

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 03.03.03.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 10.09.04 Bulletin 04/37.

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 :

71 Demandeur(s) : FASTLITE Société à responsabilité limitée — FR.

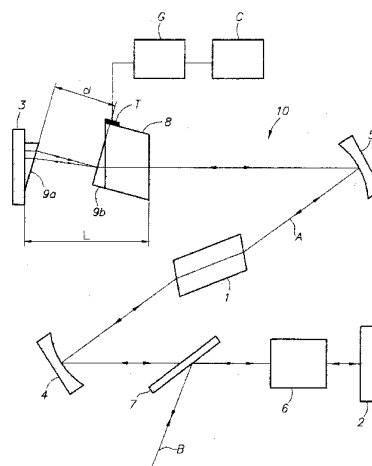
72 Inventeur(s) : KAPLAN DANIEL, OKSENHENDLER THOMAS et TOURNOIS PIERRE.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CABINET MOUTARD.

54 PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR LE CONTRÔLE DE L'AMPLITUDE DU SPECTRE EN LONGUEURS D'ONDES DES IMPULSIONS LUMINEUSES ULTRA BREVES EMISES PAR LES AMPLIFICATEURS LASER A PASSAGES MULTIPLES.

57 L'invention propose d'introduire dans une cavité laser d'un amplificateur à passages multiples (10), un dispositif acousto-optique programmable (8) pour modifier faiblement l'amplitude du spectre de l'impulsion lumineuse à chacun des passages grâce à une interaction colinéaire ou quasi-colinéaire entre ladite impulsion lumineuse et un faisceau acoustique, le résultat du filtrage étant exploité sur le faisceau lumineux direct non diffracté, de l'interaction acousto-optique.



5

- 10 La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour le contrôle de l'amplitude du spectre en longueurs d'ondes des impulsions lumineuses ultra brèves émises par les amplificateurs laser à passages multiples.

Ce procédé s'applique notamment aux amplificateurs laser à passages
15 multiples de la lumière dans un cristal amplificateur dont les impulsions lumineuses amplifiées sont de durée comprise entre quelques femtosecondes et quelques picosecondes.

Une chaîne d'amplification laser comprend un oscillateur et un ou plusieurs
20 amplificateurs ; dans le cas des chaînes laser à impulsions brèves, l'oscillateur doit être à large bande pour générer une impulsion brève de référence ; la bande passante de ladite impulsion de référence est réduite par les amplificateurs suite à un effet de réduction du gain sur les flancs du spectre de ladite impulsion de référence ; cet effet contribue à réduire le spectre en
25 longueurs d'onde de l'impulsion au fil des passages multiples dans la chaîne amplificatrice ; l'impulsion en sortie des amplificateurs est donc plus longue que ladite impulsion de référence.

D'une façon générale, on sait que pour combattre cet effet de réduction du
30 gain, il faut diminuer l'amplitude du spectre de l'impulsion de référence au centre de la bande passante ; ceci peut être réalisé au moyen d'un filtre fixe ou

programmable placé entre l'oscillateur et le premier amplificateur ou dans l'amplificateur lui-même lorsque celui-ci est du type à passages multiples de l'impulsion lumineuse dans le cristal amplificateur.

- 5 La réduction de l'amplitude du spectre de l'impulsion initiale au centre de la bande passante, en amont de l'amplification, doit être d'autant plus importante que l'amplification postérieure est grande.

10 Il s'avère qu'un tel filtrage du spectre de l'impulsion initiale, même s'il permet de combattre la réduction de la bande passante et d'élargir le spectre de l'impulsion amplifiée, introduit par ailleurs des effets de phase indésirables dus au fait que la vitesse de propagation de la lumière dans le cristal amplificateur est légèrement plus lente lorsque l'énergie amplifiée est plus grande (effet de l'indice non linéaire du cristal amplificateur).

15

Ainsi, les longueurs d'onde de la lumière correspondantes aux deux extrémités du spectre ont des vitesses de propagation dans le cristal amplificateur plus lentes que celles situées dans la partie centrale dudit spectre.

20 Il s'ensuit une distorsion de phase du 3^{ème} ordre introduite par la forte modulation en amplitude du spectre filtré.

Lorsque le filtre est placé dans la cavité d'un amplificateur à passages multiples, l'impulsion lumineuse traverse N fois le cristal amplificateur avant d'être extraite ; dans cette configuration, la réduction d'amplitude du spectre
25 de l'impulsion de référence, au centre de la bande passante peut être la racine N^{ème} de la réduction d'amplitude correspondante à un seul passage.

En effet, si $g_1(\lambda)$ est la courbe de gain en fonction de la longueur d'onde correspondant au premier passage, $g_2(\lambda)$ la courbe de gain correspondant au
30 2^{ème} passage, ..., $g_N(\lambda)$ la courbe de gain correspondant au N^{ème} passage, la courbe de gain totale correspondant aux N passages est :

$$G(\lambda) = g_1(\lambda) \cdot g_2(\lambda) \dots g_N(\lambda),$$

et, si les N passages sont identiques de gain $g(\lambda)$, alors $G(\lambda) = [g(\lambda)]^N$. Ainsi, une réduction de 10 déciBel au centre de la courbe de gain peut être obtenue grâce à 20 passages de 0,5 déciBel dans un amplificateur à passages multiples.

5

Cette solution impose toutefois que le filtre introduit dans la cavité de l'amplificateur, comporte une perte d'insertion aussi faible que possible afin de maintenir le gain de ladite cavité.

- 10 L'invention a pour objet d'éliminer toute réduction de gain importante au centre de la bande passante d'amplification ; elle propose, à cet effet, d'introduire dans la cavité laser d'un amplificateur à passages multiples, un dispositif acousto-optique programmable pour modifier faiblement l'amplitude du spectre de l'impulsion lumineuse à chacun des passages grâce à une
- 15 interaction colinéaire ou quasi-colinéaire entre ladite impulsion lumineuse et un faisceau acoustique, le résultat du filtrage étant exploité sur le faisceau lumineux direct non diffracté, de l'interaction acousto-optique.

- D'une façon plus précise, cette fonction de filtrage programmable est basée
- 20 sur une interaction acousto-optique colinéaire ou quasi-colinéaire dans un cristal acousto-optique biréfringent ; ledit cristal acousto-optique effectue pour des valeurs basses de densité de puissance acoustique une convolution entre l'amplitude d'un signal optique d'entrée et un signal $S(t/\alpha)$ où $S(t)$ est le signal acoustique proportionnel au signal électrique appliqué au transducteur
- 25 piézoélectrique du dispositif et α un facteur d'échelle lié au rapport entre la vitesse du son et la vitesse de la lumière dans le matériau. Ladite convolution s'effectue sur la partie diffractée du faisceau lumineux ; quant à la partie non diffractée, elle est affectée du complément à 1 du module de ladite convolution. En d'autres termes, il n'existe plus sur le trajet direct utile que la
- 30 partie de l'énergie des longueurs d'onde qui n'a pas été diffractée sur le trajet diffracté. La faible valeur de α de l'ordre de 10^{-7} , permet la commande des

signaux optiques dans une gamme de la centaine de téraHertz avec un signal électrique dans une gamme de la dizaine de mégaHertz.

L'interaction acousto-optique est réalisée dans un cristal de dioxyde de Tellure (TeO₂). Les directions de propagation des ondes optique et acoustique sont dans un plan P qui contient les axes du cristal [110] et [001]. Le vecteur d'onde acoustique K fait un angle θ_a avec l'axe [110]. La polarisation de l'onde acoustique est transversale, perpendiculaire au plan P, le long de l'axe $[\bar{1}10]$.

10

$V(\theta_a)$, V_{110} et V_{001} étant les vitesses de phase de l'onde acoustique de cisaillement le long respectivement des directions θ_a , [110] et [001], nous avons :

$$15 \quad V^2(\theta_a) = V_{110}^2 \cos^2 \theta_a + V_{001}^2 \sin^2 \theta_a \text{ avec } V_{110} = 615 \text{ m/s et } V_{001} = 2100 \text{ m/s.}$$

En raison de la forte anisotropie élastique du cristal, la direction du vecteur K et la direction du vecteur de Poynting ne sont pas colinéaires. Le vecteur acoustique de Poynting fait un angle β_a avec l'axe [110], défini par :

20

$$\tan \beta_a = (V_{001} / V_{110})^2 \cdot \tan \theta_a$$

Quand une onde optique ordinaire incidente, polarisée le long de la direction $[\bar{1}10]$, avec un vecteur d'onde k_o lequel fait un angle θ_o avec l'axe [110], interagit avec l'onde acoustique, une onde optique extraordinaire, polarisée dans le plan P avec un vecteur d'onde k_d , est diffractée avec un angle θ_d par rapport à l'axe [110]. Pour maximiser la longueur d'interaction pour une longueur de cristal donnée, afin de diminuer la puissance acoustique, le faisceau ordinaire incident sera aligné avec le vecteur de Poynting du faisceau acoustique.

25

30

Soit n_o et n_e les indices respectivement ordinaire et extraordinaire selon l'axe [110] et n_d l'indice extraordinaire associé avec l'angle θ_d :

l'anisotropie optique $\Delta n = (n_e - n_o)$ étant généralement petite par rapport à

5 n_o , les relations suivantes peuvent être obtenues au premier ordre en

$\Delta n / n_o$:

$$\delta n = n_d - n_o = \Delta n \cdot \cos^2 \theta_o$$

$$\theta_d - \theta_o = - [\Delta n / n_o] \cdot \cos^2 \theta_o \cdot \tan (\theta_o - \theta_a)$$

$$10 \quad K = k_o \cdot [\Delta n / n_o] \cdot [\cos^2 \theta_o / \cos (\theta_o - \theta_a)]$$

$$\text{Soit } \alpha = f/\nu = \Delta n \cdot [V(\theta_a) / c] \cdot [\cos^2 \theta_o / \cos (\theta_o - \theta_a)]$$

ou α est le rapport entre la fréquence acoustique f et la fréquence optique ν et

15 c la vitesse de la lumière.

La théorie et les performances du filtre dispersif programmable acousto-optique utilisé pour la mise en forme d'impulsions lumineuses ultra brèves sont décrites dans l'article de D. Kaplan et P. Tournois "Theory and
20 performance of the acousto optic programmable dispersive filter used for femtosecond laser pulse shaping" paru dans la revue *J. Phys.IV France* **12** (2002), Pr5-69/75.

Selon l'invention, le dispositif de contrôle de l'amplitude du spectre en
25 longueurs d'ondes des impulsions lumineuses ultra brèves pourra comporter un circuit de programmation de la modulation en amplitude et en fréquence (ou en phase) de l'onde acoustique.

Lequel dispositif fournit deux ondes optiques de sortie : une onde directe non diffractée de même polarisation que l'onde optique d'entrée, et une onde
30 diffractée de polarisation perpendiculaire à la polarisation de l'onde optique

d'entrée ; les deux ondes portent une modulation en amplitude de leur spectre respectif qui est une fonction à la fois de la modulation de l'onde optique d'entrée et de la modulation de l'onde acoustique, sachant que la modulation du spectre de l'onde acoustique pourra être programmée de manière à modifier
5 la forme du spectre des impulsions optiques en sortie de la chaîne d'amplification laser.

Seul le faisceau direct transmis non diffracté, portant le résultat de la modification recherchée du spectre de l'impulsion lumineuse, sera exploité ;
10 en l'absence de signal acoustique, le faisceau direct ne subit aucune atténuation ; ceci est une condition nécessaire pour un fonctionnement satisfaisant de la chaîne d'amplification.

Selon une première variante de l'invention, le dispositif pourra comporter un
15 circuit adaptatif comprenant une mesure du spectre optique à la sortie de la cavité de l'amplificateur et un circuit de contre-réaction agissant sur le circuit de programmation du dispositif afin de modifier la forme du spectre des impulsions lumineuses en sortie de la chaîne d'amplification laser, de sorte que ledit spectre soit conforme au gabarit souhaité.

20

Par ailleurs, le fait d'introduire dans la cavité d'amplification laser à passages multiples, un cristal acousto-optique fonctionnant en transmission sur le faisceau optique non diffracté, conduit à augmenter la dispersion de la cavité, ce qui a pour effet d'allonger l'impulsion à chaque passage dans le cristal.

25 Cet effet d'allongement est très utile pour diminuer la puissance crête de l'impulsion lumineuse à amplifier ; néanmoins, en sortie de la dernière amplification, l'impulsion doit être comprimée.

La compression d'impulsions lumineuses par l'intermédiaire de prismes ou de réseaux compense principalement les dispersions linéaires (temps de groupe variant linéairement avec la fréquence) mais ne compense pas les dispersions
30 non linéaires, notamment celles introduites par le cristal acousto-optique.

Selon une autre variante de l'invention, un train de deux prismes dont les sommets sont inversés par rapport à l'axe principal de la cavité d'amplification laser, est introduit entre le miroir de fond de ladite cavité et le cristal acousto-optique.

5

Selon une autre variante de l'invention, la fonction prismatique est intégrée dans le cristal acousto-optique lui-même, et l'autre prisme est accolé au dit miroir de fond de cavité d'amplification laser.

- 10 Avantageusement, dans le procédé et le dispositif précédemment décrits, le filtrage de l'amplitude du spectre de l'impulsion lumineuse pourra être programmé par un générateur, lequel sera piloté par un calculateur, de manière à compenser la réduction de la bande passante introduite par l'amplificateur à chacun des passages de ladite impulsion lumineuse.

15

Des modes de mise en œuvre du procédé selon l'invention seront décrits ci-après, à titre d'exemples non limitatifs, avec référence aux dessins annexés dans lesquels :

- 20 La figure 1 est une représentation schématique d'une cavité d'amplification laser à passages multiples comportant le dispositif acousto-optique associé à un train de deux prismes de correction ;

La figure 2 est une représentation schématique d'une cavité d'amplification laser à passages multiples comportant la fonction prismatique de correction intégrée au dispositif acousto-optique et au miroir de fond de ladite cavité ;

- 25 La figure 3 est une vue en coupe d'un cristal acousto-optique biréfringent mettant en évidence l'interaction des ondes optiques et acoustiques ;

- La figure 4 représente, à un facteur d'échelle près, les courbes des indices ordinaire et extraordinaire d'un cristal acousto-optique biréfringent uniaxe, ainsi que la courbe des lenteurs acoustiques (inverse des vitesses acoustiques)
- 30 du cristal acousto-optique ;

La figure 5 représente les courbes de variation du temps de retard de groupe en fonction de la longueur d'onde de l'impulsion lumineuse pour différents paramètres dimensionnels du train des deux prismes.

5

Dans l'exemple représenté sur la figure 1, le signal optique, sous forme d'impulsions ultra brèves, parcourt le trajet A à plusieurs reprises dans la cavité d'amplification laser 10 ; à chaque passage, le signal optique est amplifié dans l'amplificateur optique 1 et est réfléchi entre les miroirs de fond 2 et 3 de ladite cavité, ainsi que sur les miroirs intermédiaires 4 et 5.

Une cellule de Pockels 6 est centrée sur le trajet optique, associée à un polariseur 7, permettant d'introduire ou d'extraire le signal optique par permutation de la polarisation de l'onde optique.

15

Un dispositif acousto-optique 8, par exemple du type de ceux qui se trouvent décrits dans le brevet FR No 00 08278 déposé au nom de la Demanderesse qui font intervenir au moins un cristal acousto-optique biréfringent comprenant une face d'entrée Fe sur laquelle le signal optique est appliqué et une face de sortie Fs de laquelle sort le signal optique diffracté et le signal optique direct, selon une direction de passage et réciproquement lors du passage en sens inverse, et au moins un transducteur T sur lequel est appliqué un signal électrique E provenant d'un générateur de signaux G piloté par un calculateur C.

25

Dans le cristal acousto-optique biréfringent, la direction de propagation de l'énergie de l'onde acoustique peut être colinéaire ou quasi-colinéaire avec la direction de propagation de l'énergie de l'onde optique au niveau de leur zone d'interaction.

30 Parmi les divers cristaux qui peuvent être utilisés (tels que, par exemple, le Niobate de Lithium, le Molybdate de Calcium,...), le dioxyde de Tellure

permet un rendement acousto-optique relativement élevé dans les conditions cités précédemment, dans le cas notamment d'une onde acoustique de cisaillement lente : ce matériau sera donc utilisé de préférence.

- 5 Enfin, un train 9 de deux prismes 9a et 9b est positionné sur le trajet du signal optique A, entre le miroir 3 de ladite cavité d'amplificateur laser et le dispositif acousto-optique 8 ; lesdits deux prismes sont disposés de telle sorte que les sommets sont inversés par rapport au trajet A du signal optique ; les deux faces perpendiculaires audit trajet A sont distantes de L ; les deux faces
10 obliques audit trajet A sont distantes de d.

Ainsi, à chaque passage de l'impulsion lumineuse suivant le trajet, celle-ci sera amplifiée par l'amplificateur optique 1, filtrée par le dispositif acousto-optique 8 et corrigée par le train 9 de prismes.

15

- La programmation par le calculateur C du générateur de signaux G permettra d'appliquer un signal électrique E au niveau du transducteur T permettant de modifier la forme du spectre des impulsions lumineuses en sortie de la cavité d'amplificateur 10, par l'intermédiaire de la cellule de Pockels 6 et du
20 polariseur 7 suivant le trajet B.

La dite programmation du signal électrique E appliqué au transducteur T sera telle que le spectre en longueurs d'ondes des impulsions lumineuse ultra brèves soient conformes au gabarit souhaité.

- La fonction prismatique, permettant de compenser les dispersions non
25 linéaires introduites par le cristal acousto-optique, est assurée par le train 9 de deux prismes 9a, 9b.

- Selon une variante de l'invention, la fonction prismatique pourra être intégrée dans le cristal acousto-optique d'une part, et d'autre part au niveau du miroir
30 de fond de la cavité d'amplificateur laser.

Ainsi, dans l'exemple représenté sur la figure 2, le prisme 9a est associé au miroir 3 de fond de cavité, et le prisme 9b est associé au cristal acousto-optique 8 ; avantageusement, le matériau constituant les prismes 9a et 9b seront de même nature que celui constituant le cristal acousto-optique 8.

5

Afin de maximiser la longueur d'interaction, pour une longueur de cristal donné, permettant ainsi de diminuer la puissance acoustique délivrée par le transducteur T, le faisceau optique sera aligné avec le vecteur de Poynting du faisceau acoustique.

10

Dans l'exemple représenté sur la figure 3, le dispositif acousto-optique programmable fait intervenir un cristal acousto-optique représenté de façon schématique par un rectangle R et qui présente, sur un petit côté dudit rectangle, une face d'entrée Fe sur laquelle est appliqué, perpendiculairement à ladite face Fe, un faisceau optique incident O_i , polarisé perpendiculairement au plan P contenant ledit rectangle R.

15

Un transducteur T, situé sur un grand côté dudit rectangle R, génère un faisceau acoustique transverse, dont l'onde de cisaillement est polarisée perpendiculairement audit plan P, et dont le vecteur d'onde est désigné par K, situé dans ledit plan P.

20

Le faisceau optique incident O_i se propage dans le cristal acousto-optique et ressort par une face de sortie Fs, située sur l'autre petit côté dudit rectangle, en deux faisceaux, un faisceau direct non diffracté O_s , perpendiculaire à la face de sortie Fs, et un faisceau extraordinaire diffracté O_d , non perpendiculaire à la face de sortie Fs.

25

Le plan P, étant orthonormé par les axes du cristal [110] et [001], respectivement suivant 0x et 0y, ledit cristal, représenté par le rectangle R est réalisé de telle manière que l'axe principal du rectangle fait un angle aigu avec ledit axe [110] du cristal.

L'onde acoustique est représentée par son vecteur d'onde K faisant un angle θ_a avec l'axe $[110]$ du cristal et le vecteur de Poynting P_a , un angle β_a avec l'axe $[110]$.

- 5 L'onde optique incidente O_i est dirigée perpendiculairement à la face d'entrée Fe du cristal ; son vecteur d'onde k_o fait un angle θ_o avec l'axe $[110]$; sa polarisation est perpendiculaire au plan P selon l'axe $[\bar{1}10]$.

- Afin de maximiser l'interaction acousto-optique, l'angle θ_o que fait le vecteur d'onde k_o avec l'axe $[110]$ sera identique à l'angle β_a que fait le vecteur de Poynting P_a de l'onde acoustique avec l'axe $[110]$.

- L'onde optique incidente O_i sera diffractée suivant une onde optique extraordinaire O_d , dont la polarisation est perpendiculaire à celle de l'onde optique incidente O_i , et dont le vecteur d'onde k_d fait un angle θ_d avec l'axe $[110]$.

- 15 Ainsi, le résultat du filtrage, effectué par le cristal acousto-optique, est exploité sur l'onde optique directe non diffractée O_s , de polarisation identique à celle de l'onde optique incidente O_i .

- Le cristal, représenté par le rectangle R, est orienté de telle manière que l'angle θ_a que fait le vecteur d'onde acoustique K avec l'axe $[110]$ soit compris
20 entre 0° et 15° .

- Les courbes des indices ordinaire et extraordinaire d'un cristal acousto-optique biréfringent uniaxe, ainsi que la courbe des lenteurs dudit cristal sont présentées sur la figure 4, dans le plan orthonormé par les axes $[110]$ et $[001]$.

- 25 Les courbes des indices C_o et C_e représentent respectivement la courbe d'indice ordinaire n_o et la courbe d'indice extraordinaire n_e .

La courbe des lenteurs C_L représente la variation de l'inverse de la vitesse de phase de l'onde acoustique de cisaillement.

Comme indiqué précédemment, le cristal est ainsi orienté de telle manière que le vecteur de Poynting de l'onde acoustique fait un angle β_a , par rapport à l'axe [110], identique à celui que fait le vecteur d'onde optique incident k_o , par rapport au même axe.

5

De manière à compenser la dispersion non linéaire (temps de retard de groupe variant non linéairement avec la fréquence) introduite par le dispositif acousto-optique 8, un train 9 de deux prismes est positionné, selon l'invention, entre ledit dispositif acousto-optique et le miroir 3 de fond de la cavité d'amplificateur laser 10. Les paramètres dimensionnels L et d définissent respectivement la distance qui séparent les deux faces des prismes normales au trajet du signal optique A, et la distance qui séparent les deux faces obliques desdits prismes.

15 Comme indiqué sur la figure 5, conformément à la représentation schématique illustrée par la figure 2, le rapport L/d , variant de 1 à 3, définit une variation du temps de groupe, ramenée à la distance d, de $\pm 0,06$.

Ladite variation du temps de groupe est proche de zéro pour un rapport L/d situé entre 1,8 et 2.

20 Ainsi, les dispersions non linéaires seront compensées puisque la variation du temps de groupe est quasi nulle pour une géométrie donnée du train de prismes.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour le contrôle de l'amplitude du spectre en longueurs d'ondes des impulsions lumineuses ultra brèves, dans une chaîne d'amplification laser, constituée d'une cavité laser (10), comprenant un amplificateur (1) à passages multiples de la lumière dans un cristal amplificateur,
5 caractérisé en ce qu'il comprend un filtrage de l'amplitude du spectre de l'impulsion lumineuse à chacun des passages grâce à une interaction colinéaire ou quasi-linéaire entre ladite impulsion lumineuse et un faisceau acoustique, le
10 résultat dudit filtrage étant exploité sur le faisceau lumineux direct non diffracté, de l'interaction acousto-optique.
2. Procédé selon la revendication 1,
15 caractérisé en ce que le filtrage de l'amplitude du spectre de l'impulsion lumineuse est programmé par un générateur (G), piloté par un calculateur (C), de manière à compenser la réduction de bande passante introduite par l'amplificateur (1) à chacun des passages de ladite impulsion lumineuse.
- 20 3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comprend un circuit adaptatif comprenant une mesure du spectre optique à la sortie de la cavité (10) de l'amplificateur et un circuit de contre-réaction agissant sur le circuit de programmation comprenant le susdit générateur (G) piloté par le susdit calculateur (C), afin de modifier la
25 forme du spectre des impulsions lumineuses en sortie de la chaîne d'amplification laser, de sorte que ledit spectre soit conforme au gabarit souhaité.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2,
30 caractérisé en ce qu'il comprend un train 9 de deux prismes 9a, 9b, dont les sommets sont inversés par rapport à l'axe principal de la cavité (10)

d'amplification laser, ledit train, situé entre le miroir (3) de fond de ladite cavité (10) et le cristal acousto-optique (8), permettant de compenser les dispersions non linéaires (variations non linéaires du temps de groupe en fonction de la fréquence optique des impulsions lumineuses), introduites par ledit cristal acousto-optique (8).

5 5. Procédé selon la revendication 4,
caractérisé en ce que le train 9 de deux prismes 9a, 9b, est intégré d'une part audit cristal acousto-optique (8) et d'autre part audit miroir (3) de fond de
10 ladite cavité (10) d'amplification laser.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le cristal acousto-optique (8) est un cristal de dioxyde de Tellure.

15 7. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1,
destiné au contrôle de l'amplitude du spectre en longueurs d'ondes des impulsions lumineuses ultra brèves, dans une chaîne d'amplification laser, constituée d'une cavité laser (10), comprenant un amplificateur (1) à passages
20 multiples de la lumière dans un cristal amplificateur,
caractérisé en ce qu'il comprend des moyens filtrage de l'amplitude du spectre de l'impulsion lumineuse à chacun des passages grâce à une interaction colinéaire ou quasi-linéaire entre ladite impulsion lumineuse et un faisceau acoustique, le résultat dudit filtrage étant exploité sur le faisceau lumineux
25 direct non diffracté, de l'interaction acousto-optique.

8. Dispositif selon la revendication 7,
caractérisé en ce que le filtrage de l'amplitude du spectre de l'impulsion lumineuse est programmé par un générateur (G), piloté par un calculateur (C),
30 de manière à compenser la réduction de bande passante introduite par l'amplificateur (1) à chacun des passages de ladite impulsion lumineuse.

9. Dispositif selon l'une des revendications 7 et 8, caractérisé en ce qu'il comprend un circuit adaptatif comprenant une mesure du spectre optique à la sortie de la cavité (10) de l'amplificateur et un circuit
5 de contre-réaction agissant sur le circuit de programmation comprenant le susdit générateur (G) piloté par le susdit calculateur (C), afin de modifier la forme du spectre des impulsions lumineuses en sortie de la chaîne d'amplification laser, de sorte que ledit spectre soit conforme au gabarit souhaité.

10

10. Dispositif selon l'une des revendications 7 et 8, caractérisé en ce qu'il comprend un train (9) de deux prismes (9a, 9b) dont les sommets sont inversés par rapport à l'axe principal de la cavité (10) d'amplification laser, ledit train, situé entre le miroir (3) de fond de ladite
15 cavité (10) et le cristal acousto-optique (8), permettant de compenser les dispersions non linéaires (variations non linéaires du temps de groupe en fonction de la fréquence optique des impulsions lumineuses), introduites par ledit cristal acousto-optique (8).

20

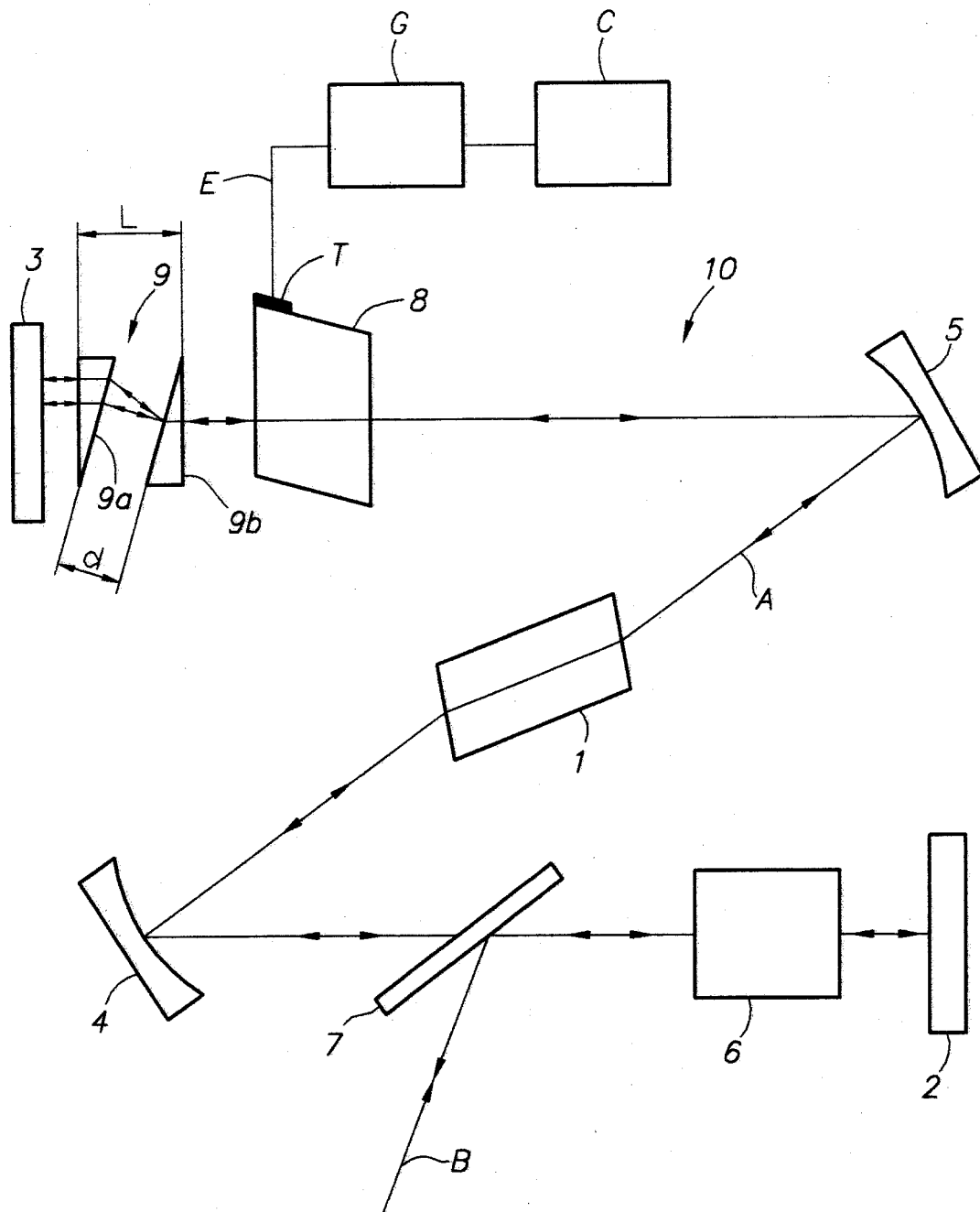
11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que le train (9) de deux prismes (9a, 9b) est intégré, d'une part, audit cristal acousto-optique (8) et, d'autre part, audit miroir (3) de fond de ladite cavité (10) d'amplification laser.

25

12. Dispositif selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que le cristal acousto-optique (8) est un cristal de dioxyde de Tellure.

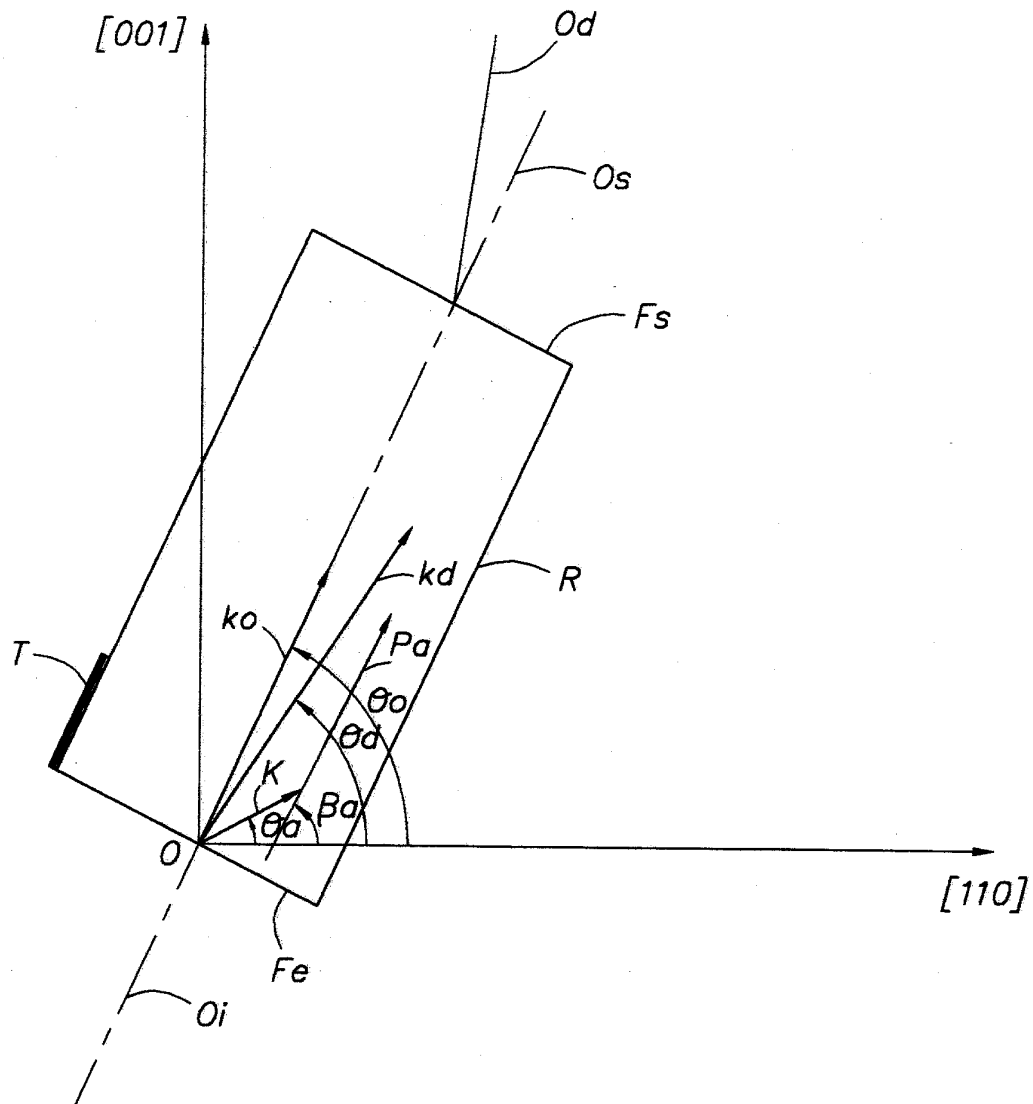
1/5

FIG. 1



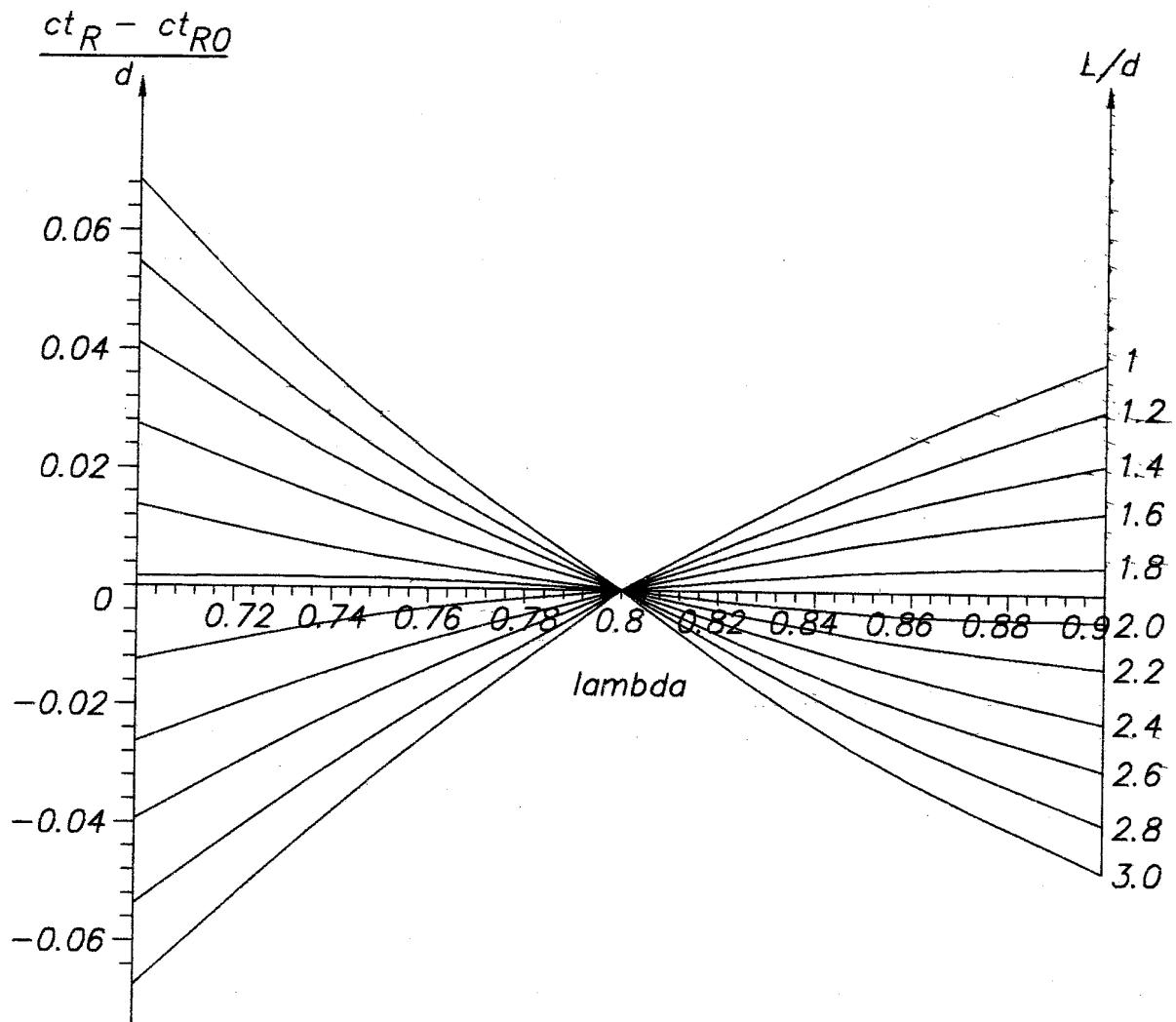
3/5

FIG. 3



5/5

FIG.5





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 633949
FR 0302667

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,D	FR 2 810 750 A (FASTLITE) 28 décembre 2001 (2001-12-28) * le document en entier *	1-3,7-9	H01S3/106 H01S3/063
X,D	--- D. KAPLAN AND P. TOURNOIS: "Theory and Performance of the Acousto-Optic Programmable Dispersive Filter used for Femtosecond Laser Pulse Shaping" J. PHYS. IV FRANCE, vol. 12, 2002, pages Pr5-69-Pr5-75, XP001156188 Les Ulis, France * le document en entier *	1-3,7-9	
X	--- US 3 644 015 A (HEARA JOHN R) 22 février 1972 (1972-02-22) * abrégé *	1-3,7-9	
X	--- VERLUISE F ET AL: "AMPLITUDE AND PHASE CONTROL OF ULTRASHORT PULSES BY USE OF AN ACOUSTO-OPTIC PROGRAMMABLE DISPERSIVE FILTER: PULSE COMPRESSION AND SHAPING" OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, US, vol. 25, no. 8, 15 avril 2000 (2000-04-15), pages 575-577, XP000951947 ISSN: 0146-9592 * le document en entier *	1-5,7-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) H01S G02F
--- -/--			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 novembre 2003		Bésuelle, E	
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

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

N° d'enregistrement
national

FA 633949
FR 0302667

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	VERLUISE F ET AL: "ACOUSTO-OPTIC FILTER FOR FEMTOSECOND LASER PULSE SHAPING, GAIN NARROWING AND PHASE DISTORTION COMPENSATION" CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS. (CLEO 2000). TECHNICAL DIGEST. POSTCONFERENCE EDITION. SAN FRANCISCO, CA, MAY 7 - 12, 2000, TRENDS IN OPTICS AND PHOTONICS. (TOPS), NEW YORK, NY: IEEE, US, vol. 39, 7 mai 2000 (2000-05-07), pages 442-443, XP000992325 ISBN: 0-7803-5990-9 * le document en entier * ---	1-3,7-9	
A	TOURNOIS P: "NEW DIFFRACTION GRATING PAIR WITH VERY LINEAR DISPERSION FOR LASER PULSE COMPRESSION" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 29, no. 16, 5 août 1993 (1993-08-05), pages 1414-1415, XP002028716 ISSN: 0013-5194 * le document en entier * ---	4,5,10, 11	
A	ENIKÖ SERES, ET AL.: "Generation of Intense 8 fs Laser Pulses" OPTICS EXPRESS, vol. 11, no. 3, 10 février 2003 (2003-02-10), pages 240-247, XP001115664 * alinéa [0002] * ---	1-3,7-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
A	US 4 017 807 A (HUTCHESON LYNN D ET AL) 12 avril 1977 (1977-04-12) * le document en entier * ---	1-3,7-9	
A	US 6 072 813 A (TOURNOIS PIERRE) 6 juin 2000 (2000-06-06) * le document en entier * --- -/--	1-5,7-11	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 novembre 2003		Bésuelle, E	
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			



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 633949
FR 0302667

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		
A	BOYLE M ET AL: "Amplitude and phase shaping in a high average power 1kHz CPS-laser" CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS. (CLEO 2001). TECHNICAL DIGEST. POSTCONFERENCE EDITION. BALTIMORE, MD, MAY 6-11, 2001, TRENDS IN OPTICS AND PHOTONICS. (TOPS), US, WASHINGTON, WA: OSA, US, vol. 56, 6 mai 2001 (2001-05-06), pages 269-269, XP010559819 ISBN: 1-55752-662-1 * le document en entier * ---	1-3,7-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
A	FR 2 820 837 A (FASTLITE) 16 août 2002 (2002-08-16) * le document en entier * ---	1-3,7-9	
A	FR 2 751 094 A (THOMSON CSF) 16 janvier 1998 (1998-01-16) * abrégé * * page 1 * * page 4 - page 5 * ---	1-3,7-9	
A	TOURNOIS P: "Acousto-optic programmable dispersive filter for adaptive compensation of group delay time dispersion in laser systems" OPTICS COMMUNICATIONS, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 140, no. 4-6, 1 août 1997 (1997-08-01), pages 245-249, XP004082630 ISSN: 0030-4018 * abrégé * * alinéas [0001],[0002] * ---	1-3,7-9	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 novembre 2003		Bésuelle, E	
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)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE**RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0302667 FA 633949**

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 **25-11-2003**

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
FR 2810750 A	28-12-2001	FR 2810750 A1	28-12-2001
		AU 6762501 A	02-01-2002
		WO 0198821 A1	27-12-2001

US 3644015 A	22-02-1972	CH 540499 A	15-08-1973
		DE 2122941 A1	23-12-1971
		FR 2099243 A5	10-03-1972
		GB 1362233 A	30-07-1974

US 4017807 A	12-04-1977	AUCUN	

US 6072813 A	06-06-2000	FR 2751094 A1	16-01-1998
		FR 2751095 A1	16-01-1998
		EP 0882251 A1	09-12-1998
		WO 9801788 A1	15-01-1998

FR 2820837 A	16-08-2002	FR 2820837 A1	16-08-2002
		WO 02065202 A1	22-08-2002

FR 2751094 A	16-01-1998	FR 2751094 A1	16-01-1998
		EP 0882251 A1	09-12-1998
		FR 2751095 A1	16-01-1998
		WO 9801788 A1	15-01-1998
		US 6072813 A	06-06-2000

US 4685772 A	11-08-1987	AUCUN	

FR 2684194 A	28-05-1993	FR 2684194 A1	28-05-1993
