie présentent chacune une portion de connexion fluidique avec un conduit fluidique.

[0049] Selon un exemple, chaque portion de connexion fluidique comprend l'un parmi un filetage, un raccord rapide, une gorge de fixation d'une bague ou d'un collier, un raccord double bague et un raccord à étanchéité par joint métallique, par exemple de type VCR®.

[0050] Selon un exemple, l'entrée et la sortie sont chacune disposée à une extrémité du corps du ressort, distincte l'une de l'autre.

[0051] Selon un exemple, la section transversale du corps est circulaire au moins le long d'une portion des spires.

[0052] Selon un exemple, la section transversale du corps est non-circulaire au moins le long d'une portion des spires et de préférence triangulaire, ovale, oblongue, elliptique ou polygonale.

[0053] Selon un exemple, la section transversale du corps est identique au moins le long des spires, voire sur sensiblement toute la longueur du corps du ressort.

[0054] Selon un exemple, la section transversale du corps est variable au moins le long des spires, voire sur sensiblement toute la longueur du corps du ressort. Ainsi, le ressort présente des propriétés mécaniques non-standard en compression/traction et/ou en rotation.

[0055] Selon un exemple, la section transversale du corps est configurée de sorte que les spires s'emboîtent au moins partiellement les unes dans les autres, lorsque le ressort est

dans une configuration rétractée. Ainsi, l'encombrement du ressort est minimisé dans sa position rétractée.

- [0056] Selon un exemple, la section transversale du corps est configurée pour favoriser un écoulement turbulent du fluide caloporteur dans l'âme creuse.
- [0057] Selon un exemple, les spires forment ensemble une forme, désignée enveloppe externe, non cylindrique ou conique, par exemple l'enveloppe externe est en forme de diabolo.
- [0058] Selon un exemple, l'enveloppe externe présente deux portions d'extrémité et une portion centrale située entre les deux portions d'extrémités, la section de la portion centrale étant inférieure à la section au niveau des portions d'extrémité.
- [0059] Selon un exemple, le ressort comprend au moins une coupelle solidaire d'une portion du ressort.
- [0060] Selon un exemple, l'au moins une coupelle et le corps forment un ensemble monolithique.
- [0061] Selon un exemple, la coupelle présente au moins une ouverture, le corps présentant au moins une portion qui s'étend à travers l'au moins une ouverture, les dimensions respectives de l'ouverture et de la portion étant configurées pour permettre un mouvement relatif de la coupelle et de la portion au moins en translation.
- [0062] Dans la suite de la description, le terme « sur » ne signifie pas nécessairement « directement sur ». Ainsi, lorsque l'on indique qu'une pièce ou qu'un organe A est en appui « sur » une pièce ou un organe B, cela ne signifie pas que les pièces ou organes A et B soient nécessairement en contact direct avec l'autre. Ces pièces ou organes A et B peuvent être soit en contact direct soit être en appui l'une sur l'autre par l'intermédiaire d'une ou plusieurs autres pièces. Il en est de même pour d'autres expressions telle que par exemple l'expression « A agit sur B » qui peut signifier « A agit directement sur B » ou « A agit sur B par l'intermédiaire d'une ou plusieurs autres pièces ».
- [0063] Dans la présente demande de brevet, le terme mobile correspond à un mouvement de rotation ou à un mouvement de translation ou encore à une combinaison de mouvements, par exemple la combinaison d'une rotation et d'une translation.
- [0064] Dans la présente demande de brevet, lorsque l'on indique que deux pièces sont distinctes, cela signifie que ces pièces sont séparées. Elles peuvent être :
- positionnées à distances l'une de l'autre, et/ou
  - mobiles l'une par rapport à l'autre et/ou
  - solidaires l'une de l'autre en étant fixées par des éléments rapportés, cette fixation étant démontable ou non.
- [0065] Une pièce unitaire monobloc, ou de façon équivalente monolithique, ne peut donc pas être constituée de deux pièces distinctes.

- [0066] Dans la présente demande de brevet, le terme « solidaire » utilisé pour qualifier la liaison entre deux pièces signifie que les deux pièces sont liées/fixées l'une par rapport à l'autre, selon tous les degrés de liberté, sauf s'il est explicitement spécifié différemment. Par exemple, s'il est indiqué que deux pièces sont solidaires en translation selon une direction  $x$ , cela signifie que les pièces peuvent être mobiles l'une par rapport à l'autre, possiblement selon plusieurs degrés de liberté, à l'exclusion de la liberté en translation selon la direction  $x$ . Autrement dit, si on déplace une pièce selon la direction  $x$ , l'autre pièce effectue le même déplacement.
- [0067] Dans la description détaillée qui suit, il pourra être fait usage de termes tels que « longitudinal », « transversal », « intérieur », « extérieur ». « amont », « aval ». Ces termes doivent être interprétés de façon relative en relation avec la position normale d'utilisation du ressort et la direction normale d'écoulement du fluide caloporteur dans l'âme creuse. Par exemple, la notion de « longitudinal » correspondent à une direction sensiblement parallèle à l'axe central A.
- [0068] On entend par un élément « à base » d'un matériau A, un élément comprenant ce matériau A, et comprenant éventuellement d'autres matériaux.
- [0069] On entend par un paramètre « sensiblement égal/supérieur/inférieur à » une valeur donnée, que ce paramètre est égal/supérieur/inférieur à la valeur donnée, à plus ou moins 10 % près, voire à plus ou moins 5 % près, de cette valeur.
- [0070] De façon générale, les ressorts 1' de l'état de la technique sont fabriqués par tréfilage d'un fil métallique plein, formant le corps 10', puis cintrage ou bobinage de ce fil pour former les spires 100' autour d'un axe central A. Les spires 100' forment ensemble une forme externe du ressort, désignée enveloppe externe 12'. Les ressorts 1' de l'état de la technique présentent une enveloppe externe 12' de forme cylindrique, comme illustré en [fig.1A], ou conique, comme illustré en [fig.1B].
- [0071] Ces ressorts 1' présentent un comportement élastique standard, dans lequel la force de rappel exercée par le ressort évolue proportionnellement avec la déformation ou le chargement du ressort 1'. Selon l'exemple illustré en [fig.2A], une compression du ressort 1' selon une direction parallèle à son axe central A, d'une longueur  $L_0$  aux longueurs  $L_1$ ,  $L_8$  et  $L_9$ , et donc les réductions de la longueur du ressort successivement  $s_1$ ,  $s_8$  et  $s_9$ , induit la génération des forces de rappel  $F_1$ ,  $F_8$  et  $F_9$ . La force de rappel générée évolue proportionnellement avec la réduction de la longueur du ressort 1'. Selon l'exemple illustré en [fig.2B], une compression du ressort 1' selon un mouvement de rotation autour de l'axe central A, d'une amplitude angulaire  $\alpha_1$  puis  $\alpha_8$ , induit la génération des forces de rappel de moment  $M_1$  et  $M_8$ . La force de rappel générée évolue proportionnellement avec l'amplitude angulaire de compression du ressort 1'.
- [0072] Dans un environnement thermiquement contraignant, les ressorts 1' de l'état de la

technique présentent des propriétés mécaniques limitées. Un environnement thermiquement contraignant est par exemple un environnement dont la température entraîne une détérioration des propriétés mécaniques du ressort exempt de moyen de régulation thermique, par exemple de sa résistance vive élastique, de sa résilience et de son endurance vis-à-vis des efforts alternés. L'environnement du ressort peut comprendre l'atmosphère l'entourant et/ou des pièces en contact direct ou indirect avec le ressort. Selon un exemple, un environnement thermiquement contraignant de haute température présente une température à proximité du ressort supérieure à 200°C, de préférence supérieure à 300 °C, de préférence supérieure à 400 °C, et plus préférentiellement encore supérieure à 500 °C. Selon un exemple, un environnement thermiquement contraignant de basse température présente une température à proximité du ressort inférieure à -50°C, de préférence inférieure à -100 °C, de préférence inférieure à -150 °C, et plus préférentiellement encore inférieur à -200 °C.

- [0073] Le ressort selon le premier aspect de l'invention est maintenant décrit en référence à la [fig.3].
- [0074] Afin de limiter, voire d'éviter, une détérioration des propriétés mécaniques du ressort 1, le ressort 1 comprend un corps 10, formant des spires 100, présentant une âme creuse 11 s'étendant au moins le long des spires 100. L'âme creuse s'étend entre une entrée 101 et une sortie 102 du corps 10. Le corps 10 forme ainsi une paroi délimitant l'âme creuse 11 entre l'entrée 101 et la sortie 102. L'âme creuse 11 définit un volume de circulation d'un fluide caloporteur à l'intérieur des spires 100. L'âme creuse 11 peut être destinée à contenir uniquement le fluide caloporteur. L'âme creuse 11 est de préférence exempt d'un matériau solide et/ou statique. Le ressort est configuré de sorte qu'un fluide caloporteur entre dans l'âme creuse 11 par l'entrée 101, circule dans l'âme creuse 11 et sort de l'âme creuse 11 par la sortie 102.
- [0075] Ainsi, le ressort 1 est configuré pour être tempéré par un fluide caloporteur. Plus particulièrement, le ou les matériaux formant le ressort 1 peuvent être tempérés par rapport à la température de l'environnement du ressort 1. Ainsi, les propriétés mécaniques du ressort peuvent être conservées sur une large gamme de température. Lorsque le ressort est destiné à être actionné dans un environnement à une température inférieure à la température optimale de fonctionnement du ressort 1 exempt de moyens de régulation thermique, le ressort 1 peut être réchauffé par le fluide caloporteur. Ainsi, une fragilisation et/ou une rupture du ressort peuvent notamment être évitées. Lorsque le ressort est destiné à être actionné dans un environnement à une température supérieure à la température optimale de fonctionnement du ressort 1 exempt de moyens de régulation thermique, le ressort 1 peut être refroidi par le fluide caloporteur. Ainsi, une diminution de la limite d'élasticité du ressort 1 peut notamment être évitée.
- [0076] Au moins un ressort 1 peut être compris dans un système 2 d'amortissement, décrit

en référence à la [fig.4]. Dans la suite, on considère à titre non limitatif que le système 2 d'amortissement comprend un ressort 1. Le système 2 d'amortissement comprend un dispositif 22 de mise en circulation d'un fluide caloporteur. Le dispositif 22 de mise en circulation du fluide caloporteur est fluidiquement connecté au ressort 1 et configuré pour mettre en circulation le fluide caloporteur à l'intérieur du ressort 1. Le système 2 d'amortissement peut comprendre un conduit fluidique d'amenée 20 du fluide caloporteur au ressort 1, et un conduit fluidique d'évacuation 21 du fluide caloporteur du ressort 1. Notons que chaque conduit fluidique 20, 21 peut être formé d'un ou d'une pluralité de tuyaux.

[0077] Le dispositif 22 de mise en circulation du fluide caloporteur peut en outre être configuré pour moduler la température du fluide caloporteur préalablement à sa circulation dans l'âme creuse 11. Par exemple, le dispositif 22 de mise en circulation peut comprendre un moyen de chauffage et/ou de refroidissement du fluide, par exemple un échangeur thermique.

[0078] Le système 2 peut également comprendre au moins un capteur pour mesurer une température qui est fonction de la température du corps 10 du ressort 1. Par exemple, un capteur peut mesurer la température du fluide en entrée 101 ou en sortie 102 du corps 10. Le capteur peut également mesurer la température de l'un des conduits fluidiques 20, 21. Le système 2 est alors configuré pour réguler la température du corps 10 du ressort 1 en fonction de la température mesurée. À cet effet, le système 2 peut par exemple faire varier le débit du fluide caloporteur, ou faire varier la température du fluide caloporteur en entrée 101 du corps 10 du ressort 1. Une régulation *in situ* de la température du corps 10 du ressort 1 est ainsi permise.

[0079] Selon un exemple, le système 2 d'amortissement peut former un circuit fluidique fermé, de sorte que le fluide caloporteur circule en boucle entre le dispositif 22 de mise en circulation et le ressort 1. Ainsi, la quantité de fluide caloporteur, utilisée pour tempérer le ressort 1, peut être limitée. Le dispositif 22 de mise en circulation peut être configuré pour induire le déplacement du fluide caloporteur dans le circuit fermé. Pour cela, le dispositif 22 de mise en circulation peut par exemple comprendre un moyen de mise sous pression du fluide, par exemple une pompe. Le fluide caloporteur ayant été réchauffé ou refroidi suite à sa circulation dans l'âme creuse 11, le dispositif 22 de mise en circulation peut comprendre en alternative ou en complément un échangeur thermique configuré pour ramener la température du fluide à sa température initiale avant circulation dans l'âme creuse 11. Comme il existe une différence de température du fluide caloporteur entre l'entrée 101 et la sortie 102 du ressort 1, on comprend que le déplacement du fluide caloporteur peut être induit par convection thermique, sans nécessiter un moyen de mise sous pression du fluide.

[0080] Selon un exemple alternatif, le système 2 d'amortissement peut former un circuit

fluidique ouvert ou fermé et comprenant un réservoir de fluide caloporteur. Le fluide caloporteur peut être fourni à l'entrée 101 du ressort 1 par le conduit fluidique d'amenée 20 et être évacué à la sortie 102 du ressort 1, par exemple par le conduit d'évacuation 21, sans être refourni par la suite au ressort 1 ou en repassant par un réservoir. Le dispositif 22 de mise en circulation peut alors être configuré pour induire le déplacement du fluide caloporteur dans le circuit fluidique. Pour cela, le dispositif 22 de mise en circulation peut par exemple comprendre un moyen de mise sous pression du fluide, par exemple une pompe ou un circuit fluidique sous pression tel que le réseau d'eau courante, typiquement à une pression de sensiblement 4 bars.

- [0081] Le dispositif 22 de mise en circulation du fluide caloporteur peut être choisi en fonction de la nature du fluide et de la température de l'environnement du ressort 1.
- [0082] Le fluide caloporteur est un fluide à l'état gazeux et/ou liquide qui, par ses propriétés physiques, permet de transporter de la chaleur d'un point à un autre. Le fluide caloporteur peut être un gaz, tel que l'azote, l'hélium, l'air, le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau. Ces fluides ont un pouvoir caloporteur valorisable pour un usage à très haute température, par exemple une température supérieure à 350 °C. Pour une température de l'environnement du ressort 1 inférieure à 350 °C, le fluide caloporteur peut être un fluide organique tel qu'une huile minérale ou synthétique, ou un fluide halogéné tel qu'un perfluorocarbure (communément abrégé PFC) ou un hydrofluoroéther (communément abrégé HFE). Les fluides organiques et halogénés présentent avantageusement une forte rigidité diélectrique et une faible volatilité. Pour une température de l'environnement du ressort 1 supérieure à 350 °C, le fluide caloporteur peut être un sel fondu ou un métal liquide.
- [0083] Le dispositif 22 de mise en circulation peut être configuré pour adapter le débit du fluide caloporteur dans le ressort 1. Selon un exemple dans lequel le fluide caloporteur est de l'eau, l'eau se transforme en vapeur au-dessus du couple température et pression définissant son point d'ébullition. Pour une température donnée de l'environnement, le débit d'eau pourra être augmenté pour éviter sa vaporisation, et permettre d'extraire le maximum d'énergie thermique du ressort 1.
- [0084] Selon un exemple, le système d'amortissement peut comprendre un dispositif de récupération du fluide caloporteur et/ou de l'énergie thermique du fluide caloporteur après circulation du fluide caloporteur dans l'âme creuse 11 du corps 10 du ressort 1.
- [0085] Par exemple, le dispositif de récupération peut être configuré pour recueillir le fluide caloporteur en sortie 102 du ressort 1, ou en sortie du conduit fluidique d'évacuation 21. Le fluide caloporteur peut être ensuite utilisé pour sa valorisation, par exemple en étant injecté dans un autre système. Selon un exemple dans lequel le fluide caloporteur est de l'eau sous forme de vapeur au moins après circulation dans l'âme creuse 11 du ressort 1, la vapeur d'eau peut être acheminée pour être injectée dans un autre système,

comprenant par exemple une turbine.

[0086] Selon un autre exemple, le dispositif de récupération peut être configuré pour récupérer l'énergie thermique du fluide caloporteur, et notamment sans prélever le fluide caloporteur. Le dispositif de récupération peut être configuré pour récupérer l'énergie thermique du fluide caloporteur au niveau de la sortie 102 du ressort 1, ou au niveau du conduit fluidique d'évacuation 21. Le dispositif de récupération peut par exemple être un échangeur de chaleur.

[0087] L'entrée 101 du corps 10 du ressort peut être configurée pour coopérer avec le conduit fluidique d'amenée 20 du fluide caloporteur à l'intérieur de l'âme creuse 11. La sortie 102 peut être configurée pour coopérer avec le conduit fluidique d'évacuation 21 du fluide caloporteur à l'extérieur de l'âme creuse 11. Selon un exemple, l'entrée 101 et/ou la sortie 102 présentent chacune une portion de connexion fluidique 101a, 102a avec un conduit fluidique 20, 21, comme illustré par exemple par la [fig.4]. Selon un exemple, au moins une, voire chaque, portion de connexion fluidique 101a, 102a peut comprendre un filetage, un raccord rapide, une gorge de fixation d'une bague ou d'un collier, un raccord double bague et un raccord à étanchéité par joint métallique, par exemple un raccord VCR®. De préférence, au moins une, voire chaque, portion de connexion fluidique 101a, 102a peut comprendre un raccord rapide par exemple de type Staubli™.

[0088] Selon un exemple, l'âme creuse 11 s'étend sensiblement sur au moins 70 %, de préférence 80 %, de préférence 90 % de la longueur du corps 10 du ressort 1, et plus préférentiellement encore sur toute la longueur du ressort 1. Plus la longueur de l'âme creuse 11 est grande par rapport à la longueur du corps 10 du ressort 1, plus la thermalisation du ressort 1 est facilitée. La section transversale S de l'âme creuse 11 peut présenter au moins une dimension déterminée en fonction de la force à exercer par le ressort 1, et/ou de l'amplitude du ressort 1, et/ou du ou des matériaux le constituant. Selon un exemple, la section transversale de l'âme creuse peut présenter au moins une dimension interne comprise entre 1,5 et 6 mm. Selon un exemple, l'entrée 101 et la sortie 102 peuvent être disposées chacune à une extrémité 10a, 10b du corps 10 du ressort 1, comme illustré par la [fig.3].

[0089] Comme illustré par les figures 3 et 4, le corps 10 peut former des spires 100 sur sensiblement toute sa longueur. Selon un exemple alternatif, illustré par les figures 6A et 6B, les spires 100 peuvent être formées le long d'une portion du corps 10, et le corps 10 peut comprendre une portion d'amenée 103 du fluide caloporteur en amont des spires 100 et/ou une portion d'évacuation 104 du fluide caloporteur en aval des spires 100. La portion d'amenée 103 et/ou la portion d'évacuation 104 peuvent s'étendre selon une direction sensiblement parallèle à l'axe central A du ressort 1. La portion d'amenée 103 et/ou la portion d'évacuation 104 peuvent en alternative s'étendre selon

une direction distincte de l'axe central A du ressort 1, par exemple sensiblement perpendiculairement à cet axe.

[0090] Le ressort 1 peut ainsi être configuré de sorte que la coopération avec le conduit fluide d'amenée 20 et/ou avec le conduit fluide d'évacuation 21 est réalisée aux extrémités des spires 100. En alternative, la coopération avec le conduit fluide d'amenée 20 et/ou avec le conduit fluide d'évacuation 21 peut être réalisée entre les extrémités des spires 100, notamment par le biais de la portion d'amenée 103 et/ou de la portion d'évacuation 104. Selon l'environnement thermique du ressort 1, le conduit fluide d'amenée 20 et/ou l'entrée 101 du ressort peuvent ainsi être éloignées d'un point chaud afin de limiter le réchauffement du fluide caloporteur préalablement à sa circulation dans l'âme creuse 11.

[0091] Comme illustrée par la [fig.3], le corps 10 du ressort 1 peut présenter une section transversale S circulaire. Comme illustré par les figures 5A à 5C et 5E, le corps 10 du ressort 1 peut présenter une section transversale S non-circulaire, et de préférence triangulaire (voir par exemple la [fig.5B]), ovale ou elliptique (voir par exemple la [fig.5A]), oblongue (voir par exemple la [fig.5E]), ou polygonale (voir par exemple la [fig.5C]). Une forme polygonale peut être rectangle, carré, ou un polygone plus complexe. La forme de la section transversale S peut être adaptée pour moduler les propriétés mécaniques du ressort 1, par exemple sa résistance vive élastique et/ou sa constante de raideur. Par exemple, une section transversale S non-circulaire, et notamment une section elliptique, carrée ou rectangulaire permet d'obtenir un ressort de constante de raideur distincte de celle d'un ressort à section transversale S circulaire. La section transversale S peut être prise selon un plan perpendiculaire à la tangente au corps 10, par exemple à la paroi externe au corps 10. Selon un exemple, au niveau des spires 100, la section est prise selon un plan radial, c'est-à-dire un plan contenant l'axe central A.

[0092] Par ailleurs, la forme de la section transversale S peut être adaptée de façon à favoriser un écoulement turbulent du fluide caloporteur dans l'âme creuse, et ainsi améliorer l'extraction de l'énergie thermique du corps 10 du ressort 1. Par exemple, une variation d'au moins une dimension de la section transversale S le long d'au moins une portion, de préférence sur sensiblement toute la longueur, du corps 10 du ressort 1 permet de favoriser un écoulement turbulent. Selon un exemple, la forme de la section transversale S est identique sur la portion de variation d'au moins une dimension de la section transversale S. Plus particulièrement, la section transversale S peut être de forme circulaire sur cette portion. Cette variation peut être ponctuelle, par exemple un élargissement ou un rétrécissement de la section transversale S, ou de préférence répétée, par exemple sous la forme d'une pluralité de rétrécissements ou d'élargissement de la section transversale S.

- [0093] Une section transversale S peut en outre présenter une forme, notamment une forme polygonale, apte à ce que les spires 100 s'emboîtent au moins partiellement les unes dans les autres, lorsque le ressort 1 est dans une configuration rétractée. L'encombrement du ressort 1 peut ainsi être réduit dans sa configuration rétractée. Cet exemple peut être illustré par la [fig.5C].
- [0094] Selon un exemple, la section transversale du corps peut être identique au moins le long des spires 100, voire sur sensiblement toute la longueur du corps 10 ressort 1. En alternative, la section transversale S du corps 10 peut être variable au moins le long des spires 100. Ainsi, la force de rappel exercée par le ressort évolue de façon non-proportionnelle avec la déformation ou le chargement du ressort 1.
- [0095] Le ressort 1 peut présenter une enveloppe externe 12 cylindrique ou conique. Un ressort 1 présentant une enveloppe externe 12 conique peut notamment se déformer plus facilement. Alternativement, le ressort 1 peut présenter une enveloppe externe 12 non cylindrique ou non conique. La géométrie du ressort 1 peut ainsi être adaptée à un environnement géométriquement contraint. Par ailleurs, la forme de l'enveloppe externe 12 permet de moduler la déformation élastique du ressort 1. Par exemple, une enveloppe externe 12 non conique permet d'obtenir un ressort 1 se déformant moins facilement qu'un ressort 1 présentant une enveloppe externe conique. Comme illustré par la [fig.5D], l'enveloppe externe 12 peut par exemple présenter deux portions d'extrémité et une portion centrale située entre les deux portions d'extrémités. La section de la portion centrale, prise perpendiculaire à l'axe central A, peut être différente, de la section des portions d'extrémité, prises perpendiculaire à l'axe central A. Selon un exemple, la section de la portion centrale, prise perpendiculaire à l'axe central A, peut être inférieure à la section des portions d'extrémité, prises perpendiculaire à l'axe central A. On peut par exemple qualifier cette forme de diabolo.
- [0096] Le ressort 1 peut en outre comprendre au moins une coupelle 13, configurée pour solidariser le ressort 1 à un ou plusieurs éléments sur lesquels s'exerce la force de rappel générée par le ressort 1. Elle forme l'interface entre le corps 10 du ressort 1 et un élément cinématiquement couplé avec le ressort 1 tel qu'une pièce mobile ou un bâti, tel qu'un châssis. La coupelle 13 peut plus particulièrement être une pièce sur laquelle une partie, de préférence une extrémité du corps 10, prend appui lors d'une compression du ressort 1. La coupelle 13 est ainsi une pièce de fixation. La coupelle peut présenter une forme circulaire.
- [0097] Le ressort 1 peut par exemple comprendre deux coupelles 13, comme illustré par les figures 6A à 7. Chaque coupelle 13 peut être disposée à une extrémité des spires 100 du ressort 1, de part et d'autre des spires 100 selon l'axe central A. Dans la suite, on considère à titre non limitatif que le ressort 1 comprend deux coupelles 13, chacune étant disposée à une extrémité des spires 100 du ressort 1

- [0098] Chaque coupelle 13 peut être solidaire d'une portion du corps 10 du ressort 1. La coupelle 13 peut être rapportée de manière amovible ou définitive sur le corps 10, et fixée au ressort 1 par exemple par enclipsage, par vissage ou par le biais d'un collier. Selon un exemple, la coupelle 13 et le corps 10 du ressort 1 peuvent former un ensemble monolithique. Une portion du corps 10 peut être au moins partiellement encastrée, voire traverser la coupelle 13. Le fluide caloporteur circulant dans l'âme creuse 11, la coupelle 13 peut donc être thermalisée avec le corps 10 du ressort 1.
- [0099] Selon un exemple, chaque coupelle peut être solidaire d'une portion au moins d'une spire 100 du ressort 1. Plus particulièrement, cette portion d'une spire 100 peut être partiellement encastrée dans la coupelle 13 au niveau d'une ouverture 130 sur la face de la coupelle en regard de la spire 100, comme illustrée par la vue en coupe 6B.
- [0100] Le corps 10 peut traverser la coupelle 13, par exemple dans son épaisseur, par le biais d'une ouverture telle qu'un trou 131. Selon un exemple, la portion d'amenée 103 et la portion d'évacuation 104 traversent chacune une coupelle 13 distincte par des ouvertures 131, 132. Les ouvertures 131, 132 peuvent présenter un contour fermé, comme cela est illustré sur les figures 6A, 6B. Ces ouvertures 131, 132 peuvent présenter un contour de section circulaire. Elles forment alors un trou. Alternativement, ces ouvertures 131, 132 présentent un contour non circulaire, par exemple un contour oblong. Alternativement, les ouvertures 131, 132 présentent un contour ouvert. Cela autorise un débattement des portions 103, 104, par exemple selon une direction perpendiculaire à l'axe central A. Ce débattement peut être utile lors du fonctionnement du ressort ou lors de l'assemblage du corps 10 avec les coupelles 13.
- [0101] Selon l'exemple illustré par les figures 6A et 6B, la portion d'amenée 103 et la portion d'évacuation 104 traversent une même coupelle 13. Afin de permettre la déformation du ressort 1, au moins une parmi la portion d'amenée 103 et la portion d'évacuation 104 peut présenter un degré de liberté en translation ou en rotation ou une combinaison de translation et de rotation par rapport à la coupelle 13. Selon l'exemple illustré en [fig.6B], le trou 132 présente un diamètre externe supérieur au diamètre externe de la portion d'amenée 103 de sorte que la portion d'amenée 103 coulisse en translation dans le trou 132 selon une direction parallèle à l'axe central A. De préférence, un contact direct entre la portion d'amenée 103 et la coupelle 13 est réduit, voire est absent, pour minimiser un réchauffement ou un refroidissement du fluide caloporteur préalablement à sa circulation dans l'âme creuse 11.
- [0102] La coupelle 13 peut comprendre une ouverture centrale 133, permettant notamment de minimiser son poids. En alternative ou en complément, la coupelle 13 peut en outre comprendre des organes de coopération 134 avec un ou plusieurs éléments sur lesquels s'exerce la force de rappel générée par le ressort 1, comme illustré en [fig.7].
- [0103] Selon un exemple, le ressort est à base d'au moins un matériau. Un matériau peut être

un métal et/ou d'une céramique et/ou d'un matériau plastique. De préférence, le ressort est à base d'au moins un métal.

- [0104] Les caractéristiques précédemment décrites du ressort 1 peuvent être obtenue par un procédé de fabrication du ressort par fabrication additive également désignée impression en trois dimensions (3D). Par rapport aux solutions existantes, le ressort 1 est fabriqué par addition successive de couches de matière, ce qui permet d'obtenir les configurations décrites.
- [0105] Grâce à l'impression 3D, le ressort peut en outre être à base ou fait d'un ou d'une pluralité de matériaux non tréfilables. Notamment, le ressort peut être fait d'un ou d'une pluralité de matériaux non tréfilables et plus résistants au fluage à haute température que les matériaux utilisés dans les solutions existantes. Par exemple, le corps 10 du ressort 1 peut à base de ou fait d'un superalliage de nickel tel que l'Inconel® 718, un alliage du titane tel que la nuance ta6v, un acier inoxydable austénitique tel que la nuance 310s. Pour les basses températures, le ressort peut être fait d'un matériau moins fragile que ceux utilisés dans les solutions existantes, telle que les nuances S460 de carbone-manganèse, et A420F.M d'acier au carbone. Le choix du ou des matériaux constitutifs du ressort 1 dépend notamment de la force de rappel à exercer, de l'environnement thermique du ressort 1 et d'autres contraintes tel que le coût du ressort 1.
- [0106] Le corps 10 du ressort 1, voire le ressort 1, est préférentiellement fait d'un alliage de type Inconel® à base de nickel à une proportion en masse comprise entre 45 % et 75 %, de chrome à une proportion en masse sensiblement égale à 15 %, de cobalt, molybdène, tungstène, titane, fer, et aluminium. Cet alliage conserve avantageusement ses propriétés mécaniques jusqu'à environ 400 °C à 500 °C, sans moyens de régulation thermique.
- [0107] Le procédé 3 de fabrication du ressort 1 est maintenant décrit en référence à la [fig.8], dans laquelle des traits en pointillés indiquent des variantes optionnelles du procédé 3. Le procédé 3 comprend une densification sélective d'un lit de poudre ou un dépôt 30 couche par couche d'au moins un matériau, de préférence un matériau métallique, de façon à former le ressort 1 selon les caractéristiques précédemment décrites.
- [0108] Le dépôt 30 séquentiel du matériau couche par couche peut comprendre une extrusion ou une solidification de poudre métallique, polymère et fil polymère. Le matériau déposé peut être solidifié 300 au cours du dépôt 30 couche par couche. La solidification 300 du matériau peut faire l'objet d'une étape distincte de refroidissement ou de traitement chimique, par exemple par polymérisation.
- [0109] La densification du lit de poudre peut être réalisée sélectivement à l'aide d'une source d'énergie, par exemple une source laser, une résistance, un faisceau d'électron, ou de la lumière UV.

- [0110] Préalablement au dépôt 30, le procédé 3 peut comprendre une étape de conception 31 d'un modèle numérique en trois dimensions du ressort 1. Suite au dépôt 30, le procédé 3 peut comprendre un traitement de finition 32. Le traitement de finition 32 peut être un traitement mécanique, par exemple par ponçage, ou thermique, par exemple par cuisson. Le procédé peut en outre comprendre toute étape permettant l'obtention d'une caractéristique précédemment décrite du ressort 1. Le procédé peut comprendre une étape de contrôle et de comparaison 33 du ressort 1 obtenu par rapport à son modèle numérique.
- [0111] Notons que le procédé d'impression 3D peut être adapté selon le ressort 1, par exemple selon la taille du ressort 1 et selon le ou les matériaux constitutifs de ressort.
- [0112] Exemple de simulation appliquée à un ressort 1 en Inconel® 718
- [0113] Lors de la conception 31 d'un modèle numérique en trois dimensions du ressort 1, sur le modèle du ressort 1 illustré par les figures 6A et 6B, la constante de raideur du ressort 1 visé peut être déterminée grâce à un calcul élastique aux éléments finis. Une compression longitudinale d'un ressort 1 en Inconel® 718 est par exemple simulée pour un environnement thermique ambiant, sans circulation d'un fluide caloporteur.
- [0114] Par simulation, pour un écrasement de 20 mm appliqué à une extrémité du ressort 1, le déplacement dans l'axe A le long du corps 10 du ressort 1, ainsi que les contraintes de Von Mises, peuvent être calculés.
- [0115] Pour un dimensionnement à froid, dans un environnement thermique ambiant, on vérifie que la contrainte maximale est inférieure à la limite d'élasticité du ressort 1. Le calcul à chaud, pour un environnement thermique contraignant, peut être fait en prenant en compte des dilatations du ressort et en tenant compte de la baisse de rigidité du matériau avec la température. On vérifie que la contrainte maximale ne dépasse pas la limite de fluage. Le ressort 1 peut être configuré de façon à éviter, pour un écrasement donné, un fluage du matériau.
- [0116] Au vu de la description qui précède, il apparaît clairement que l'invention propose une solution permettant d'améliorer efficacement les performances d'un ressort en environnement thermiquement contraignant.
- [0117] L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisations précédemment décrits et s'étend à tous les modes de réalisation couverts par les revendications.
- [0118] En particulier, toutes les caractéristiques, effets techniques et étapes mentionnés ci-dessus en référence à des ressorts travaillant en compression sont parfaitement applicables aux ressorts travaillant en traction ou en torsion, comme l'illustre par exemple les figures 5F et 5G.
- [0119] Liste des références numériques  
 1, 1' Ressort  
 10, 10' Corps

10a, 10b Extrémité  
100, 100' Spires  
101 Entrée  
101a Portion de connexion fluide  
102 Sortie  
102a Portion de connexion fluide  
103 Portion d'amenée  
104 Portion d'évacuation  
11 Âme creuse  
12, 12' Enveloppe externe  
13 Coupelle  
130 Ouverture  
131 Trou  
132 Trou  
133 Ouverture centrale  
134 Organe de coopération  
2 Système d'amortissement  
20 Conduit fluide d'amenée  
21 Conduit fluide d'évacuation  
22 Dispositif de mise en circulation du fluide caloporteur  
3 Procédé de fabrication  
30 Dépôt couche par couche  
300 Solidification  
31 Conception d'un modèle numérique  
32 Traitement de finition  
33 Contrôle et comparaison au modèle numérique

## Revendications

- [Revendication 1] Ressort (1) élastique comprenant un corps (10) formant des spires (100), caractérisé en ce que le corps (10) présente une âme creuse (11) s'étendant au moins le long des spires (100), entre une entrée (101) et une sortie (102) du corps (10), l'âme creuse (11) définissant un volume de circulation d'un fluide caloporteur à l'intérieur des spires (100), le ressort (1) étant configuré de sorte qu'un fluide caloporteur entre dans l'âme creuse (11) par l'entrée (101) du corps (10), circule dans l'âme creuse (11) et sort de l'âme creuse (11) par la sortie (102) du corps (10).
- [Revendication 2] Ressort (1) selon la revendication précédente dans lequel l'entrée (101) est configurée pour coopérer avec un conduit fluidique d'amenée (20) du fluide caloporteur à l'intérieur de l'âme creuse (11).
- [Revendication 3] Ressort selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel la sortie (102) est configurée pour coopérer avec un conduit fluidique d'évacuation (21) du fluide caloporteur à l'extérieur de l'âme creuse (11).
- [Revendication 4] Ressort selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'entrée (101) et la sortie (102) présentent chacune une portion de connexion fluidique (101a, 102a) avec un conduit fluidique (20, 21).
- [Revendication 5] Ressort (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'entrée (101) et la sortie (102) sont chacune disposée à une extrémité (10a, 10b) du corps (10) du ressort (1), distincte l'une de l'autre.
- [Revendication 6] Ressort (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel une section transversale (S) du corps (10) est circulaire au moins le long d'une portion des spires (100).
- [Revendication 7] Ressort selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel une section transversale (S) du corps (10) est non-circulaire au moins le long d'une portion des spires (100), et de préférence triangulaire, ovale, oblongue, elliptique ou polygonale.
- [Revendication 8] Ressort (1) selon la revendication précédente, dans lequel la section transversale (S) du corps (10) est configurée de sorte que les spires (100) s'emboîtent au moins partiellement les unes dans les autres, lorsque le ressort (1) est dans une configuration rétractée.
- [Revendication 9] Ressort (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les spires (100) forment ensemble une forme, désignée enveloppe externe (12), non cylindrique ou non conique, par exemple l'enveloppe

- externe (12) présente deux portions d'extrémité et une portion centrale située entre les deux portions d'extrémités, la section de la portion centrale étant inférieure à la section au niveau des portions d'extrémité.
- [Revendication 10] Ressort (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant au moins une coupelle (13) solidaire d'une portion du corps (10) ressort (1).
- [Revendication 11] Ressort (1) selon la revendication précédente, dans lequel l'au moins une coupelle (13) et le corps (10) forment un ensemble monolithique.
- [Revendication 12] Ressort (1) selon l'une quelconque des deux revendications précédentes, dans lequel la coupelle (13) présente au moins une ouverture (131, 132), le corps (10) présentant au moins une portion (103, 104) qui s'étend à travers l'au moins une ouverture (132), les dimensions respectives de l'ouverture (131, 132) et de la portion (103, 104) étant configurées pour permettre un mouvement relatif de la coupelle (13) et de la portion (103, 104) au moins en translation.
- [Revendication 13] Système (2) d'amortissement comprenant :
- au moins un ressort (1) élastique selon l'une quelconque des revendications 1 à 12,
  - un dispositif (22) de mise en circulation d'un fluide caloporteur, fluidiquement connecté au ressort (1) et configuré pour mettre en circulation un fluide caloporteur à l'intérieur du ressort (1).
- [Revendication 14] Système (2) d'amortissement selon la revendication précédente, dans lequel le dispositif (22) de mise en circulation du fluide caloporteur comprend au moins l'un parmi une pompe, un circuit fluidique sous pression et un échangeur thermique.
- [Revendication 15] Système (2) d'amortissement selon l'une quelconque des deux revendications précédentes, comprenant un dispositif de récupération du fluide caloporteur et/ou d'une énergie thermique du fluide caloporteur après circulation du fluide caloporteur dans l'âme creuse (11) du ressort (1).
- [Revendication 16] Procédé (3) de fabrication additive d'un ressort (1) élastique selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, comprenant un dépôt (30) couche par couche d'au moins un matériau de façon à former un ressort (1) élastique comprenant un corps (10) formant des spires (100) à base dudit matériau, présentant une âme creuse (11) s'étendant au moins le

long des spires (100), entre une entrée (101) et une sortie (102) du corps (10), l'âme creuse (11) définissant un volume de circulation d'un fluide caloporteur à l'intérieur des spires (100), le ressort (1) étant configuré de sorte qu'un fluide caloporteur entre dans l'âme creuse (11) par l'entrée (101) du corps (10), circule dans l'âme creuse (11) et sort de l'âme creuse (11) par la sortie du corps (102).

[Fig. 1A]

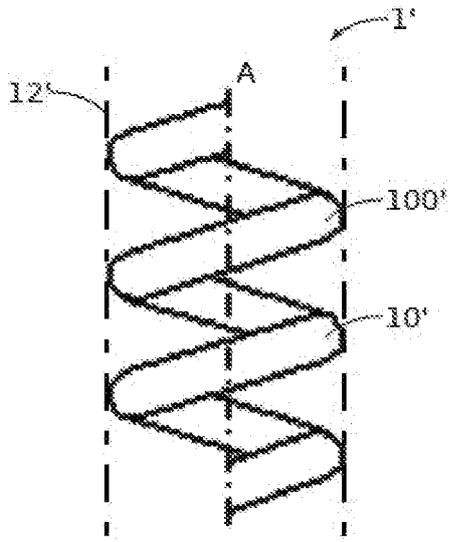


FIG. 1A

[Fig. 1B]

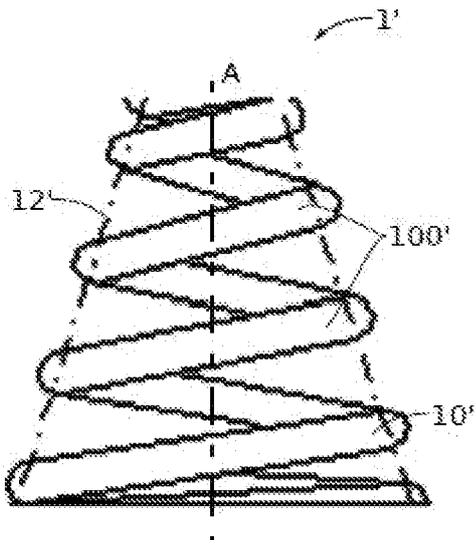


FIG. 1B



[Fig. 3]

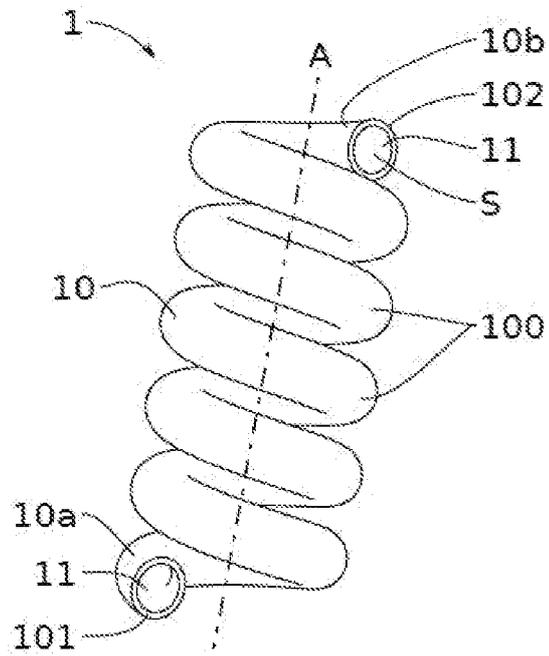


FIG. 3

[Fig. 4]

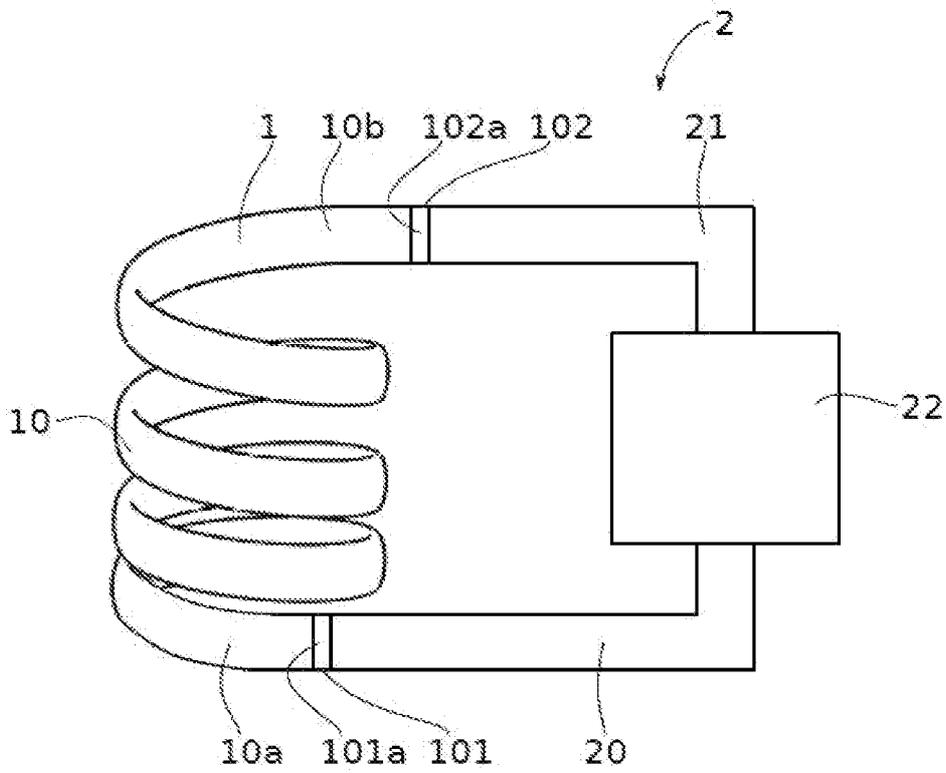


FIG. 4

[Fig. 5A]

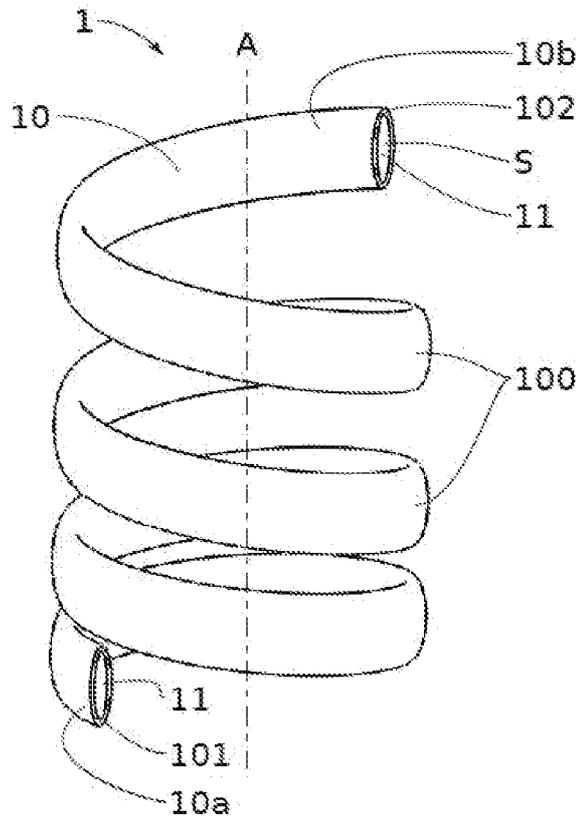


FIG. 5A

[Fig. 5B]

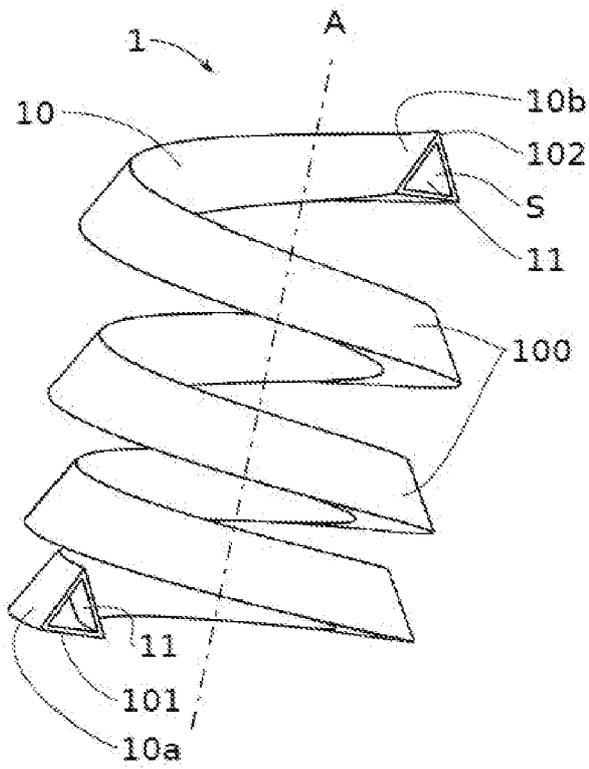


FIG. 5B



[Fig. 5E]

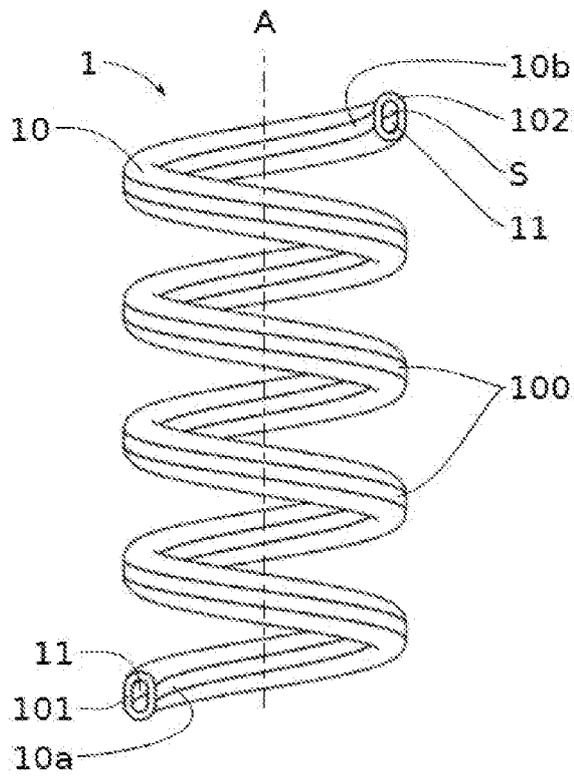


FIG. 5E

[Fig. 5F]

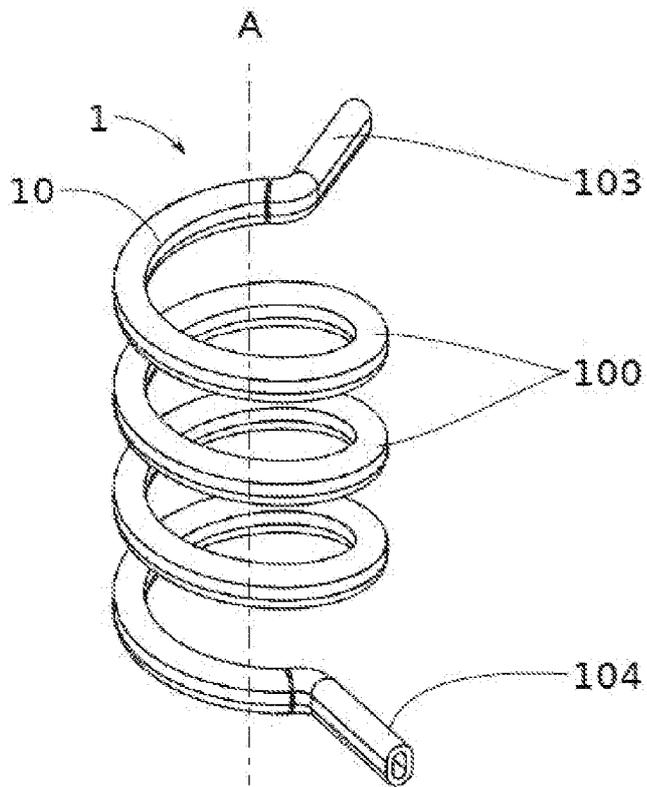


FIG. 5F

[Fig. 5G]

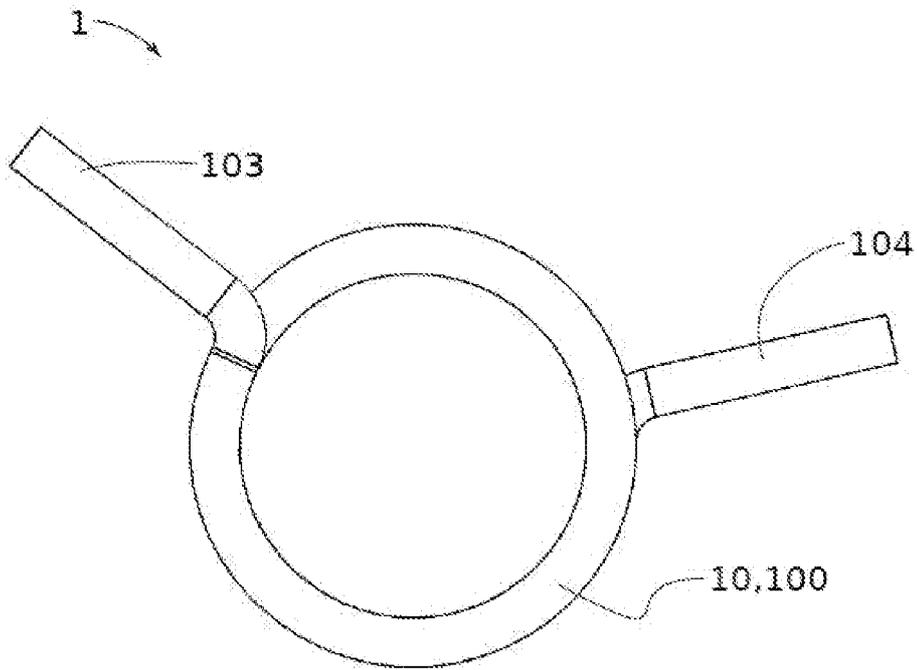


FIG. 5G

[Fig. 6A]

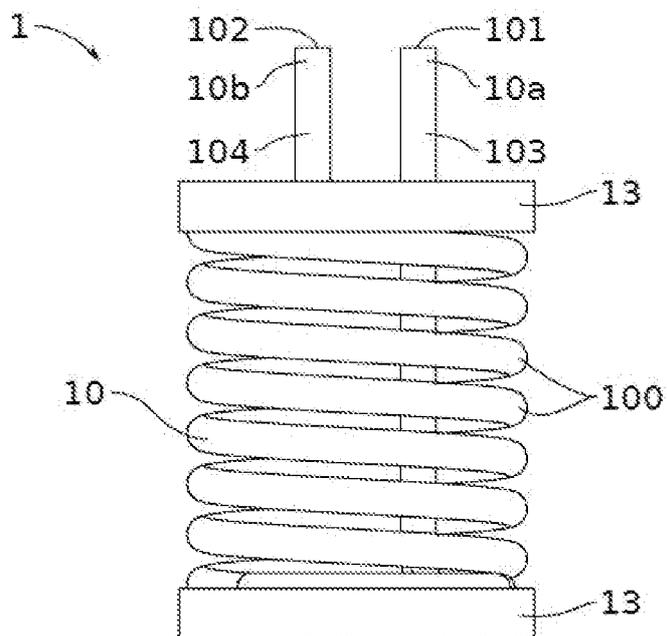


FIG. 6A



[Fig. 7]

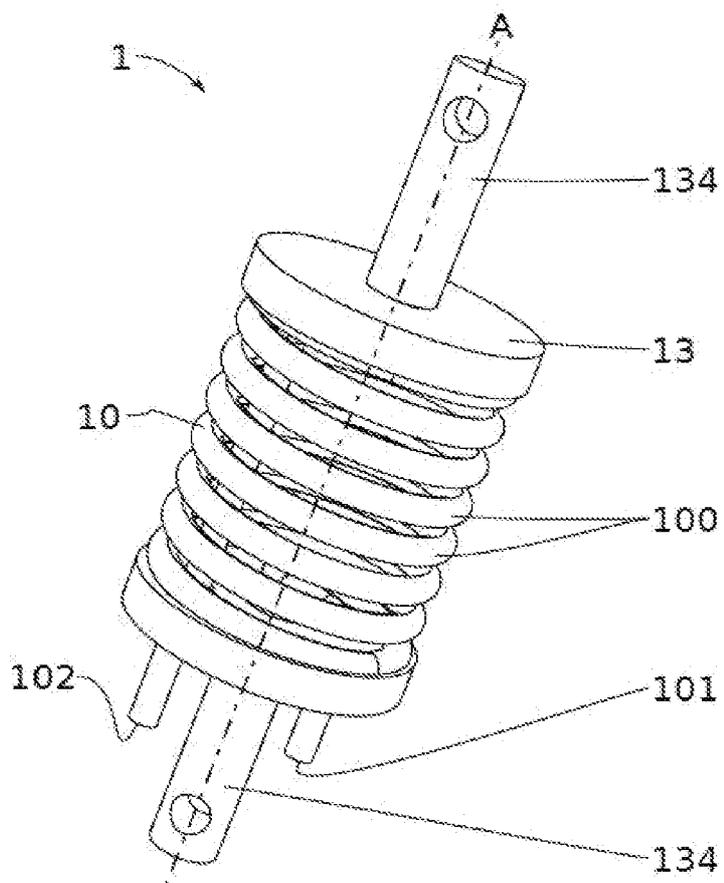


FIG. 7

[Fig. 8]

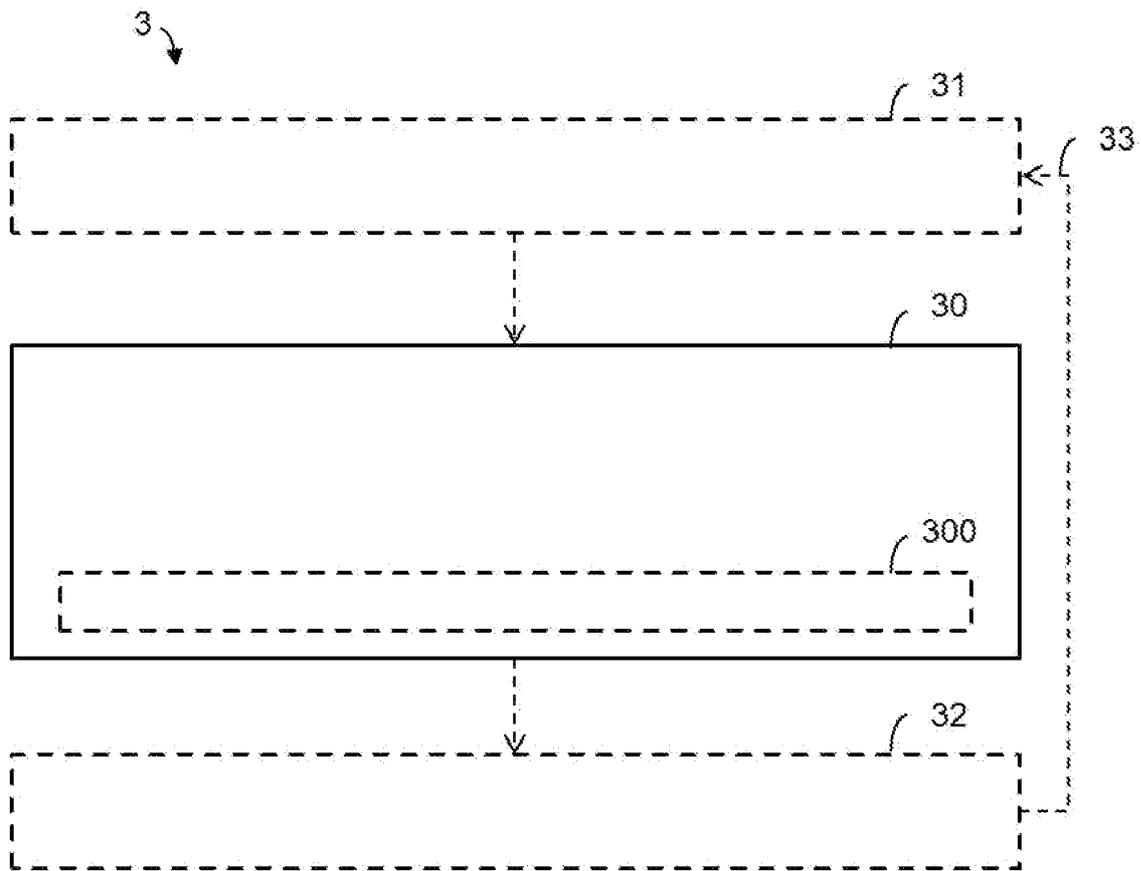


FIG. 8

**RAPPORT DE RECHERCHE  
 PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications  
 déposées avant le commencement de la recherche
N° d'enregistrement  
nationalFA 888477  
FR 2011725

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2 977 109 A (BECKWITH JOHN B) 28 mars 1961 (1961-03-28)	1-10, 13-15	F16F1/04 B33Y10/00
Y	* figures 1, 2 * * colonne 1, ligne 32 - ligne 38 * * colonne 1, ligne 61 - colonne 2, ligne 4 *	11,12,16	B33Y80/00 F28F1/00 F16F9/10 F16F9/42 B22F3/105
X	FR 1 065 808 A (PIERLUIGI NARDI) 31 mai 1954 (1954-05-31)	1-7,10, 13-15	
A	* figures 5, 6 * * page 1, colonne droite, alinéa 7 *	8,9,11, 12,16	
Y	DE 10 2018 217195 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 9 avril 2020 (2020-04-09)	11	
A	* figure 1 *	1	
Y	JP S59 86437 U (TOYOTA MOTOR CO., LTD.) 11 juin 1984 (1984-06-11)	12	
A	* figure 1 *	1	
Y	US 2014/283922 A1 (STROM LAURIE [US] ET AL) 25 septembre 2014 (2014-09-25)	16	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
	* figure 5 * * alinéa [0021] *		F16F
A	DE 20 00 472 A1 (AHLE FA GEB) 22 juillet 1971 (1971-07-22)	8,9	
	* figures 1, 2 *		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 août 2021		Rossatto, Cédric	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		.....	
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2011725 FA 888477**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **05-08-2021**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2977109	A	28-03-1961	AUCUN	
-----				
FR 1065808	A	31-05-1954	AUCUN	
-----				
DE 102018217195	A1	09-04-2020	AUCUN	
-----				
JP S5986437	U	11-06-1984	AUCUN	
-----				
US 2014283922	A1	25-09-2014	EP 2754516 A2	16-07-2014
			US 2014283922 A1	25-09-2014
-----				
DE 2000472	A1	22-07-1971	AUCUN	
-----				