



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
12.06.2024 Bulletin 2024/24

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04B 15/08 (2006.01) G04B 15/14 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **22212186.5**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04B 15/08; G04B 15/14

(22) Date de dépôt: **08.12.2022**

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

(71) Demandeur: **ETA SA Manufacture Horlogère Suisse**
2540 Grenchen (CH)

(72) Inventeur: **WINKLER, Pascal**
2072 St-Blaise (CH)

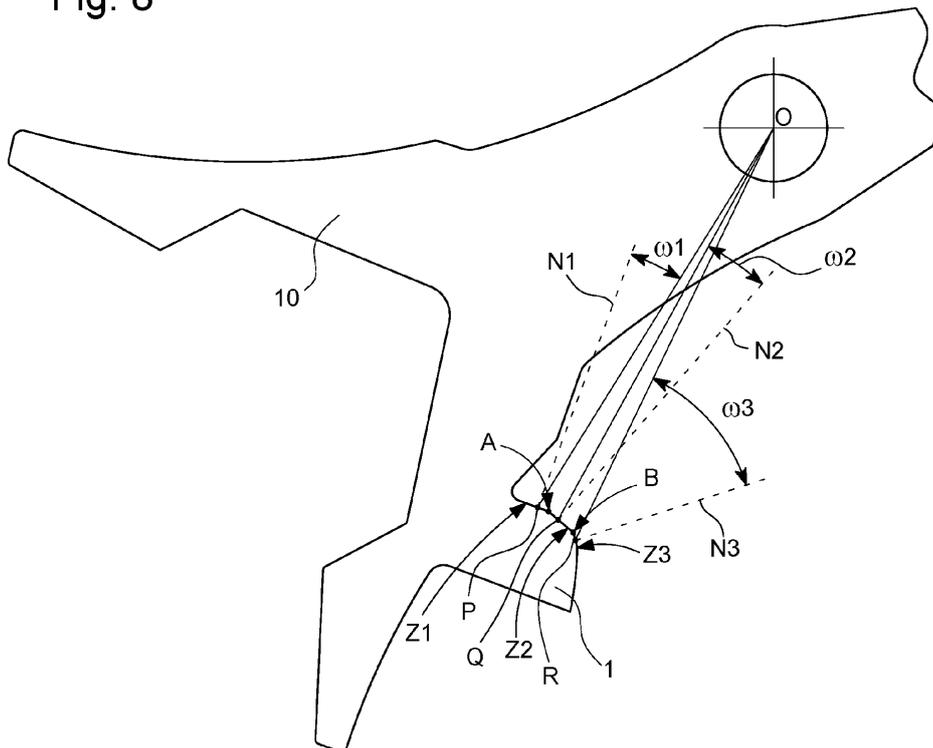
(74) Mandataire: **ICB SA**
Faubourg de l'Hôpital, 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **PROFIL AUTO-DEMARRANT POUR ECHAPPEMENT D'HORLOGERIE**

(57) Un aspect de l'invention concerne un mécanisme d'échappement d'horlogerie (100), comportant une ancre (10) et une roue d'échappement (20), ladite ancre (10) étant agencée pour coopérer avec une masse inertielle (40) d'un oscillateur mécanique (400), et, au niveau de palettes (1) que porte ou comporte ladite ancre (10), avec des dents (2) de ladite roue d'échappement (20), où le contact entre une palette (1) et une dent (2) d'échap-

pement (20) comporte au moins trois zones, une zone de repos où le couple est de sens négatif, où l'angle entre la normale au contact et la radiale de l'ancre est négatif, une première zone correspondant au premier demi-angle de levée où le couple est de sens positif, où l'angle ω_1 est positif, et une deuxième zone correspondant au deuxième demi-angle de levée où le couple est de sens positif, où l'angle ω_2 est positif.

Fig. 8



Description

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne un mécanisme d'échappement d'horlogerie, comportant au moins une ancre et au moins une roue d'échappement, ladite au moins une ancre étant agencée pour coopérer, d'une part avec une masse inertielle d'un oscillateur mécanique, et soumise, directement ou indirectement, à l'action de moyens de rappel élastique que comporte ledit oscillateur mécanique, et d'autre part, au niveau de palettes que porte ou comporte ladite ancre, avec des dents que comporte ladite au moins une roue d'échappement.

[0002] L'invention concerne le domaine des mécanismes d'échappement d'horlogerie.

Arrière-plan technologique

[0003] Une des propriétés importantes d'un mécanisme d'échappement d'horlogerie est l'auto-démarrage. C'est la capacité de l'échappement à redémarrer « tout seul » après que le balancier se soit arrêté. On distingue deux situations dans lesquelles cette propriété est importante :

- en fin de réserve de marche, le barillet est complètement désarmé, et le balancier s'arrête. Si à ce moment-là on remonte le barillet par la tige, sans bouger la montre, on aimerait que l'échappement redémarre, c'est-à-dire qu'il fasse osciller à nouveau le balancier, sans qu'on ait à bouger la montre ;
- lorsque le barillet est armé, un choc ou une accélération brusque sur la montre peut momentanément arrêter le balancier, par exemple dans une position proche de sa position de repos. On aimerait que, dans le cas d'un tel choc ou d'une telle accélération brusque, l'échappement redémarre, c'est-à-dire qu'il fasse osciller à nouveau le balancier, sans qu'on ait à nouveau à bouger la montre.

[0004] On peut grossièrement classer la plupart des échappements connus en deux classes :

- les échappements potentiellement auto-démarrants, par exemple l'échappement à ancre suisse et l'échappement coaxial ;
- les échappements intrinsèquement non auto-démarrants, par exemple l'échappement à détente, très utilisé dans les chronomètres de marine, ou l'échappement Robin.

[0005] Le critère qui permet de distinguer ces deux classes est de savoir si, lorsque le balancier est dans sa position de repos (couple nul des moyens de rappel élastique : spiral ou lames de guidages flexibles), la roue d'échappement peut être sur un plan de repos ou non.

Si la roue d'échappement est sur le plan de repos lorsque le balancier est dans sa position de repos, alors l'échappement ne peut pas démarrer tout seul.

[0006] La plupart des échappements utilisés dans les montres portées au poignet sont potentiellement auto-démarrants, notamment à cause du risque lié à l'accélération : il ne faut pas qu'un choc ou une accélération brusque arrête le balancier, et que ce dernier ne puisse pas se remettre à osciller.

Résumé de l'invention

[0007] L'invention décrite ici concerne l'optimisation de l'auto-démarrage d'un échappement qui est déjà potentiellement auto-démarrant.

[0008] Pour qu'un échappement potentiellement auto-démarrant démarre, il faut que le couple de barillet soit suffisant pour armer le spiral du balancier, ou plus généralement pour vaincre le couple de rappel de l'oscillateur (par ex. rigidité du guidage flexible). Cela signifie que lorsque le barillet est presque totalement désarmé, un échappement potentiellement auto-démarrant ne démarre pas tout seul. Lorsque le barillet est complètement armé, la situation dépend du calibre considéré : certains calibres démarrent tout seuls, alors que d'autres ont besoin qu'on les « secoue » un peu pour qu'ils démarrent.

[0009] L'invention se propose d'améliorer l'auto-démarrage des calibres « potentiellement auto-démarrants », mais dont le couple de barillet complètement armé ne suffit pas à l'échappement pour démarrer tout seul.

[0010] L'invention consiste à optimiser la forme de la palette de l'ancre et/ou de la dent de la roue d'échappement, pour favoriser l'auto-démarrage. Pour cela, on crée une géométrie de palette et/ou de dent particulière, pour que le couple de rappel de l'oscillateur reporté sur la roue d'échappement soit presque constant sur tout l'angle de levée.

[0011] A cet effet, l'invention concerne un mécanisme d'échappement d'horlogerie selon la revendication 1.

[0012] L'invention comporte encore un mouvement d'horlogerie comportant un tel mécanisme d'échappement.

[0013] L'invention comporte encore une pièce d'horlogerie, notamment une montre, comportant au moins un tel mouvement d'horlogerie.

Brève description des figures

[0014] Les buts, avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés, où :

- la figure 1 est un diagramme de couple, pour le cas d'un échappement à ancre suisse standard, la courbe montrant en ordonnée le couple de rappel de l'oscillateur reporté sur la roue d'échappement, en fonc-

- tion de l'angle sur la roue d'échappement en abscisse ;
- la figure 2 est un diagramme de couple que se propose de réaliser un mécanisme d'échappement selon l'invention ;
 - la figure 3 représente, de façon schématisée, partielle et en vue en plan, en partie gauche une palette d'ancre, et en partie droite une dent de la roue d'échappement en appui sur cette palette d'ancre ; la palette comporte un profil évolutif selon l'invention, qui convient pour obtenir un diagramme de couple similaire à celui de la figure 2, et qui comporte une succession de trois zones : un plan de repos, raccordé au niveau d'une première arête à un plan « balancier menant », raccordé au niveau d'une deuxième arête à une surface courbe « couple constant », ces dénominations particulières ne sont pas limitatives, et concernent le cas particulier et non limitatif d'un oscillateur de type balancier-spiral ;
 - la figure 4 représente, de façon similaire à la figure 3, le cas d'une palette d'ancre standard, et montre, à gauche une palette standard d'ancre, et à droite une dent de la roue d'échappement en appui sur l'arête de cette palette standard, qui sépare le plan de repos initial et le plan d'impulsion ;
 - la figure 5 montre l'évolution du couple, en ordonnée, en fonction de l'angle à la roue d'échappement en abscisse, pour la palette standard de la figure 4 ; cette figure fait apparaître, d'une part un cas idéal sans frottement représenté en trait interrompu, et d'autre part un cas avec un coefficient de frottement de 0,15 représenté en trait plein ;
 - la figure 6 représente, de façon similaire à la figure 3, le cas d'une palette d'ancre selon l'invention, et montre, à gauche une palette selon l'invention, et à droite une dent de la roue d'échappement en appui sur la deuxième arête de cette palette, qui sépare deux zones d'impulsion : le plan « balancier menant » où les moyens de rappel élastique de l'oscillateur tendent à entraîner la roue d'échappement, et la surface courbe « couple constant » où ces moyens de rappel élastique tendent à s'opposer à la roue d'échappement. Le profil de la palette standard de la figure 4 est tracé en superposition, en trait interrompu, avec son plan de repos initial et sa surface d'impulsion. Le plan de repos de la palette selon l'invention est identique à celui de la palette standard de la figure 4, alors que le plan d'impulsion unique de la palette standard est remplacé pour la palette selon l'invention par deux parties, la première partie après le plan de repos correspond à la portion angulaire où le spiral, ou le guidage flexible selon le cas, de l'oscillateur, aide la roue d'échappement à faire bouger l'ancre, et la partie suivante qui correspond à la portion angulaire où le spiral, ou le guidage flexible, s'oppose à la roue d'échappement pour faire bouger l'ancre ;
 - la figure 7, similaire à la figure 5 montre l'évolution du couple, en ordonnée, en fonction de l'angle à la roue d'échappement en abscisse, pour la palette selon l'invention de la figure 6 ; cette figure fait apparaître, d'une part un cas idéal sans frottement représenté en trait interrompu, et d'autre part un cas avec un coefficient de frottement de 0,15 représenté en trait plein ;
 - la figure 8 représente, de façon schématisée et en vue en plan, un détail d'une ancre selon l'invention ; cette figure comporte, pour certaines des surfaces de la palette, la normale à cette surface en trait interrompu, et la droite radiale joignant l'axe de pivotement de l'ancre au milieu de cette surface, en trait plein. Elle fait apparaître le sens et la valeur des différents angles dont le choix est important pour réaliser l'objectif de l'invention ;
 - la figure 9 est un schéma-blocs représentant une pièce d'horlogerie, notamment une montre, renfermant un mouvement qui comporte des moyens de stockage et de distribution d'énergie et un rouage agencé pour transmettre l'énergie à un mécanisme d'échappement qui comporte une ancre et une roue d'échappement selon l'invention, et un oscillateur mécanique avec une masse inertielle rappelée par des moyens de rappel élastique, ladite masse inertielle étant agencée pour coopérer avec ladite ancre.
- Description détaillée de l'invention
- [0015]** L'invention concerne un mécanisme d'échappement d'horlogerie 100, comportant au moins une ancre 10 et au moins une roue d'échappement 20. Cette au moins une ancre 10 est agencée pour coopérer, d'une part avec une masse inertielle 40 d'un oscillateur mécanique 400 et est soumise, directement ou indirectement, à l'action de moyens de rappel élastique 50 que comporte cet oscillateur mécanique 400. Et cette au moins une ancre 10 est agencée pour coopérer d'autre part, au niveau de palettes 1 que porte ou comporte cette ancre 10, avec des dents 2 que comporte cette au moins une roue d'échappement 20.
- [0016]** Selon l'invention, au moins une dite palette 1 ou/et au moins une dite dent 2 comporte une zone d'impulsion comportant deux zones, l'une pour une portion angulaire où lesdits moyens de rappel élastique tendent à entraîner ladite roue d'échappement 20, et l'autre pour une autre portion angulaire où lesdits moyens de rappel élastique 50 tendent à s'opposer à ladite roue d'échappement 20, lesdites deux zones étant agencées de façon à minimiser le moment maximal des moyens de rappel

élastique vu par ladite roue d'échappement 20.

[0017] Plus particulièrement, chaque dite palette 1 ou/et chaque dite dent 2 comporte une zone d'impulsion comportant deux zones, l'une pour une portion angulaire où lesdits moyens de rappel élastique tendent à entraîner ladite roue d'échappement 20, et l'autre pour une autre portion angulaire où lesdits moyens de rappel élastique 50 tendent à s'opposer à ladite roue d'échappement 20, lesdites deux zones étant agencées de façon à minimiser le moment maximal des moyens de rappel élastique vu par ladite roue d'échappement 20.

[0018] La figure 1 montre le cas d'un échappement de l'art antérieur, par exemple un échappement à ancre suisse « standard », notamment et non limitativement tel que décrit par le Dictionnaire professionnel illustré de l'horlogerie, de M. G-A Berner, © Fédération de l'industrie horlogère suisse FH, article 1660 F, où la courbe montrant en ordonnée le couple de rappel CR de l'oscillateur reporté sur la roue d'échappement, en fonction de l'angle sur la roue d'échappement en abscisse, a la forme d'une droite entre des valeurs de moment qui sont symétriques : + Mmax, et - Mmax.

[0019] La plage d'angle de la roue d'échappement correspond au demi-angle entre deux dents $\theta = 360^\circ / \text{nombre de dents} / 2$: c'est l'angle d'avancée de la roue lors d'une alternance de l'oscillateur, lorsque l'oscillateur parcourt l'angle de levée.

[0020] On voit que dans la moitié gauche de la plage d'angle, le couple de rappel de l'oscillateur (par ex. couple du spiral) aide l'ancre à se déplacer (couple négatif), donc la roue n'a pas besoin de couple pour déplacer l'ancre. Par contre, dans la moitié de droite de la plage d'angle, le couple de rappel de l'oscillateur ramène l'ancre vers sa position intermédiaire, donc la roue doit exercer un couple de plus en plus grand pour déplacer l'ancre (couple positif et croissant). On appelle ici « position intermédiaire » la position de l'ancre quand la masse inertielle de l'oscillateur est dans sa position d'équilibre : dans cette position, les moyens de rappel élastique comme un ressort spiral, ou encore des guïages flexibles, n'exercent pas de force, ni de couple sur l'ancre.

[0021] Le but de l'invention est de proposer des profils de palettes et dents tels que le couple de rappel CR de l'oscillateur reporté sur la roue d'échappement soit proche de la forme visible sur la figure 2 :

- une petite plage d'angle à gauche, où le couple de rappel de l'oscillateur reporté sur la roue est fortement négatif ; sur cette plage, les moyens de rappel élastique de l'oscillateur aident l'ancre à avancer, donc la roue n'a pas de couple à vaincre ;
- tout le reste de la plage d'angle où le couple est environ constant, positif.

[0022] Un raisonnement énergétique permet de montrer qu'en faisant cela, le couple nécessaire à la roue pour déplacer l'ancre sera de l'ordre de jusqu'à quatre

fois plus faible que dans l'art antérieur. En effet, dans le cas où les coefficients de frottement sont nuls, l'énergie mécanique est conservée. Cela signifie que l'intégrale du couple sur l'angle, au niveau de la roue d'échappement, doit être égale à l'énergie élastique Eél dans le ressort de rappel de l'oscillateur lorsque l'oscillateur sort de l'angle de levée.

[0023] Dans l'art antérieur, l'intégrale du couple sur l'angle de la roue d'échappement a pour valeur $M_{\max}/2 \times \theta/2$ (aire de chacun des 2 triangles gauche et droite de la figure 1), donc

$$M_{\max}/2 \times \theta/2 = E_{\text{él}},$$

donc

$$M_{\max} = 4 E_{\text{él}}/\theta,$$

et

$$\theta = 4 E_{\text{él}}/M_{\max}.$$

[0024] Dans le cas de l'invention, deux cas sont à traiter séparément pour les valeurs de moments Mgauche (repéré Mg sur la figure 2) et Mdroite (repéré Md sur la figure 2) :

- dans la plage de gauche, le calcul d'énergie donne :

$$M_{\text{gauche}} \times \theta/10 = -E_{\text{él}},$$

donc

$$M_{\text{gauche}} = -10E_{\text{él}}/\theta = -2,5 M_{\max}$$

- et, dans la plage de droite, $M_{\text{droite}} \times \theta \times 9/10 = E_{\text{él}}$, donc $M_{\text{droite}} = 10/9 \times E_{\text{él}}/\theta = \text{env. } 1/4 M_{\max}$.

[0025] Dans le cas où les coefficients de frottement sont non nuls, ces calculs sont plus compliqués, mais la règle « le couple nécessaire à l'autodémarrage devient plus faible si on s'arrange pour que le couple de rappel de l'oscillateur reporté sur la roue soit constant », reste généralement valable.

[0026] Il s'agit donc de définir une géométrie adéquate des palettes (ou des dents), pour que le couple de rappel de l'oscillateur reporté sur la roue soit à peu près constant. La figure 3 montre, en partie gauche une palette d'ancre 1, et en partie droite une dent 2 de la roue d'échappement 20 en appui sur cette palette d'ancre 1, la palette 1 comporte un profil évolutif selon l'invention, qui convient pour traiter cette problématique, et qui com-

porte une succession de trois zones :

- une première zone Z1, notamment et non limitativement un plan de repos ;
- une deuxième zone Z2, où les moyens de rappel élastique 50 de l'oscillateur 400 tendent à entraîner la roue d'échappement ; plus particulièrement quand l'oscillateur est un ensemble balancier-spiral, cette deuxième zone Z2 est une surface « balancier menant », notamment et non limitativement un plan « balancier menant » ;
- une troisième zone Z3, où les moyens de rappel élastique de l'oscillateur tendent à s'opposer à la roue d'échappement ; plus particulièrement quand l'oscillateur est un ensemble balancier-spiral, cette troisième zone Z3 est, non limitativement une surface « couple constant ». Le bec de la dent 2 de la roue d'échappement 20 impulse l'ancre 10 sur toute cette troisième zone Z3. Une fois le bec de la dent arrivé au talon de la palette 1, l'impulsion sur la dent 2 commence, où le « plan » de la dent 2 pousse sur le talon de la palette.

[0027] La figure 4 montre, à gauche une palette standard d'ancre 1, avec un plan de repos ZR et un plan d'impulsion Z0, et à droite une dent 2 de la roue d'échappement 20 en appui sur l'arête de cette palette standard, qui sépare le plan de repos ZR et le plan d'impulsion Z0.

[0028] La figure 6 illustre une palette 1 selon l'invention.

[0029] La première zone Z1 selon l'invention est le plan de repos ZR traditionnel d'une palette d'ancre standard.

[0030] La deuxième zone Z2 est raccordée à la première zone Z1 au niveau d'une première arête A. Dans un cas particulier, la deuxième zone Z2 et la première zone Z1 sont planes, et forment un dièdre.

[0031] La troisième zone Z3 est raccordée à la deuxième zone Z2 au niveau d'une deuxième arête B. Dans un cas particulier non illustré, la deuxième zone Z2 et la troisième zone Z3 sont planes, et forment un dièdre. Dans un autre cas particulier non illustré, la troisième zone Z3 est formée de deux surfaces planes qui forment un dièdre.

[0032] Différentes simulations permettent de tracer les courbes des figures 5 et 7, qui montrent l'évolution du couple, en ordonnée, en fonction de l'angle à la roue d'échappement en abscisse :

- la courbe de la figure 5 pour la palette standard de la figure 4 ;
- la courbe de la figure 7 pour la palette selon la figure 3 propre à l'invention.

[0033] Les figures 5 et 7 font apparaître, d'une part un cas idéal sans frottement représenté en trait interrompu, et d'autre part un cas avec un coefficient de frottement

de 0,15 représenté en trait plein.

[0034] Pour la palette standard de la figure 4, la figure 5 montre le diagramme de couple issu de la simulation, on ne voit pas le couple « négatif » du spiral reporté sur la roue, car la dent de la roue n'est pas « collée » à la palette. Le couple maximal est d'environ 0,59 sans frottements (0,85 avec coefficient frottement 0,15) (en unités arbitraires).

[0035] La figure 6 montre, à gauche une palette selon l'invention, et à droite une dent de la roue d'échappement en appui sur la deuxième arête B de cette palette, qui sépare la deuxième zone Z2 la troisième zone Z3. Le profil de la palette standard de la figure 4 est tracé en superposition, en trait interrompu, avec sa surface d'impulsion Z0, son plan de repos ZR étant ici constitué par la première zone Z1. On voit bien que la palette de l'ancre selon l'invention est, toutes choses égales par ailleurs, rallongée par rapport à la palette standard, et que le plan d'impulsion Z0 de la palette standard est remplacé par une surface composite résultant de la juxtaposition de la deuxième zone Z2 et de la troisième zone Z3. Plus particulièrement, la troisième zone Z3 comporte au moins une surface plane, ou, plus particulièrement encore, est plane.

[0036] Sur la partie droite de la figure 7 on voit le diagramme de couple de la solution selon l'invention : palette (+ dent) optimisée : le couple maximum est d'environ 0,29 sans frottements (0,45 avec coefficient frottement 0,15) (en unités arbitraires pour le couple). On obtient bien le lissage de couple recherché, et ce aussi bien dans une variante théorique sans frottement que dans une variante proche des conditions réelles avec un coefficient de frottement de 0,15.

[0037] Le gain relatif au moment du couple de rappel CR est proche d'un facteur 2, et inférieur au facteur 4 escompté. Les raisons sont :

- l'impulsion réelle n'est pas aussi symétrique que dans les schémas ;
- le rapport de transmission « ancre - roue d'échappement » change en fin d'impulsion (quand on passe d'un contact « pointe dent - plan palette » à un contact « plan dent - pointe palette »), ce qui va déjà dans la direction de l'optimisation sur une palette standard.

[0038] La figure 8 illustre une configuration géométrique convenant à cette simulation. Pour chacune des surfaces, on trace la tangente à la courbe au milieu de la zone de contact concernée, et de ce point on trace :

- une normale à la courbe (et donc perpendiculaire à cette tangente) en trait interrompu, et
- une droite radiale joignant l'axe de pivotement de l'ancre à ce point, en trait plein.

[0039] L'angle allant de la normale à la radiale n'a pas toujours le même sens. On appelle ici positif un angle allant dans le sens trigonométrique sur la figure, et négatif un angle allant dans le sens contraire.

[0040] Plus particulièrement :

- dans une première zone Z1, notamment mais non limitativement un premier plan, un premier angle ω_1 , formé entre d'une part une première normale N1 à la première zone Z1 à un point P médian de cette première zone Z1 et d'autre part une première radiale OP joignant l'axe de pivotement O de l'ancre à ce point P, est négatif ; le couple est de sens négatif ;
- dans une deuxième zone Z2, notamment mais non limitativement un deuxième plan, un deuxième angle ω_2 , formé entre une deuxième normale N2 à la deuxième zone Z2 au point Q médian de la deuxième zone Z2 et une deuxième radiale OQ joignant l'axe de pivotement O de l'ancre à ce point Q, est positif ; le couple est de sens positif ;
- dans une troisième zone Z3, qui est une surface courbe dans la variante illustrée par les figures, mais qui pourrait aussi non limitativement comporter au moins un troisième plan, un troisième angle ω_3 formé entre une troisième normale N3 à la troisième zone Z3 au point R médian de la troisième zone Z3 et une troisième radiale OR joignant l'axe de pivotement O de l'ancre à ce point R est positif ; le couple est de sens positif.

[0041] Plus particulièrement encore, le deuxième angle ω_2 entre la deuxième normale N2 et la deuxième radiale OQ est inférieur à $\text{atan}(\mu)$, où μ est le coefficient de frottement entre au moins une palette 1 et au moins une dent 2, la notation « atan » signifiant l'arc tangente. Le coefficient de frottement μ est de préférence compris entre 0,10 et 0,30. Plus particulièrement, le coefficient de frottement μ est compris entre 0,12 et 0,24. Plus particulièrement encore, le coefficient de frottement μ est égal à 0,2 ; l'angle ω_1 entre la normale N1 et la radiale OQ est alors inférieur à $\text{atan}(0,2)$.

[0042] Plus particulièrement encore, le troisième angle ω_3 entre la troisième normale N3 et la troisième radiale OR est supérieur à $\text{atan}(\mu)$. Le coefficient de frottement μ est de préférence compris entre 0,10 et 0,30. Plus particulièrement, le coefficient de frottement μ est compris entre 0,16 et 0,24. Plus particulièrement encore le coefficient de frottement μ est égal à 0,2 ; l'angle ω_1 entre la normale N1 et la radiale OQ est alors supérieur à $\text{atan}(0,2)$.

[0043] On comprend que cette géométrie peut s'appliquer aussi bien sur les palettes de l'ancre, que sur les dents de la roue d'échappement.

[0044] Les palettes peuvent être fixes sur l'oscillateur (repos frottant).

[0045] Le profil spécial décrit ici peut être sur la dent de la roue échappement.

[0046] Plus particulièrement, le contact entre une palette 1 d'ancre et une dent 2 de la roue d'échappement 20 comporte au moins trois zones, une première zone, dite de repos, où le couple est de sens négatif, où l'angle entre la normale au contact et la radiale de l'ancre est négatif, une deuxième zone correspondant au premier demi-angle de levée où le couple est de sens positif, où l'angle est positif et de valeur inférieure à une valeur prédéfinie, et une troisième zone correspondant au deuxième demi-angle de levée où le couple est de sens positif, où l'angle est positif et de valeur limitée supérieure à cette valeur prédéfinie.

[0047] Plus particulièrement, cette valeur prédéfinie est $\text{atan}(0,2)$ dans le cas d'un coefficient de frottement μ égal à 0,20, elle serait de $\text{atan}(0,15)$ dans le cas des simulations des figures 5 et 7 avec un coefficient de frottement μ égal à 0,15.

[0048] L'invention comporte encore un mouvement d'horlogerie 500, notamment et non limitativement tel que décrit par le Dictionnaire professionnel illustré de l'horlogerie, de M. G-A Berner, © Fédération de l'industrie horlogère suisse FH, article 3091 A, comportant au moins des moyens de stockage et de distribution d'énergie 200 et un rouage 300 agencé pour transmettre l'énergie à au moins un tel mécanisme d'échappement 100, et au moins un oscillateur mécanique 400 avec au moins une masse inertielle 40 rappelée par des moyens de rappel élastique 50, ladite masse inertielle 40 étant agencée pour coopérer avec ladite au moins une ancre 10.

[0049] Plus particulièrement, ledit oscillateur mécanique 400 est un oscillateur à balancier-spiral.

[0050] Naturellement, l'invention s'applique au cas où la palette 1 est dans un autre matériau que l'ancre 10 elle-même, ce qui peut permettre d'ajuster le coefficient de frottement μ optimal. Plus particulièrement au moins une palette 1 est rapportée sur un corps que comporte l'ancre 10, et est dans un autre matériau que celui de ce corps d'ancre.

[0051] Plus particulièrement, ledit oscillateur mécanique 400 est un oscillateur à guidage flexible avec au moins une masse inertielle 40 suspendue par des lames élastiques minces constituant les moyens de rappel élastique 50 de l'oscillateur 400.

[0052] L'invention comporte encore une pièce d'horlogerie 1000, notamment une montre, comportant au moins un tel mouvement d'horlogerie 500.

Revendications

1. Mécanisme d'échappement d'horlogerie (100), comportant au moins une ancre (10) et au moins une roue d'échappement (20), ladite au moins une ancre (10) étant agencée pour coopérer, d'une part avec une masse inertielle (40) d'un oscillateur mécanique (400), et soumise, directement ou indirectement, à

- l'action de moyens de rappel élastique (50) que comporte ledit oscillateur mécanique (400) et d'autre part, au niveau de palettes (1) que porte ou comporte ladite ancre (10), avec des dents (2) que comporte ladite au moins une roue d'échappement (20), **caractérisé en ce que** au moins une dite palette (1) ou/et au moins une dite dent (2) comporte une zone d'impulsion comportant deux zones, l'une pour une portion angulaire où lesdits moyens de rappel élastique tendent à entraîner ladite roue d'échappement (20), et l'autre pour une autre portion angulaire où lesdits moyens de rappel élastique tendent à s'opposer à ladite roue d'échappement (20), lesdites deux zones étant agencées de façon à minimiser le moment maximal desdits moyens de rappel élastique vu par ladite roue d'échappement (20).
2. Mécanisme d'échappement d'horlogerie (100) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le contact entre une dite palette (1) d'ancre et une dite dent (2) de ladite roue d'échappement (20) comporte au moins trois zones, une première zone (Z1) où le couple est de sens négatif, où un premier angle w_1 formé entre une première normale au contact (N1) et une première radiale de l'ancre (OP) est négatif, une deuxième zone (Z2) correspondant au premier demi-angle de levée où le couple est de sens positif, où un deuxième angle w_2 formé entre une deuxième normale au contact (N2) et une deuxième radiale de l'ancre (OQ) est positif, et une troisième zone (Z3) correspondant au deuxième demi-angle de levée où le couple est de sens positif, où un troisième angle w_3 formé entre une troisième normale au contact (N3) et une troisième radiale de l'ancre (OR) est positif.
 3. Mécanisme d'échappement d'horlogerie (100) selon la revendication 2, **caractérisé en ce que**, dans ladite deuxième zone (Z2) correspondant au premier demi-angle de levée où le couple est de sens positif, ledit deuxième angle w_2 entre ladite deuxième normale au contact (N2) et ladite deuxième radiale de l'ancre (OQ) est positif et de valeur inférieure à une valeur prédéfinie, et dans ladite troisième zone (Z3) correspondant au deuxième demi-angle de levée où le couple est de sens positif, ledit troisième angle w_3 entre ladite troisième normale au contact (N3) et ladite troisième radiale de l'ancre (OR) est positif et de valeur limitée supérieure à ladite valeur prédéfinie.
 4. Mécanisme d'échappement d'horlogerie (100) selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** ladite valeur prédéfinie est $\tan(\mu)$, où μ est le coefficient de frottement entre au moins une dite palette (1) et au moins une dite dent (2).
 5. Mécanisme d'échappement d'horlogerie (100) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** ledit coefficient de frottement μ est compris entre 0,10 et 0,30.
 6. Mécanisme d'échappement d'horlogerie (100) selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** ledit coefficient de frottement μ est égal à 0,2.
 7. Mécanisme d'échappement d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** au moins une dite palette (1) est rapportée sur un corps que comporte ladite ancre (10), et est dans un autre matériau que celui dudit corps de ladite ancre (10).
 8. Mécanisme d'échappement d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** ledit mécanisme d'échappement d'horlogerie (100) est de type potentiellement auto-démarrant.
 9. Mécanisme d'échappement d'horlogerie (100) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** ledit mécanisme d'échappement d'horlogerie (100) est un échappement à ancre suisse.
 10. Mécanisme d'échappement d'horlogerie (100) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** ledit mécanisme d'échappement d'horlogerie (100) est un échappement coaxial.
 11. Mouvement d'horlogerie (500) comportant au moins des moyens de stockage et de distribution d'énergie (200) et un rouage (300) agencé pour distribuer l'énergie à au moins un dit mécanisme d'échappement (100) selon l'une des revendications 1 à 10, et au moins un oscillateur mécanique (400) comportant au moins une masse inertielle (40) rappelée par des moyens de rappel élastique (50), ladite masse inertielle (40) étant agencée pour coopérer avec ladite au moins une ancre (10).
 12. Mouvement d'horlogerie (500) selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** ledit oscillateur mécanique (400) est un oscillateur à balancier-spiral.
 13. Mouvement d'horlogerie (500) selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** ledit oscillateur mécanique (400) est un oscillateur à guidage flexible avec au moins une dite masse inertielle (40) suspendue par des lames élastiques minces constituant lesdits moyens de rappel élastique (50) dudit oscillateur mécanique (400).
 14. Pièce d'horlogerie (1000) comportant au moins un mouvement d'horlogerie (500) selon l'une des revendications 11 à 13.
 15. Pièce d'horlogerie (1000) selon la revendication 14, **caractérisée en ce qu'**elle est une montre.

Fig. 1

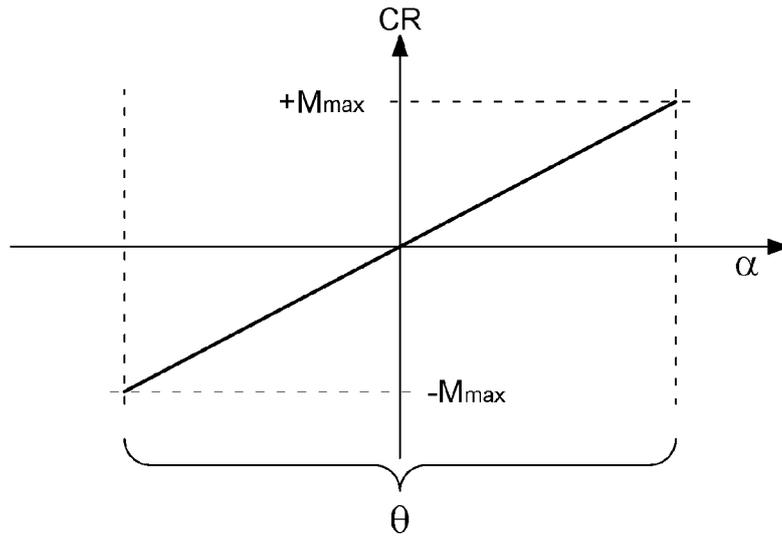


Fig. 2

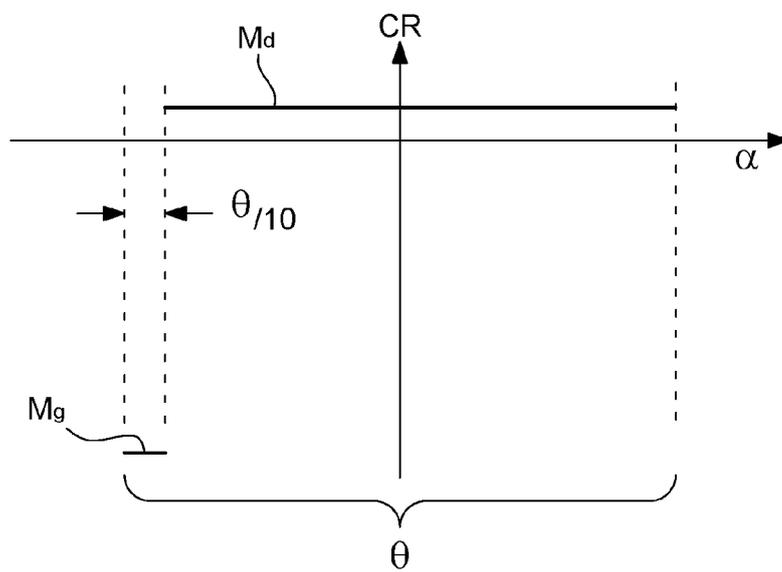


Fig. 3

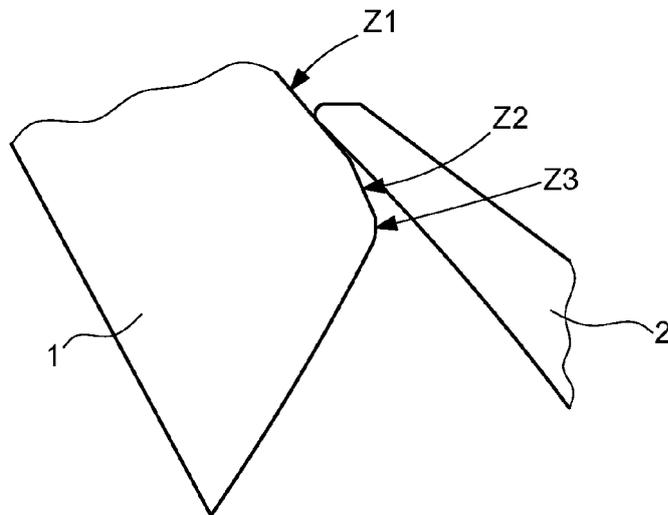


Fig. 4

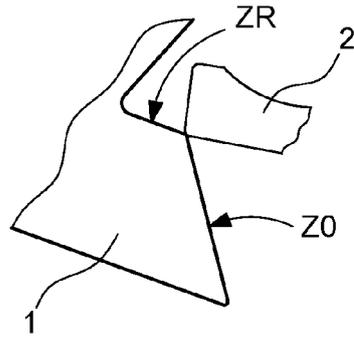


Fig. 5

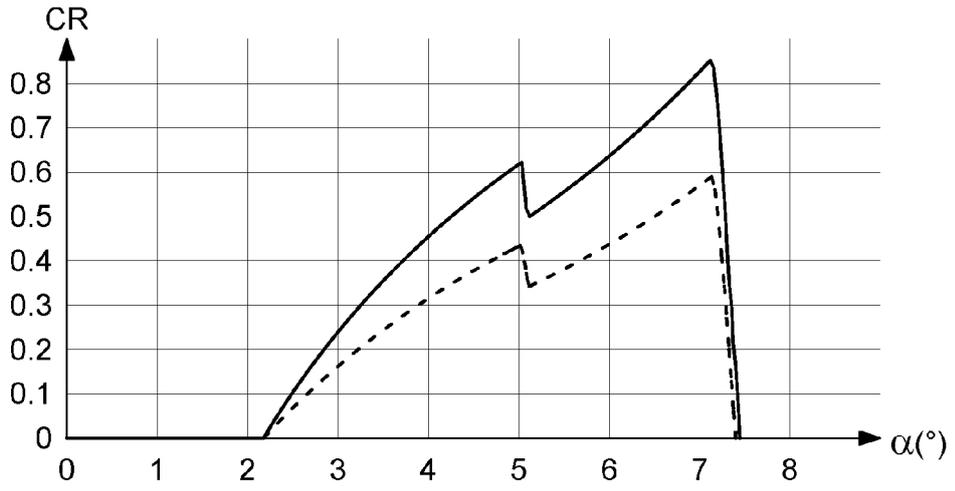


Fig. 6

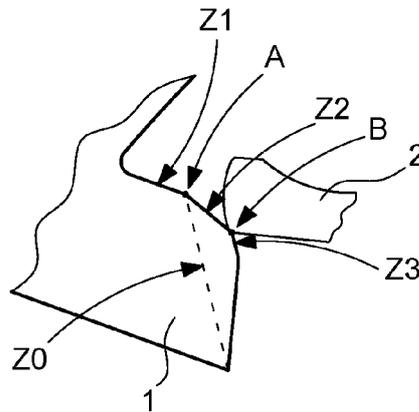


Fig. 7

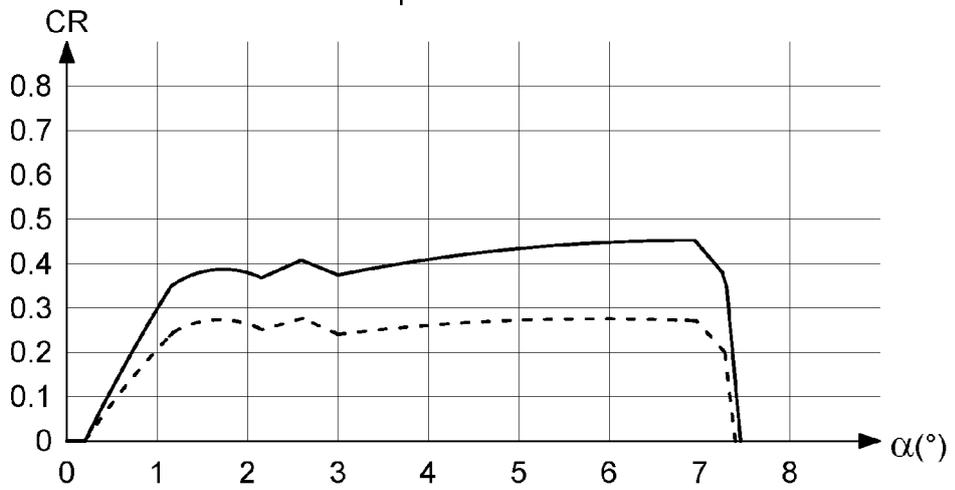


Fig. 8

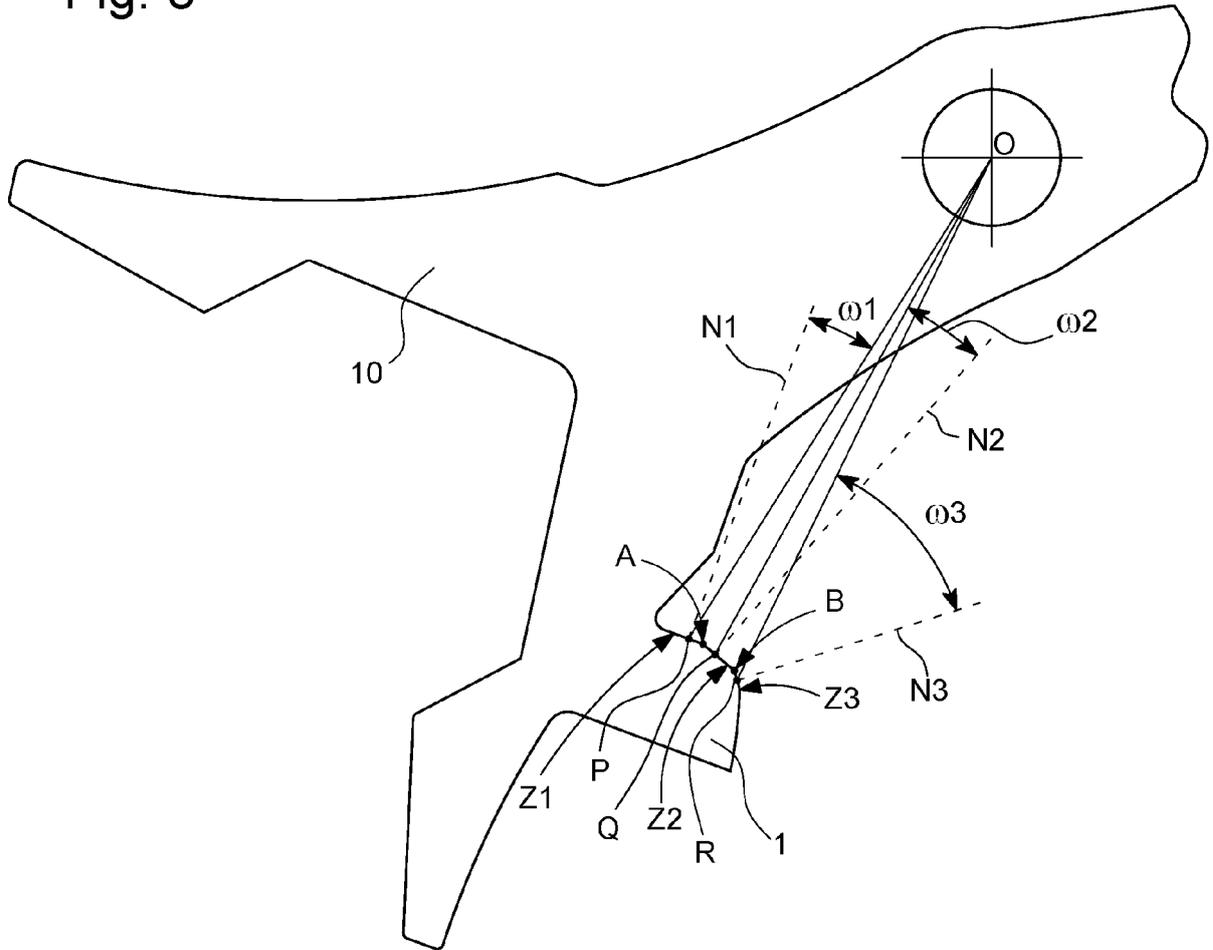
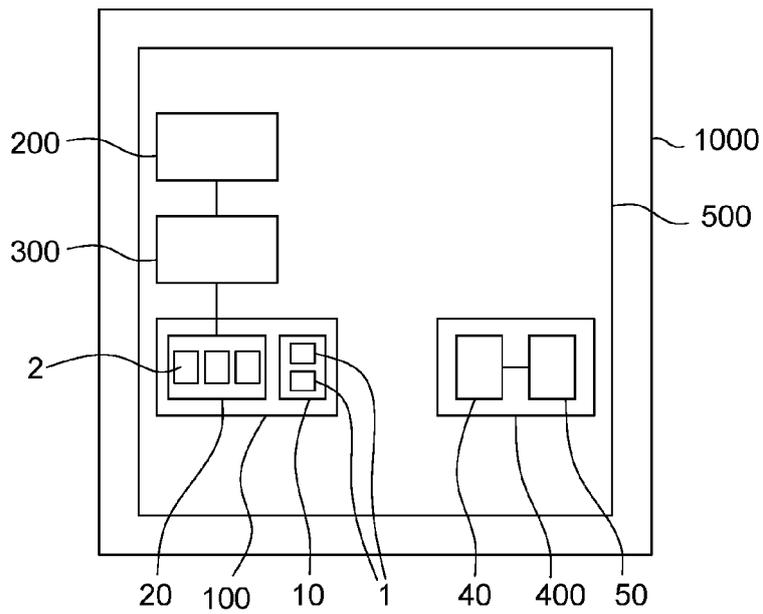


Fig. 9





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 22 21 2186

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	CH 1 661 869 A4 (HAMILTON WATCH CO [US]) 30 novembre 1971 (1971-11-30)	1, 7-9, 11, 12, 14, 15	INV. G04B15/08 G04B15/14
Y	* colonne 1, ligne 1 - ligne 5; figure 9 *	10, 13	
A	* colonne 8, ligne 54 - ligne 62 * -----	2-6	
A	CH 1 082 672 A4 (.) 14 mars 1975 (1975-03-14) * colonne 2, ligne 44 - ligne 51 * -----	7	
Y	EP 0 018 796 B1 (DANIELS GEORGE) 7 novembre 1984 (1984-11-07) * colonne 2, ligne 19 - ligne 25 * -----	10	
Y	CH 716 525 A1 (CSEM CT SUISSE DELECTRONIQUE MICROTECHNIQUE SA RECH DEVELOPPEMENT [CH]) 26 février 2021 (2021-02-26) * alinéa [0003] * -----	13	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B
1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 3 mai 2023	Examineur Scordel, Maxime
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 22 21 2186

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

03-05-2023

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CH 1661869	A4	30-11-1971	-----	
CH 1082672	A4	14-03-1975	-----	
EP 0018796	B1	07-11-1984	AUCUN	

CH 716525	A1	26-02-2021	AUCUN	

EPO FORM P0460

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