

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

3 011 997

21 N° d'enregistrement national : 13 02385

51 Int Cl⁸ : H 04 B 1/18 (2013.01)

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 15.10.13.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 17.04.15 Bulletin 15/16.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : THALES Société anonyme — FR.

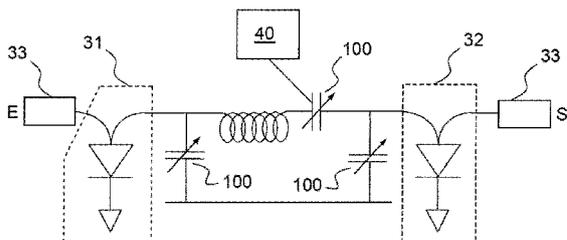
72 Inventeur(s) : TOLANT CLEMENT et REBERNAK
WILLIAM.

73 Titulaire(s) : THALES Société anonyme.

74 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE Société
en nom collectif.

54 LIMITEUR DE PUISSANCE AVEC FILTRE INTEGRE ET UTILISATION DU LIMITEUR.

57 La présente invention concerne un dispositif de fil-
trage et de limitation en puissance d'un signal hyperfré-
quence comprenant une entrée (E), une sortie (S) et un
premier étage de limitation (31), ledit premier étage de limi-
tation (31) comportant au moins une diode en parallèle entre
l'entrée (E) et une masse, ledit dispositif comprenant en
outre un filtre passe bande (10) connecté en série entre le
premier étage de limitation (31) et la sortie (S).



FR 3 011 997 - A1



LIMITEUR DE PUISSANCE AVEC FILTRE INTEGRE ET UTILISATION DU LIMITEUR

5 La présente invention concerne le domaine de la détection et de la communication par ondes hyperfréquences. La présente invention concerne plus particulièrement un dispositif hyperfréquence configuré pour filtrer en fréquence et limiter en puissance un signal hyperfréquence.

10 Les chaines de réception comprennent généralement un filtre passe bande 10, un limiteur 20 et une chaîne d'amplification 30 comme illustré figure 1.

Dans ces chaines de réception, la fonction d'un limiteur de puissance, placé après une antenne, est d'éviter la trop forte saturation ou la mise hors
15 fonction des éléments sensibles situés en aval de ce dernier, en particulier les éléments de la chaîne d'amplification à faible niveau. En effet, les amplificateurs utilisés dans cette chaîne d'amplification sont généralement des amplificateurs faible bruit (ou LNA pour *Low Noise Amplifier* selon la terminologie anglo saxonne) de très grande sensibilité. Ces amplificateurs
20 permettent d'amplifier les signaux de très faible puissance en ayant un minimum de bruit ajouté. En retour ces amplificateurs faible bruit ne supportent pas de fortes puissances d'entrée. Un limiteur de puissance est donc implanté avant la chaîne d'amplification de façon à limiter en puissance les signaux entrant d'amplitude élevée.

25 Dans les architectures de chaines de réception existantes, les fonctions de filtrage et de limitation sont des fonctions séparées.

La limitation de puissance est effectuée par un limiteur généralement formé de deux étages de diodes discrètes de type Schottky ou PIN (pour *Positive Intrinsic Negative diode* en anglais) séparées par une ligne
30 hyperfréquence. Un inconvénient de ce type de dispositif est du aux pertes d'insertion de la ligne hyperfréquence entre les deux étages de limitation qui dégradent le rapport signal à bruit.

La fonction de filtrage est effectuée par un filtre passe bande. Ce filtre est généralement un filtre passif dont la bande passante est fixe et
35 généralement égale à la bande utile du radar ou du dispositif de communication.

2

Un but de l'invention est de corriger un ou plusieurs des inconvénients de l'art antérieur et de permettre d'améliorer les performances d'un limiteur de puissance.

5

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de filtrage et de limitation en puissance d'un signal hyperfréquence comprenant une entrée, une sortie et un premier étage de limitation, ledit premier étage de limitation comportant au moins une diode en parallèle entre l'entrée et une masse, ledit
10 dispositif comprenant en outre un filtre passe bande connecté en série entre le premier étage de limitation et la sortie.

Suivant un mode de réalisation, le dispositif comprend en outre un deuxième étage de limitation connecté en série entre le filtre passe bande et la sortie, ledit deuxième étage de limitation comportant au moins une diode
15 en parallèle entre la sortie et une masse.

Suivant une variante de réalisation, l'entrée et la sortie du dispositif sont formées respectivement par un premier et un deuxième tronçon de ligne.

Suivant une variante de réalisation, le filtre passe bande est configuré
20 pour déphaser le signal en sortie dudit filtre passe bande d'un nombre impair de fois $\lambda_g/4$ par rapport au signal en entrée du filtre passe bande, λ_g représentant la longueur d'onde guidée du signal hyperfréquence.

Suivant un mode de réalisation, le filtre passe bande comporte au moins une capacité ajustable.

25 Suivant un mode de réalisation, le filtre passe bande comporte au moins une capacité commutable.

Suivant un mode de réalisation, le dispositif comprend en outre un pré-filtre connecté en série entre le premier tronçon de ligne et le premier étage de limitation.

30 Suivant un mode de réalisation, le pré-filtre est un filtre passe haut.

Suivant un mode de réalisation, le pré-filtre est un filtre passe bande.

3

Suivant un mode de réalisation, le filtre passe bande connecté électriquement après le premier étage de limitation est connecté à un module de commande configuré pour modifier la fréquence centrale et/ou la largeur de bande du filtre de façon dynamique.

5

L'invention a également pour objet l'utilisation du dispositif hyperfréquence précédemment décrit en amont d'une chaîne de réception d'un dispositif appartenant à un groupe comprenant un dispositif de détection et un dispositif de communication.

10

Selon une variante d'utilisation, la commande du groupe comprenant au moins une capacité variable est effectuée de façon dynamique.

15

D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description ci-après, donnée à titre illustratif et non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- La figure 1 représente un exemple de réalisation d'une chaîne de réception connue de l'art antérieur ;
- 20 - Les figures 2a et 2b représentent respectivement des exemples de mode de réalisation d'un filtre passe bande et d'un limiteur de puissance selon l'art antérieur ;
- La figure 3 représente un exemple de réalisation d'un dispositif de limitation et de filtrage selon l'invention ;
- 25 - La figure 4 représente un exemple de mode de réalisation d'une variante du dispositif selon l'invention ;
- La figure 5 représente un exemple de mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention intégrant un pré-filtre.

30

Il convient de noter que l'utilisation des termes « amont » et « aval » ainsi que « premier » et « deuxième » se rapporte au sens de propagation des signaux, à savoir de l'entrée vers la sortie.

Comme vu précédemment, les limiteurs de puissance 20 sont généralement formés de deux étages de diodes séparées par une ligne hyperfréquence formée soit d'une longueur de ligne, comme illustré figure 2b, soit d'éléments localisés de type L C pour simuler une longueur de ligne équivalente. Lorsque la puissance du signal entrant dans le limiteur 20 est faible, les diodes D sont bloquées et le signal se propage vers la sortie du limiteur 20 avec un minimum de perte d'insertion. Lorsque la puissance du signal entrant est supérieure à un niveau lié au seuil de conduction des diodes D utilisées, ces dernières changent d'état en passant d'un état capacitif à un état résistif proche du court circuit. Les diodes D étant placées en parallèle sur la ligne de propagation, cet effet se traduit par une réflexion presque totale du signal en entrée du limiteur 20.

Le deuxième étage de diodes permet de réduire les fuites, d'augmenter l'atténuation et ainsi réduire la puissance en sortie du limiteur 20. La protection du circuit en aval, comme par exemple un LNA, est ainsi améliorée.

La théorie montre également que de façon avantageuse, une longueur de ligne égale au quart de la longueur d'onde du signal permet de maximiser l'atténuation du limiteur 20 et de réduire de ce fait le niveau de fuite.

20

Le principe de l'invention consiste à intégrer dans l'architecture d'un limiteur 20 de puissance, un filtre passe bande 10. La figure 3 représente un exemple de mode de réalisation d'un tel dispositif.

Suivant un mode de réalisation, le filtre passe bande 10 peut être réalisé à l'aide d'un circuit LC classique à base de selfs et de condensateurs comme illustré figure 2a.

Le dispositif de filtrage en fréquence et de limitation en puissance d'un signal hyperfréquence selon l'invention peut comprendre un premier étage de limitation 31 connecté en série avec l'entrée E et un deuxième étage de limitation 32 connecté en série avec la sortie S du dispositif. Les premier et deuxième étages de limitation 31, 32 peuvent comprendre une ou plusieurs diodes en parallèle entre une masse du dispositif et respectivement l'entrée et la sortie dudit dispositif. Le dispositif comprend en outre un filtre passe

35

bande 10. L'entrée du filtre 10 est connectée en série à la sortie du premier étage de limitation 31 et sa sortie est connectée en série à un deuxième étage de limitation 32.

Suivant un mode de réalisation particulier, le dispositif de filtrage et de limitation en puissance selon l'invention peut ne comporter qu'un seul étage de limitation 31 comme illustré figure 3. Le dispositif comprend donc un filtre passe bande connecté en série entre l'étage de limitation 31 et la sortie S dudit dispositif, l'étage de limitation 31 comportant au moins une diode en parallèle entre l'entrée et une masse du dispositif. Ce mode de réalisation peut être intéressant en association, par exemple, avec un LNA en technologie "grand gap" utilisant, notamment, le nitrure de galium ou GaN. En effet, ces amplificateurs permettent de supporter des puissances plus élevée que la moyenne.

Les diodes utilisées dans les étages de limitation 31, 32 peuvent, par exemple, être des diodes PIN, des diodes Schottky ou tout autre type de diode équivalente.

De façon à augmenter l'atténuation du dispositif et améliorer la protection des éléments en aval du dispositif, ce dernier peut comprendre un nombre supérieur d'étage de limitation.

Suivant un mode de réalisation, l'entrée E et la sortie S du dispositif peuvent être formées par deux tronçons de ligne 33 comme illustré par exemple figure 4.

Comme vu précédemment, la théorie des lignes montre qu'une longueur de ligne égale au quart de la longueur d'onde du signal guidé permet d'augmenter l'atténuation du signal en sortie. Une longueur de $\lambda_g/4$, (λ_g représentant la longueur d'onde guidée du signal), correspondant à un déphasage de 90° , une façon supplémentaire d'augmenter l'atténuation du dispositif selon l'invention peut consister à choisir les éléments du filtre passe bande 10 de façon à ce que la phase absolue du filtre passe bande 10, c'est-à-dire la phase entre l'entrée et la sortie du filtre 10, soit égale à un nombre impair de fois 90° .

En référence à la figure 4, tout ou partie des capacités du filtre passe bande 10 peuvent être des capacités ajustables 100. Ces capacités ajustables peuvent par exemple être des diodes varicap (ou *varactors* selon

la terminologie anglo-saxonne), des capacités commutables ou toutes autres capacités ajustables équivalentes. De façon avantageuse, la présence de capacités ajustables 100 dans le filtre passe bande 10 permet de rendre ce dernier agile en fréquence. Elles offrent la possibilité de faire varier la largeur
5 de la bande passante du filtre 10 en faisant varier la valeur des capacités 100. Un deuxième avantage des capacités variables est la possibilité de faire varier la fréquence centrale du filtre passe bande 10.

Le dispositif selon l'invention peut, par exemple, être utilisé en amont
10 d'une chaîne de réception d'un dispositif de détection comme par exemple un radar ou un dispositif de communication. Suivant un mode de réalisation, le dispositif de filtrage et de limitation selon l'invention peut être connecté à un module de commande 40 configuré pour faire varier la valeur d'au moins une des capacités variables 100 du filtre passe bande 10.

15 Dans le cas d'une utilisation du dispositif dans un équipement de détection, comme par exemple un radar, ou dans un équipement de télécommunication, la commande de la valeur d'au moins une capacité 100 peut se faire de façon dynamique. Dans le cas d'un mode radar, la commande de la largeur de bande passante et/ou de la fréquence centrale
20 peut se faire de façon dynamique par exemple en fonction de la nature du signal émis par le radar, comme par exemple sa fréquence centrale et/ou la largeur de modulation de fréquence des impulsions émises.

Suivant un mode de réalisation, le dispositif de limitation et de filtrage
25 de signaux hyperfréquences selon l'invention peut comprendre un premier étage de pré-filtrage. A cet effet, le dispositif selon l'invention peut comprendre un pré-filtre 50 connecté en série en aval du premier étage de limitation 31, par exemple, entre le premier tronçon de ligne 33 formant l'entrée E du dispositif et le premier étage de limitation 31. Le pré filtre 50
30 peut être, par exemple, un filtre passe haut.

Suivant une variante de réalisation, le pré-filtre 50 est un filtre passe bande.

De façon avantageuse, l'étage de pré-filtrage permet d'éviter que des signaux basses fréquences de puissance élevée ne fassent entrer en
35 conduction le premier étage de limitation 31.

Le dispositif de limitation et de filtrage selon l'invention peut trouver son application, par exemple et de façon non limitative, dans les domaines des télécommunications, des radars ou de la radiodétection.

REVENDECATIONS

- 5 1. Dispositif de filtrage et de limitation en puissance d'un signal hyperfréquence comprenant une entrée (E), une sortie (S) et un premier étage de limitation (31), ledit premier étage de limitation (31) comportant au moins une diode en parallèle entre l'entrée (E) et une masse, ledit dispositif étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre un filtre passe bande (10) connecté en série entre le premier étage de limitation (31) et la sortie (S).
10
2. Dispositif selon la revendication précédente, comprenant en outre un deuxième étage de limitation (32) connecté en série entre le filtre passe bande (10) et la sortie (S), ledit deuxième étage de limitation (32) comportant au moins une diode en parallèle entre la sortie (S) et une masse.
15
3. Dispositif selon une des revendications précédentes, selon lequel l'entrée (E) et la sortie (S) du dispositif sont formées respectivement par un premier et un deuxième tronçon de ligne (33).
4. Dispositif selon la revendication précédente selon lequel le filtre passe bande (10) est configuré pour déphaser le signal en sortie dudit filtre passe bande (10) d'un nombre impair de fois $\lambda_g/4$ par rapport au signal en entrée du filtre passe bande (10), λ_g représentant la longueur d'onde guidée du signal hyperfréquence.
20
5. Dispositif selon une des revendications précédentes, selon lequel le filtre passe bande (10) comporte au moins une capacité ajustable.
25
6. Dispositif selon une des revendications précédentes, selon lequel le filtre passe bande (10) comporte au moins une capacité commutable.
7. Dispositif selon une des revendications précédentes, selon lequel le dispositif comprend en outre un pré-filtre (50) connecté en série en amont du premier étage de limitation (31).
30

8. Dispositif selon la revendication précédente selon lequel le pré-filtre (50) est un filtre passe haut.
9. Dispositif selon la revendication 7 selon lequel le pré-filtre (50) est un filtre passe bande.
- 5 10. Dispositif selon une des revendications précédentes, selon lequel le filtre passe bande (10) connecté électriquement après le premier étage de limitation (31) est connecté à un module de commande (40) configuré pour modifier la fréquence centrale et/ou la largeur de bande du filtre (10) de façon dynamique.
- 10 11. Utilisation du dispositif de filtrage et de limitation en puissance d'un signal hyperfréquence selon une des revendications précédentes en amont d'une chaîne de réception d'un dispositif appartenant à un groupe comprenant un dispositif de détection et un dispositif de communication pour limiter la puissance des signaux entrant.
- 15 12. Utilisation du dispositif de filtrage et de limitation en puissance d'un signal hyperfréquence selon la revendication 10 selon laquelle la commande du groupe comprenant au moins une capacité variable est effectuée de façon dynamique.

1/2

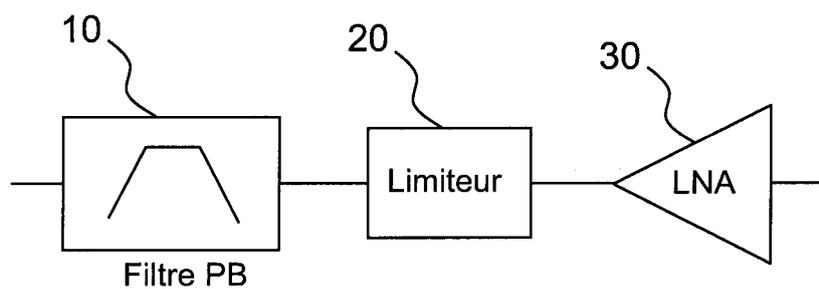


FIG.1

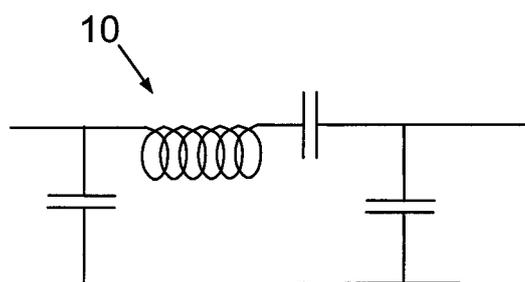


FIG.2a

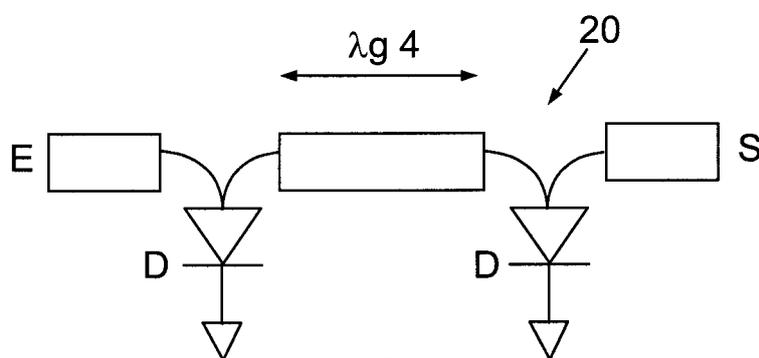


FIG.2b

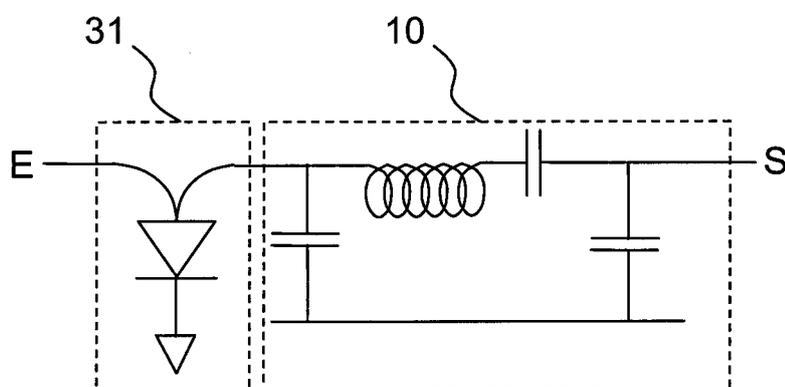


FIG.3

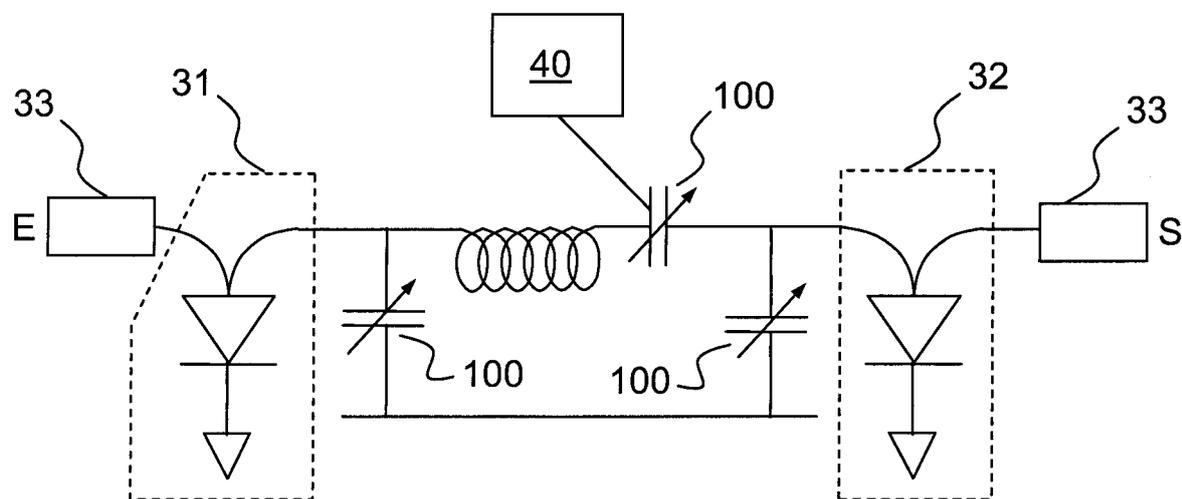


FIG. 4

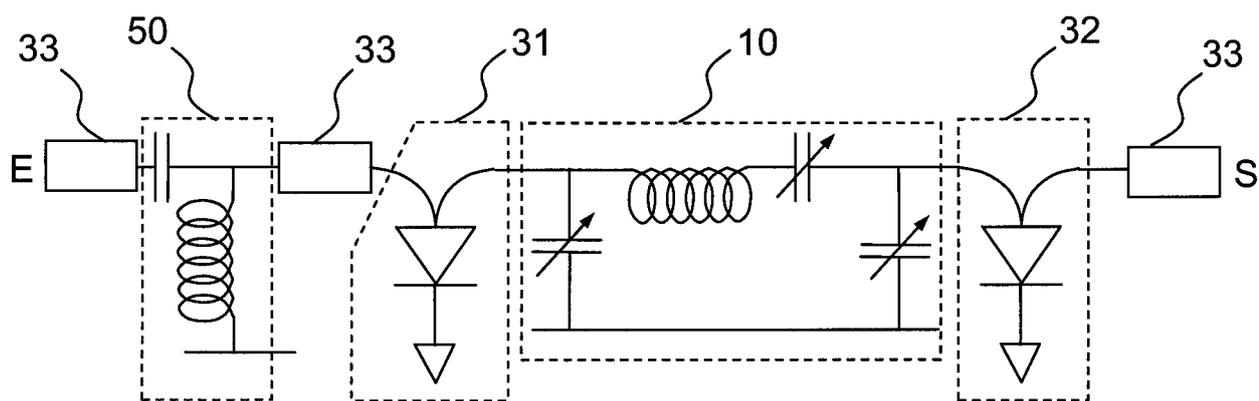


FIG. 5



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 793387
FR 1302385

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	SEYMOUR D J ET AL: "X-band monolithic GaAs PIN diode variable attenuation limiter", 19900508; 19900508 - 19900510, 8 mai 1990 (1990-05-08), pages 841-844, XP010004578, * ch. "Introduction"; figure 4 *	1-12	H03H7/12 H03L7/00
X	----- US 4 396 893 A (EDSON WILLIAM A) 2 août 1983 (1983-08-02) * figure 1 * * colonne 1, ligne 65-67 * * colonne 3, ligne 20-24 * * colonne 1, ligne 20-37 *	1-12	
X	----- US 2008/157896 A1 (BAHL INDER JIT [US]) 3 juillet 2008 (2008-07-03) * figure 1 * * alinéa [0030] *	1-3,7,9, 11,12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H03G H01P H03H
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 juillet 2014		Radomirescu, B-M	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		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.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : 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 1302385 FA 793387**

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 **09-07-2014**

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
US 4396893	A	02-08-1983	AUCUN	

US 2008157896	A1	03-07-2008	AUCUN	



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

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

FA 793387
FR 1302385

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	SEYMOUR D J ET AL: "X-band monolithic GaAs PIN diode variable attenuation limiter", 19900508; 19900508 - 19900510, 8 mai 1990 (1990-05-08), pages 841-844, XP010004578, * ch. "Introduction"; figure 4 *	1-12	H03H7/12 H03L7/00
X	----- US 4 396 893 A (EDSON WILLIAM A) 2 août 1983 (1983-08-02) * figure 1 * * colonne 1, ligne 65-67 * * colonne 3, ligne 20-24 * * colonne 1, ligne 20-37 *	1-12	
X	----- US 2008/157896 A1 (BAHL INDER JIT [US]) 3 juillet 2008 (2008-07-03) * figure 1 * * alinéa [0030] *	1-3,7,9, 11,12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H03G H01P H03H
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 juillet 2014		Radomirescu, B-M	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		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.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : 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 1302385 FA 793387**

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 **09-07-2014**

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
US 4396893	A	02-08-1983	AUCUN	

US 2008157896	A1	03-07-2008	AUCUN	
