

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 146 290

②1 N° d'enregistrement national : 23 01998

⑤1 Int Cl⁸ : B 22 D 39/00 (2023.01), C 22 B 9/00, B 22 D 23/06,
B 01 J 19/10, H 05 B 6/32

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 03.03.23.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 06.09.24 Bulletin 24/36.

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) : CENTRE NATIONAL DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement public à
caractère scientifique et technologique — FR, UNIVER-
SITE DE LORRAINE Etablissement public nationale à
caractère scientifique, culturel et professionnel — FR et
DIRECTION GENERALE DE L'ARMEMENT Etablissem-
ent public national — FR.

⑦2 Inventeur(s) : STROZYK Hervé, QUATRAVAUX
Thibault, MARTENS Jonathan et JOURDAN Julien.

⑦3 Titulaire(s) : CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE Etablissement public à caractère scientifique
et technologique, UNIVERSITE DE LORRAINE Etablissement
public nationale à caractère scientifique, culturel et profession-
nel, DIRECTION GENERALE DE L'ARMEMENT Etablissem-
ent public national.

⑦4 Mandataire(s) : IPAZ.

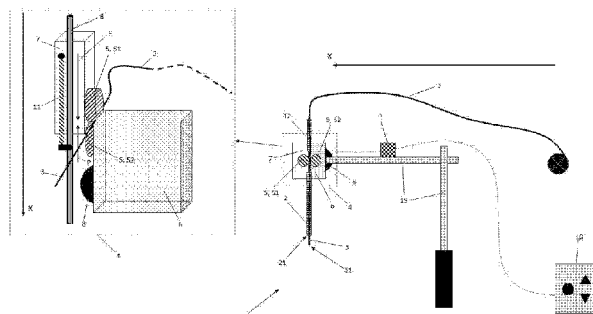
⑤4 Dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion et système de production et de stabilisation
d'échantillons en fusion.

⑤7 « Dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion et
système de production et de stabilisation d'échantillons en
fusion »

Dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion
comprenant :

un tube creux en matériau réfractaire, dit tube réfrac-
taire, formant un guide à l'intérieur duquel est destiné à être
disposé un fil constitué d'un métal ou d'un alliage métal-
lique, un mécanisme de déroulement/enroulement du fil si-
tué en amont du tube réfractaire, par rapport à une direc-
tion reliant le mécanisme de déroulement/enroulement au tube
réfractaire, et agencé pour mettre en translation le fil dans le
tube réfractaire, un système de contrôle agencé et/ou pro-
grammé pour commander l'enroulement/déroulement du fil
de sorte à contrôler la position d'une extrémité distale du fil
hors du tube réfractaire.

Figure pour l'abrégé : Figure 1



FR 3 146 290 - A1



Description

Titre de l'invention : Dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion et système de production et de stabilisation d'échantillons en fusion

Domaine technique

- [0001] La présente invention concerne, en particulier, la caractérisation de métaux en fusion à hautes températures, typiquement des températures supérieures à 800°C. En pratique, le traitement du métal liquide permet l'ajustement de la composition chimique de l'alliage ainsi que l'élimination des défauts inclusionnaires, éléments non miscibles dans l'alliage qui dégradent ses propriétés d'usage.
- [0002] La maîtrise des outils industriels pour l'élaboration des nouvelles générations d'alliages nécessite une parfaite connaissance des propriétés thermo-physiques à très hautes températures, ainsi que la compréhension des mécanismes de genèse de défauts inclusionnaires. Par ailleurs, la connaissance des propriétés thermo-physiques du métal liquide est particulièrement critique en métallurgie additive, que ce soit pour élaborer des poudres ou au cœur du procédé d'impression 3D.
- [0003] Il est nécessaire d'étudier finement le métal liquide aux très hautes températures pour caractériser précisément certaines propriétés thermo-physiques, par exemple la viscosité ou la tension de surface, ou bien encore les phénomènes réactifs à l'origine des inclusions. Une telle approche pose de grandes difficultés sur le plan expérimental.

Etat de la technique antérieure

- [0004] On connaît dans l'état de la technique l'utilisation d'un creuset dans lequel le métal à analyser est porté à l'état liquide. Au-delà des conditions opératoires difficilement accessibles pouvant être de 1500 à 2000 °C, les alliages sont très réactifs et il n'existe aucun creuset pouvant garantir l'absence de pollution de l'échantillon à l'état liquide par le creuset.
- [0005] On connaît également dans l'état de la technique l'utilisation consistant à faire léviter l'alliage afin d'éliminer toute pollution chimique potentielle en provenance d'un creuset. Toutefois, les lévitateurs de l'état de la technique utilisés pour l'étude d'échantillons en fusion nécessitent de mettre en lévitation un échantillon solide puis de mettre en fusion l'échantillon solide en lévitation. Cela entraîne un ensemble d'inconvénients liés, entre autres, au changement d'état de l'échantillon initialement mis en lévitation.
- [0006] Parmi ces techniques de lévitation on connaît la lévitation-fusion par induction : elle est générée par une bobine verticale. Le couplage fort entre la lévitation et le chauffage impose une plage de température de chauffage réduite. De plus, les forces induites

gènèrent des écoulements internes préjudiciables aux études des métaux en fusion. Cette technique n'est applicable qu'aux métaux. Enfin, cette technique impose d'adapter la bobine à chaque type de matériau et à chaque géométrie d'échantillon étudiés.

- [0007] On connaît également la lévitation aérodynamique. Cette technique consiste à soulever la matière par un jet de gaz sous l'échantillon. La chauffe est assurée indépendamment par un laser. La technique est bien adaptée aux objectifs visés, mais présente cependant des inconvénients. L'échantillon est partiellement caché par la tuyère expulsant le gaz et l'écoulement du gaz autour de l'échantillon génère un écoulement en surface de l'échantillon.
- [0008] Il existe également la lévitation électrostatique qui est particulièrement adaptée à l'étude du métal liquide. Toutefois, cette technique est difficile à mettre en œuvre. En outre, elle est limitée aux métaux et difficilement adaptable aux matériaux peu conducteurs.
- [0009] On connaît également dans l'état de la technique la lévitation acoustique.
- [0010] A l'heure actuelle, aucun dispositif de lévitation acoustique ne permet de maintenir en lévitation des métaux de haute densité à l'état liquide pour des températures supérieures à 700°C. Le principal écueil est lié à l'utilisation d'une source unique de forte puissance couplée à un réflecteur.
- [0011] La célérité des ondes dans le gaz varie fortement avec la température. Des écoulements de gaz chauds autour de l'échantillon entraînent des turbulences aérodynamiques sur l'échantillon en lévitation. Ces perturbations finissent par engendrer une déstabilisation de la lévitation de l'échantillon en fusion après quelques dizaines de secondes.
- [0012] De plus, les dispositifs de lévitation acoustique engendrent une rotation de l'échantillon en fusion sur lui-même. Lors du passage de l'échantillon à l'état liquide, il apparaît une couche liquide sur un cœur solide. Cette couche liquide est partiellement éjectée du cœur solide ce qui provoque des éjections de matière. Ce phénomène contribue également à la déstabilisation de l'échantillon en fusion, puis à la perte de lévitation, via un phénomène d'action-réaction lors des éjections de matière depuis l'échantillon en fusion.
- [0013] Un but de l'invention est, en outre, de proposer un dispositif de stabilisation d'échantillons pour la production d'échantillons en fusion dans un lévitateur et un système de stabilisation et de production d'échantillons en fusion :
- permettant de manipuler tout type d'alliage métallique, et/ou
 - permettant de stabiliser l'objet en fusion lors de la lévitation, et/ou
 - permettant de manipuler un objet avec une précision micrométrique, et/ou
 - permettant d'étudier un échantillon sur une large gamme de température et jusqu'à

des températures de 2500°C, et/ou

- permettant d'étudier tout type d'échantillon, quel que soit sa densité, et/ou
- ne nécessitant pas de moyen de contrôle électronique complexe ni de boucle de rétroaction, et/ou
- simple d'utilisation, et/ou
- peu coûteux et simple à mettre en œuvre,
- de contrôler et maîtriser la taille de l'échantillon liquide mis en fusion,
- d'empêcher les éjections de matières de l'échantillon en fusion dans un lévificateur.

Présentation de l'invention

[0014] A cet effet, il est proposé un dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion, de préférence destiné à être mis en fusion, de préférence encore destiné à être mis en fusion dans un lévificateur, dit dispositif, ledit dispositif comprend :

- un tube creux en matériau réfractaire, dit tube réfractaire, formant un guide à l'intérieur duquel est destiné à être disposé et/ou à s'étendre un fil constitué d'un métal ou d'un alliage métallique, de préférence encore présentant un point de fusion supérieur à 800°C,
- un mécanisme de déroulement/enroulement du fil situé en amont du tube réfractaire, par rapport à une direction reliant le mécanisme de déroulement/enroulement au tube réfractaire et agencé pour mettre en translation le fil dans le tube réfractaire.
- un système de contrôle agencé et/ou programmé pour, de préférence à partir d'informations de position d'une extrémité distale du fil, commander l'enroulement/déroulement du fil de sorte à contrôler la position de l'extrémité distale du fil hors du tube réfractaire.

[0015] De préférence, le dispositif est destiné à la production d'échantillons en fusion dans un lévificateur. De préférence, le dispositif est destiné à coopérer avec un lévificateur.

[0016] Le dispositif peut comprendre le fil en métal ou en alliage métallique.

[0017] De préférence, le dispositif est destiné à stabiliser un échantillon en fusion dans un lévificateur.

[0018] De préférence, l'extrémité distale du fil est, de préférence est destinée à être, située hors du tube réfractaire, de préférence en aval du tube réfractaire, par rapport à un sens de déroulement du fil.

[0019] De préférence, l'extrémité distale du fil est destinée à être mis en fusion.

[0020] De préférence, au moins une partie du tube creux est destiné à être positionné dans le lévificateur.

[0021] De préférence, l'extrémité distale du fil est destinée à être positionnée au centre du lévificateur.

- [0022] De préférence, l'extrémité distale du fil est destinée à être mise en fusion dans le lévitateur.
- [0023] Le système de contrôle peut être manuel ou automatique, c'est-à-dire contrôlée par une unité de commande autonome.
- [0024] De préférence, le système de contrôle est agencé pour commander l'enroulement/déroulement du fil de sorte :
- à contrôler la position de l'extrémité distale du fil par rapport au tube réfractaire, et/ou
 - à positionner l'extrémité distale du fil au centre du lévitateur.
- [0025] De préférence, le système de contrôle est agencé pour commander l'enroulement/déroulement du fil, par rapport à des informations de position provenant d'un centre du lévitateur au niveau duquel est destiné à être positionnée l'extrémité distale du fil.
- [0026] De préférence, le dispositif comprend une réserve de fil située en amont du mécanisme de déroulement/enroulement du fil, par rapport à un sens de déroulement du fil, et/ou un élément de stockage d'une réserve de fil, par exemple une bobine de fil.
- [0027] De préférence, le dispositif est agencé pour maintenir le fil détendu, c'est-à-dire pour ne pas mettre en tension le fil, entre le mécanisme de déroulement/enroulement et la réserve de fil.
- [0028] De préférence, la direction reliant le mécanisme de déroulement/enroulement du fil au tube réfractaire correspond à un sens de déroulement du fil. De préférence, le sens de déroulement du fil correspond au sens selon lequel le fil est déroulé depuis la réserve de fil vers le tube réfractaire.
- [0029] De préférence, le système de contrôle agencé et/ou programmé pour positionner une extrémité distale du fil dans le lévitateur, dans lequel est destiné à être introduit le fil, de sorte que l'extrémité distale du fil destiné à être mis en fusion soit stabilisée, en outre, par le lévitateur.
- [0030] Les informations de position peuvent être des données, par exemple des données provenant d'un système d'imagerie. Le système d'imagerie peut être une caméra et/ou un système de spectroscopie. Le dispositif peut comprendre un système d'imagerie agencé pour imager l'extrémité distale du fil, les images acquises par le système constituent les informations de position de l'extrémité distale du fil.
- [0031] De préférence, le mécanisme de déroulement/enroulement du fil et/ou le tube réfractaire est agencé pour maintenir le fil rectiligne en aval dudit mécanisme de déroulement/enroulement.
- [0032] De préférence, le mécanisme de déroulement/enroulement du fil comprend au moins une paire de galets rotatifs agencés pour enserrer le fil, ladite au moins une paire de galets rotatifs agencée pour dérouler/enrouler le fil et/ou pour exercer une pression sur

le fil.

- [0033] L'au moins une paire de galets rotatifs ou une des paires de galets rotatifs peut être agencée pour exercer une pression sur le fil sans être agencée pour enrouler/dérouler le fil. De préférence, au moins une des paires de galets rotatifs est agencée pour exercer une pression sur le fil et pour enrouler/dérouler le fil.
- [0034] De préférence, le mécanisme de déroulement/enroulement comprend un élément fixe et un élément mobile, l'élément mobile est agencé pour translater, relativement à l'élément fixe, perpendiculairement à un axe de révolution du tube réfractaire et/ou à un axe de révolution d'un tube creux supplémentaire, dit tube supplémentaire. De préférence, pour une, plusieurs ou chacune des paires de galets, un des galets de l'au moins une paire de galets est monté sur un élément fixe et l'autre des galets de l'au moins une paire de galets est monté sur un élément mobile.
- [0035] De préférence, un axe reliant l'élément fixe et l'élément mobile et/ou reliant un centre de chacun des deux galets de l'au moins une paire de galets est perpendiculaire à un axe de révolution du tube réfractaire et/ou à un axe de révolution du tube supplémentaire.
- [0036] De préférence, l'élément mobile est monté sur une glissière agencée pour guider la translation de l'élément mobile.
- [0037] De préférence, le mécanisme de déroulement/enroulement, et/ou l'agencement de l'élément mobile et de l'élément fixe, est agencé pour moduler et/ou adapter un écartement entre l'élément fixe et l'élément mobile.
- [0038] De préférence, l'élément mobile est agencé pour que le galet de l'au moins une paire de galets monté sur l'élément mobile soit translaté, relativement à l'élément fixe, perpendiculairement à un axe de révolution du tube réfractaire et/ou à un axe de révolution d'un tube supplémentaire et exerce une pression sur le fil.
- [0039] Le mécanisme de déroulement/enroulement peut comprendre un dispositif, dit dispositif de compression, agencé pour moduler et/ou adapter un écartement entre l'élément fixe et l'élément mobile et/ou pour translater l'élément mobile relativement à l'élément fixe et/ou pour qu'une pression soit exercée sur le fil par les galets de l'au moins une paire de galets. Le dispositif de compression peut être agencé pour contrôler et/ou moduler et/ou adapter la pression exercée sur le fil.
- [0040] Ainsi, de préférence, le mécanisme de déroulement/enroulement est adapté à des fils de diamètres différents ou s'adapte à des fils de différents diamètres sans qu'il soit nécessaire de modifier le mécanisme de déroulement/enroulement.
- [0041] De préférence, le mécanisme de déroulement/enroulement du fil est agencé pour adapter la position d'une zone du fil sur laquelle la pression est exercée par les galets rotatifs d'une ou plusieurs paires de galets sur le fil.
- [0042] De préférence, le mécanisme de déroulement/enroulement du fil est agencé pour

adapter la position de la zone du fil, sur laquelle la pression est exercée par les galets rotatifs d'une ou plusieurs paires de galets sur le fil, entre le mécanisme de déroulement/enroulement et l'élément de stockage du fil.

- [0043] De préférence, l'élément mobile est agencé pour modifier et/ou adapter et/ou contrôler une position d'une ou plusieurs paires de galets le long du fil et/ou la zone du fil sur laquelle les galets rotatifs d'une ou plusieurs paires de galets exercent une pression sur le fil.
- [0044] De préférence, le dispositif comprend un moteur agencé pour mettre en rotation un ou chaque galet de l'au moins une paire de galets rotatifs.
- [0045] De préférence, le moteur est un moteur pas à pas.
- [0046] De préférence, le moteur est monté sur l'élément fixe.
- [0047] De préférence, le moteur est agencé pour mettre en rotation le galet monté sur l'élément fixe.
- [0048] De préférence, l'au moins une paire de galets est agencés pour dérouler/enrouler le fil par mise en rotation d'un ou de chaque galet d'une ou de plusieurs paires de galets rotatifs.
- [0049] De préférence, le mécanisme de déroulement/enroulement du fil est agencé pour contrôler et/ou moduler et/ou adapter une pression exercée par les galets rotatifs sur le fil.
- [0050] Le mécanisme de déroulement/enroulement, et/ou l'élément fixe et/ou l'élément mobile, est agencé de sorte qu'un ou les galets rotatifs de l'au moins une paire de galets soient mobiles par rapport au fil et/ou l'un relativement à l'autre, de préférence perpendiculairement à l'axe selon lequel les galets rotatifs enserrant le fil.
- [0051] De préférence, le mécanisme de déroulement/enroulement peut comprendre, et/ou le dispositif de compression peut comprendre ou être constitué de, un élément de rappel coopérant avec un ou les galets rotatifs de l'au moins une paire de galets et/ou avec l'élément mobile et/ou avec l'élément fixe de sorte que l'au moins une paire de galets exerce une pression sur le fil. De préférence, une des deux extrémités de l'élément de rappel est fixée sur l'élément fixe, ou sur une partie fixe du dispositif de stabilisation ou du mécanisme de déroulement/enroulement, et l'autre des deux extrémités de l'élément de rappel est fixée sur l'élément mobile.
- [0052] De préférence, l'élément de rappel est agencé pour moduler la pression exercée par les galets rotatifs sur le fil.
- [0053] De préférence, l'élément de rappel est agencé pour exercer une force de rappel de sorte à translater l'élément fixe vers l'élément mobile et/ou à translater un des galets d'une paire de galets vers l'autre des galets de la paire de galets. De préférence, la force de rappel est perpendiculaire à l'axe de révolution du tube réfractaire et/ou à un axe de révolution du tube supplémentaire et s'étend depuis l'élément fixe vers

l'élément mobile et/ou depuis un centre d'un des galets d'une paire de galets vers un centre de l'autre des galets de la paire de galets.

[0054] L'élément de rappel peut être un ressort.

[0055] Ainsi, de préférence, le mécanisme de déroulement/enroulement est agencé pour exercer une pression plus élevée sur le fil lorsque le diamètre du fil diminue de sorte à éviter les glissements du fil entre les galets.

[0056] De préférence, le dispositif comprend le tube creux supplémentaire, dit tube supplémentaire, formant un guide à l'intérieur duquel le fil est destiné à être disposé et/ou à s'étendre et/ou à être mis en translation, le tube supplémentaire est disposé en amont du mécanisme de déroulement/enroulement du fil, par rapport à la direction reliant le mécanisme de déroulement/enroulement au tube réfractaire, et un axe de révolution du tube supplémentaire est principalement parallèle à l'axe de révolution du tube réfractaire.

[0057] De préférence, le mécanisme de déroulement/enroulement est agencé pour, de préférence encore l'agencement du tube réfractaire, du mécanisme de déroulement/enroulement du fil et/ou du tube creux supplémentaire, sont agencés pour, de préférence l'un ou les uns par rapport à l'autre ou aux autres pour, ajuster un axe selon lequel s'étend le fil dans le tube réfractaire principalement parallèlement à un axe de révolution du tube réfractaire et/ou un axe selon lequel s'étend l'extrémité distale du fil principalement parallèle à un axe de révolution du tube réfractaire.

[0058] Le dispositif comprend un dispositif de lévitation, dit lévitateur, comprenant une ouverture ou un passage, reliant l'extérieur à l'intérieur du lévitateur, à travers lequel le fil et/ou le tube creux en matériau réfractaire s'étend.

[0059] Le lévitateur peut être tout type de lévitateur connu de l'état de la technique. A titre d'exemple non limitatif, le lévitateur peut être un dispositif de lévitation par induction, un dispositif de lévitation aérodynamique ou un dispositif de lévitation électrostatique.

[0060] De préférence, le lévitateur est un lévitateur acoustique.

[0061] De préférence, le lévitateur comprend un ensemble d'émetteurs à ultra-sons, dits émetteurs, agencés pour émettre, chacun, une onde acoustique focalisée en un centre du lévitateur. L'ensemble d'émetteurs est agencé pour obtenir des ondes acoustiques stationnaires dont une intensité est maximale au centre du lévitateur.

[0062] De préférence, le lévitateur comprend deux coupoles en vis-à-vis.

[0063] De préférence, chaque coupole comprend :

- un premier groupe d'émetteurs à ultra-sons, dits émetteurs, formant une calotte s'étendant entre un pôle et un stabilisateur,

- un second groupe d'émetteurs à ultra-sons, dits émetteurs, formant le stabilisateur et s'étendant depuis la calotte en direction d'un plan du lévitateur, dit plan médian, qui est perpendiculaire à l'axe reliant le pôle de chacune des coupoles, dit axe de ré-

volution, et qui est situé à équidistance des deux pôles ; les stabilisateurs sont agencés pour former au moins deux couples d'émetteurs comprenant, chacun, deux sous-groupes d'émetteurs radialement opposés dont un sous-groupe d'émetteurs du stabilisateur d'une coupole et un sous-groupe d'émetteurs du stabilisateur de l'autre coupole, chaque sous-groupe d'émetteurs comprend au moins un émetteur.

- [0064] De préférence, les émetteurs de la calotte de chacune des coupoles sont agencés pour émettre une onde acoustique présentant une première fréquence f_1 et les émetteurs du stabilisateur de chacune des coupoles sont agencés pour émettre une onde acoustique présentant une fréquence f_2 différente de f_1 .
- [0065] De préférence, les deux sous-groupes d'émetteurs d'un des couples d'émetteurs sont agencés pour émettre des ondes acoustiques dont une phase diffère d'une phase des ondes acoustiques émises par les deux sous-groupes d'émetteurs d'un autre des couples.
- [0066] De préférence, le système de contrôle du lévitateur est agencé et/ou programmé pour, à partir d'informations de position d'une extrémité distale du fil et/ou d'informations du centre du lévitateur positionner une extrémité distale du fil dans le lévitateur de sorte que l'extrémité distale du fil destiné à être mis en fusion et/ou lors de sa mise en fusion soit stabilisée par le lévitateur.
- [0067] Les informations de position d'une extrémité distale du fil et/ou les informations du centre du lévitateur sont dites informations dans la présente description. Les informations peuvent être des données provenant d'un système d'imagerie. Le système d'imagerie peut être un capteur optique ou système optique comprenant un capteur optique, par exemple une caméra.
- [0068] Le dispositif comprend un système d'imagerie agencé pour imager l'extrémité distale du fil et/ou le centre du lévitateur ; les images acquises par le système d'imagerie constituent les informations de position de l'extrémité distale du fil.
- [0069] De préférence, les émetteurs à ultra-sons sont des émetteurs piézoélectriques.
- [0070] De préférence, le centre du dispositif acoustique est un centre géométrique du dispositif de lévitation.
- [0071] De préférence, le centre du dispositif de lévitation est intersecté par l'axe d'émission de l'onde acoustique émise par chacun des émetteurs.
- [0072] Les coupoles peuvent être de forme ovoïde, de préférence de forme sphérique.
- [0073] De préférence, la partie concave d'une coupole est située en vis-à-vis de la partie concave de l'autre coupole.
- [0074] De préférence, le premier et le second groupe d'émetteurs d'une coupole constitue l'ensemble des émetteurs de la coupole.
- [0075] De préférence, chaque émetteur du premier groupe d'émetteurs d'une coupole est radialement opposé à un autre émetteur du premier groupe d'émetteurs de l'autre

coupole. De préférence, chaque émetteur du second groupe d'émetteurs d'une coupole est radialement opposé à un autre émetteur du second groupe d'émetteurs de l'autre coupole.

- [0076] De préférence, le pôle d'une coupole est ou constitue également un pôle du dispositif de lévitation.
- [0077] De préférence, la calotte d'une coupole considérée s'étend entre le pôle et le stabilisateur de la coupole considérée selon une direction s'étendant depuis le pôle de la coupole considérée vers le plan médian.
- [0078] De préférence, l'axe reliant le pôle de chacune des coupoles est un axe de symétrie du dispositif de lévitation. L'axe reliant le pôle de chacune des coupoles peut être défini comme l'axe reliant les deux pôles du dispositif de lévitation.
- [0079] De préférence, un objet ou un échantillon à analyser est destiné à léviter au centre du dispositif de lévitation.
- [0080] De préférence, la phase de l'onde émise par un des couples d'émetteurs diffère des phases des ondes stationnaires émises par chacun des autres couples d'émetteurs.
- [0081] De préférence, un couple d'émetteurs émet une onde stationnaire présentant une phase différente d'une phase d'une onde stationnaire émise par un autre des couples d'émetteurs. De préférence, chaque couple d'émetteurs émet une onde stationnaire présentant une phase différente.
- [0082] De préférence, le lévificateur comprend un système de contrôle agencé et/ou programmé pour, à partir d'informations de position d'une extrémité distale du fil et/ou d'informations du centre du lévificateur commander l'enroulement/déroulement du fil de sorte à positionner l'extrémité distale du fil, s'étendant hors du tube réfractaire, au centre du lévificateur.
- [0083] De préférence, le lévificateur comprend une unité de commande agencée pour que la phase de l'onde acoustique émise par les au moins deux couples d'émetteurs augmente ou diminue, par incrémentation successive, d'un couple d'émetteurs donné à un couple d'émetteurs adjacent.
- [0084] De préférence, la fréquence f_1 est supérieure ou inférieure à la fréquence f_2 d'au moins 5 kHz.
- [0085] Selon l'invention, il est également proposé un système de stabilisation et de production d'échantillons en fusion, dit système. Le système comprend :
- le dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion selon l'invention, et
 - un système de mise en fusion de l'extrémité distale du fil.
- [0086] De préférence, le système de mise en fusion est agencé pour émettre un faisceau laser dont une trajectoire intersecte une zone dans laquelle est destinée à être positionnée l'extrémité distale du fil.
- [0087] Le système de mise en fusion de l'extrémité distale du fil peut comprendre ou être

basé sur l'utilisation de particules chargés, par exemples des ions ou électrons. De préférence, le système de mise en fusion de l'extrémité distale du fil comprend ou est basé sur l'utilisation d'ondes électromagnétiques, par exemple une source optique de forte puissance tel que des LEDs haute puissance ou une lampe halogène.

- [0088] De préférence, le système de mise en fusion de l'extrémité distale du fil comprend ou est constitué par au moins un laser agencé pour émettre un faisceau laser dont une trajectoire intersecte la zone dans laquelle est destinée à être positionnée l'extrémité distale du fil. De préférence, lorsque le système de stabilisation comprend le lévitateur et le système de mise en fusion, la zone dans laquelle est destinée à être positionnée l'extrémité distale du fil est située au centre du lévitateur.
- [0089] Selon l'invention, il est également proposé un dispositif de lévitation, dit lévitateur, comprenant le dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion selon l'invention. Le lévitateur comprend une ouverture ou un passage, reliant l'extérieur à l'intérieur du lévitateur, à travers lequel le fil et/ou le tube creux en matériau réfractaire s'étend.
- [0090] De préférence, le dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion selon l'invention convient, de préférence encore est particulièrement adaptée, de manière davantage préférée est conçue et de manière particulièrement avantageuse est spécialement conçue, pour coopérer avec et/ou pour être monté sur le lévitateur selon l'invention.
- [0091] Le lévitateur peut être tout type de lévitateur connu de l'état de la technique. A titre d'exemple non limitatif, le lévitateur peut être un dispositif de lévitation par induction, un dispositif de lévitation aérodynamique ou un dispositif de lévitation électrostatique.
- [0092] De préférence, le lévitateur est un lévitateur acoustique tel que décrit dans la présente demande.
- [0093] De préférence, le lévitateur selon l'invention convient, de préférence encore est particulièrement adaptée, de manière davantage préférée est conçue et de manière particulièrement avantageuse est spécialement conçue, pour coopérer avec et/ou pour être monté sur le dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion /ou sur le système de stabilisation et de production d'échantillons en fusion selon l'invention.
- [0094] Selon l'invention, il est également proposé un procédé de stabilisation d'échantillons en fusion. Le procédé de stabilisation d'échantillons en fusion comprend :
- un guidage d'un fil constitué d'un métal ou d'un alliage métallique dans un tube creux en matériau réfractaire, dit tube réfractaire, formant un guide à l'intérieur duquel est destiné à être disposé le fil,
 - une mise en translation du fil dans le tube réfractaire au moyen d'un mécanisme de déroulement/enroulement du fil situé en amont du tube réfractaire, par rapport à une direction reliant le mécanisme de déroulement/enroulement au tube réfractaire,
 - une commande, par un système de contrôle, de l'enroulement/déroulement du

fil de sorte à contrôler la position d'une extrémité distale du fil, destiné à être mis en fusion, hors du tube réfractaire.

[0095] Selon l'invention, il est également proposé un procédé de stabilisation et de production d'échantillons en fusion. Le procédé de stabilisation et de production d'échantillons en fusion comprend :

- le procédé de stabilisation d'échantillons en fusion selon l'invention,
- une mise en fusion d'une extrémité distale du fil destinée à être mise en fusion.

[0096] De préférence, le procédé de stabilisation et de production d'échantillons en fusion comprend une étape consistant à disposer l'extrémité distale du fil au centre d'un dispositif de lévitation, dit lévitateur, de sorte que, lors du fonctionnement du lévitateur, le lévitateur contribue également à la stabilisation de l'extrémité distale, en fusion, du fil.

[0097] De préférence, le procédé de stabilisation et de production d'échantillons en fusion comprend un déroulement du fil pour augmenter un volume de l'extrémité distale, en fusion, du fil jusqu'à provoquer un détachement de l'extrémité distale en fusion de sorte qu'une goutte de métal ou d'alliage métallique en fusion lévite dans le lévitateur.

[0098] De préférence, le dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion /ou sur le système de stabilisation et de production d'échantillons en fusion selon l'invention convient, de préférence encore est particulièrement adaptée, de manière davantage préférée est conçue et de manière particulièrement avantageuse est spécialement conçue, pour mettre en œuvre le procédé de stabilisation d'échantillons en fusion et/ou le procédé de stabilisation et de production d'échantillons en fusion. Aussi toute caractéristique du dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion /ou du système de stabilisation et de production d'échantillons en fusion selon l'invention est directement transposable au procédé de stabilisation d'échantillons en fusion et/ou le procédé de stabilisation et de production d'échantillons en fusion et inversement.

Description des figures

[0099] D'autres avantages et particularités de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée de mises en œuvre et de modes de réalisation nullement limitatifs, et des dessins annexés suivants :

[0100] [Fig.1] la [Fig.1] est une représentation schématique en vue de côté d'un mode de réalisation d'un dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion selon l'invention,

[0101] [Fig.2] la [Fig.2] est une représentation schématique en vue de côté d'un mode de réalisation du système de stabilisation et de production d'échantillons en fusion selon l'invention,

[0102] [Fig.3] la [Fig.3] est une représentation schématique en vue de côté d'une amé-

lioration du mode de réalisation du système de stabilisation et de production d'échantillons en fusion selon l'invention présentée sur la [Fig.2],

[0103] [Fig.4] la [Fig.4] est une représentation schématique d'une coupe en vue de côté d'un mode de réalisation du dispositif de lévitation acoustique selon le mode de réalisation,

[0104] [Fig.5] la [Fig.5] est une représentation schématique en vue de côté illustrant les calottes du lévitateur et les couples des stabilisateurs du dispositif de lévitation acoustique selon le mode de réalisation.

Description des modes de réalisation

[0105] Les modes de réalisation décrits ci-après étant nullement limitatifs, on pourra notamment considérer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites, isolées des autres caractéristiques décrites (même si cette sélection est isolée au sein d'une phrase comprenant ces autres caractéristiques), si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure. Cette sélection comprend au moins une caractéristique, de préférence fonctionnelle sans détails structurels, ou avec seulement une partie des détails structurels si cette partie uniquement est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'état de la technique antérieure.

[0106] En référence à la [Fig.1], il est présenté un mode de réalisation du dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion 1. Le dispositif 1 comprend un tube creux 2 en matériau réfractaire, dit tube réfractaire 2. Le tube réfractaire 2 est en alumine selon le mode de réalisation. Le tube réfractaire 2 forme un guide à l'intérieur duquel est destiné à être disposé un fil 3 constitué d'un métal étant qualifié de pur, c'est-à-dire présentant un taux d'impuretés inférieur à 1000 ppm, ou d'un alliage métallique. Le dispositif 1 comprend également un mécanisme de déroulement/enroulement 4 du fil 3. Le mécanisme de déroulement/enroulement 4 est situé en amont du tube réfractaire 3 par rapport à la direction reliant le mécanisme de déroulement/enroulement 4 au tube réfractaire 3 et au sens de déroulement du fil 3. Le mécanisme de déroulement/enroulement 4 est agencé pour mettre en translation le fil 3 dans le tube réfractaire 2. Le dispositif 1 comprend un système de commande 10 agencé et/ou programmé pour commander l'enroulement/déroulement du fil de sorte à contrôler la position d'une extrémité distale 31 du fil 3 hors du tube réfractaire 2. Le tube réfractaire 2 permet d'exposer uniquement l'extrémité 31 distale du fil 3 et de limiter l'exposition à la chaleur de la partie du fil 3 se trouvant en amont de l'extrémité 31 distale du fil 3. Toutefois, l'augmentation de la longueur du tube réfractaire 2, c'est-à-dire de la dimension du tube réfractaire 2 s'étendant selon l'axe de révolution du tube réfractaire 2, a pour effet d'introduire des frottements du fil 3 sur la paroi interne du tube ré-

fractaire 2 et/ou un pliage du fil 3 en amont du tube réfractaire 2 par flambage du fil 3. La longueur du tube réfractaire ne doit donc pas être trop élevée. Le tube réfractaire 2 permet d'éviter ces problèmes. En outre, positionner le tube réfractaire 2 à proximité immédiate de la zone de chauffe permet d'éviter encore davantage ces problèmes.

- [0107] Selon le mode de réalisation non limitatif, le tube réfractaire présente un diamètre extérieur d'approximativement 3 mm, un diamètre interne d'environ 1,25 mm et une longueur de l'ordre de 115 mm. Le tube supplémentaire 12 présente un diamètre extérieur d'approximativement 4 mm, un diamètre interne d'environ 2,5 mm et une longueur de l'ordre de 95 mm.
- [0108] L'extrémité 31 du fil 3 est destinée à être mise en fusion de sorte à pouvoir réaliser des analyses sur le métal ou l'alliage métallique en fusion. Les analyses peuvent être réalisées par analyse d'images de l'extrémité 31 du fil 3 en fusion et/ou par analyse d'ondes électromagnétiques, par exemple infra-rouge ou fluorescence X, émises par l'extrémité 31 du fil 3 en fusion. En pratique, une goutte de métal ou d'alliage de métal en fusion est formée.
- [0109] En l'absence de dispositif de stabilisation 1 selon l'invention, la mise en fusion de l'extrémité 31 du fil 3 aboutit à une augmentation non contrôlée de la taille de la goutte formée. Aussi, le contrôle et l'ajustement de la position de l'extrémité 31 distale du fil 3 hors du tube réfractaire 2, par le mécanisme de déroulement/enroulement 4, est nécessaire.
- [0110] En outre, lors du chauffage de l'extrémité 31 distale du fil 3, l'absence de tube réfractaire 2 peut induire un mouvement de l'extrémité 31 du fil 3 ayant pour effet un chauffage, et donc un maintien en fusion, non contrôlé, non homogène ou non optimal. A cet effet, il est préférable de maintenir l'extrémité 31 du fil 3 à proximité de l'extrémité distale 21 du tube réfractaire 2. Typiquement une distance comprise entre 1 mm et 9 mm convient et une distance préférée comprise entre 3 et 15 mm.
- [0111] En outre, une fois la goutte métallique ou d'alliage métallique 18 formée, cette dernière a tendance à remonter, par capillarité, sur le fil 3. Aussi, le mécanisme de déroulement/enroulement 4 du fil 3 permet d'ajuster la position de l'extrémité 31 distale du fil 3 en fonction de ce mouvement de la goutte 18 sur le fil 3. En outre, il est préférable que, lors de l'utilisation du dispositif 1, un axe de révolution du tube réfractaire 2, ou un axe de révolution ou longitudinal du canal traversant le tube réfractaire 2, soit parallèle à la verticale ou à la pesanteur de sorte que la force de gravitation exercée sur la goutte 18 soit opposée aux forces capillaires tendant à faire remonter la goutte 18 le long du fil 3.
- [0112] Le mécanisme de déroulement/enroulement 4 du fil 3 comprend au moins une paire 5 de galets rotatifs 51, 52, une unique paire 5 selon le mode de réalisation, agencés pour enserrer le fil 3. La paire 5 de galets rotatifs 51, 52 est agencée pour dérouler/enrouler

le fil 3. La paire 5 de galets rotatifs 51, 52 est également agencée pour exercer une pression sur le fil 3. Un axe reliant un centre de chacun des deux galets rotatifs 51, 52, cet axe est parallèle à la direction notée x sur la [Fig.1], est perpendiculaire à l'axe de révolution du tube réfractaire 3.

- [0113] L'agencement du mécanisme de déroulement/enroulement 4 du fil 3 et du tube réfractaire 2 permet de maintenir le fil 3 rectiligne en aval dudit mécanisme de déroulement/enroulement 4. En effet, la pression exercée par le mécanisme de déroulement/enroulement 4 du fil 3 a pour effet de redresser le fil 3 lors de son passage entre les galets 51, 52. En combinaison, le canal traversant le tube réfractaire 3 à l'intérieur duquel translate le fil 3 en aval du mécanisme 4 permet de contraindre le fil 3 à conserver une forme principalement rectiligne.
- [0114] Selon le mode de réalisation non limitatif, les galets rotatifs 51, 52 présentent un diamètre de l'ordre de 15 mm et une largeur, c'est-à-dire la dimension des galets rotatifs 51, 52 selon leur axe de révolution, d'approximativement 10 mm.
- [0115] Afin d'améliorer encore l'obtention de la forme principalement rectiligne du fil 3 en aval du tube réfractaire 2, le dispositif 1 comprend un tube creux supplémentaire 12, dit tube supplémentaire 12, formant un guide à l'intérieur duquel le fil 3 est destiné à être disposé. Le tube supplémentaire 12 est en métal, du laiton selon le mode de réalisation. Rien ne s'oppose à ce que le tube supplémentaire 12 soit en un matériau présentant un pouvoir réfractaire plus important, tel que de la céramique. En outre, la céramique offre une très bonne résistance aux frottements du fil 3 sur la paroi interne du tube réfractaire 2 susceptibles d'apparaître lors de l'enroulement/déroulement du fil 3. Toutefois, le métal offre une résistance aux frottements suffisante. Le tube supplémentaire 12 est disposé en amont du mécanisme de déroulement/enroulement 4 du fil 3, par rapport à la direction reliant le mécanisme de déroulement/enroulement 4 au tube réfractaire 2 et au sens de déroulement du fil 3. L'axe de révolution du tube supplémentaire 12 est parallèle à l'axe de révolution du tube réfractaire 3. Le tube supplémentaire 12 permet également d'éviter un entortillement, un pliage ou une cassure du fil 3 lors de son enroulement/déroulement. Le tube supplémentaire 12 étant plus éloigné que le tube réfractaire 2 de la zone de chauffe il subit un chauffage modéré, voire négligeable dans certains cas. Le tube supplémentaire 12 pourrait être, lorsque la température au niveau du tube supplémentaire 12 est suffisamment basse, en polymère, de préférence un polymère résistant à la chaleur, tel que du polyamide, du téflon ou du polyétheréthercétone (PEEK).
- [0116] Le mécanisme de déroulement/enroulement 4 comprend un élément fixe 6 et un élément mobile 7. Un des galets 52 de la paire 5 de galets 51, 52 est monté fixe sur l'élément fixe 6 et l'autre des galets 51 de la paire 5 de galets 51, 52 est monté fixe sur l'élément mobile 7. L'élément mobile 7 est agencé pour traduire perpendiculairement

à l'axe de révolution du tube réfractaire 2. Ainsi, le galet 52 est fixe et le galet 51 est mobile relativement au galet 52. De cette manière le, le fil 3 est enserré entre le galet mobile 51 et le galet fixe 52. Selon le mode de réalisation non limitatif, c'est l'élément mobile 7 qui assure la translation du galet mobile 51 relativement au galet fixe 52. Tout moyen de guidage en translation 11 de l'élément mobile 7 ou du galet 51 peut être envisagé tel que, par exemple, un bras ou une tige sur laquelle ou le long de laquelle l'élément mobile 7 ou le galet 51 coulisse. Selon le mode de réalisation, l'élément mobile 7 est guidé par une glissière 8 dans laquelle il coulisse.

- [0117] Le dispositif 1 comprend un moteur 8 agencé pour mettre en rotation le galet rotatif fixe 52 de la paire 5 de galets rotatifs 51, 52. Ainsi, associé à la pression exercée sur le fil 3 par la paire 5 de galets, la mise en rotation du galet 52 permet de dérouler et d'enrouler le fil 3. Le moteur 8 est monté fixe sur l'élément fixe 6 et entraîne la rotation du galet 52. Selon le mode de réalisation, un module électronique de contrôle 9 commande le moteur 8. Le contrôleur 9 est relié au système de commande 10 qui permet de piloter et commander le moteur 8. Le moteur 8 peut être, par exemple, un moteur pas à pas 8.
- [0118] Le mécanisme de déroulement/enroulement 4 du fil 3 est agencé pour moduler la pression exercée, notée P, par les galets rotatifs 51, 52 sur le fil 3. La pression P exercée est modulée en adaptant la force exercée sur le fil 3 par le moyen de mise en translation 11 de l'élément mobile 7. Il a été remarqué qu'une diminution du diamètre du fil 3 engendre des glissements du fil 3 lors de la mise en rotation des galets 51, 52 et donc des défauts d'enroulement/déroulement du fil 3. Aussi, il est préférable d'augmenter la pression (ou la force) exercée sur le fil 3 lorsque le diamètre du fil 3 diminue.
- [0119] Selon le mode de réalisation non limitatif, le moyen de mise en translation 11 de l'élément mobile 7 est un moyen de rappel 11, un ressort 11 par exemple. Toujours selon le mode de réalisation non limitatif, le mécanisme de déroulement/enroulement 4 du fil 3 comprend deux ressorts 11. Chaque ressort 11 présente une raideur d'environ 300 N.m^{-1} et une force de rappel de l'ordre de 11 N.
- [0120] Le mécanisme de déroulement/enroulement 4 peut être monté sur un élément fixe 19, tel qu'un support 19, par exemple une potence 19 ou un bras. Le mécanisme de déroulement/enroulement 4 peut être agencé pour mettre mis en translation et/ou en rotation par rapport à l'élément fixe 19, par exemple en étant monté sur une platine elle-même montée mobile sur l'élément fixe 19.
- [0121] En référence aux FIGURES 2 et 3, il est également décrit deux modes de réalisation d'un système de stabilisation et de production d'échantillons en fusion 13, dit système de stabilisation 13.
- [0122] Selon le mode de réalisation, le système 13 comprend le dispositif de stabilisation

d'échantillons en fusion 1 selon l'invention. Le système de stabilisation 13 comprend, en outre un système de mise en fusion 14 de l'extrémité distale 31 du fil 3. Le système de mise en fusion 14 est agencé pour émettre un faisceau électromagnétique 15 ou de particules élémentaires 15 aptes à chauffer le fil à une température supérieure à 800°C, tels que par exemple des ions ou des électrons. Le faisceau électromagnétique 15 ou de particules élémentaires 15 intersecte la zone dans laquelle est destinée à être positionnée l'extrémité distale 31 du fil 3 hors du tube réfractaire 2. Le système de mise en fusion 14 est agencé pour contrôler la trajectoire du faisceau 15 de sorte à intersecter la zone dans laquelle est destinée à être positionnée l'extrémité distale 31 du fil 3 hors du tube réfractaire 2 si la position de la zone dans l'espace est modifiée ou doit être modifiée. Le système de mise en fusion 14 de l'extrémité distale 31 du fil 3 est un laser 14 selon le mode de réalisation non limitatif. Le laser 14 est agencé pour émettre un faisceau laser 15. Ainsi, lors de la mise en fusion de l'extrémité distale 31 du fil 3, une goutte 18 de métal liquide ou d'alliage métallique liquide est formée.

[0123] En référence à la [Fig.4], dans un perfectionnement de l'invention, le système 13 comprend, en outre, un lévitateur 16. Tout type de lévitateur connu 16 peut être utilisé. En effet, aucun lévitateur ne permet de maintenir une goutte de métal en fusion 18 autosupportée, c'est-à-dire non reliée à un fil 3, pendant un temps suffisant pour étudier la goutte 18. En effet, des perturbations finissent par engendrer une déstabilisation et une perte de la lévitation de la goutte 18. L'utilisation du dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion 1 selon l'invention en combinaison avec un lévitateur 16 permet de conserver la goutte 18 en lévitation pendant des temps plus longs que le lévitateur 16 utilisé seul. La goutte 18 est maintenue dans une zone donnée et choisie de l'espace plus longtemps. En outre, le lévitateur 16 comprend une ouverture reliant l'extérieur à l'intérieur du lévitateur 16 à travers lequel le tube réfractaire 2 s'étend. La plupart des lévitateurs 16 comporte nécessairement une ouverture, c'est en particulier le cas des lévitateurs 16 comprenant deux coupoles 41, 42 en vis-à-vis.

[0124] En outre, il est préférable d'utiliser un lévitateur acoustique. Il est particulièrement avantageux d'utiliser un lévitateur acoustique 16 tel que représenté sur les FIGURES 4 et 5 et décrit en détail ci-dessous. Lors de l'utilisation d'un lévitateur acoustique 16, il est préférable que le système de mise en fusion 14 soit sans contact et ne soit pas basé sur l'utilisation d'un flux de matière, en particulier un flux de gaz tel qu'une flamme. En effet, les gaz sont repoussés par les ondes du lévitateur 16, et en particulier dans le cas des lévitateurs acoustiques 16.

[0125] Le système de stabilisation 13 ou le dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion 1 peut être couplé ou peut comprendre un système optique 17 agencé pour imager la zone dans laquelle se situe l'extrémité distale 31 du fil 3. Il peut être entendu par imager l'extrémité distale 31 du fil 3, l'acquisition d'une onde électromagnétique

provenant ou émise par la goutte 18.

- [0126] En outre, les données provenant du système optique 17 peuvent également être utilisées pour contrôler et/ou ajuster la position de l'extrémité distale 31 du fil 3, via le mécanisme de déroulement/enroulement 4 du fil 3, et/ou pour contrôler et/ou ajuster la température de la goutte 18, via le système de mise en fusion 14.
- [0127] Selon l'invention, le fil 3 ne fait pas partie du système de stabilisation 13 ni du dispositif de stabilisation 1. Le fil 3 est destiné à coopérer avec le système de stabilisation 13 et le dispositif de stabilisation 1 lors de l'utilisation de ces derniers. Il convient de s'assurer que le fil 3 présente un diamètre permettant qu'il soit suffisamment souple sans être trop rigide. Par exemple, le fil peut présenter un diamètre compris entre 0,05 et 0,5 mm, de manière préférée compris entre 0,1 et 0,25 mm. Un rapport entre le diamètre interne, c'est à dire le diamètre du canal traversant, du tube réfractaire 2 et du tube supplémentaire 12 et le diamètre du fil 3 peut être compris entre deux et dix pour diminuer les frottements du fil 3 contre les parois interne du tube réfractaire 2 et du tube supplémentaire 12 tout en permettant un maintien rectiligne du fil 3.
- [0128] En référence aux FIGURES 4 et 5, il est décrit un mode de réalisation avantageux d'un lévitateur acoustique 16, dit lévitateur 16 dans le reste de la description ci-dessous, selon l'invention. Bien que le lévitateur 16 présenté, utilisé seul, permette de maintenir une goutte 18 autosupportée, c'est-à-dire non reliée à un fil 3, pendant un temps de quelques minutes, voire une dizaine de minutes, des perturbations finissent par engendrer une déstabilisation de la lévitation de la goutte 18. Il y a donc un besoin de stabiliser davantage la goutte 18. A cet effet, le lévitateur 16 présenté ci-dessous, lorsqu'il est en combinaison avec le dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion 1 selon l'invention permet de conserver la goutte 18 en lévitation autant que nécessaire. La goutte 18 est maintenue dans un zone donnée et choisie de l'espace sans limite de temps.
- [0129] Le lévitateur 16 comprend un ensemble d'émetteurs à ultra-sons 20, dits émetteurs 20. Les émetteurs 20 sont agencés pour émettre, chacun, une onde acoustique focalisée au centre 30 du lévitateur 16. Les émetteurs à ultrasons 20 utilisés sont fabriqués par Manorshi® sous les références MSO-P1640H12T et MSO-P1625H12T. L'ensemble d'émetteurs 20 est agencé pour obtenir des ondes acoustiques stationnaires dont une intensité est maximale au centre 30 du lévitateur 16. Le mode de réalisation présenté est un exemple non limitatif d'un agencement possible des émetteurs 20. L'homme du métier saura comprendre la notion d'onde acoustique stationnaire comme étant une superposition de deux ondes acoustiques, se propageant selon un même axe et dans un sens opposé, dont les nœuds à pression nulle sont fixes dans l'espace. Selon le mode de réalisation non limitatif, le lévitateur 16 comprend cinquante-huit émetteurs 20.

Chaque émetteur 20 d'une coupole 41, 42 est radialement opposé à un émetteur 20 différent de l'autre coupole 41, 42.

- [0130] Le lévitateur 16 comprend deux coupoles 41, 42 en vis-à-vis. Un axe de révolution 50 relie les pôles 61, 62 de chacune des coupoles 41, 42. Un plan médian 70 perpendiculaire à l'axe de révolution 50 est situé à équidistance entre les pôles 61, 62. Selon le mode de réalisation, les coupoles 41, 42 sont sphériques.
- [0131] Chaque coupole 41, 42 comprend un premier groupe 411, 421 d'émetteurs 20 formant une calotte 81, 82 s'étendant entre un pôle 61, 62 et un stabilisateur 91, 92. Le premier groupe 411, 421 de chaque calotte 81, 82 de chaque coupole 41, 42 comprend 54 émetteurs. Chaque émetteur 20 d'une calotte 81, 82 d'une coupole 41, 42 est radialement opposé à un émetteur 20 différent de l'autre calotte 81, 82 de l'autre coupole 41, 42.
- [0132] Chaque coupole 41, 42 comprend un second groupe 412, 422 d'émetteurs 20 formant le stabilisateur 91, 92. Le second groupe 412, 422 d'émetteurs 20 s'étend entre la calotte 81, 82 de chaque coupole 41, 42 et en direction du plan médian 70. Le second groupe 412, 422 d'émetteurs de chaque calotte 81, 82 de chaque coupole 41, 42 comprend 54 émetteurs. Chaque émetteur 20 d'un stabilisateur 91,92 d'une coupole 41, 42 est radialement opposé à un émetteur 20 différent de l'autre stabilisateur 91, 92 de l'autre coupole 41, 42.
- [0133] Selon le mode de réalisation et de manière avantageuse, les émetteurs 20 du premier groupe 411, 421 tapissent ou forme un pavage de ou sont répartis sur, de préférence encore de manière régulière ou homogène, l'ensemble de chaque calotte 81, 82. Selon le mode de réalisation et de manière avantageuse, les émetteurs 20 du second groupe 412, 422 tapissent ou forme un pavage de ou sont répartis sur, de préférence encore de manière régulière ou homogène, l'ensemble de chaque stabilisateur 91, 92.
- [0134] Selon le mode de réalisation non limitatif, le premier groupe 411, 421 d'émetteurs 20 de chaque coupole 41, 42 comprend six anneaux d'émetteurs 20 dont un centre est confondu avec l'axe de révolution 50. Le second groupe 412, 422 d'émetteurs 20 comprend deux anneaux d'émetteurs 20 dont un centre est confondu avec l'axe de révolution 50. Le centre 30 du lévitateur 16 est situé à une distance d'environ huit centimètres (cm) des émetteurs 20. Le lévitateur 16 selon le mode de réalisation est agencé pour des échantillons dont la taille est comprise entre un et trois millimètres (mm). Tout type d'échantillon, et en particulier des échantillons à haute densité, par exemple le Platine avec une densité de 21,5, a pu être mis en lévitation de manière contrôlée avec le lévitateur 16 selon l'invention.
- [0135] Le lévitateur 16 comprend un volume ou une zone d'espace 100, s'étendant entre les deux coupoles 41, 42, dépourvu d'émetteurs 20. La zone d'espace 100 constitue une portion de sphère 100 ou un anneau 100. La portion de sphère 100 comprend le plan

médian 70. La portion de sphère 100 s'étend entre les deux stabilisateurs 91, 92. De préférence, la portion de sphère 100 est dépourvue de tout élément solide ou partie solide. Ainsi, la portion de sphère 100 constitue ou forme une ouverture annulaire 100 offrant un accès à 360° au centre 30 du lévitateur 16. De cette manière, l'accès au centre 30 du lévitateur 16 est possible sur l'ensemble du pourtour du lévitateur 16.

[0136] L'homme du métier comprendra que le dispositif acoustique 16 est destiné à être alimenté par une ou plusieurs alimentations sans que ces dernières ne fassent nécessairement partie intégrante de l'invention. En pratique, et de manière non limitative, les calottes 81, 82 sont destinées à être alimentées par une alimentation distincte de l'alimentation destinée à alimenter les stabilisateurs 91, 92. Le lévitateur 16 peut comprendre une unité de commande et/ou une unité de traitement sans que cette dernière ne fasse nécessairement partie intégrante de l'invention. L'unité de commande peut être agencée, entre autres, pour contrôler et/ou moduler les paramètres de sortie, par exemple une tension et/ou une fréquence et/ou une phase et/ou une puissance d'un signal destiné à alimenter un ou des émetteurs 20, de la ou des alimentations. A titre d'exemple non limitatif l'unité de commande peut être ou peut comprendre un micro-contrôleur.

[0137] La lévitation d'objet sous l'effet d'ondes acoustiques fait apparaître des instabilités et perturbations inhérentes au processus de mise en lévitation par ondes acoustiques, en particulier du fait des irrégularités géométriques de l'échantillon. En outre, sous certaines conditions expérimentales d'études de l'échantillon, en particulier lorsqu'il est chauffé ou a fortiori mis en fusion, des instabilités supplémentaires, tels que par exemple des flux de gaz chauds et la déformation géométrique de l'échantillon, apparaissent. Pour pallier ces instabilités et perturbations, les émetteurs 20 de la calotte 81, 82 de chacune des coupes 41, 42 émettent une onde acoustique présentant une première fréquence f_1 et les émetteurs 20 du stabilisateur 91, 92 de chacune des coupes 41, 42 émettent une onde acoustique présentant une fréquence f_2 différente de f_1 . Selon le mode de réalisation non limitatif, les ondes acoustiques émises par les calottes 81, 82 présentent la même fréquence f_1 qui est de 40 kHz et les ondes acoustiques émises par les stabilisateurs 91, 92 présentent la même fréquence f_2 qui est de 25 kHz. Cette caractéristique permet d'éviter le couplage entre les ondes acoustiques émises par les calottes 81, 82 et les ondes acoustiques émises par les stabilisateurs 91, 92. Ainsi, cette caractéristique permet de décorrélérer l'effet des calottes 81, 82 de l'effet des stabilisateurs 91, 92. Cette absence de couplage permet que l'agencement des calottes 81, 82 ait pour effet de mettre en lévitation l'objet en contrant la gravité. Cette absence de couplage permet que l'agencement des stabilisateurs 91, 92 ait pour effet de stabiliser latéralement l'objet en contrant les instabilités ou perturbations dans le plan horizontal. Ceci procure un contrôle accru de la

l'é lévitation et permet de confiner l'échantillon au centre 30 du lévitateur 16 en limitant, voire supprimant, les mouvements latéraux de l'échantillon. Il est à noter que la fréquence f_1 pourrait tout aussi bien être inférieure à la fréquence f_2 . L'homme du métier saura adapter les fréquences en fonction de la taille de l'échantillon destiné à léviter.

[0138] La lévitation d'objets liquides sous l'effet d'ondes acoustiques fait également apparaître un écrasement ou un aplatissement vertical de l'échantillon sous l'effet de son propre poids et sous l'effet des ondes acoustiques, contrant l'effet de la gravité, assurant la lévitation de l'échantillon. Cet effet est inhérent aux dispositifs de lévitation acoustique de l'état de l'art. La caractéristique du dispositif de lévitation 1 selon laquelle les émetteurs 20 de la calotte 81, 82 de chacune des coupoles 41, 42 émettent une onde acoustique qui présentent une fréquence f_1 différente d'une fréquence f_2 d'une onde émise par les émetteurs 20 du stabilisateur 91, 92 permet, en outre, de pallier à cet effet d'écrasement des pôles de l'échantillon en lévitation.

[0139] Les émetteurs 20 du second groupe 412, 422 d'émetteurs de chaque coupole 41, 42 sont agencés pour que les stabilisateurs 91, 92 forment au moins deux couples d'émetteurs 20. A titre d'exemple, l'utilisation de deux couples d'émetteurs permettra d'agir sur deux directions latérales, de préférence perpendiculaires. L'utilisation de trois couples d'émetteurs permettra d'agir sur trois directions latérales, de préférence formant un angle de 120° entre elles.

[0140] Selon le mode de réalisation, les stabilisateurs 91, 92 forment six couples 93, 94, 95, 96, 97, 98 d'émetteurs 20 selon le mode de réalisation non limitatif. Deux couples d'émetteurs 20 suffisent à obtenir l'effet minimum escompté de stabilisation latérale contrôlée. Six couples 93, 94, 95, 96, 97, 98 d'émetteurs 20 permettent un meilleur contrôle latéral de l'échantillon et offrent un bon compromis entre contrôle de la stabilisation latérale et complexité de l'électronique requis pour le contrôle des émetteurs 20 des couples 93, 94, 95, 96, 97, 98. Toutefois, rien ne s'oppose à utiliser un nombre plus important de couples d'émetteurs 20 pour offrir un contrôle de la stabilisation latérale accru. Chaque couple 93, 94, 95, 96, 97, 98 d'émetteurs 20 est formé par deux sous-groupes 931, 932, 941, 942, 951, 952, 961, 962, 971, 972, 981, 982 d'émetteurs 20 en vis-à-vis des seconds groupes 412, 422 d'émetteurs. Chaque couple 93, 94, 95, 96, 97, 98 d'émetteurs comprend un sous-groupe 931, 941, 951, 961, 971, 981 d'émetteurs 20 du stabilisateur 91 de la coupole 41 et un sous-groupe 932, 942, 952, 962, 972, 982 d'émetteurs 20 du stabilisateur 92 de la coupole 42. Les deux sous-groupes 931, 932, 941, 942, 951, 952, 961, 962, 971, 972, 981 et 982 d'émetteurs 20 d'un couple 93, 94, 95, 96, 97, 98 d'émetteurs 20 sont situés de part et d'autre du plan médian. Un sous-groupe 931, 932, 941, 942, 951 d'émetteurs 20 d'un couple 93, 94, 95, 96, 97, 98 appartient au stabilisateur 91 d'une coupole 41 et est en vis-à-vis de

l'autre sous-groupe 932, 942, 952, 962, 972, 982 d'émetteurs 20 du couple 93, 94, 95, 96, 97, 98 qui appartient au stabilisateur 92 de l'autre coupole 42. Chaque sous-groupe 931, 932, 941, 942, 951, 952, 961, 962, 971, 972, 981, 982 d'émetteurs 20 comprend au moins un émetteur 20. Chaque sous-groupe 931, 932, 941, 942, 951, 952, 961, 962, 971, 972, 981, 982 d'émetteurs 20 comprend 9 émetteurs 20 selon le mode de réalisation non limitatif.

- [0141] De manière avantageuse, les stabilisateurs 91, 92 sont agencés pour former au moins une paire de couples d'émetteurs 20. Selon le mode de réalisation dans lequel les stabilisateurs 91, 92 forment six couples 93 à 98 d'émetteurs 20, les stabilisateurs 91, 92 sont agencés, en outre, pour former trois paires 93-96, 94-97 et 95-98 de couples d'émetteurs 20. Chaque paire 93-96, 94-97, 95-98 de couples est agencée de sorte que chaque sous-groupe 931 à 981 d'un couple 93 à 98 d'une paire 93-96, 94-97, 95-98 de couples considérée soit situé en vis-à-vis d'un sous-groupe 932 à 982 de l'autre couple 93 à 98 de la paire de couples considérée.
- [0142] Autrement dit, selon le mode de réalisation, pour la paire de couples 93-96, le sous-groupe 931, qui est compris dans le stabilisateur 91, du couple 93 est radialement opposé au sous-groupe 962, qui est compris dans le stabilisateur 92, du couple 96 et le sous-groupe 961, qui est compris dans le stabilisateur 91, du couple 96 est radialement opposé au sous-groupe 932, qui est compris dans le stabilisateur 92, du couple 93. Pour la paire de couples 94-97, le sous-groupe 941, qui est compris dans le stabilisateur 91, du couple 94 est radialement opposé au sous-groupe 972, qui est compris dans le stabilisateur 92, du couple 97 et le sous-groupe 971, qui est compris dans le stabilisateur 91, du couple 97 est radialement opposé au sous-groupe 942, qui est compris dans le stabilisateur 92, du couple 94. Pour la paire de couples 95-98, le sous-groupe 951, qui est compris dans le stabilisateur 91, du couple 95 est radialement opposé au sous-groupe 982, qui est compris dans le stabilisateur 92, du couple 98 et le sous-groupe 981, qui est compris dans le stabilisateur 91, du couple 98 est radialement opposé au sous-groupe 952, qui est compris dans le stabilisateur 92, du couple 95.
- [0143] L'agencement des couples 93 à 98 permet de stabiliser latéralement, c'est-à-dire perpendiculairement à l'axe de révolution 50, et de manière contrôlée, l'objet en lévitation en agissant sur l'objet en lévitation selon plusieurs directions latérales indépendamment. Il est à noter que cet effet est rendu possible du fait de l'absence de couplage entre les ondes acoustiques émises par les émetteurs 20 des calottes 81, 82 et les ondes acoustiques émises par les émetteurs 20 des stabilisateurs 91, 92.
- [0144] Autrement dit, en considérant à titre d'exemple la paire 93-96 de couples 93, 96 d'émetteurs 20 dont les sous-groupes 931 et 932 de la paire 93 sont chacun radialement opposés, respectivement, au sous-groupe 962 et 961. La paire 93-96 de couples 93, 96, considérés indépendamment des autres paires 94-97, 95-98 de couples 94, 95, 96, 97,

98, permet de stabiliser latéralement l'objet en lévitation en agissant sur l'objet en lévitation selon la première direction latérale comprise dans le plan des FIGURES 4 et 5, comprenant le centre 30 du lévitateur 16, perpendiculaire à l'axe de révolution 50 et comprise dans le plan médian 70. Aussi, l'utilisation de la paire 93-96 de couples 93 et 96, permet de stabiliser latéralement l'objet en lévitation en agissant sur l'objet en lévitation selon la première direction latérale. La description faite au présent paragraphe est transposable aux autres paires 94-97 et 95-98 de couples 94, 95, 96, 97, 98 d'émetteurs 20 et aux directions latérales de stabilisation respectives.

[0145] De manière avantageuse, l'utilisation de la paire 93-96 de couples d'émetteurs 20, considérés indépendamment des autres paires 94-97, 95-98 de couples, permet d'améliorer encore davantage la stabilisation latérale de l'objet en lévitation en agissant sur l'objet en lévitation selon la première direction latérale. Dans ce cas, de manière préférée, une phase des ondes acoustiques émises par les émetteurs 20 des sous-groupes 931 et 932 du couple 93 est identique et une phase des acoustiques émises par les émetteurs 20 des sous-groupes 961 et 962 du couple 96 est identique. La description faite au présent paragraphe est transposable aux autres paires 94-97, 95-98 de couples d'émetteurs 20 et aux directions latérales de stabilisation respectives. Aussi, dans un mode de réalisation privilégié, une phase des ondes acoustiques émises par les émetteurs 20 des deux sous-groupes 931-932, 941-942, 951-952, 961-962, 971-972 et 981-982 de chacune des couples 93, 94, 95, 96, 97 et 98 est identique.

[0146] La lévitation d'objet sous l'effet d'ondes acoustiques engendre la rotation de l'objet à léviter du fait du changement de moment angulaire des ondes lorsqu'elles sont réfléchies et diffusées par l'échantillon. Pour pallier cette rotation, et en considérant le couple 93 d'émetteurs 20, la phase des ondes acoustiques émises par les sous-groupes 931, 932 d'émetteurs 20 diffère de la phase des ondes acoustiques émises par au moins un autre sous-groupe 941, 942, 951, 952, 961, 962, 971, 972, 981, 982 d'émetteurs 20 d'au moins un autre des couples 94, 95, 96, 97, 98. De préférence, pour contrer la rotation de l'objet, la phase des ondes acoustiques émises par les paires 93 et 96 de couples est identique et diffère de la phase des ondes acoustiques émises par au moins un des deux autres des couples 94-97 et 95-98. Selon le mode de réalisation non limitatif, de manière particulièrement avantageuse, chaque couple 93, 94 et 95 d'une paire de couples 93-96, 94,-97 et 95-98 émet une onde acoustique en opposition de phase avec l'autre des couples 96, 97 et 98 de la paire de couples considérée. Cette caractéristique permet également de stabiliser latéralement, c'est-à-dire perpendiculairement à l'axe de révolution, encore davantage l'objet en contrant les instabilités et perturbations inhérentes au processus de mise en lévitation par ondes acoustiques d'un objet destiné à léviter. Un tel lévitateur 16 permet donc de manipuler totalement un objet sans contact direct avec l'objet. Il est ainsi possible de positionner l'objet,

c'est-à-dire de l'orienter, de le pivoter et/ou de le translater, pour permettre son observation et/ou son analyse et/ou de le soumettre à un traitement local sans recourir à une interaction directe avec ce dernier.

- [0147] De manière encore plus avantageuse, pour pallier la rotation de l'objet à léviter, il convient que la phase de l'onde acoustique émise par au moins un couple 93, 94, 95, 96, 97, 98 d'émetteurs 20 considéré soit supérieure ou inférieure à la phase de l'onde acoustique émise par un couple 93, 94, 95, 96, 97, 98 d'émetteurs 20 qui est adjacent, par rotation relativement à l'axe de révolution 50, au couple d'émetteurs considéré. De préférence encore, mais pas nécessairement, les deux couples 93-96, 94,-97 et 95-98 d'une paire de couples émettent des ondes acoustiques en opposition de phase et chacune des paires 93-96, 94,-97 et 95-98 de couples d'émetteurs 20 émet une onde acoustique dont la phase est supérieure ou inférieure à la phase de l'onde acoustique émise par la paire de couples d'émetteurs 20 qui lui est adjacente, par rotation selon le sens horaire ou antihoraire relativement à l'axe de révolution 50.
- [0148] En outre, pour améliorer l'effet consistant à pallier la rotation de l'objet à léviter et/ou à mettre en rotation un objet destiné à léviter, il est avantageux, de préférence en combinant l'agencement des couples 93, 94, 95, 96, 97, 98 d'émetteurs 20 et/ou l'agencement des paires de couples 93-96, 94,-97 et 95-98 d'émetteurs 20 tel que décrit ci-dessus, que la phase de l'onde acoustique émise par au moins un couple 93, 94, 95, 96, 97, 98 d'émetteurs 20 considéré augmente ou diminue par incrémentation successive d'un couple 93, 94, 95, 96, 97, 98 d'émetteurs 20 considéré à un couple d'émetteurs 20 qui lui est adjacent par rotation relativement à l'axe de révolution 50. De préférence encore, mais pas nécessairement, les couples 93-96, 94,-97 et 95-98 d'une paire de couples émettent des ondes acoustiques en opposition de phase et la phase de l'onde acoustique émise par chacune des paires 93-96, 94,-97 et 95-98 de couples d'émetteurs 20 augmente ou diminue par incrémentation successive d'une paire 93-96, 94,-97 et 95-98 de couples d'émetteurs 20 à une paire de couple 93-96, 94,-97 et 95-98 d'émetteurs 20 adjacente par rotation relativement à l'axe de révolution 50.
- [0149] Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux exemples qui viennent d'être décrits et de nombreux aménagements peuvent être apportés à ces exemples sans sortir du cadre de l'invention.
- [0150] Ainsi, il est possible de combiner les différentes variantes et améliorations des modes de réalisation précédemment décrits.
- [0151] De plus, les différentes caractéristiques, formes, variantes et modes de réalisation de l'invention peuvent être associés les uns avec les autres selon diverses combinaisons dans la mesure où ils ne sont pas incompatibles ou exclusifs les uns des autres.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion, dit dispositif, ledit dispositif comprend :
- un tube creux en matériau réfractaire, dit tube réfractaire, formant un guide à l'intérieur duquel est destiné à être disposé un fil constitué d'un métal ou d'un alliage métallique,
 - un mécanisme de déroulement/enroulement du fil situé en amont du tube réfractaire, par rapport à une direction reliant le mécanisme de déroulement/enroulement au tube réfractaire, et agencé pour mettre en translation le fil dans le tube réfractaire,
 - un système de contrôle agencé et/ou programmé pour commander l'enroulement/déroulement du fil de sorte à contrôler la position d'une extrémité distale du fil hors du tube réfractaire.
- [Revendication 2] Dispositif selon la revendication précédente, dans lequel le mécanisme de déroulement/enroulement du fil et/ou le tube réfractaire est agencé pour maintenir le fil rectiligne en aval dudit mécanisme de déroulement/enroulement.
- [Revendication 3] Dispositif selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le mécanisme de déroulement/enroulement du fil comprend au moins une paire de galets rotatifs agencés pour enserrer le fil, ladite au moins une paire de galets rotatifs est agencée pour dérouler/enrouler le fil et/ou pour exercer une pression sur le fil.
- [Revendication 4] Dispositif selon la revendication précédente, dans lequel le mécanisme de déroulement/enroulement comprend un élément fixe et un élément mobile, un des galets de l'au moins une paire de galets est monté sur l'élément fixe et l'autre des galets de l'au moins une paire de galets est monté sur l'élément mobile, ledit élément mobile est agencé pour translater perpendiculairement à un axe de révolution du tube réfractaire.
- [Revendication 5] Dispositif selon la revendication 3 ou 4, comprenant un moteur agencé pour mettre en rotation un ou chaque galet rotatif de l'au moins une paire de galets rotatifs.
- [Revendication 6] Dispositif selon l'une quelconque des revendication 3 à 5, dans lequel un axe reliant un centre de chacun des deux galets rotatifs de l'au moins

une paire de galets est perpendiculaire à un axe de révolution du tube réfractaire.

[Revendication 7]

Dispositif selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, dans lequel le mécanisme de déroulement/enroulement du fil est agencé pour moduler la pression exercée par les galets rotatifs sur le fil.

[Revendication 8]

Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un tube creux supplémentaire, dit tube supplémentaire, formant un guide à l'intérieur duquel le fil est destiné à être disposé, le tube supplémentaire est disposé en amont du mécanisme de déroulement/enroulement du fil, par rapport à la direction reliant le mécanisme de déroulement/enroulement au tube réfractaire, et un axe de révolution du tube supplémentaire est principalement parallèle à l'axe de révolution du tube réfractaire.

[Revendication 9]

Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un dispositif de lévitation, dit lévitateur, ledit lévitateur comprend une ouverture ou un passage, reliant l'extérieur à l'intérieur du lévitateur, à travers lequel le tube creux en matériau réfractaire s'étend.

[Revendication 10]

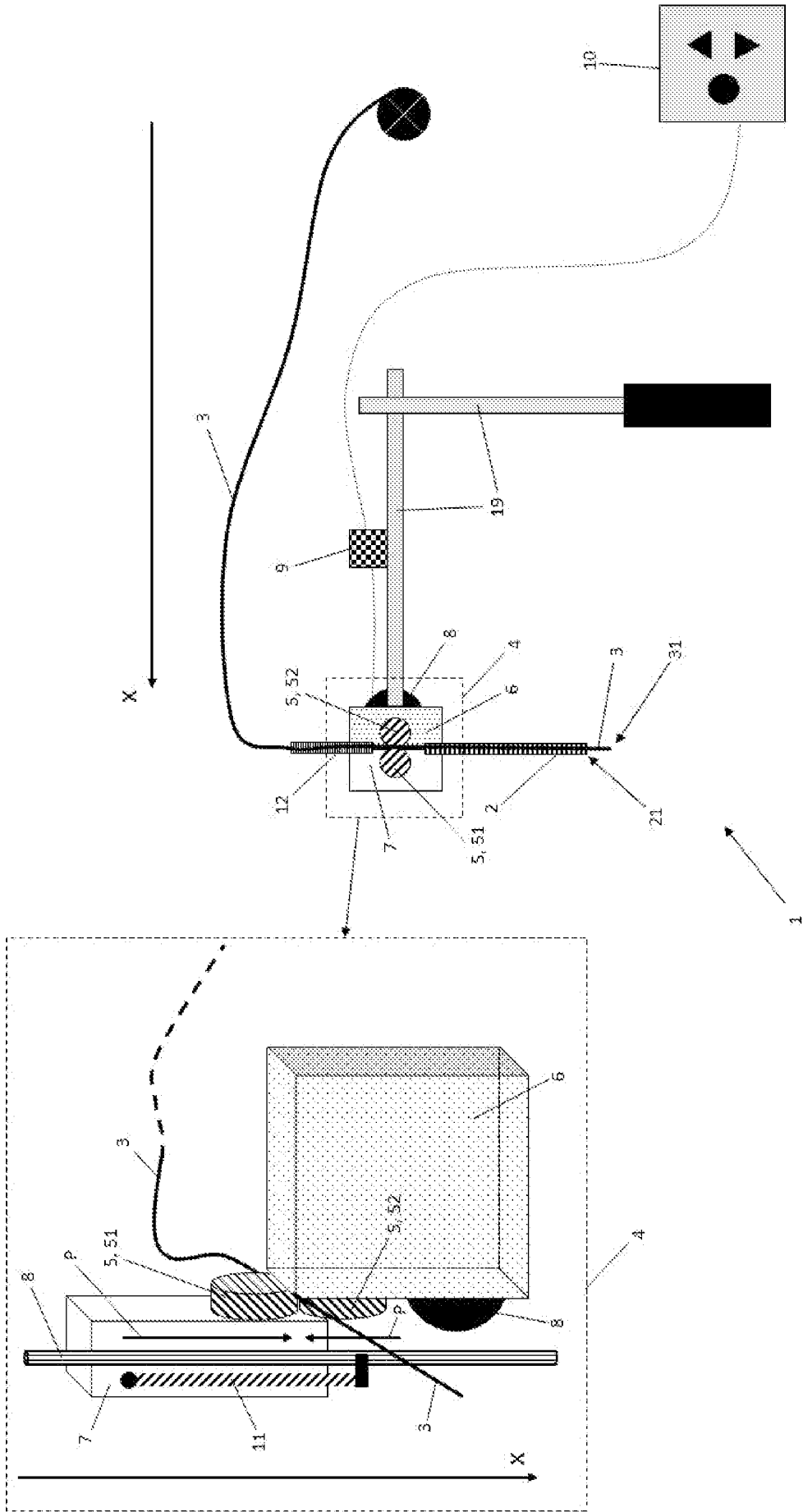
Dispositif selon la revendication précédente, dans lequel le lévitateur comprend un ensemble d'émetteurs à ultra-sons, dits émetteurs, agencés pour émettre, chacun, une onde acoustique focalisée en un centre du lévitateur, l'ensemble d'émetteurs est agencé pour obtenir des ondes acoustiques stationnaires dont une intensité est maximale au centre du lévitateur, le lévitateur comprend deux coupoles en vis-à-vis ; chaque coupole comprend :

- un premier groupe d'émetteurs à ultra-sons, dits émetteurs, formant une calotte s'étendant entre un pôle et un stabilisateur,
 - un second groupe d'émetteurs à ultra-sons, dits émetteurs, formant le stabilisateur et s'étendant depuis la calotte en direction d'un plan du lévitateur, dit plan médian, qui est perpendiculaire à l'axe reliant le pôle de chacune des coupoles, dit axe de révolution, et qui est situé à équidistance des deux pôles ; les stabilisateurs sont agencés pour former au moins deux couples d'émetteurs comprenant, chacun, deux sous-groupes d'émetteurs radialement opposés dont un sous-groupe d'émetteurs du stabilisateur d'une coupole et un sous-groupe d'émetteurs du stabilisateur de l'autre coupole, chaque sous-groupe d'émetteurs comprend au moins un émetteur,
- les émetteurs de la calotte de chacune des coupoles sont agencés pour

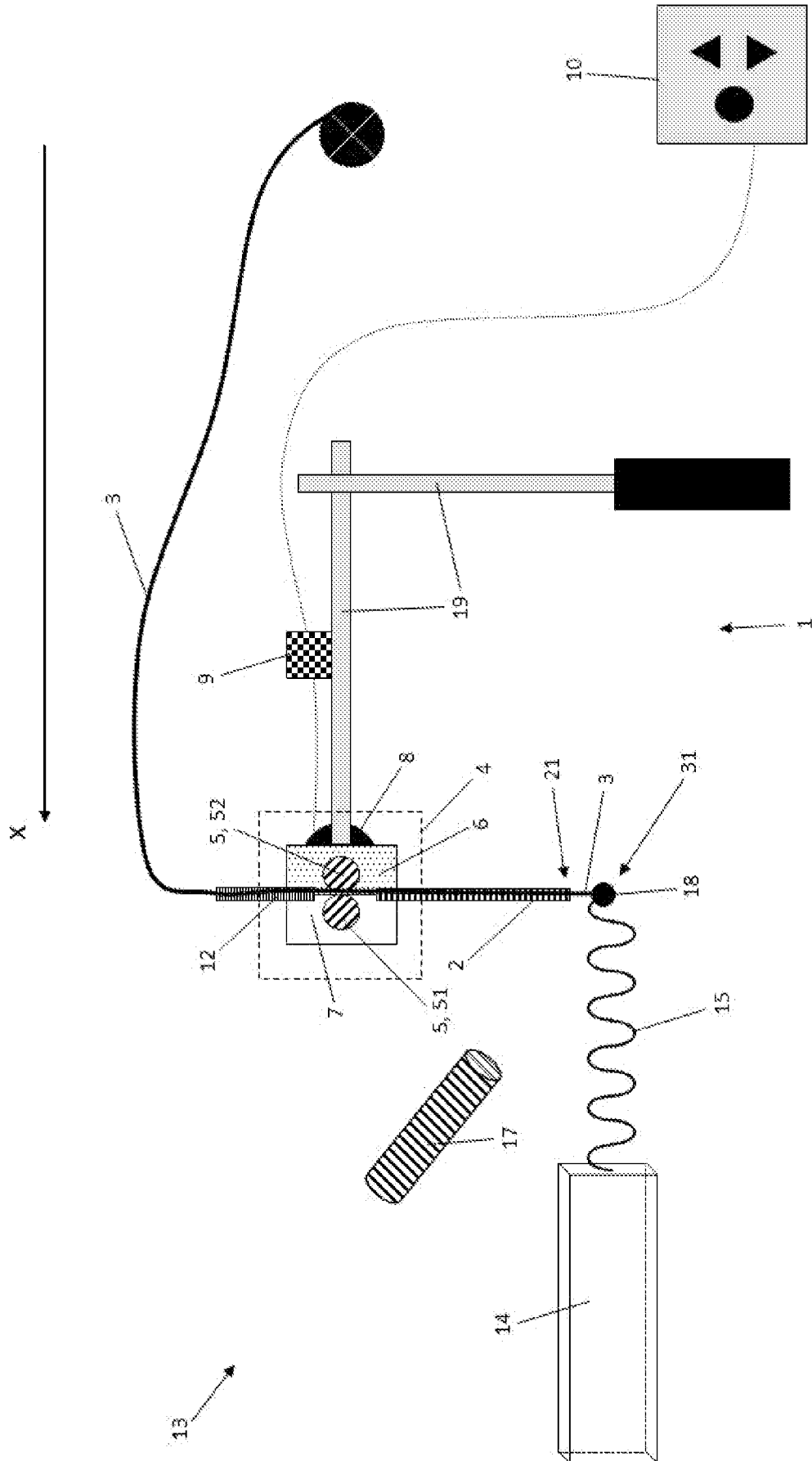
émettre une onde acoustique présentant une première fréquence f_1 et les émetteurs du stabilisateur de chacune des coupoles sont agencés pour émettre une onde acoustique présentant une fréquence f_2 différente de f_1 , les deux sous-groupes d'émetteurs d'un des couples d'émetteurs sont agencés pour émettre des ondes acoustiques dont une phase diffère d'une phase des ondes acoustiques émises par les deux sous-groupes d'émetteurs d'un autre des couples.

- [Revendication 11] Dispositif selon la revendication 10, comprenant une unité de commande agencée pour que la phase de l'onde acoustique émise par les au moins deux couples d'émetteurs augmente ou diminue, par incrémentation successive, d'un couple d'émetteurs donné à un couple d'émetteurs adjacent.
- [Revendication 12] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans lequel la fréquence f_1 est supérieure ou inférieure à la fréquence f_2 d'au moins 5 kHz.
- [Revendication 13] Système de stabilisation et de production d'échantillons en fusion, dit système, ledit système comprend :
- le dispositif de stabilisation d'échantillons en fusion selon l'une quelconque des revendications 1 à 12,
 - un système de mise en fusion d'une extrémité distale du fil destinée à être mise en fusion.

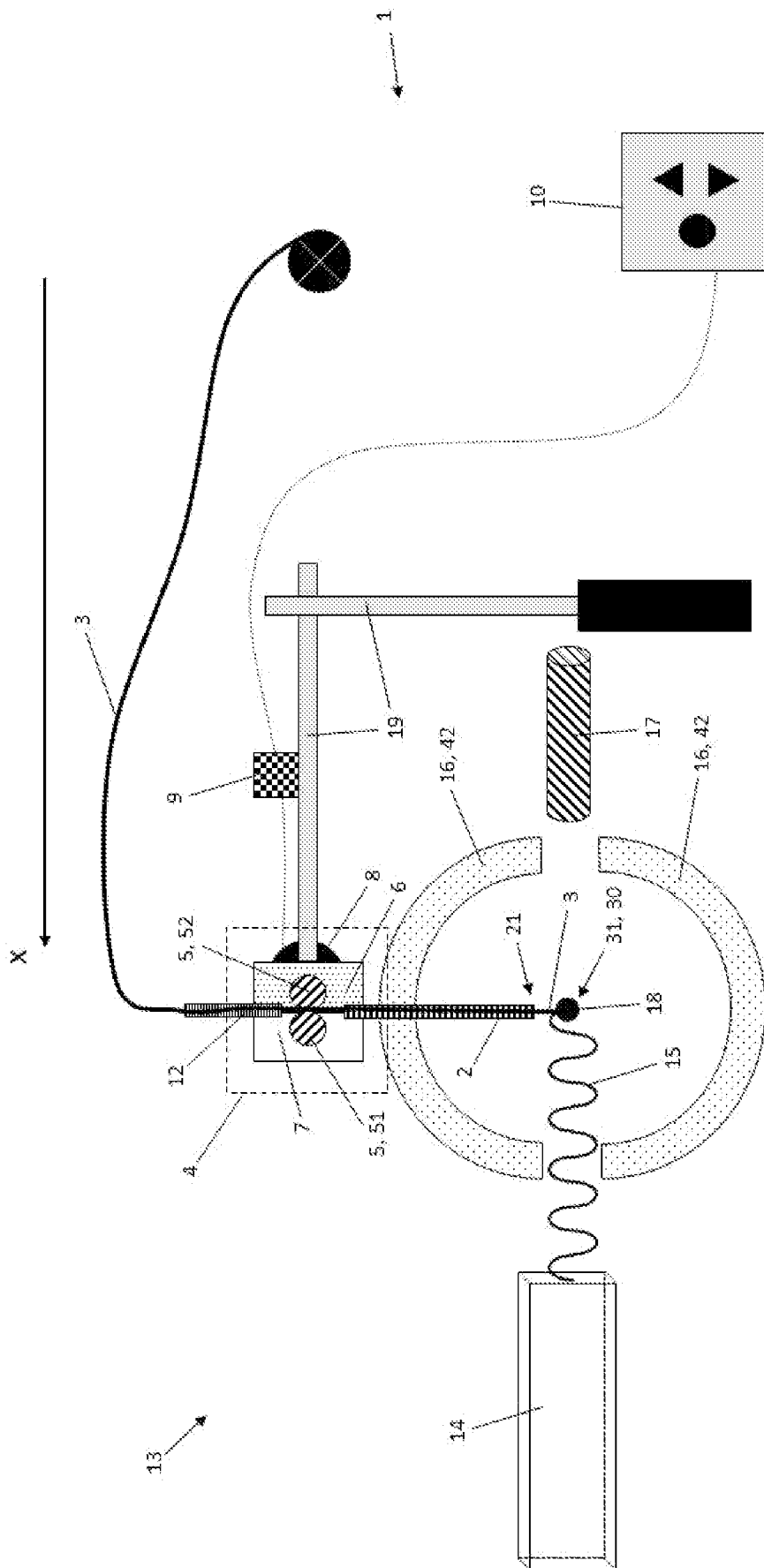
[Fig. 1]



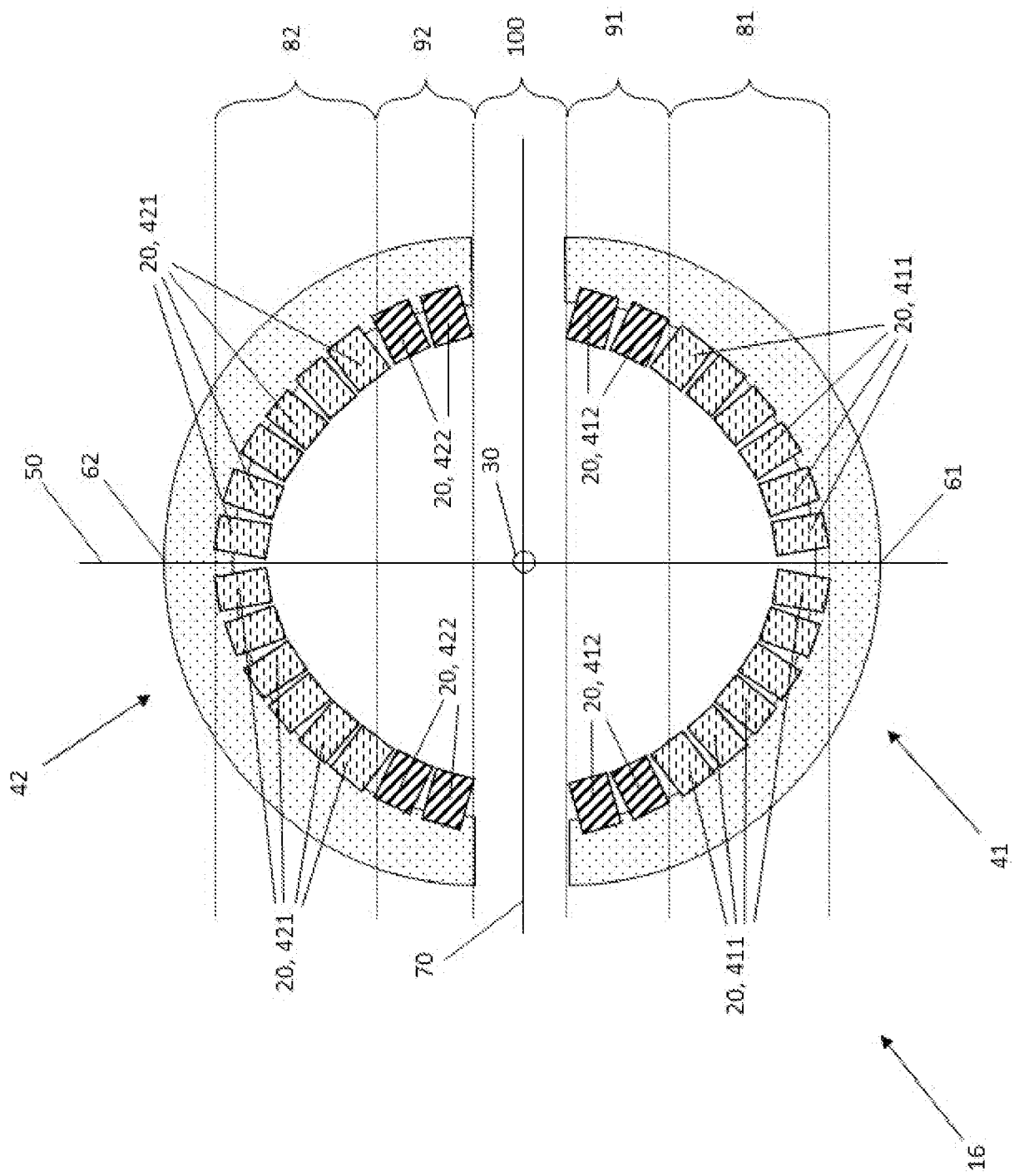
[Fig. 2]



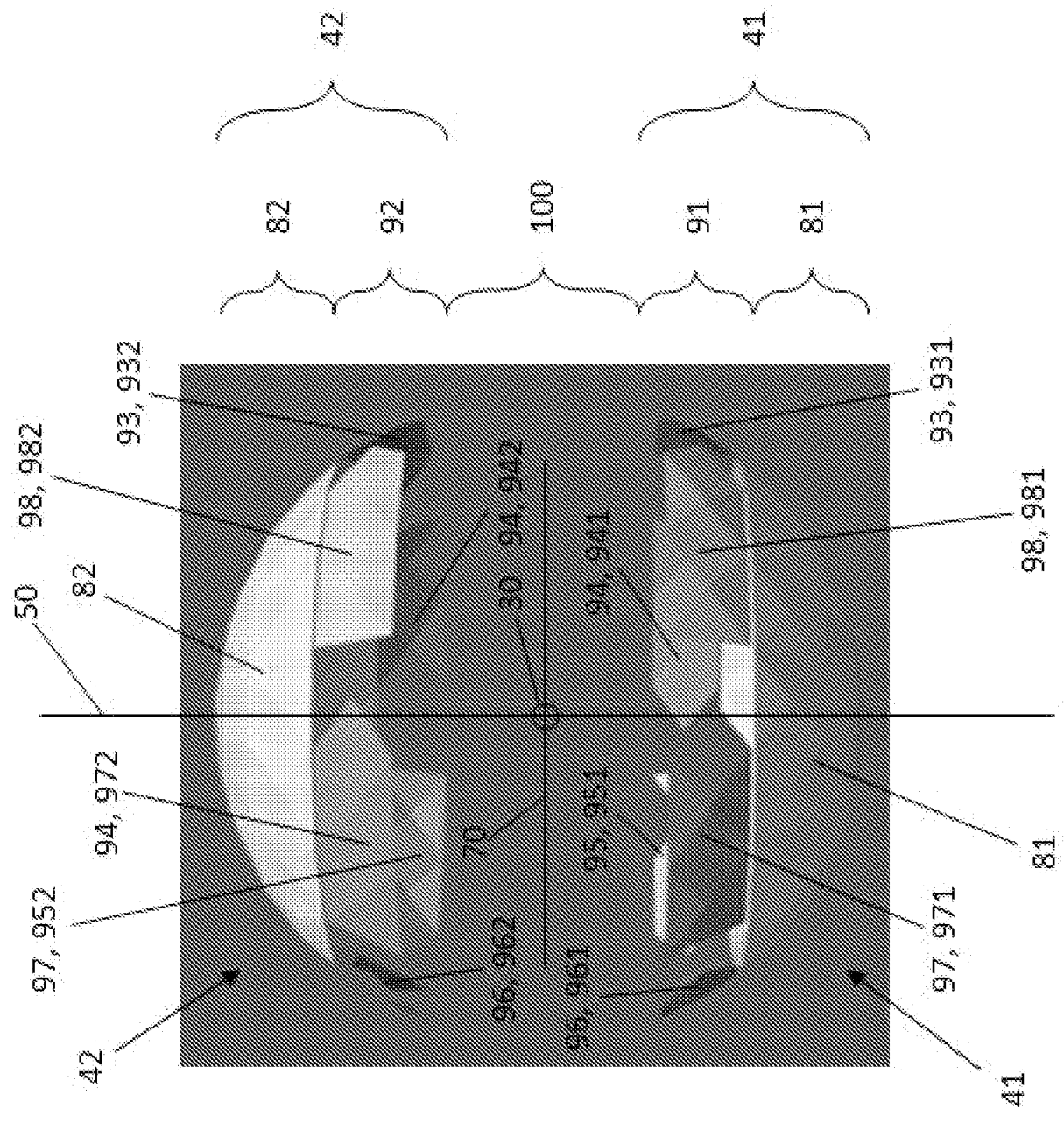
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 924769
FR 2301998

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	CN 112 620 656 A (WUXI PROFESSIONAL COLLEGE SCIENCE & TECHNOLOGY) 9 avril 2021 (2021-04-09)	1-8	B01J 19/10 B22D 23/06 B22D 39/00
Y	* Machine translation; alinéa [Detailedways]; figures 1-4 * -----	1-13	C22B 9/00 H05B 6/32
X	CN 107 175 337 A (APLAS LTD ET AL.) 19 septembre 2017 (2017-09-19)	1-9,13	
Y	* Machine translation; alinéa [Detaileddescription]; figure 1 * -----	1-13	
X	CN 104 174 842 B (LI SHUAI) 8 juin 2016 (2016-06-08)	1-8	
Y	* figure 1 * -----	1-13	
X	US 2018/126479 A1 (FAHLSTROM KENNET [SE]) 10 mai 2018 (2018-05-10)	1-8	
Y	* alinéa [0052] - alinéa [0058]; figures 2-4 * -----	1-13	
Y	JP 2000 180067 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 30 juin 2000 (2000-06-30) * Machine translation; alinéa [0017] - alinéa [0026]; figure 4 * -----	1-13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B22D F27B F27D H05B B23K
Y	JIIYAO LI ET AL: "Study on suspension ability of concave spherical ultrasound standing wave using phased arrays", 2019 14TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONIC MEASUREMENT & INSTRUMENTS (ICEMI), IEEE, 1 novembre 2019 (2019-11-01), pages 155-160, XP033774841, DOI: 10.1109/ICEMI46757.2019.9101619 [extrait le 2020-05-26] * alinéa [00II] - alinéa [0III]; figures 1-7 * -----	9-13	
		-/--	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
30 janvier 2024		Desvignes, Rémi	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

1
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 924769
FR 2301998

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		
Y	<p>ROTHLISBERGER MARC ET AL: "Multi-Frequency Acoustic Levitation and Trapping of Particles in All Degrees of Freedom", IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, vol. 69, no. 4, 7 février 2022 (2022-02-07), pages 1572-1575, XP093105893, USA ISSN: 0885-3010, DOI: 10.1109/TUFFC.2022.3149302 * figures 1a,1b *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	9-13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
30 janvier 2024		Desvignes, Rémi	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

1
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2301998 FA 924769**

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 **30-01-2024**
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
CN 112620656	A	09-04-2021	AUCUN	

CN 107175337	A	19-09-2017	AUCUN	

CN 104174842	B	08-06-2016	AUCUN	

US 2018126479	A1	10-05-2018	AU 2009343334 A1	20-10-2011
			BR PI0924883 A2	07-07-2015
			CA 2755836 A1	07-10-2010
			CN 102387889 A	21-03-2012
			CY 1116188 T1	08-02-2017
			DK 2414128 T3	30-03-2015
			EP 2414128 A1	08-02-2012
			ES 2533491 T3	10-04-2015
			HR P20150245 T1	05-06-2015
			JP 5792712 B2	14-10-2015
			JP 2012522643 A	27-09-2012
			KR 20120026475 A	19-03-2012
			PL 2414128 T3	31-07-2015
			PT 2414128 E	08-04-2015
			SI 2414128 T1	31-07-2015
			US 2013026149 A1	31-01-2013
			US 2018126478 A1	10-05-2018
			US 2018126479 A1	10-05-2018
			WO 2010112068 A1	07-10-2010

JP 2000180067	A	30-06-2000	AUCUN	
