

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 493 054**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 80 23115**

(54) Dispositif de dilatation et de compression d'impulsions lumineuses.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 01 S 3/10; G 02 B 27/44; G 02 F 1/00.

(22) Date de dépôt..... 29 octobre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 17 du 30-4-1982.

(71) Déposant : AGENCE NATIONALE DE VALORISATION DE LA RECHERCHE (ANVAR), résidant  
en France.

(72) Invention de : Bernard Colombeau, Claude Froehly et Michel Vampouille.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Brevatome,  
25, rue de Ponthieu, 75008 Paris.

La présente invention a pour objet un dispositif de dilatation et de compression d'impulsions lumineuses. Elle trouve une application en optique, dans la mise en forme d'impulsions lumineuses très brèves telles qu'en délivrent certains lasers.

La dilatation et la compression d'impulsions de rayonnement électromagnétique sont des procédés couramment utilisés dans la technique du radar. La dilatation est produite à l'émission, pour réduire la puissance de l'onde hyperfréquence et ne pas endommager l'émetteur. La compression est effectuée à la réception, pour augmenter la puissance de l'écho reçu.

A cette double fin, l'onde hyperfréquence émise est modulée en fréquence selon une loi appro-  
priée, qui est en général linéaire. L'impulsion émise présente alors une fréquence qui varie régulièrement depuis son front avant jusqu'à son front arrière. Cette impulsion est dirigée à travers un système dispersif, c'est-à-dire un système dont l'action sur les ondes qui le traversent dépend de la fréquence de ces ondes. La dispersion est choisie de manière que les composantes formant le front arrière de l'impulsion soient retardées par rapport à celles du front avant. A la traversée d'un tel système, l'impulsion se trouve donc dilatée.

A la réception, l'écho reçu, qui présente toujours la modulation de fréquence imprimée à l'émission, est dirigé à travers un second système dispersif dont la dispersion est inverse de celle du premier. Ce sont alors les ondes du front avant de l'impulsion qui sont retardées par rapport à celles du front arrière, d'où il résulte une compression de l'impulsion reçue.

Dès l'avènement des lasers à impulsions brèves (notamment des lasers émettant des impulsions de

durées voisines de la picoseconde), cette technique a été appliquée au domaine de l'optique. Il s'agissait soit de comprimer des impulsions afin d'obtenir de très grandes puissances, soit au contraire de les dilater afin de réduire les densités d'énergie mises en jeu et diminuer les risques de détérioration des éléments d'optique utilisés, soit encore, de donner aux impulsions lumineuses des profils particuliers.

Naturellement, le passage des hyperfréquences à l'optique a nécessité une adaptation des moyens dispersifs utilisés. L'un des dispositifs utilisés à cette fin est représenté sur la figure 1. Il est décrit dans l'article de E.B. TREACY intitulé "Compression of picosecond light pulses" publié dans la revue "Physics Letters" vol. 28A, N° 1, 21 octobre 1968, pages 34-35.

Le dispositif représenté comprend essentiellement deux réseaux de diffraction  $R_1$  et  $R_2$  identiques, le second étant disposé en regard du premier.

Le fonctionnement de ce dispositif est schématiquement le suivant. Le premier réseau  $R_1$  reçoit une impulsion lumineuse 10 et la diffracte vers le second réseau  $R_2$  qui la diffracte à nouveau. Les réseaux étant identiques, après les deux diffractions, l'impulsion de sortie se propage dans une direction parallèle à celle qu'elle avait à l'entrée.

Par ailleurs, l'impulsion incidente possède un spectre de fréquence qui est une bande très étroite centrée sur une fréquence  $F_0$  et de largeur  $\Delta F$ ; ce spectre s'étend entre deux fréquences  $F_1$  et  $F_2$  ( $F_1$  fréquence basse et  $F_2$  fréquence haute) définies par  $F_2 - F_1 = \Delta F$  et  $\frac{1}{2}(F_1 + F_2) = F_0$ . Les ondes de fréquences différentes étant diffractées de manière différente sur les réseaux, l'impulsion suit, entre les deux réseaux  $R_1$  et  $R_2$ , un trajet 11 qui est emprunté,

d'un côté, par la composante à la fréquence basse  $F_1$  et de l'autre par la composante à la fréquence haute  $F_2$ . Ces deux composantes se propagent dans des directions divergentes. A la sortie du dispositif, on trouve, de la même manière, un trajet dont un des bords est emprunté par un rayonnement à la fréquence  $F_1$  et l'autre par un rayonnement à la fréquence  $F_2$ , ces deux bords étant parallèles.

Manifestement, la composante à la fréquence  $F_1$  doit parcourir un trajet plus long que la composante à la fréquence  $F_2$ . Elle est donc en retard par rapport à cette dernière à la sortie du dispositif. L'impulsion lumineuse émergente présente donc un front avant correspondant à la fréquence  $F_2$  et un front arrière correspondant à la fréquence  $F_1$  plus faible, la fréquence glissant régulièrement de  $F_2$  à  $F_1$  tout le long de l'impulsion.

Le temps de transit de l'impulsion dans un tel dispositif est une fonction linéaire de la longueur d'onde. La modulation de fréquence introduite est une modulation linéaire du temps, et, ce qui revient au même, la modulation de phase est une fonction quadratique du temps. Ce sont précisément les conditions à remplir pour effectuer une dilatation et une compression d'impulsions.

De façon plus précise, le rapport de dilatation  $K$  obtenu avec un tel dispositif, est égal à  $\frac{\delta F}{\lambda}$  si  $\delta F$  représente la différence de parcours pour la fréquence  $F$  et  $\lambda$  la longueur d'onde. A partir de considérations géométriques élémentaires, on peut exprimer ce rapport par :

$$K = \frac{L}{\lambda} \frac{(\sin i + \sin i')^2}{\cos i} \left( \frac{1}{\cos i} + \frac{1}{\cos i'} \right) \left( \frac{\Delta F}{F_0} \right)^2$$

où  $i$  est l'angle d'incidence sur le réseau  $R_1$  et  $i'$  l'angle moyen de diffraction sur  $R_1$ .

Exemple : avec  $L = 10^3 \text{ mm}$ ,  $\lambda = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mm}$ ,  $\frac{\Delta F}{F} = 10^{-4}$

(ce qui correspond à une impulsion de 30 ps avant modulation),  $i = i' = 45^\circ$ , on trouve  $K = 0,32$ .

5

Ce dispositif présente deux inconvénients :

10

- sa dispersion, c'est-à-dire la variation seconde de la phase par rapport à la fréquence, ou encore la courbure de phase par rapport à la fréquence, ne peut être que négative. Cela signifie que ce sont les fréquences les plus faibles qui sont nécessairement ralenties. Autrement dit encore, la variation de fréquence en fonction du temps présente une pente négative.

15

- La dispersion correspondante est dite "anormale" (par analogie avec la dispersion que présentent certains solides près de leurs bandes d'absorption) ;

20

- l'homogénéité spectrale transversale de l'impulsion initiale est détruite car les directions de propagation des différentes composantes ne sont plus confondues à la sortie du dispositif : comme il a été expliqué à propos de la figure 1, l'impulsion émergente présente un bord supérieur qui est à une fréquence et un bord inférieur qui est à une autre fréquence.

25

30

La présente invention a justement pour but de remédier à ces deux inconvénients en proposant un dispositif perfectionné pour lequel il est aisément de passer d'une dispersion anormale à une dispersion normale et qui conserve l'homogénéité spectrale transversale de l'impulsion.

35

A cette fin, le dispositif de l'invention, qui est encore du genre de celui qui vient d'être

décrit, c'est-à-dire qui comprend deux réseaux de diffraction se faisant face, est caractérisé en ce qu'il comprend en outre un moyen apte à renvoyer sur elle-même l'impulsion diffractée par le second réseau  
5 et à lui faire suivre, à travers le dispositif, un trajet de retour inverse du trajet aller et un moyen apte à séparer l'impulsion retour de l'impulsion aller.

10 Selon un premier mode de réalisation, le moyen pour renvoyer sur elle-même l'impulsion diffractée par le second réseau est un miroir plan disposé sur le trajet de l'impulsion diffractée par le second réseau, les deux réseaux étant alors identiques.

15 Selon un second mode de réalisation ce moyen est constitué par le second réseau lui-même monté en autocollimation.

Pour passer d'une dispersion anormale à une dispersion normale, il suffit d'introduire entre les 20 deux réseaux, une lentille de grandissement égal à -1. Les caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux après la description qui suit de quelques exemples de réalisation. Cette description se réfère à des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 2 représente un dispositif à dispersion anormale utilisant un miroir de renvoi et 25 deux réseaux identiques,

- la figure 3 représente un dispositif à dispersion normale utilisant le même miroir de renvoi,

- la figure 4 représente un dispositif à dispersion anormale utilisant un second réseau monté 30 en autocollimation,

- la figure 5 représente un dispositif à dispersion normale utilisant un second réseau monté en autocollimation.

35 Le dispositif représenté sur la figure 2

comprend, comme celui de l'art antérieur, deux réseaux de diffraction  $R_1$  et  $R_2$  se faisant face. Mais il comprend en outre un miroir  $M$  apte à recevoir l'onde diffractée par le second réseau  $R_2$  et à renvoyer cette onde sur elle-même, de sorte que celle-ci est réintro-  
5 duite dans le dispositif où elle suit un trajet de retour inverse du trajet aller. Le dispositif se complète par une lame séparatrice  $LS$  qui permet de sépa-  
10 rer l'impulsion incidente 10 de l'impulsion émergen-  
te 12.

Le fonctionnement de ce dispositif est le suivant. Au cours du trajet aller, les phénomènes mis en jeu sont les mêmes que dans le dispositif de la figure 1. Le miroir  $M$  provoque le retour sur elle-même de toute onde diffractée par  $R_2$ , quelle que soit sa fréquence, de sorte que le faisceau de retour qui émerge du dispositif après une dernière diffraction sur  $R_1$  retrouve l'homogénéité spectrale transversale qu'il avait à l'entrée. L'impulsion 12 présente alors  
15 un front avant à la fréquence haute  $F_2$  et un front arrière à la fréquence basse  $F_1$ , ce qui est schématisé sur la figure 2 par une ondulation qui s'étale d'avant en arrière. La dispersion est anormale. On observera en outre que le déphasage entre les différentes ondes  
20 est doublé par rapport à l'art antérieur du fait du deuxième passage à travers le dispositif.  
25

Pour rendre la dispersion normale, il suffit d'intercaler entre les deux réseaux une lentille  $L$  comme représenté sur la figure 3. Cette lentille projette l'image du réseau  $R_1$ , au grandissement -1, dans l'espace virtuel situé en arrière du réseau  $R_2$ . Alors, ce sont les fréquences les plus grandes qui parcourent le chemin le plus long, comme dans les corps transparents loin de leurs bandes d'absorption. L'impulsion émergente 12 présente, dans ce cas, un front avant à  
30  
35

la fréquence basse  $F_1$  et un front arrière à la fréquence haute  $F_2$ .

Dans les variantes des figures 2 et 3, les deux réseaux sont identiques et le moyen pour provoquer le retour sur elle-même de l'impulsion est un miroir. Dans un autre type de variantes, illustré sur les figures 4 et 5, il est possible de faire l'économie de ce miroir en faisant travailler le second réseau en autocollimation. Pour cela, il faut que l'angle d'incidence du faisceau sur le réseau soit tel que l'angle de diffraction soit égal à l'angle d'incidence. On peut utiliser pour cela un réseau  $R_2$  de dispersion double de celle de  $R_1$ .

Le dispositif de la figure 5 ne diffère de celui de la figure 4 que par la présence d'une lentille  $L$  de grandissement -1. La dispersion obtenue avec ces dispositifs est anormale dans le cas de la figure 4 et normale dans le cas de la figure 5.

A titre explicatif, il peut être indiqué qu'on peut obtenir avec le dispositif de l'invention un taux de dilatation de l'ordre de 10, pour des impulsions de laser YAG/Nd de longueur d'onde 1,06  $\mu\text{m}$ , de durée 20 à 30 ps, en utilisant deux réseaux de 1875 traits par millimètre sur une longueur gravée utile de 150 mm, et distants de 2 m, ces réseaux recevant un faisceau laser de diamètre 10 mm sous une incidence rasante voisine de 85°. La lentille intervenant dans le montage à dispersion normale possède une focale de 2 m.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de dilatation et de compression d'impulsions lumineuses, comprenant un premier réseau de diffraction ( $R_1$ ) apte à recevoir une impulsion lumineuse et à la diffracter et un second réseau de diffraction ( $R_2$ ) en regard du premier et apte à recevoir l'impulsion diffractée par le premier et à la diffracter à nouveau, caractérisé en ce qu'il comprend en outre :

- 10 - un moyen apte à renvoyer sur elle-même l'impulsion diffractée par le second réseau et à lui faire suivre, à travers le dispositif, un trajet de retour inverse du trajet aller,
- 15 - un moyen apte à séparer l'impulsion retour de l'impulsion aller.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen pour renvoyer sur elle-même l'impulsion diffractée par le second réseau est un miroir plan (M) disposé sur le trajet de l'impulsion diffractée par le second réseau, les deux réseaux étant alors identiques.

25 3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen pour renvoyer sur elle-même l'impulsion diffractée par le second réseau est constitué par ledit second réseau lui-même monté en autocollimation.

30 4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre, disposée entre les deux réseaux, une lentille (L) de grandissement égal à -1.

2493054

1 - 2

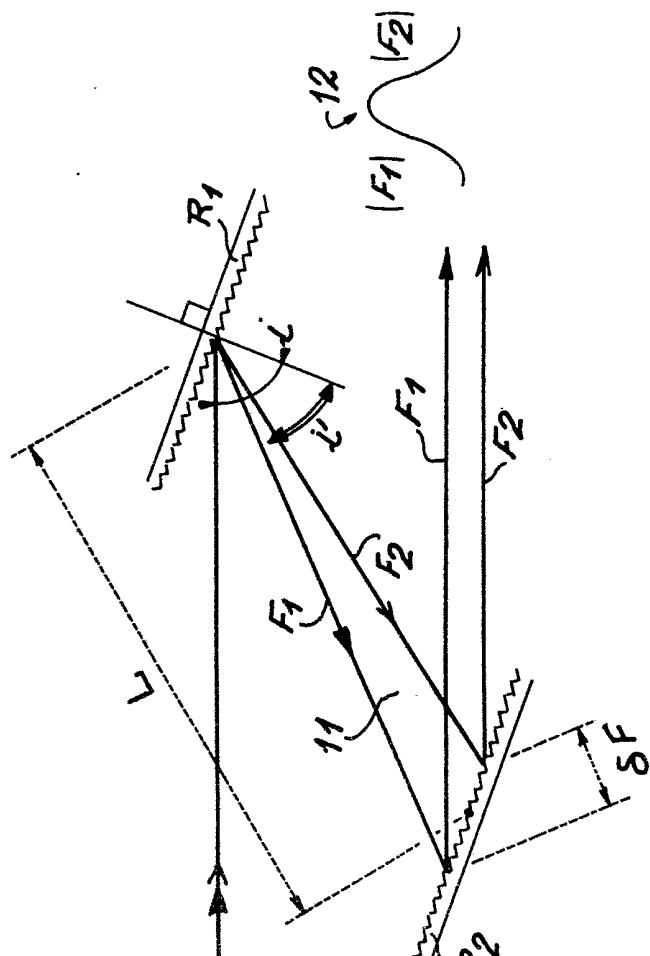


FIG. 1

$\zeta^{10}$   
 $(F_1, F_2)$

2 / 2

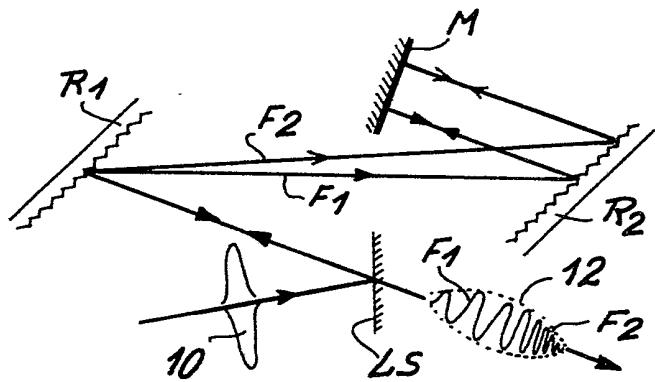


FIG.2

FIG.3

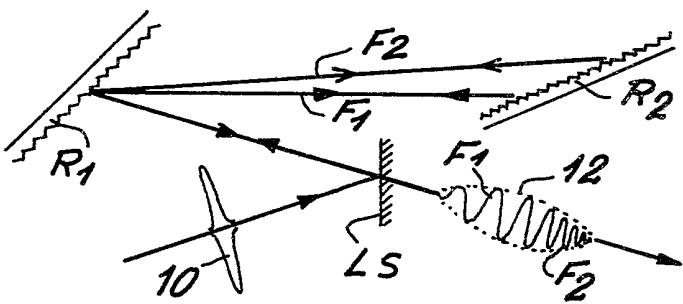
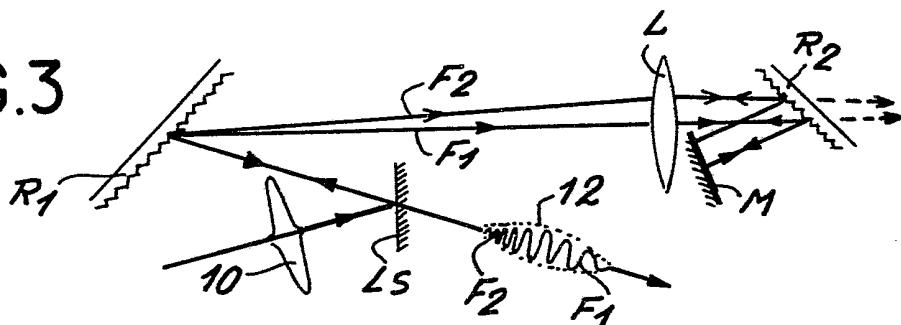


FIG.4

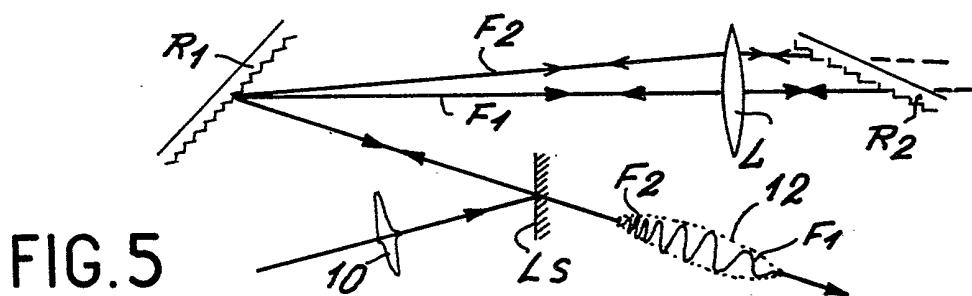


FIG.5