

(19)



(11)

EP 2 017 681 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
21.01.2009 Bulletin 2009/04

(51) Int Cl.:
G04B 17/06 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **07014128.8**

(22) Date de dépôt: **19.07.2007**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
 Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK RS

(71) Demandeur: **Noriah SA**
2300 La Chaux-de-Fonds (CH)

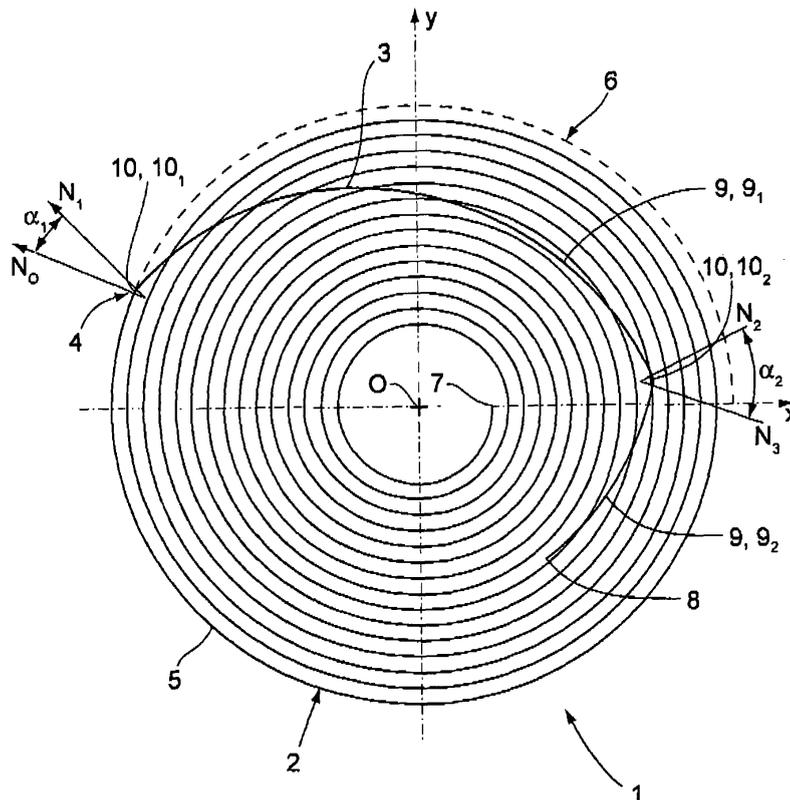
(72) Inventeurs:
 • **Belot, Michel**
2013 Colombier (CH)
 • **Orny, Franck**
2300 La-chaux-de-Fonds (CH)

(54) **Spiral d'horlogerie de type Breguet et son procédé de fabrication**

(57) Spiral d'horlogerie de type Breguet comprenant une partie (2) ayant, en vue de dessus, une forme de spirale et prolongée par une courbe terminale (3) située en dehors du plan du spiral et servant à rapprocher le

centre de gravité du spiral de son centre de rotation (O) : la courbe terminale (3) est constituée d'un ou plusieurs tronçons de spirale (9) et d'un ou plusieurs coudes à déformation permanente (10).

Fig.1



EP 2 017 681 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un spiral d'horlogerie, c'est-à-dire un ressort en forme de spirale destiné à être monté sur le même axe qu'un balancier pour former avec ce dernier l'organe régulateur d'un mouvement d'horlogerie.

[0002] La présente invention concerne plus particulièrement un spiral de type Breguet.

[0003] On sait qu'un problème des spiraux d'horlogerie est qu'ils se déforment de façon excentrique par rapport à l'axe de balancier pendant leur fonctionnement. Ceci est dû au fait que le centre de gravité du spiral ne coïncide pas avec son centre de rotation. Cette déformation excentrique du spiral rend les oscillations de l'organe régulateur anisochrones et nuit donc à la précision de fonctionnement du mouvement d'horlogerie.

[0004] Les spiraux de type Breguet ont été proposés pour résoudre ce problème. Ces spiraux comprennent une courbe terminale qui s'étend au-dessus du plan du spiral depuis la spire extérieure de celui-ci et dont la forme est choisie pour modifier la position du centre de gravité du spiral et la faire coïncider avec son centre de rotation. Cette courbe est connue sous le nom de courbe Philips. Elle participe aux déformations élastiques du spiral et permet à ce dernier de se déformer concentriquement lors de son fonctionnement. Elle est constituée de segments circulaires et/ou rectilignes et est obtenue par déformation de la spire extérieure d'un spiral plan initial. Un inconvénient de cette courbe Philips est qu'elle a tendance, au fil du temps, à revenir à sa forme initiale de tronçon de spirale et qu'elle ne conserve donc pas la forme permettant de faire coïncider les centres de gravité et de rotation. Afin de remédier à ce problème, les spiraux de type Breguet sont généralement soumis à un traitement thermique pour libérer la courbe Philips des contraintes de déformation qui l'ont formée. Un tel traitement thermique est très délicat à réaliser car, notamment, il nécessite de trouver des moyens appropriés pour maintenir la forme de la courbe Philips pendant le traitement.

[0005] La présente invention vise à proposer un spiral de type Breguet qui conserve sa forme et donc son aptitude à se déformer concentriquement sans qu'il soit nécessaire de recourir au traitement thermique précité.

[0006] A cette fin, il est prévu un spiral d'horlogerie de type Breguet comprenant une partie ayant, en vue de dessus, une forme de spirale et prolongée par une courbe terminale située en dehors du plan du spiral et servant à rapprocher le centre de gravité du spiral de son centre de rotation, **caractérisé en ce que** la courbe terminale est constituée d'un ou plusieurs tronçons de spirale et d'un ou plusieurs coudes à déformation permanente.

[0007] L'invention prévoit également un procédé de fabrication d'un spiral d'horlogerie de type Breguet, comprenant une première étape consistant à fabriquer un spiral plan, une seconde étape consistant à déformer la spire extérieure du spiral plan en un point déterminé pour la faire sortir du plan du spiral plan et une troisième étape consistant à déformer au moins une partie de ladite spire extérieure après ledit point pour former une courbe terminale servant à rapprocher le centre de gravité du spiral de son centre de rotation, caractérisé en ce que la troisième étape est réalisée sans déformation de la spire extérieure autre que la formation d'un ou de plusieurs coudes à déformation permanente.

[0008] Des modes de réalisation particuliers de l'invention sont définis dans les revendications dépendantes annexées 2 à 4 et 6 à 10.

[0009] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue de dessus d'un spiral Breguet selon l'invention, et
- la figure 2 montre schématiquement comment peuvent être calculées les équations des différents tronçons de la courbe terminale levée du spiral Breguet selon l'invention.

[0010] Dans toute la description qui suit, les coordonnées sont définies dans le repère (O, x, y) montré à la figure 1 et les angles sont mesurés par rapport à l'axe (O, x), sauf lorsqu'il en est indiqué autrement. De plus, pour simplifier, la normale au spiral en un point donné et l'angle que fait cette normale avec l'axe (O, x) seront désignés de la même manière.

[0011] En référence à la figure 1, un ressort-spiral d'horlogerie ou « spiral » 1 selon l'invention comprend une partie plane en spirale 2 et une courbe terminale levée 3 s'étendant au-dessus de la partie plane en spirale 2 depuis un point 4 de la spire extérieure 5 de la partie plane en spirale 2. La courbe terminale 3 est faite en une seule pièce avec la partie plane en spirale 2. Le spiral 1 avec sa courbe 3 est obtenu par déformation de la spire extérieure 5 d'un spiral plan initial 6. Le spiral 1 est destiné à être fixé à l'axe d'un balancier par son extrémité intérieure 7 par l'intermédiaire d'une virole et à un piton par son extrémité extérieure 8 qui est constituée par l'extrémité de la courbe terminale 3. Sur la figure 1, le centre de rotation du spiral 1 est le centre O du repère (O, x, y). Il est situé sur l'axe imaginaire de rotation de l'organe régulateur balancier-spiral. La forme de la courbe terminale 3 est déterminée pour que le centre de gravité du spiral 1 soit en permanence sensiblement confondu avec le centre de rotation O (en vue de dessus), afin que les spires de la partie plane en spirale 2 du spiral 1 se déforment concentriquement pendant les oscillations de ce dernier. Par « centre de gravité » du spiral 1, on entend en fait le centre de gravité de la partie élastique du spiral 1. Si le spiral 1 comporte une ou des parties rigides, ce qui n'est pas le cas dans l'exemple illustré, ces parties ne sont pas prises en compte dans le calcul du centre de gravité. Le centre de gravité au sens de l'invention est un centre de déformation.

[0012] Conformément à l'invention, la courbe terminale 3 est constituée d'un ou plusieurs tronçons de spirale 9 et

d'un ou plusieurs coudes 10. Dans l'exemple représenté, la courbe terminale 3 comprend deux tronçons de spirale 9₁ et 9₂ séparés par un coude 10₂. Dans des variantes, toutefois, la courbe terminale 3 pourrait comprendre un seul tronçon de spirale ou plus de deux tronçons de spirale séparés par des coudes. Un triple coude 10₁, formé au point 4, définit le début de la courbe terminale 3. Ce triple coude 10₁ comprend un double coude vertical, en forme de S (non visible sur le dessin), qui « lève » la courbe 3, en d'autres termes la fait sortir du plan de la partie plane en spirale 2, et un coude horizontal (visible sur le dessin) qui oriente la courbe 3 par rapport à la spire extérieure 5. Dans des variantes, le double coude vertical pourrait être distant du coude horizontal et être situé avant le point 4. Dans ce cas, la partie en spirale 2 serait plane jusqu'au double coude vertical puis sortirait de son plan tout en conservant, en vue de dessus, sa forme de spirale initiale, et ceci jusqu'au point 4 d'où commencerait la courbe terminale 3 située dans le même plan que la fin de la partie en spirale 2. Dans toute la suite, le repère 10₁ désignera uniquement le coude horizontal définissant le début de la courbe terminale 3. Plus généralement, le repère 10 désignera les coudes horizontaux 10₁, 10₂, etc.

[0013] Par définition, tous les coudes 10 ont une courbure plus grande, et même bien plus grande, que la courbure locale des tronçons de spirale 9, pour induire des changements de direction de la courbe 3. Plus précisément, tous ces coudes 10 sont à déformation permanente, c'est-à-dire que leur courbure est suffisamment grande pour qu'ils ne tendent pas à retrouver leur forme initiale tout en restant suffisamment petite pour ne pas causer de rupture de la matière. De tels coudes existent déjà dans les spiraux plans à raquette où ils permettent d'éloigner et de rendre concentrique la partie terminale de la spire extérieure pour l'utilisation d'une raquette de réglage de fréquence. Il a été constaté que ces coudes restent stables, en d'autres termes ils ne cherchent pas à retrouver leur forme initiale, même sans avoir été préalablement traités thermiquement et bien qu'ils participent aux déformations élastiques du spiral pendant son fonctionnement. On dit que l'on a « cassé le nerf de la matière ». Le double coude vertical permettant de lever la courbe terminale 3 est lui aussi à déformation permanente, comme dans les spiraux Breguet usuels.

[0014] Les tronçons de spirale 9 conservent eux la forme qu'ils avaient dans le spiral plan initial 6. Sur la figure 1, le trait pointillé au niveau du repère 6 montre la position et la forme initiales de la courbe 3. Dans cette position et cette forme initiales, la courbe 3 constitue une partie terminale de la spire extérieure 5 du spiral plan 6. La position et la forme définitives de la courbe 3, montrée en trait plein, est obtenue sans déformation de la spire extérieure 5 autre que celle consistant à former les coudes 10. Ainsi, à l'état de repos du spiral 1, les tronçons de spirale 9 ne sont pas soumis à des contraintes de déformation de sorte que leur forme reste stable sans qu'il soit nécessaire de les traiter thermiquement. Comme la partie en spirale 2 et les coudes 10, ces tronçons de spirale 9 se déforment élastiquement pendant les oscillations du spiral 1. La position et la longueur angulaire des coudes 10 sont telles qu'à tout moment, que le spiral 1 soit à l'état de repos, d'extension ou de contraction, le centre de gravité du spiral 1 soit sensiblement confondu avec le centre de rotation O.

[0015] En pratique, pour fabriquer le spiral 1, on fabrique d'abord le spiral plan 6, typiquement en enroulant une lame d'épaisseur et de hauteur constantes autour du centre O. De manière traditionnelle, on fait ensuite subir à ce spiral plan 6 un traitement thermique pour libérer la lame des contraintes de déformation générées par l'enroulement. Dans une variante, on peut fabriquer le spiral plan 6 par une technique de micro-fabrication, telle que la technique LIGA. Une fois le spiral plan 6 fabriqué, on déforme sa spire extérieure 5 en des points discrets pour former le double coude vertical et le ou les coudes horizontaux 10. Aucune déformation n'est appliquée aux tronçons de spirale 9 entre les coudes 10 et entre le dernier des coudes 10 et l'extrémité de la spire extérieure, ni entre le double coude vertical et le coude 10₁.

[0016] La position de chaque coude 10 et l'angle parcouru par chaque coude 10 déterminent la forme de la courbe terminale levée 3. Dans la présente invention, cette position et cet angle sont déterminés par un calcul satisfaisant les deux conditions suivantes :

- a) longueur de la lame du spiral final 1 égale à la longueur L de la lame du spiral plan initial 6 (pour que le spiral final 1 ait la même fréquence d'oscillation que le spiral plan initial 6),
- b) centre de gravité du spiral final 1 confondu avec le centre de rotation O.

La condition a) peut s'écrire de la manière suivante :

$$L = L_0 + r_c \cdot \alpha_1 + L_1 + \dots + r_c \cdot \alpha_i + L_i + \dots + r_c \cdot \alpha_n + L_n \quad (\text{eq 1})$$

où r_c est le rayon de courbure de chaque coude, jugé suffisamment petit pour « casser le nerf de la matière » et suffisamment grand pour ne pas entraîner de rupture de la lame, L_0 est la longueur de la lame depuis l'extrémité intérieure 7 jusqu'au coude 10₁, c'est-à-dire la longueur de la partie en spirale 2, α_i est l'angle parcouru par un coude donné 10₁, c'est-à-dire l'angle entre la normale N_{j-1} à la courbe 3 au début du coude et la normale N_j à la courbe 3 à la fin du coude, L_i est la longueur d'un tronçon de spirale donné 9_i de la courbe 3. Dans l'équation (eq 1) la longueur du double coude vertical a été négligée. La condition b) peut elle s'écrire de la manière suivante :

$$X_g = (\int_L x * e * dl) / L = 0$$

5

$$Y_g = (\int_L y * e * dl) / L = 0$$

10

où X_g et Y_g sont les coordonnées du centre de gravité du spiral final 1, e est l'épaisseur (constante) de la lame (dans le plan du spiral) et dl est la longueur élémentaire de la lame, ou plus simplement ainsi :

$$\int_L x * dl = 0 \tag{eq 2}$$

15

$$\int_L y * dl = 0 \tag{eq 3}$$

20

[0017] Chaque intégrale ($\int_L x * dl$) et ($\int_L y * dl$) se décompose en la somme de plusieurs intégrales correspondant respectivement au tronçon de longueur L_0 du spiral (partie en spirale 2), au premier coude 10_1 de la courbe 3, au premier tronçon de spirale 9_1 de longueur L_1 de la courbe 3, au second coude 10_2 de la courbe 3, au second tronçon de spirale 9_2 de longueur L_2 de la courbe 3, etc. Pour le calcul de chacune de ces intégrales, ainsi que, plus généralement, pour la résolution du système d'équations (eq 1), (eq 2) et (eq 3), on détermine les équations de chaque tronçon du spiral (tronçons de spirale 2, 9 et coudes 10). En choisissant comme forme de spirale une spirale d'Archimède, l'équation du tronçon 2 de longueur L_0 est

25

$$R = r_0 + a * \theta$$

30

où R est le rayon polaire, r_0 le rayon initial (distance entre le centre O et l'extrémité intérieure 7), a le pas (par radian) de la spirale et θ l'angle polaire (en radian). Comme cela est bien connu, les coordonnées cartésiennes (x, y) d'un point donné se déduisent de ses coordonnées polaires (R, θ) par les formules suivantes :

35

$$x = R * \cos (\theta)$$

40

$$y = R * \sin (\theta) .$$

Pour déterminer les équations des tronçons suivants 9, 10 du spiral, on peut procéder de la manière indiquée ci-dessous, en référence à la figure 2.

45

[0018] L'angle de la normale au spiral au point (X_0, Y_0) de fin du tronçon en spirale 2 est

$$N_0 = (R_0 - r_0) / a + \text{Atg} (R_0 / a) - \pi / 2 .$$

50

Le premier coude 10_1 parcourt un angle α_1 donc une longueur $\Delta L = r_c * \alpha_1$. La longueur du spiral jusqu'à la sortie du premier coude 10_1 est $L_{01} = L_0 + \Delta L$. L'angle de la normale N_1 en ce point de sortie est $N_1 = N_0 + \alpha_1$, Les coordonnées du point de sortie du premier coude 10_1 sont donc :

55

$$X_1 = X_0 - r_c * \cos (N_0) + r_c * \cos (N_1)$$

$$Y_1 = Y_0 - r_c * \sin (N_0) + r_c * \sin (N_1) .$$

5 Les équations de l'arc de cercle constituant le coude 10₁ sont

$$X = X_0 - r_c * \cos (N_0) + r_c * \cos (N)$$

10

$$Y = Y_0 - r_c * \sin (N_0) + r_c * \sin (N)$$

15 où N varie entre N₀ et N₁. Le point (X₁, Y₁) de sortie du premier coude 10₁ est issu du point (X₀₁, Y₀₁) du spiral initial 6 situé à la longueur L₀₁. Sur une spirale d'Archimède de pas a, la longueur L_R de la spirale depuis l'extrémité intérieure jusqu'à un point donné de la spirale situé à un rayon polaire R est

20

$$L_R = \{ (1 + R^2/a^2)^{1/2} * R/a + \text{Log} [R/a + (1 + R^2/a^2)^{1/2}] \} * a/2 .$$

25 Sur la base de cette formule, on peut déterminer les coordonnées polaires (R₀₁, θ₀₁) du point (X₀₁, Y₀₁) en fonction de L₀₁ puis la normale N₀₁ en ce point. La partie du spiral initial 6 située après le point (X₀₁, Y₀₁) est donnée par l'équation de la spirale d'Archimède, à savoir R = r₀ + a * θ. Former le premier coude 10₁ revient à effectuer une transformation géométrique constituée d'une part par une translation du point (X₀₁, Y₀₁) au point (X₁, Y₁) et d'autre part par une rotation de la normale N₀₁ à la normale N₁. Les composantes de la translation sont :

30

$$T_x = X_1 - X_{01}$$

35

$$T_y = Y_1 - Y_{01} .$$

L'angle de rotation est

40

$$\Omega = N_1 - N_{01} .$$

On en déduit l'équation d'une courbe obtenue par translation de la partie du spiral initial 6 située après le point (X₀₁, Y₀₁) :

45

$$X_t = X_s + T_x$$

50

$$Y_t = Y_s + T_y$$

où (X_s, Y_s) sont les coordonnées cartésiennes des points de la partie du spiral initial 6 située après le point (X₀₁, Y₀₁), puis l'équation du premier tronçon de spirale 9₁ de la courbe 3, qui est tangent à la sortie du coude 10₁ :

55

$$X_c = X_1 + (X_t - X_1) * \cos (\Omega) - (Y_t - Y_1) * \sin (\Omega)$$

$$Y_c = Y_1 + (X_t - X_1) * \sin(\Omega) + (Y_t - Y_1) * \cos(\Omega) .$$

5 Pour déterminer les équations des tronçons suivants 10₂, 9₂, 10₃, 9₃, etc., du spiral 1, on procède de manière similaire, c'est-à-dire, pour chaque coude, en calculant le point du spiral initial 6 correspondant au point de sortie du coude ainsi que la rotation des normales entre la courbe originale 6 et la courbe finale 3, puis en calculant les coordonnées des points de la courbe originale et en effectuant la transformation translation + rotation ce qui replace le tronçon de spirale en sortie du coude et tangent à celui-ci.

10 **[0019]** Les inconnues des équations (eq 1), (eq 2) et (eq 3) sont L₀, α₁ et L₁. Dans le cas où la courbe 3 ne comporte qu'un seul tronçon de spirale 9, les inconnues sont L₀, α₁ et L₁ et nous disposons donc de trois équations et de trois inconnues donnant une solution unique. Cependant, comme la solution est unique, la position du piton est imposée, ce qui peut constituer une contrainte dans la conception du mouvement horloger. De préférence, on choisira donc un nombre de tronçons de spirale 9 pour la courbe levée 3 supérieur à un, afin d'offrir une certaine liberté dans le choix de la position du piton. Dans ce dernier cas, néanmoins, le nombre d'inconnues devient supérieur à trois. Il convient donc d'ajouter des équations. Ces équations peuvent être déterminées par des conditions aux limites souhaitées.

15 **[0020]** Ainsi, dans le cas d'une courbe levée 3 comprenant deux tronçons de spirale 9₁ et 9₂, de longueurs respectives L₁ et L₂, comme dans l'exemple représenté sur le dessin, on peut choisir comme conditions aux limites le fait que l'extrémité 8 de la courbe 3 soit tangente à un cercle ayant pour centre (en vue de dessus) le centre de rotation O et que l'angle γ₂ parcouru par le dernier tronçon de spirale 9₂ de la courbe 3, ou, ce qui revient au même, la longueur L₂, ait une valeur souhaitée. Ces conditions permettent de choisir la position du piton, avec une certaine liberté, et rend possible l'utilisation d'une raquette de réglage de fréquence excentrée, montée sur un axe de pivotement qui est parallèle mais distinct de l'axe de balancier. Outre qu'elles imposent la longueur L₂, ces conditions aux limites se traduisent par les deux équations supplémentaires suivantes :

25

$$P = (R_r - R_f) * \cos(\beta) \quad (\text{eq 4})$$

30

$$Q = (R_r - R_f) * \sin(\beta) \quad (\text{eq 5})$$

35 où (P, Q) sont les coordonnées du centre de courbure de l'extrémité 8 de la courbe 3, c'est-à-dire de l'extrémité du dernier tronçon de spirale 9₂, R_f est le rayon de courbure de l'extrémité 8 de la courbe 3, R_r est le rayon du cercle qui a pour centre le centre de rotation O et qui est tangent à l'extrémité 8 de la courbe 3, et β est l'angle polaire au point de tangence (point d'extrémité 8 de la courbe). Ces deux équations supplémentaires (eq 4) et (eq 5) apportent une seule inconnue supplémentaire, à savoir le rayon R_r. En effet, P, Q et R_f sont définis par la sortie du dernier coude 10₂ et β est donné par la somme des angles parcourus le long du spiral 1. Les cinq équations (eq 1) à (eq 5) comprennent donc

40

[0021] Le système d'équations (eq 1) à (eq 5) peut être résolu par itération. Pour ce faire, on peut par exemple procéder de la manière suivante :

- 1) on choisit une valeur R_r,
- 45 2) on choisit une valeur L₀ et une valeur α₁,
- 3) on choisit une valeur α₂,
- 4) on calcule L₁ par l'équation (eq 1) ; par les équations du tronçon de spirale 9₁ de la courbe 3, on en déduit l'angle γ₁ parcouru par ce tronçon de spirale 9₁, c'est-à-dire l'angle entre la normale N₁ à la courbe 3 à la sortie du premier coude 10₁ et la normale N₂ à la courbe 3 à l'entrée du second coude 10₂,
- 50 5) on calcule l'angle que fait avec l'axe (O, x) la normale N₀ au spiral au début du premier coude 10₁ (fin de la spirale 2) ; la somme des angles N₀, α₁, γ₁, α₂ et γ₂ donne l'angle β,
- 6) par les équations du tronçon de spirale 9₂ on calcule les coordonnées (P, Q) du centre de courbure de l'extrémité 8 de la courbe 3 et le rayon de courbure R_f,
- 7) on vérifie si les équations de tangence (eq 4) et (eq 5) sont respectées,
- 55 8) si ce n'est pas le cas, on modifie α₂ et on remet en oeuvre les étapes 4) à 7), et ainsi de suite jusqu'à ce que les équations de tangence (eq 4) et (eq 5) soient respectées,
- 9) on calcule le centre de gravité par les équations (eq 2) et (eq 3),
- 10) on modifie le couple (L₀, α₁) et on remet en oeuvre les étapes 3) à 9), et ainsi de suite jusqu'à trouver le minimum

de la distance entre le centre de gravité et le centre de rotation O,
 11) on modifie R_r et on remet en oeuvre les étapes 2) à 10), et ainsi de suite jusqu'à ce que la distance entre le centre de gravité et le centre de rotation O soit nulle ou puisse être considérée comme suffisamment proche de zéro. Les dernières valeurs $L_0, \alpha_1, \alpha_2, L_1$ et R_r sont les solutions du système d'équations (eq 1) à (eq 5).

5

Revendications

10

1. Spiral d'horlogerie de type Breguet comprenant une partie (2) ayant, en vue de dessus, une forme de spirale et prolongée par une courbe terminale (3) située en dehors du plan du spiral et servant à rapprocher le centre de gravité du spiral de son centre de rotation (O), **caractérisé en ce que** la courbe terminale (3) est constituée d'un ou plusieurs tronçons de spirale (9) et d'un ou plusieurs coudes à déformation permanente (10).

15

2. Spiral d'horlogerie selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la courbe terminale (3) est constituée d'un tronçon de spirale (9) et d'un coude à déformation permanente (10) séparant le tronçon de spirale (9) de la partie en spirale (2).

20

3. Spiral d'horlogerie selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la courbe terminale (3) est constituée d'un premier tronçon de spirale (9₁), d'un premier coude à déformation permanente (10₁) séparant le premier tronçon de spirale (9₁) de la partie en spirale (2), d'un second tronçon de spirale (9₂) et d'un second coude à déformation permanente (10₂) séparant les premier et second tronçons de spirale (9₁, 9₂).

25

4. Spiral d'horlogerie selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'extrémité (8) de la courbe terminale (3) est tangente à un cercle ayant pour centre le centre de rotation (O) du spiral.

30

5. Procédé de fabrication d'un spiral d'horlogerie de type Breguet, comprenant une première étape consistant à fabriquer un spiral plan (6), une seconde étape consistant à déformer la spire extérieure (5) du spiral plan en un point déterminé pour la faire sortir du plan du spiral plan et une troisième étape consistant à déformer au moins une partie de ladite spire extérieure (5) après ledit point pour former une courbe terminale (3) servant à rapprocher le centre de gravité du spiral de son centre de rotation (O), **caractérisé en ce que** la troisième étape est réalisée sans déformation de la spire extérieure (5) autre que la formation d'un ou de plusieurs coudes à déformation permanente (10).

35

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la troisième étape consiste à former un unique coude à déformation permanente (10) pour que la courbe terminale (3) comprenne un unique tronçon de spirale (9).

40

7. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la troisième étape consiste à former deux coudes à déformation permanente (10₁, 10₂) pour que la courbe terminale (3) comprenne deux tronçons de spirale (9₁, 9₂) séparés l'un de l'autre par l'un des deux coudes (10₂).

45

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce que** la position de chaque coude (10) et l'angle (α_1, α_2) parcouru par chaque coude sont préalablement calculés en résolvant, dans un repère (O, x, y) dont le centre (O) est le centre de rotation du spiral, le système d'équations suivant :

$$L = L_0 + r_c * \alpha_1 + L_1 + \dots + r_c * \alpha_j + L_j + \dots + r_c * \alpha_n + L_n$$

50

$$\int_L x * dl = 0$$

$$\int_L y * dl = 0$$

55

où L est la longueur de la lame du spiral plan (6), L_0 est la longueur de la lame entre l'extrémité intérieure (7) du spiral et le premier coude (10₁), r_c est le rayon de courbure de chaque coude (10), α_i est l'angle parcouru par un

EP 2 017 681 A1

coude donné (10), L_i est la longueur d'un tronçon de spirale donné (9) de la courbe (3) et dl est un élément de longueur du spiral (1) comportant la courbe terminale (3).

5 9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** le nombre de coudes (10) est supérieur à un et **en ce que** des conditions aux limites sont ajoutées au système d'équations.

10 10. Procédé selon les revendications 7 et 8, **caractérisé en ce que** les conditions aux limites suivantes sont ajoutées au système d'équations :

10 - extrémité (8) de la courbe terminale (3) tangente à un cercle ayant pour centre le centre de rotation (O) du spiral,
- angle parcouru par le dernier tronçon de spirale (9_2) égal à une valeur prédéterminée.

15

20

25

30

35

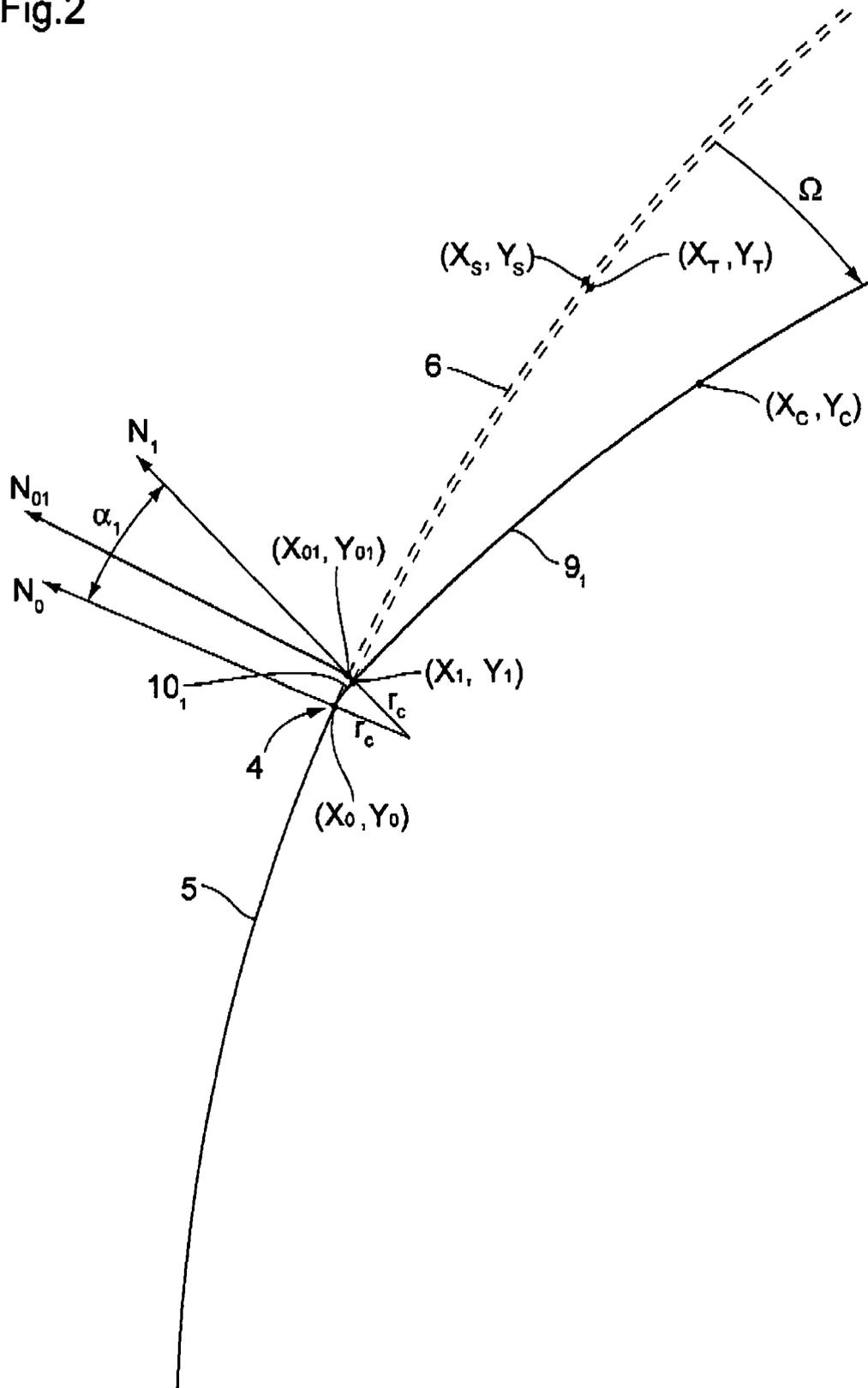
40

45

50

55

Fig.2





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	EP 1 605 323 A (COREDEM S A [CH]) 14 décembre 2005 (2005-12-14) * alinéas [0003] - [0005], [0010]; figure 7 *	1-5,7-10	INV. G04B17/06
X	----- US 570 394 A (W.W.GRISCOM) 27 octobre 1896 (1896-10-27) * page 1, ligne 83 - ligne 92; figures 1-3 *	5,7	
X	----- "vom "Geheimnis" der Breguetspirale" NEUE UHRMACHER ZEITUNG, février 1984 (1984-02), pages 46-49, XP001219436 Ulm (Deutschland) * page 46, colonne 1 *	5,6	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		28 avril 2008	Guidet, Johanna
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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		& : membre de la même famille, document correspondant	

3

EPO FORM 1503 03.02 (P04C02)

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

EP 07 01 4128

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.

28-04-2008

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1605323	A	14-12-2005	AUCUN

US 570394	A		AUCUN

EPO FORM P0460

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