

⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑲ Numéro de dépôt: **86401434.5**

⑳ Date de dépôt: **27.06.86**

⑥ Int. Cl.: **B 21 B 27/00, C 22 C 38/22,**
C 22 C 38/24, C 22 C 38/44,
C 22 C 38/46

③① Priorité: **08.07.85 FR 8510426**

④③ Date de publication de la demande: **21.01.87**
Bulletin 87/4

④④ Etats contractants désignés: **AT BE CH DE FR GB IT LI**
LU NL SE

⑦① Demandeur: **CHAVANNE KETIN, 9, place de la Pyramide**
"La Défense", F-92800 Puteaux (FR)

⑦② Inventeur: **Terrasse, Joseph Jean, 4 Catherine Courbon**
Saint Ferreol d'Auroure, F-44303 Pont Salomon (FR)
Inventeur: **Seux, Michel, La Cotille 2, route de Malmont,**
F-42500 Le Chambon Feugerolles (FR)
Inventeur: **Leveque, Robert, 10 Rue Louis Blanc,**
F-42700 Firminy (FR)

⑦④ Mandataire: **Polus, Camille et al, c/o Cabinet**
Lavoix 2, Place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris
Cedex 09 (FR)

④⑤ **Cylindre forgé pour laminage à froid en acier faiblement allié.**

④⑦ L'invention est relative à un cylindre forgé pour laminage à froid réalisé en acier faiblement allié, caractérisé en ce qu'il présente la composition pondérale suivante: C: 0,76 à 0,92; Mn: 0,70 à 1,40; Si: 0,70 à 1,40; S $\leq$ 0,020; P $\leq$ 0,025; Ni $\leq$ 0,60; Cr: 1,50 à 2,20; Mo: 0,15 à 0,55; V: 0,08 à 0,25; Cu $\leq$ 0,50; le reste étant du fer et des impuretés accidentelles.

EP 0 209 437 A1

La présente invention est relative à des cylindres forgés pour laminage à froid et plus particulièrement des cylindres de travail destinés au laminage du fer et des aciers, des métaux non ferreux et de leurs alliages à des températures inférieures ou égales à 100°, et, éventuellement, des cylindres d'appui utilisés dans les laminoirs multicylindres.

Pour assurer une excellente tenue en service au moindre coût, les cylindres de travail doivent présenter en l'état d'utilisation un certain nombre de caractéristiques :

- 1 - Une dureté superficielle élevée comprise entre 90 et 105 Shore C selon les produits à laminer.
- 2 - Une forte épaisseur de la couche trempée qui permettra de limiter ou même d'éliminer les traitements éventuellement nécessaires au maintien de la dureté désirée sur toute l'épaisseur donnée d'utilisation du cylindre.
- 3 - Une grande résistance à l'usure par l'abrasion.
- 4 - Une teneur contrôlée de l'austénite résiduelle de la couche trempée ; des teneurs trop élevées en austénite résiduelle étant nuisibles en favorisant la fissuration sous contrainte en service.
- 5 - Une structure dendritique des couches superficielles suffisamment homogène pour éviter un phénomène de gravage extrêmement fin du feuillard auquel les professionnels donnent le nom de "peau de crapaud", "peau d'orange",

Un grand nombre de ces caractéristiques peut être réglé par un choix judicieux des conditions de fabrication des cylindres de laminoirs à froid et tout particulièrement des opérations de traitement thermique : revenu permettant d'ajuster la dureté de la ta-

ble, mode de trempe classique avec chauffage à une température $> AC3$ de la totalité du cylindre lors de l'austénitisation, trempe superficielle après chauffage à une température $> AC3$ uniquement d'une couche d'épaisseur relativement faible, conditions de refroidissement plus ou moins bien ajustées.

Néanmoins, le choix de la nuance reste primordial en vue de permettre l'optimisation des caractéristiques exigées au moindre coût.

Les nuances actuellement utilisées pour les cylindres de travail pour laminage à froid en acier forgé trempé à l'eau comportent de 0,8 à 0,9 % de carbone, de 1,8 à 3,0 % de chrome ainsi que d'autres éléments d'alliages et sont illustrées par la nuance classique 83 CDV7 qui a justement une teneur suffisamment élevée en carbone pour permettre d'obtenir les hauts niveaux de dureté exigés, les teneurs en Cr, Mo, V sont suffisantes pour avoir une trempabilité correcte et la formation de nombreux carbures assurant la bonne résistance à l'usure. Avec des traitements de chauffage classique suivis d'une trempe à l'eau énergétique, on peut ainsi facilement obtenir une dureté superficielle de 103 Shore C, une profondeur de couche trempée à dureté ≥ 85 Shore C de 15 mm, sur des cylindres de diamètre de table de 550 à 650 mm.

Avec une trempe superficielle après chauffage par induction à la fréquence de 50 Hz on obtient des duretés superficielles analogues avec toutefois une couche trempée de plus grande profondeur 22 mm environ.

Cependant pour exploiter totalement l'épaisseur utile de la table, de telles profondeurs de trempe nécessitent au minimum deux retraitements.

Ces retraitements sont coûteux, aussi de

nombreux fabricants ont cherché à améliorer la trempabilité de l'acier pour obtenir des couches trempées épaisses de 30 mm environ, limitant alors le nombre de retraitements à une seule opération.

5 Afin d'accroître cette épaisseur on s'est orienté vers des aciers plus fortement alliés ayant des teneurs en Cr allant jusqu'à 3 % et en Mo jusqu'à 0,5 %. Outre que ces éléments d'alliage sont coûteux, l'augmentation de leur teneur présente le grave inconvénient d'engendrer un taux d'austénite résiduelle in-
10 désirable après la trempe martensitique.

 On peut remédier à des taux d'austénite résiduelle élevés par un traitement après trempe consistant à plonger le cylindre dans l'azote liquide (traitement subzéro), mais ces traitements sont délicats et
15 coûteux.

 Enfin l'augmentation de la teneur en éléments d'alliage Cr, Mo, V amène la formation d'une structure de bandes et d'une structure dendritique néfastes à la qualité de surface des produits laminés.
20

 La présente invention vise à remédier à ces inconvénients, tout en permettant d'obtenir des cylindres forgés possédant une grande épaisseur de couche trempée.

25 Elle a aussi pour objet un cylindre forgé pour laminage à froid réalisé en acier faiblement allié, caractérisé en ce qu'il présente la composition pondérale suivante :

 C : 0,76 à 0,92 ; Mn : 0,70 à 1,40 ; Si : 0,70 à 1,40 ;
30 $S \leq 0,020$; $P \leq 0,025$; $Ni \leq 0,60$; Cr : 1,50 à 2,20 ;
 Mo : 0,15 à 0,55 ; V : 0,08 à 0,25 ; $Cu \leq 0,50$; le reste étant du fer et des impuretés accidentelles.

 La caractéristique essentielle de l'invention réside dans la teneur en Si qui provoque en asso-

ciation avec le Mn un effet de synergie sur la trempabilité pour un acier à faible teneur en élément d'alliage et en particulier Mo.

Les travaux de Jatezack et Girardi dans les articles ci-après :

5 Multiplying factors of the calculation of Hardenability of Hypereutectoid steels Hardened from 1700° F.

C.F. Jatezack and D.J. Girardi transaction of ASM 1959 - 51 p 335 ; et

10 Hardenability of high carbon steel

C.F. Jatezack and D.J. Girardi Metallurgical transaction - vol 4 Oct 73 p 2267 ;

décrivent l'influence des éléments d'alliages sur la trempabilité des aciers hypereutectoïdes, et caractérisent la trempabilité des différentes nuances par la distance à l'extrémité trempée du point Jominy où la dureté est 63 HRC, sur éprouvettes Jominy austénisées à des températures comprises entre $A_{cm} + 50$ et $A_{cm} + 100$.

20 La structure correspondant à la dureté de 63 HRC est presque totalement martensitique avec au maximum 10 % de bainite, de sorte que le critère adopté est tout à fait représentatif des conditions d'utilisation des cylindres.

25 Ces travaux mettent en évidence que l'augmentation de trempabilité peut être obtenue par utilisation de teneurs plus fortes en éléments d'alliage classiques tel que Mn, Ni, Cr, V, Si et surtout Mo comme indiqué par les graphes des Fig 1a et 1b illustrant le facteur multiplicatif F sur la distance à l'extrémité trempée en fonction de la teneur en divers éléments indiqués, pour une structure initiale respectivement normalisée et recuite.

Il apparaît nettement sur ces graphes que Mo

exerce la plus forte action et en particulier supérieure au Si seul ou même combiné et au Mn.

Or la demanderesse a découvert que contrairement aux enseignements de ces travaux, Mo exerce une influence sur la trempabilité présentant un maximum pour des teneurs relativement faibles.

Ces résultats sont donnés à la Fig. 2 représentant graphiquement l'influence des éléments d'addition Mo, Mn et Si sur la trempabilité d'un acier 85 CDV7 ayant subi un traitement d'austénitisation ACm + 60°C. Sur ce graphe est portée en ordonnée la distance Jominy, c'est-à-dire la distance en mm à l'extrémité d'une éprouvette normalisée (25 mm de diamètre) pour laquelle la dureté Rockwell C (HRC) est supérieure ou égale à 60.

Par ailleurs il apparaît que Si exerce un effet synergique sur Mo et surtout sur Mn.

A titre de comparaison, la Fig. 3 donne une représentation (Dureté en fonction de la distance D à l'extrémité trempée) des courbes Jominy pour une nuance classique qui est un acier 85 CDV7 dont les teneurs en Mn sont de 0,25 et Si de 0,42 et pour une plage d'aciers à nuance selon l'invention.

L'accroissement de la dureté à 70 mm de 45 HRC à 63 HRC est particulièrement significative.

De plus la présence de silicium tend à favoriser la formation des carbures, qui est favorable pour la tenue à l'usure comme l'ont montré les différents tests de laboratoire utilisés.

On observe par contre une légère diminution de la teneur en carbone de la matrice de l'acier et par conséquent du niveau maximum de dureté pouvant être obtenu ; ce n'est pas un inconvénient car il suffit de jouer sur les conditions du revenu après trempe

entre 100 et 200°C.

Le silicium augmente en outre la résistance au revenu. Son action ne peut donc qu'être bénéfique lors des petits incidents de laminage entraînant une
5 élévation de la température superficielle des cylindres.

L'absence d'influence significative des additions de Mn et Si sur le taux d'austénite résiduelle après traitement et sur la ténacité du métal traité au
10 niveau de 64 HRC a été vérifiée dans le domaine des teneurs choisies. Il en est de même pour la structure dendritique à la surface des tables. L'addition conjuguée de manganèse et silicium s'est révélée bénéfique pour la tenue en service du cylindre.

15 Les exemples ci-après sont donnés à titre d'illustration de l'invention.

Exemple 1 :

On réalise un cylindre de travail de diamètre de table 325 mm et de longueur de table 1324 mm à
20 une dureté de table de 760 Vickers, soit 92 Shore C, destiné au laminage à froid de bobines en acier au silicium.

Ce cylindre est usiné à partir d'une ébauche forgée dans un lingot d'acier ayant l'analyse suivante :
25

C 0,83 - Mn 1,12 - Si 0,89 - S 0,009 - P 0,012 - Ni 0,33 - Cr 1,82 - Mo 0,25 - V 0,11.

Le traitement final de la table est réalisé par chauffage superficiel basse fréquence (50 Hz) et
30 trempe à l'eau.

On obtient ainsi une épaisseur de la couche trempée de 28,5 mm.

A titre de comparaison on réalise un cylindre analogue dans la nuance classique :

C 0,83 - Mn 0,29 - Si 0,33 - S 0,007 - P 0,014 - Ni 0,27 - Cr 1,77 - Mo 0,24 - V 0,11.

5 Ce cylindre donne après trempe superficielle basse fréquence une épaisseur de couche trempée de 20,5 mm.

On obtient donc grâce à l'invention un accroissement de 40 % de l'épaisseur de la couche trempée, dans une nuance moins coûteuse tant au plan des éléments constitutifs que du procédé de fabrication.

10 Les cylindres dans la nuance d'acier selon la présente invention utilisés dans un laminoir quarto réversible ont permis de laminier 3690 tonnes au lieu de 3100 tonnes pour la nuance de comparaison, soit un gain de 19 %.

15 Exemple 2 :

On réalise un cylindre de travail pour laminage à froid de tôle de carrosserie automobile ayant les caractéristiques suivantes :

20	diamètre de table	535 mm
	longueur de table	1676 mm
	dureté de table visée	830 HV.

Analyse du métal :

25 C 0,86 - Mn 0,96 - Si 1,19 - S 0,004 - P 0,012 - Ni 0,175 - Cr 1,66 - Mo 0,22 - V 0,096.

Le traitement final de la table est réalisé comme à l'exemple 1.

Après détensionnement et avant ajustement de la dureté, la dureté superficielle est de 875 HV.

30 La profondeur trempée correspondant à une dureté de 700 HV, soit sensiblement 85 Shore C, est de 29,6 mm.

L'épaisseur utile des cylindres étant de 27 mm, on peut utiliser la totalité de cette épaisseur

avant mise au rebut sans retraitement par retrempe du cylindre.

5 Avec des cylindres en nuance classique 83 CDV 7, analogue à celle de l'exemple 1, l'épaisseur de la couche trempée, après trempe superficielle basse fréquence, mesurée dans les mêmes conditions est de 22 mm. Ceci impose un retraitement pour consommer la totalité de l'épaisseur utile du cylindre.

10 Il est évident que pour un cylindre de même caractéristiques géométriques que précédemment, mais, dont le diamètre de table a été porté à 581 mm et l'épaisseur utile à 50 mm, la nuance selon la présente invention limite à un retraitement l'utilisation totale de cette épaisseur, alors qu'il est nécessaire de
15 réaliser deux retraitements avec la nuance de comparaison.

REVENDICATION

Cylindre forgé pour laminage à froid réalisé en acier faiblement allié, caractérisé en ce qu'il présente la composition pondérale suivante : C : 0,76 à 0,92 ; Mn : 0,70 à 1,40 ; Si : 0,70 à 1,40 ;
5 S $\leq$ 0,020 ; P $\leq$ 0,025 ; Ni $\leq$ 0,60 ; Cr : 1,50 à 2,20 ;
Mo : 0,15 à 0,55 ; V : 0,08 à 0,25 ; Cu $\leq$ 0,50 ; le reste étant du fer et des impuretés accidentelles.

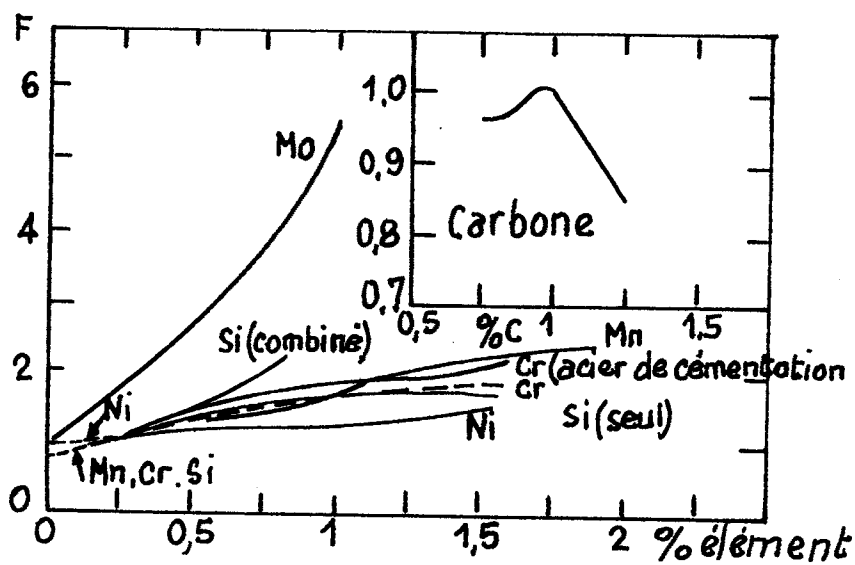
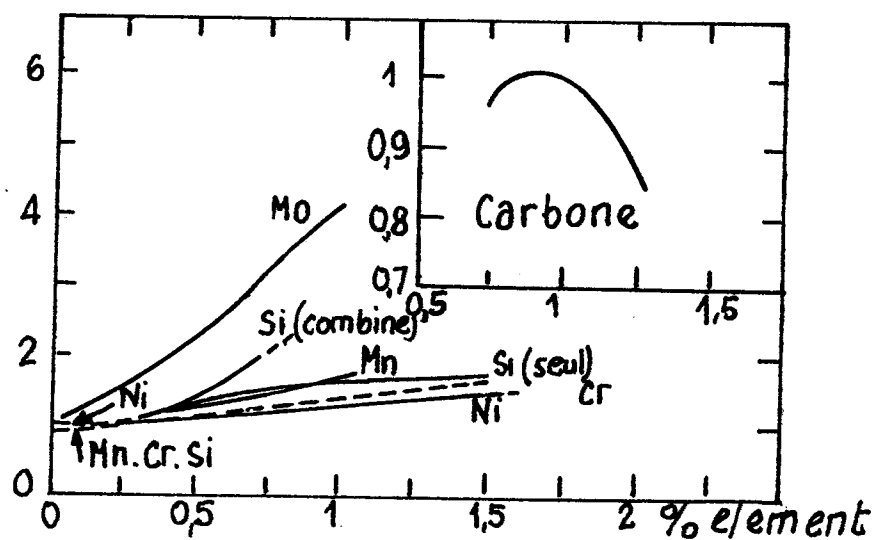
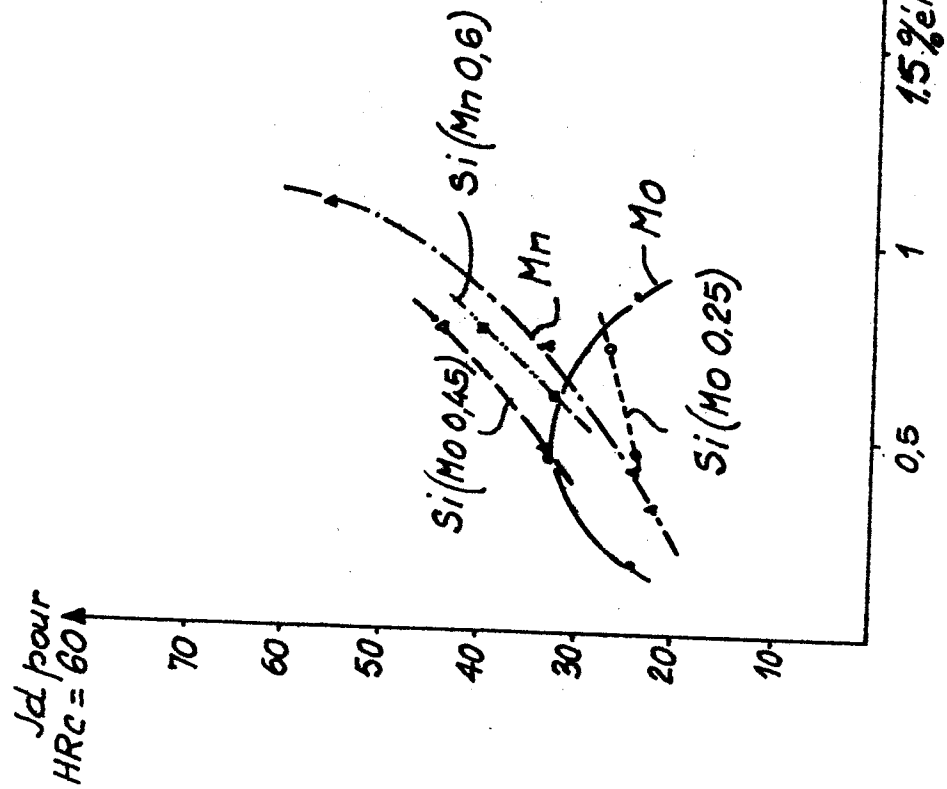
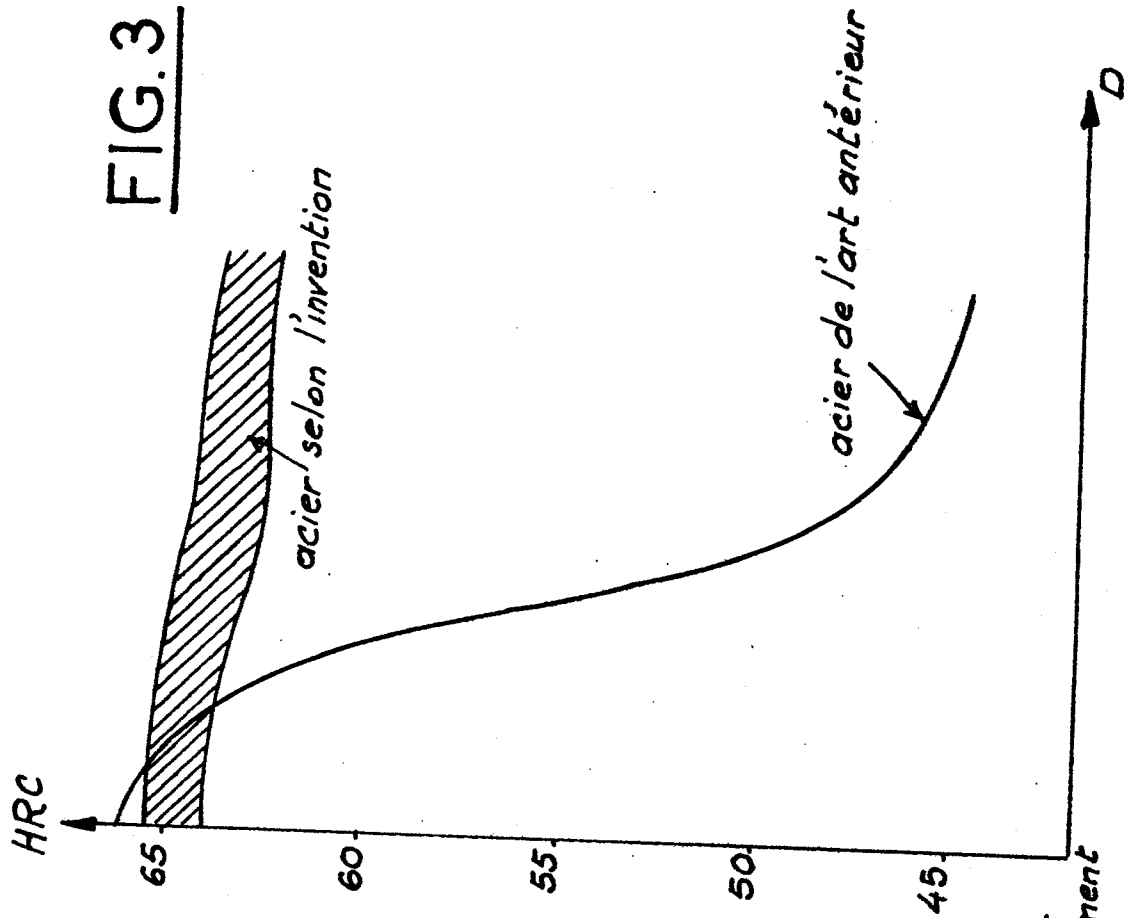
FIG.1aFIG.1b

FIG.2FIG.3



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0209437

Numero de la demande

EP 86 40 1434

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
A	DE-A-3 006 512 (THYSSEN EDELSTAHLWERKE AG) * Revendications 1,2; pages 1-4; figure 1 *	1	B 21 B 27/00 C 22 C 38/22 C 22 C 38/24 C 22 C 38/44 C 22 C 38/46
A	DE-C-1 262 612 (BETHLEHEM STEEL CO.) * Colonnes 1-4 *	1	
A	BE-A- 439 190 (GUSSTAHLWERK BOCHUMER VEREIN AG) * Pages 1-3 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
			B 21 B C 22 C
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 30-09-1986	Examineur NOESEN R.F.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	