

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 086 677

②1 N° d'enregistrement national : **18 59128**

⑤1 Int Cl⁸ : **e 01 b 29/17 (2019.01), e 01 b 31/18, 29/44**

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 02.10.18.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 03.04.20 Bulletin 20/14.

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) : MATISA MATERIEL INDUSTRIEL S.A. Société anonyme — CH.

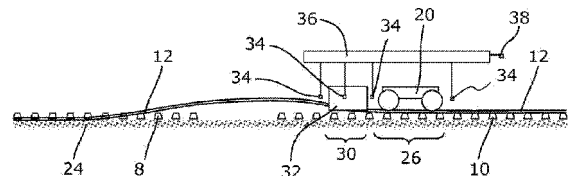
⑦2 Inventeur(s) : SAVOYAT MARC-ANTOINE.

⑦3 Titulaire(s) : MATISA MATERIEL INDUSTRIEL S.A. Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : ALATIS.

⑤4 PROCÉDE D'IMMOBILISATION D'UN RAIL DE VOIE FERRÉE AVEC CONDITIONNEMENT THERMIQUE D'UNE PORTION DE RAIL, ET MACHINE FERROVIAIRE ASSOCIÉE.

⑤7 Pour immobiliser un rail (12) d'une voie ferrée à l'aide d'une machine ferroviaire (4), on déplace la machine ferroviaire (4) dans une direction de travail (100), de manière qu'à chaque instant une portion du rail (12), non fixée à une traverse (8, 10) de la voie ferrée (2), traverse une zone de conditionnement thermique (30) d'un dispositif de conditionnement thermique (32) de la machine ferroviaire (4), on modifie une température d'une région superficielle de la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique (30) à l'aide du dispositif de conditionnement thermique (32), en générant une distribution de température non homogène dans la portion de rail, et l'on immobilise la portion du rail (12) sur une traverse (10) de la voie ferrée, après modification de la température de la région superficielle de la portion du rail, sans attendre que la distribution de la température dans la portion du rail soit homogénéisée.



FR 3 086 677 - A1



PROCÉDÉ D'IMMOBILISATION D'UN RAIL DE VOIE FERRÉE AVEC CONDITIONNEMENT THERMIQUE D'UNE PORTION DE RAIL, ET MACHINE FERROVIAIRE ASSOCIÉE

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5 **[0001]** L'invention se rapporte à la pose d'un rail d'une voie de chemin de fer, et plus particulièrement à une opération de conditionnement thermique d'une portion du rail avant sa pose. Elle se rapporte à la fois à une machine ferroviaire permettant cette opération de conditionnement thermique et à un procédé d'immobilisation incluant cette opération. Elle vise à la fois la pose d'un rail neuf sur une voie préexistante, la
10 pose d'un rail neuf sur une voie neuve, et une opération de maintenance sur un rail préexistant, qui inclut une opération de dépose suivi d'une opération de pose. La machine ferroviaire peut être une machine autonome, un train de renouvellement ou un train de pose.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

15 **[0002]** Les rails des voies ferroviaires sont soumis à d'importantes variations de température selon les saisons et les conditions météorologiques. Les rails tendent à s'allonger et à se dilater sous l'effet d'une hausse de température, et, à l'inverse, à se contracter sous l'effet d'une chute de température.

[0003] De nos jours, les rails sont posés soudés bout à bout de façon continue et
20 fixés ainsi aux traverses, de sorte que les rails ne peuvent pas varier de longueur sous l'effet des variations de température. Sous l'effet d'une augmentation de la température ambiante au-delà de la température de pose, les rails, ne pouvant se dilater, subissent une force de compression tendant à pousser la voie hors de son chemin. À l'inverse, sous l'effet d'une baisse de température en deçà de la température de pose, les rails, ne
25 pouvant se contracter, subissent une force de traction tendant à tirer la voie hors de son chemin.

[0004] Pour minimiser l'impact des variations de température, on cherche à immobiliser les rails sur la voie à une température prédéterminée dite « neutre », dont la valeur diffère selon les régions climatiques, et qui peut correspondre par exemple à
30 une température moyenne ou médiane du lieu de pose, constatée sur une longue

période, le cas échéant de plusieurs années. On est ainsi assuré que la plage de variation des contraintes à l'intérieur du rail, et la variation des efforts sur la voie, seront minimisées.

[0005] Dans le document EP 0 467 833 est illustré un train de travaux comportant un poste de chauffage par induction d'un rail préalablement soulevés, et une zone d'immobilisation du rail sur les traverses de la voie en vue de sa fixation ultérieure à l'aide d'attaches. Le chauffage par induction génère dans une portion du rail traversant une zone de chauffage du poste de chauffage, un courant induit qui élève la température de la portion de rail par effet Joule. Mais la circulation des électrons dans le rail n'est pas uniforme et l'on observe un effet de peau qui est d'autant plus sensible que la fréquence d'induction s'élève. Il en résulte une distribution de la température fortement inhomogène au sein du rail à la sortie de la zone de chauffage. La zone d'immobilisation du rail est située à distance du poste de chauffage, de manière que la température ait le temps de s'homogénéiser dans le rail, en d'autres termes de manière que la différence entre la température de surface et la température dans le cœur du rail soit inférieure à un seuil prédéterminé, l'objectif étant qu'au niveau de la zone d'immobilisation, le rail ait atteint une température homogène égale à la température neutre prédéterminée du lieu. A titre d'exemple, pour un train de travaux circulant à 6 mètres par minutes, on prévoit une distance de 17 mètres entre sortie du poste de chauffage et la zone d'immobilisation du rail, ce qui correspond à un temps d'homogénéisation de 170 secondes.

[0006] D'autres méthodes de chauffage peuvent être mises en œuvre. On a ainsi proposé d'exposer le rail à un rayonnement infrarouge. On constate toutefois que le rayonnement infrarouge pénètre peu dans la matière, et n'engendre qu'un chauffage superficiel, avec un effet de peau d'environ 100 nm. D'autres formes de chauffage, notamment par aspersion d'eau ou par exposition à la flamme d'un brûleur, ont été proposées, mais se traduisent également par un chauffage limité à la surface du rail.

[0007] Partant du postulat qu'il est nécessaire d'attendre l'homogénéisation de la température dans le rail à la température de neutralisation avant l'immobilisation du rail sur les traverses, l'idée de la nécessité de prévoir un temps d'homogénéisation, et donc une distance importante entre le poste de chauffage principal et la zone

d'immobilisation d'une machine ferroviaire de travaux, s'est imposée dans l'état de la technique.

[0008] Cette disposition n'est toutefois pas sans inconvénients. Elle impacte tout d'abord la taille de la machine ferroviaire, qui est pourvue de moyens pour faire
5 cheminer le rail entre le poste de chauffage et la zone d'immobilisation. Par ailleurs, des dispositions doivent être prises pour limiter et contrôler les pertes thermiques dans l'espace séparant la zone de chauffage de la zone d'immobilisation, afin de limiter la consommation énergétique et d'assurer qu'au niveau de la zone d'immobilisation, la température homogène atteinte soit bien la température consignée dite « neutre ».
10 Enfin, des difficultés opérationnelles apparaissent à chaque fois que la machine ferroviaire est amenée à s'arrêter de manière imprévue, puisque la portion de rail située entre le poste de chauffage et la zone d'immobilisation, après un certain temps, n'est plus à la température souhaitée, et qu'une procédure spécifique doit être mise en œuvre à chaque redémarrage. C'est d'ailleurs ce qui a amené, dans le document
15 WO2017/017600A1, à proposer d'interposer, entre le dispositif de chauffage et la zone d'immobilisation, un tronçon intercalaire d'isolation thermique, ou de traitement thermique complémentaire visant à compenser les pertes thermiques entre le poste de chauffage et la zone d'immobilisation.

[0009] Lorsqu'il est nécessaire de refroidir le rail avant l'immobilisation, les
20 méthodes de refroidissement passent également par un refroidissement de la surface du rail, donc à un refroidissement non homogène du rail, avec des difficultés similaires.

[0010] Pour résoudre ces problèmes, il serait théoriquement possible de faire appel à des technologies permettant une chauffe uniforme du rail, par exemple par passage d'un courant continu dans le rail. Mais une telle technologie s'avère difficile à
25 mettre en œuvre en pratique.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0011] L'invention vise à remédier aux inconvénients de l'état de la technique et à simplifier l'immobilisation d'un rail à une température de consigne dite « neutre ».

[0012] Pour ce faire est proposé, selon un premier aspect de l'invention, un procédé d'immobilisation d'un rail d'une voie ferrée à l'aide d'une machine ferroviaire, suivant lequel :

- 5 - on déplace la machine ferroviaire dans une direction de travail, de manière qu'à chaque instant une portion du rail, non fixée à une traverse de la voie ferrée, traverse une zone de conditionnement thermique d'un dispositif de conditionnement thermique de la machine ferroviaire ;
- 10 - on modifie une température d'une région superficielle de la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique à l'aide du dispositif de conditionnement thermique, en générant une distribution de température non homogène dans la portion de rail ; et
- 15 - on immobilise la portion du rail sur une traverse de la voie ferrée, après modification de la température de la région superficielle de la portion du rail, mais sans attendre que la distribution de la température dans la portion du rail soit homogénéisée.

[0013] Les inventeurs ont en effet soupçonné, puis vérifié par le calcul et par des essais expérimentaux, qu'il n'était pas nécessaire d'attendre l'homogénéisation de la température dans le rail pour obtenir l'effet recherché, à savoir un allongement du rail, ou une longueur de la portion de rail en cours de pose, correspondant à l'allongement et la longueur constatés à la température neutre. L'étude théorique s'appuie sur deux résultats :

- 20 - la conservation de la température moyenne du rail pendant l'homogénéisation ;
- 25 - la proportionnalité entre l'allongement du rail et la contrainte moyenne dans la section transversale observée.

[0014] Si on désigne par C la capacité thermique de l'acier (en J/kg/K), par ρ la masse volumique de l'acier (en kg/m³), et par V le volume de rail considéré (en m³),

l'énergie thermique présente dans le rail en sortie de la zone de conditionnement thermique est, par définition :

$$E_0 = \iiint_V C \cdot T_0 \cdot \rho \cdot dv = C \cdot \rho \cdot \iiint_V T_0 \cdot dv$$

[0015] On peut définir une température moyenne du rail $T_{0\text{ moy}}$ telle que :

$$5 \quad T_{0\text{ moy}} = \frac{1}{V} \iiint_V T_0 \cdot dv$$

[0016] Il s'en déduit :

$$E_0 = C \cdot \rho \cdot V \cdot T_{0\text{ moy}}$$

[0017] Si l'on désigne par $T_1 = T_{1\text{ moy}}$ la température uniforme du rail obtenue après homogénéisation, et par E_1 l'énergie thermique du rail après uniformisation, on obtient :

$$E_1 = C \cdot \rho \cdot V \cdot T_{1\text{ moy}}$$

[0018] Or si l'on observe que la constante de temps d'homogénéisation de la température (2 à 3 minutes) est très petite devant la constante de temps de refroidissement du rail dans son ensemble (100 à 200 minutes), on peut considérer que la transformation correspondant à l'homogénéisation est adiabatique, de sorte qu'il y a conservation de l'énergie thermique. Dès lors :

$$E_0 = E_1$$

[0019] On a donc, après simplification :

$$T_{0\text{ moy}} = T_{1\text{ moy}}$$

[0020] On a ainsi établi que la température moyenne en sortie de la zone de conditionnement est égale à la température d'homogénéisation du rail.

[0021] Si on désigne par S la surface de la section de rail, par E le module de Young, et par α est le coefficient d'élongation du rail, on peut exprimer la contrainte moyenne dans la section du rail de la manière suivante :

$$\sigma = \frac{1}{S} \cdot \iint_S \sigma(s) \cdot ds = \frac{1}{S} \cdot \iint_S E \cdot \alpha \cdot \Delta T(s) \cdot ds = E \cdot \alpha \cdot \left[\frac{1}{S} \cdot \iint_S \Delta T(s) \cdot ds \right]$$

5

[0022] On peut définir une variation de la température moyenne ΔT_{moy} dans la section de rail, qui est égale à la moyenne des variations locales de température dans la section de rail de sorte que :

$$\Delta T_{moy} = \frac{1}{S} \cdot \iint_S \Delta T(s) \cdot ds$$

10

[0023] On écrit alors la contrainte moyenne en fonction de la variation moyenne de température :

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta T_{moy}$$

[0024] Par ailleurs, la loi de Hooke sur l'élasticité permet de relier la contrainte moyenne à l'allongement relatif (en négligeant les variations de la section) :

15

$$\sigma = E \cdot \frac{\Delta L}{L_0}$$

[0025] On en déduit la relation de proportionnalité entre l'allongement relatif et la variation de la température moyenne de la section :

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \cdot \Delta T_{moy}$$

[0026] En d'autres termes, l'allongement d'une section du rail est proportionnel à la température moyenne constatée dans la section du rail, mais indépendant de la distribution des températures dans la section du rail.

20

[0027] En pratique, la machine ferroviaire se déplace dans la direction de travail à une vitesse constante, que l'on peut qualifier de nominale, pour des conditions de

travail données (géométrie de la voie, nature des travaux à effectuer). A titre indicatif, cette vitesse est habituellement dans une fourchette de 100 à 1200 m/heure.

[0028] De préférence, on immobilise la portion du rail sur la traverse moins de 50 secondes, de préférence moins de 30 secondes après que la portion du rail a quitté la zone de conditionnement thermique. On a intérêt à ce que le temps qui s'écoule entre
5 la sortie de la zone de conditionnement thermique et la fixation du rail sur la traverse soit minimal, pour limiter les échanges thermiques convectifs avec le milieu ambiant.

[0029] Dans certaines conditions, la distribution de température à la sortie de la zone de conditionnement thermique peut être très inhomogène, et rester très
10 inhomogène au moment de l'immobilisation du rail. Par exemple, on peut constater qu'il existe au moment de l'immobilisation de la portion du rail une différence de plus de 50°C entre au moins un point de la surface de la portion de rail et au moins un point de l'âme de la portion de rail.

[0030] Suivant un mode de réalisation, que la modification de la température d'une
15 région superficielle de la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique est telle que la température moyenne de la portion de rail à la sortie de la zone de conditionnement thermique est égale à +/- 5°C près, et de préférence à +/-3°C près, et de préférence à +/-2°C près, et de préférence à +/-1°C près, et en préférence exacte, à une température de consigne prédéterminée du lieu de pose.

[0031] Par température moyenne, on entend ici l'intégrale volumique des
20 températures élémentaires dans la portion du rail :

$$T_{moy} = \frac{1}{V} \iiint_V T(v). dv$$

[0032] Le passage dans la zone de conditionnement thermique s'accompagne d'un
25 transfert de chaleur égal à la quantité de chaleur nécessaire pour amener le tronçon de rail à une température moyenne égale à +/- 5°C près, et de préférence à +/-3°C près, et de préférence à +/-2°C près, et de manière particulièrement préférée à +/-1°C près, et de préférence exacte, à une température de consigne prédéterminée du lieu d'immobilisation, à la sortie de la zone de conditionnement thermique.

[0033] Dans la mesure où la transition entre la sortie de la zone de conditionnement thermique et la zone d'immobilisation est de courte durée, on peut considérer que les échanges thermiques entre le rail et l'environnement sont faibles. Dès lors, la modification de la température d'une région superficielle de la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique se traduit par un transfert d'une quantité de chaleur égale à la quantité de chaleur nécessaire pour amener le tronçon de rail, dans des conditions adiabatiques, à une température d'homogénéisation égale à une température comprise dans intervalle de tolérance prédéterminé, de préférence de +/-5°C, de préférence de +/-3°C, de préférence de +/-2°C, de préférence de +/-1°C autour de, et de préférence exacte à, une température de consigne prédéterminée.

[0034] En d'autres termes, la zone de conditionnement thermique est le lieu d'un transfert d'énergie thermique qui peut être positif ou négatif, et dont la valeur ΔE est égale à la différence entre l'énergie thermique E_A du rail avant l'entrée dans la zone de conditionnement thermique et l'énergie thermique E_N du rail dans un état idéal à une température homogène égale à la température neutre T_N (ou à la différence entre l'énergie thermique E_A du rail avant l'entrée dans la zone de conditionnement thermique et l'énergie thermique E_C du rail dans un état cible à une température homogène égale à une température cible T_C égale à la température neutre T_N à +/- 5°C près, et de préférence à +/-3°C près, et de préférence à +/-2°C près, et de manière particulièrement préférée à +/-1°C près, et de préférence exacte). En faisant l'hypothèse que le rail se trouve en équilibre thermique avec son environnement avant l'entrée dans la zone de conditionnement thermique, donc à une température homogène égale à la température ambiante T_A , on peut écrire :

$$\left\{ \begin{array}{l} E_N = C \cdot \rho \cdot V \cdot T_N \\ E_A = C \cdot \rho \cdot V \cdot T_A \\ \Delta E = E_N - E_A = C \cdot \rho \cdot V \cdot (T_N - T_A) \end{array} \right.$$

[0035] De préférence, le dispositif d'échange thermique est commandé en fonction d'une ou plusieurs variables de commande, incluant une ou plusieurs des variables mesurées ou estimées suivantes : une température de la portion du rail à l'entrée dans

la zone de conditionnement thermique, une température de la portion du rail à la sortie de la zone de conditionnement thermique, une température de la portion du rail dans la zone de conditionnement thermique, une température de la portion du rail au niveau de la zone d'immobilisation, une température de la portion rail après la zone
 5 d'immobilisation, une température ambiante extérieure, une vitesse de déplacement de la machine ferroviaire, une vitesse de déplacement du rail par rapport au dispositif de conditionnement thermique, une durée de passage dans la zone de conditionnement thermique, un écart entre une température de consigne et une température mesurée de la portion du rail avant conditionnement thermique, un écart entre une température
 10 de consigne et une température mesurée de la portion du rail après conditionnement thermique, un écart entre une température de consigne et une température mesurée de la portion du rail durant l'apport de la chaleur, un écart entre une température de consigne et une température de la portion du rail au niveau de la zone d'immobilisation, un écart entre une température de consigne et une température de
 15 la portion rail après la zone d'immobilisation, une humidité ambiante, ou une vitesse de vent.

[0036] Suivant un mode de réalisation, l'on mesure une ou plusieurs des températures suivantes :

- 20 - au moins une température de la portion du rail après l'apport de chaleur à l'aide d'au moins un thermomètre (par exemple un pyromètre ou un thermocouple) disposé au niveau d'une zone de sortie de la zone de conditionnement thermique ou derrière la zone de conditionnement thermique dans la direction de travail ;
- 25 - au moins une température de la portion du rail avant l'apport de chaleur à l'aide d'au moins un thermomètre (par exemple un pyromètre ou un thermocouple) disposé au niveau d'une zone d'entrée de la zone de conditionnement thermique ou devant la zone de conditionnement thermique dans la direction de travail ;
- 30 - au moins une température de la portion du rail durant l'apport de chaleur à l'aide d'au moins un thermomètre (par exemple un pyromètre

ou un thermocouple) disposé à l'intérieur de la zone de conditionnement thermique ;

- au moins une température de la portion du rail après l'immobilisation, à l'aide d'au moins un thermomètre (par exemple un pyromètre ou un thermocouple) disposé au niveau de la zone d'immobilisation ou après la zone d'immobilisation dans la direction de travail.

5

[0037] Suivant un mode de réalisation, la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique est soulevée par rapport à la voie ferrée. On peut prévoir le cas échéant que la machine ferroviaire comprenne un dispositif de positionnement de la portion de rail sur la voie, situé entre le dispositif de conditionnement thermique et la zone d'immobilisation de la portion de rail sur une traverse de la voie. Dans cette hypothèse, le dispositif de positionnement doit de préférence être compact, pour que la zone de positionnement correspondante soit courte.

10

[0038] Alternativement, le positionnement de la portion de rail sur la voie peut être fait dans la zone de conditionnement thermique.

15

[0039] Suivant un autre mode de réalisation alternatif, la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique repose sur une traverse de la voie ferrée. L'immobilisation de la portion du rail sur la traverse est l'opération qui succède immédiatement à la traversée de la zone de conditionnement thermique par la même portion du rail.

20

[0040] De préférence, on modifie la température d'une région superficielle de la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique, par échange thermique avec une source de chaleur, chaude ou froide, notamment par rayonnement thermique, conduction thermique et/ou convection, ou par courant électrique alternatif induit ou généré dans la portion de rail.

25

[0041] Suivant un autre aspect de l'invention, celle-ci a trait à une machine ferroviaire comportant :

- au moins un dispositif de conditionnement thermique comportant au moins une zone de conditionnement thermique ;
 - des moyens de traction pour déplacer la machine ferroviaire dans une direction de travail à une vitesse de fonctionnement prédéterminée, de manière qu'à chaque instant une portion du rail, non fixée à une traverse, traverse la zone de conditionnement thermique ; le dispositif de conditionnement thermique étant apte à modifier une température d'une région superficielle de la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique à l'aide du dispositif de conditionnement thermique, en générant une distribution de température non homogène dans la portion de rail ;
 - une zone d'immobilisation de la portion du rail sur une traverse de la voie ferrée, située derrière la zone de conditionnement thermique dans la direction de travail, la zone d'immobilisation étant positionnée de manière qu'à la vitesse de fonctionnement prédéterminée, la distance entre la zone d'immobilisation et la zone de conditionnement thermique est parcourue en moins de 170 secondes, de préférence moins de 120 secondes, de préférence moins de 60 secondes, de préférence moins de 50 secondes, de préférence moins de 30 secondes..
- 20 **[0042]** De préférence, le dispositif de conditionnement thermique est apte à apporter à la portion de rail traversant la zone de conditionnement thermique et/ou apte à extraire de la portion de rail traversant la zone de conditionnement thermique, une quantité de chaleur supérieure suffisante pour augmenter et/ou diminuer d'au moins 5°C la température moyenne de la portion de rail, pour un rail UIC60, lorsque la
- 25 machine ferroviaire avance dans la direction de travail à la vitesse de fonctionnement prédéterminée.
- [0043]** Suivant un mode de réalisation, la machine ferroviaire comporte des moyens de modification de la température d'une région superficielle de la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique, par courant électrique alternatif
- 30 induit ou conduit dans la portion de rail, ou par échange thermique avec une source de

chaleur, chaude ou froide, notamment par rayonnement thermique, conduction thermique et/ou convection.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0044] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront à la
5 lecture de la description qui suit, en référence aux figures annexées, qui illustrent :

- la figure 1, une vue schématique d'un chantier de pose d'un rail de voie de chemin de fer, selon le procédé de l'invention ;
- la figure 2, une vue schématique de détail du chantier de la figure 1, illustrant le conditionnement thermique et la fixation d'une portion de
10 rail suivant le procédé de l'invention ;

[0045] Pour plus de clarté, les éléments identiques ou similaires sont repérés par des signes de référence identiques sur l'ensemble des figures.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE MODES DE RÉALISATION

[0046] Sur la figure **1** est illustrée une vue globale d'un chantier de renouvellement
15 d'une voie de chemin de fer **2**, chantier sur lequel on procède, au moyen d'un train de renouvellement **4** (représenté partiellement), à la dépose d'anciens rails **6** (secteur avant) et d'anciennes traverses **8** et à leur remplacement par de nouvelles traverses **10** et de nouveaux rails **12**, le tout en continu au fur et à mesure de l'avancée du train de renouvellement **4** à vitesse constante dans une direction de travail **100**. Le train de
20 renouvellement **4** comporte des wagons **16** reposant sur des bogies **18, 20** qui roulent sur les anciens rails **6** en partie avant du train de renouvellement **4** et sur les nouveaux rails **12** en partie arrière du train de renouvellement **4**. Une partie médiane du train de renouvellement **4** repose quant à elle sur des chenilles **22** qui, en l'absence de rails sur la voie **2** dans cette partie du chantier, roulent directement sur le ballast **24** et les
25 anciennes traverses **8** avant leur dépose.

[0047] Sur un tronçon avant du chantier, des outils permettent de désolidariser les anciens rails **6** des traverses **8**. Au fur et à mesure de leur démontage, les anciens rails **6** sont soulevés et reposés sur le ballast **24** sur les côtés de la voie. Sur le tronçon suivant du chantier, les anciennes traverses **8** sont à nu, ce qui permet de procéder à

leur dépose à l'aide d'un groupe d'outils de dépose et leur remplacement par les nouvelles traverses **10** à l'aide d'un groupe d'outils de pose. Les nouveaux rails **12**, qui, avant le passage du train de renouvellement **4**, ont été disposés au sol de part et d'autre de la voie **2**, sur des galets pour permettre une dilatation thermique du rail libre de

5 contrainte vers l'avant du train, sont soulevés et positionnés en respectant la géométrie souhaitée de la voie **2**, avant d'être posés sur les nouvelles traverses **10**. L'immobilisation des nouveaux rails **12** est effectuée par le poids de la machine ferroviaire au niveau de la zone d'immobilisation **26**, appelée également zone d'ancrage, située au niveau d'un bogie **20**, en partie arrière du train de renouvellement

10 **4**. De façon connue, la fixation proprement dite des nouveaux rails **12** est effectuée en aval, à l'aide d'attaches.

[0048] Afin d'éviter ou de limiter le risque de détérioration de la voie sous l'effet des variations des conditions climatiques ou météorologiques, il est prévu de procéder à l'immobilisation des rails nouveaux ou rénovés **12** sur les traverses en portant ces

15 profilés métalliques à une température de consigne, dite « neutre ».

[0049] Dans ce but, le tronçon de rail nouveau ou rénové à poser **12** est porté à une température de consigne dans une zone de conditionnement thermique **30** d'un dispositif de conditionnement thermique **32**, la zone de conditionnement thermique **30** étant située en avant et à proximité de la zone d'immobilisation **26** du rail sur une

20 ou plusieurs traverses **10**, voire directement contiguë à la zone d'immobilisation **26**. Le cas échéant, la zone d'immobilisation **26** proprement dite peut être précédée d'une zone de positionnement du rail, qui peut être située entre la zone de conditionnement thermique **30** et la zone d'immobilisation **26** (dans l'hypothèse où le rail est soulevé dans la zone de conditionnement thermique) ou en amont de la zone de

25 conditionnement thermique (dans l'hypothèse où le rail repose déjà sur les nouvelles traverses **10** dans la zone de conditionnement thermique **30**). Alternativement, la zone de positionnement du rail coïncide avec la zone d'immobilisation **26** ou la zone de conditionnement thermique **30**.

[0050] Lorsque l'intervention sur le chantier a lieu à un moment où la température

30 ambiante est inférieure à la température consignée dite « neutre », le conditionnement thermique comporte un chauffage du rail, le dispositif de conditionnement thermique

30 est aménagé en dispositif de chauffage, la zone de conditionnement thermique **30** étant alors une zone de chauffage. Ce chauffage peut être réalisé les moyens habituellement utilisés, qui ont en commun de ne pas générer une répartition homogène de la température dans le rail, mais au contraire d'engendrer une différence
5 de température significative entre certaines zones chauffées à la surface du rail ou à proximité de la surface du rail d'une part, et des zones moins chauffées situées au cœur du rail. Le chauffage peut notamment être réalisé par induction électrique dans le rail, par aspersion d'eau chaude, par rayonnement infrarouge, ou par exposition à un fluide caloporteur (eau, air, vapeur, gaz de combustion, flamme).

10 **[0051]** À l'inverse, lorsque la température ambiante est supérieure à la température consignée dite « neutre », le conditionnement thermique comporte un refroidissement du rail, le dispositif de conditionnement thermique **30** est aménagé en dispositif de refroidissement, la zone de conditionnement thermique **30** étant alors une zone de refroidissement. Ce refroidissement peut notamment être effectué par
15 exposition à un fluide caloporteur.

[0052] De manière remarquable, la zone d'immobilisation **26** est positionnée par rapport au dispositif de conditionnement thermique **32** de manière telle que lorsque le train de renouvellement **4** avance dans la direction de travail **100** à la vitesse de fonctionnement nominale, la portion du rail ayant quitté le dispositif de
20 conditionnement thermique **32** avec une distribution de température non homogène atteint sa position d'immobilisation sur la traverse dans la zone d'immobilisation **26** avant que soit intervenue une homogénéisation de la distribution de la température dans une section transversale de la portion de rail.

[0053] A titre d'exemple, la zone d'immobilisation **26** se trouve à moins de cinq
25 mètres de la zone de conditionnement thermique **30**, pour un train de renouvellement circulant à une vitesse nominale de 500 m/heure, de sorte qu'une portion du rail atteint la zone d'immobilisation **26** moins de 36 secondes après avoir quitté la zone de conditionnement thermique **30**.

[0054] En pratique, on a intérêt à réduire au maximum la distance entre la sortie
30 de la zone de conditionnement thermique **30** et la zone d'immobilisation **26**, afin de

simplifier le redémarrage du train de renouvellement **4** après une période d'arrêt, en réduisant la portion de rail dont la température n'est plus dans l'intervalle de tolérance autorisant son ancrage, et située entre la zone de conditionnement thermique **30** et la zone d'immobilisation **26**. On prévoit donc en particulier que la sortie de la zone de conditionnement thermique **30** puisse coïncider spatialement avec la zone d'immobilisation **26**.

[0055] Des thermomètres **34** sont positionnés à l'entrée de la zone de conditionnement thermique **30**, à l'intérieur de la zone de conditionnement thermique **30**, à la sortie de la zone de conditionnement thermique **30**, et le cas échéant directement à proximité de la zone d'immobilisation **26**. Ces thermomètres **34** sont reliés à une unité de commande **36**, qui reçoit des signaux d'autres capteurs **38** tels que, par exemple : un capteur de vitesse du train de renouvellement **4**, un capteur de vitesse du rail à traiter, un capteur de température ambiante, un capteur de pression atmosphérique, et/ou un capteur d'humidité ambiante. L'unité de commande **36** est ainsi apte à mesurer, estimer ou calculer un ou plusieurs des paramètres suivants : une température moyenne de la portion du rail à traiter avant le conditionnement thermique, une température moyenne de la portion du rail après le conditionnement thermique, une température de la portion du rail durant le conditionnement thermique, une température de la portion du rail après son ancrage, une température ambiante extérieure, une vitesse de déplacement du train de renouvellement **4**, une vitesse de déplacement du rail par rapport au dispositif de conditionnement thermique, une quantité de chaleur transmise à la portion du rail par le dispositif de conditionnement thermique.

[0056] Par ailleurs, l'unité de commande **36** contient en mémoire une température de consigne qui peut avoir été saisie ou programmée, et est représentative de la température neutre recherchée dans la zone d'immobilisation **26**, ce qui permet le cas échéant une détermination d'un écart entre la température de consigne et une température moyenne de la portion du rail à traiter avant conditionnement thermique, d'un écart entre la température de consigne et une température moyenne de la portion du rail après conditionnement thermique, ou d'un écart entre la température de consigne et une température moyenne de la portion du rail durant le conditionnement

thermique. De façon connue, l'unité de commande **36** est apte à moduler la puissance du dispositif de conditionnement thermique.

[0057] Lorsque le train de renouvellement **4** avance dans une direction de travail **100**, le rail à traiter **12** se déplace, par rapport au dispositif de conditionnement thermique **30**, dans la direction opposée, et est guidé de sorte qu'à chaque instant une portion soulevée du rail à traiter **12** traverse la zone de conditionnement thermique **30**. Le cas échéant, le positionnement du dispositif de conditionnement thermique est ajusté grâce à des actionneurs ou à un mécanisme de positionnement.

[0058] On fait ainsi en sorte qu'à chaque instant, et en fonction de l'avancement du train de renouvellement **4**, une portion du rail à traiter **12** traverse la zone de conditionnement thermique **30** où, suivant les conditions externes, elle est chauffée ou refroidie par le dispositif de conditionnement thermique **32**, de manière à ce que la température moyenne dans la portion du rail en sortie de la zone de conditionnement thermique soit égale à la température de consigne. L'unité de commande **36** détermine par un algorithme de calcul, en fonction de tout ou partie des paramètres discutés précédemment, l'énergie thermique qui doit être transférée au rail à traiter **12** ou qui doit en être extraite pour obtenir cette température moyenne.

[0059] Dès la sortie de la zone de conditionnement thermique **30**, et bien que sa température soit très inhomogène, la portion du rail **12** a atteint l'allongement correspondant à l'allongement d'un rail à une température homogène égale à la température de consigne. La portion du rail traitée **12** pénètre immédiatement ou quasiment immédiatement dans la zone d'immobilisation **26**, où l'on procède à son immobilisation sur une traverse **10** de la voie ferrée, moins de 50 secondes, et de préférence moins de 30 secondes après la sortie de la zone de conditionnement thermique **30**. Dans ce court laps de temps, les pertes par échange convectif avec l'air ambiant sont négligeables.

[0060] Naturellement, les exemples représentés sur les figures et discutés ci-dessus ne sont donnés qu'à titre illustratif et non limitatif.

[0061] Le mode de conditionnement thermique des rails qui a été décrit pour une rénovation de voie ferrée avec remplacement des rails, vaut également pour une rénovation de la voie avec remplacement des rails anciens, ou pour une première pose, ou encore pour un traitement thermique d'entretien.

- 5 **[0062]** Ce qui a été décrit pour un train de renouvellement est transposable à une machine ferroviaire autonome ou un train de pose.

REVENDEICATIONS

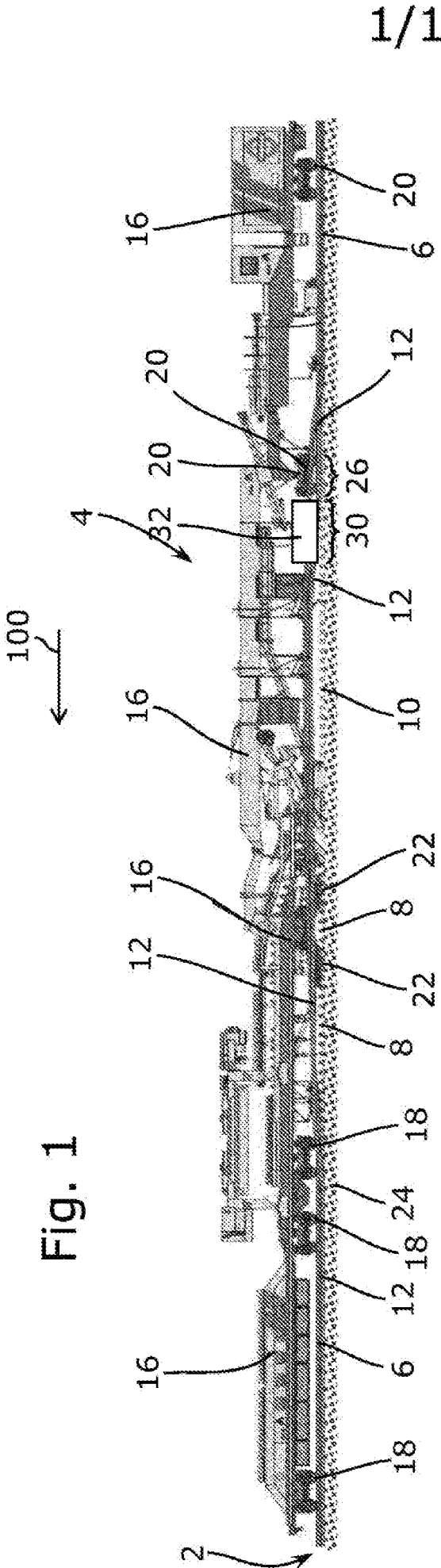
1. Procédé d'immobilisation d'un rail (12) d'une voie ferrée (2) à l'aide d'une machine ferroviaire (4), suivant lequel :
 - 5 - on déplace la machine ferroviaire(4) dans une direction de travail (100), de manière qu'à chaque instant une portion du rail (12), non fixée à une traverse (8, 10) de la voie ferrée (2), traverse une zone de conditionnement thermique (30) d'un dispositif de conditionnement thermique (32) de la machine ferroviaire (4) ;
 - 10 - on modifie une température d'une région superficielle de la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique (30) à l'aide du dispositif de conditionnement thermique (32), en générant une distribution de température non homogène dans la portion de rail ;caractérisé en ce que l'on immobilise la portion du rail (12) sur une traverse (10)
15 de la voie ferrée, après modification de la température de la région superficielle de la portion du rail, mais sans attendre que la distribution de la température dans la portion du rail soit homogénéisée.
2. Procédé d'immobilisation selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on
20 immobilise la portion du rail (12) sur la traverse (10) moins de 50 secondes, de préférence moins de 30 secondes après que la portion du rail (12) a quitté la zone de conditionnement thermique (30).
3. Procédé d'immobilisation selon l'une quelconque des revendications
25 précédentes, caractérisé en ce que la modification de la température d'une région superficielle de la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique (30) est telle que la température moyenne de la portion de rail à la sortie de la zone de conditionnement thermique (30) est égale à +/- 5°C près, et de préférence à +/-3°C près, et de préférence à +/-2°C près, et de préférence à +/-
30 1°C près, et en préférence exacte, à une température de consigne prédéterminée du lieu de pose.

4. Procédé d'immobilisation selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la modification de la température d'une région superficielle de la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique (30) se traduit par un transfert d'une quantité de chaleur égale à la
- 5 quantité de chaleur nécessaire pour amener le tronçon de rail, dans des conditions adiabatiques, à une température d'homogénéisation égale à une température comprise dans intervalle de tolérance prédéterminé, de préférence de +/-5°C, de préférence de +/-3°C, de préférence de +/-2°C, de préférence de +/-1°C autour de, et de préférence exacte à, une température de consigne
- 10 prédéterminée.
5. Procédé d'immobilisation selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la portion du rail (12) traversant la zone de conditionnement thermique (30) est soulevée par rapport à la voie ferrée (2).
- 15
6. Procédé d'immobilisation selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la portion du rail (12) traversant la zone de conditionnement thermique (30) repose sur une traverse (8, 10) de la voie ferrée (2).
- 20
7. Procédé d'immobilisation selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on modifie la température d'une région superficielle de la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique (30), par échange thermique avec une source de chaleur, chaude ou
- 25 froide, notamment par rayonnement thermique, conduction thermique et/ou convection, ou par courant électrique alternatif induit ou généré dans la portion de rail.
8. Machine ferroviaire (4) comportant :
- 30 - au moins un dispositif de conditionnement thermique (32) comportant au moins une zone de conditionnement thermique (30) ;

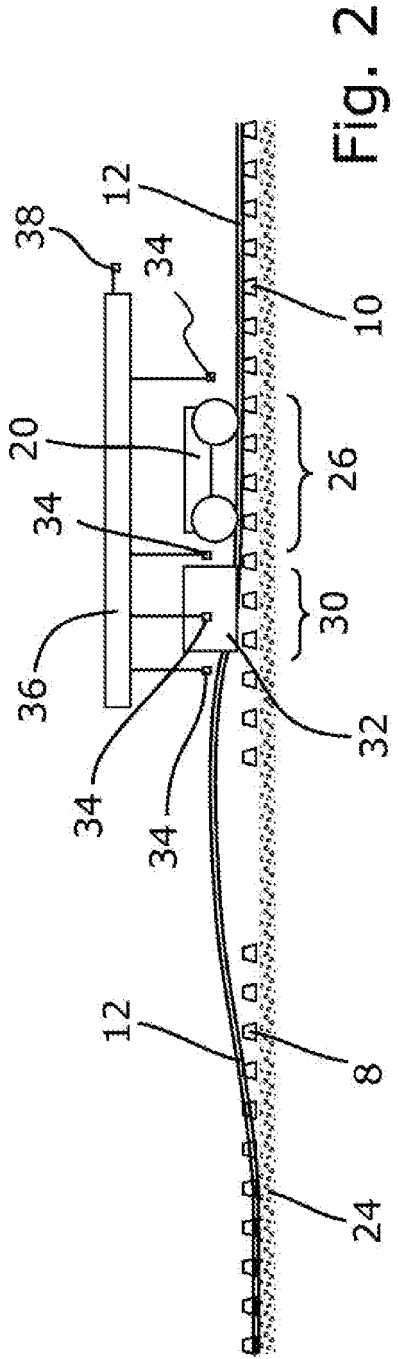
- 5 - des moyens de traction pour déplacer la machine ferroviaire (4) dans une direction de travail (100) à une vitesse de fonctionnement prédéterminée, de manière qu'à chaque instant une portion du rail (12), non fixée à une traverse (8, 10), traverse la zone de conditionnement thermique (30) ; le dispositif de conditionnement thermique (32) étant apte à modifier une température d'une région superficielle de la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique (30) à l'aide du dispositif de conditionnement thermique (32), en générant une distribution de température non homogène dans la portion de rail ;
 - 10 - une zone d'immobilisation (26) de la portion du rail (12) sur une traverse (10) de la voie ferrée, située derrière la zone de conditionnement thermique (30) dans la direction de travail, caractérisée en ce que la zone d'immobilisation (26) est positionnée de manière qu'à la vitesse de fonctionnement prédéterminée, la distance entre la zone d'immobilisation et la zone de conditionnement thermique (30) est parcourue en

15 moins de 170 secondes, de préférence moins de 120 secondes, de préférence moins de 60 secondes, de préférence moins de 50 secondes, de préférence moins de 30 secondes.
- 20 9. Machine ferroviaire (4) selon la revendication 8, , caractérisée en ce que le dispositif de conditionnement thermique est apte à apporter à la portion de rail traversant la zone de conditionnement thermique et/ou apte à extraire de la portion de rail traversant la zone de conditionnement thermique, une quantité de chaleur supérieure suffisante pour augmenter et/ou diminuer d'au moins 5°C la
- 25 température moyenne de la portion de rail, pour un rail UIC60, lorsque la machine ferroviaire avance dans la direction de travail à la vitesse de fonctionnement prédéterminée.
- 30 10. Machine ferroviaire (4) selon l'une quelconque des revendications 8 à 9, caractérisée en ce que la machine ferroviaire comporte des moyens de modification de la température d'une région superficielle de la portion du rail traversant la zone de conditionnement thermique (30), par courant électrique

alternatif induit ou conduit dans la portion de rail, ou par échange thermique avec une source de chaleur, chaude ou froide, notamment par rayonnement thermique, conduction thermique et/ou convection.



1/1



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 858998
FR 1859128

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 A	EP 0 467 833 A1 (SCHEUCHZER FILS AUGUSTE [CH]) 22 janvier 1992 (1992-01-22) * abrégé; revendications 1-9; figures 1-6 *	8-10 1-7	E01B29/17 E01B31/18 E01B29/44
X,D A	WO 2017/017600 A1 (MATISA MATERIEL IND SA [CH]) 2 février 2017 (2017-02-02) * abrégé; revendications 1-17 *	8-10 1-7	
A	FR 2 904 335 A1 (TSO SA [FR]; SCHEUCHZER SA [CH]) 1 février 2008 (2008-02-01) * abrégé; revendications 1-14; figure 1 *	1-10	
A	EP 2 037 720 A2 (INDUCTOTHERM CORP [US]) 18 mars 2009 (2009-03-18) * revendications 10,12; figures 2-6 *	1	
A	EP 0 765 942 A1 (SOGERAIL [FR]) 2 avril 1997 (1997-04-02) * abrégé; revendications 1-5; figures 1,2 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			E01B C21D B23K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
29 mai 2019		Fernandez, Eva	
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	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1859128 FA 858998**

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 **29-05-2019**
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
EP 0467833	A1	22-01-1992	AT 103025 T	15-04-1994
			AT 127558 T	15-09-1995
			CA 2046941 A1	14-01-1992
			DE 69101412 D1	21-04-1994
			DE 69101412 T2	13-10-1994
			DE 69112730 D1	12-10-1995
			DE 69112730 T2	18-04-1996
			DK 0466652 T3	22-01-1996
			DK 0467833 T3	01-08-1994
			EP 0466652 A1	15-01-1992
			EP 0467833 A1	22-01-1992
			ES 2051104 T3	01-06-1994
			JP H04254601 A	09-09-1992
			US 5237143 A	17-08-1993

WO 2017017600	A1	02-02-2017	AU 2016298814 A1	22-02-2018
			CA 2989746 A1	02-02-2017
			CN 107849828 A	27-03-2018
			EP 3329049 A1	06-06-2018
			FR 3020073 A1	23-10-2015
			RU 2676964 C1	11-01-2019
			US 2018216299 A1	02-08-2018
			WO 2017017600 A1	02-02-2017

FR 2904335	A1	01-02-2008	AUCUN	

EP 2037720	A2	18-03-2009	AU 2008209668 A1	26-03-2009
			CN 101394690 A	25-03-2009
			EP 2037720 A2	18-03-2009
			JP 5247319 B2	24-07-2013
			JP 2009084691 A	23-04-2009
			KR 20090027575 A	17-03-2009
			KR 20160062753 A	02-06-2016
			US 2009065501 A1	12-03-2009
			US 2015257206 A1	10-09-2015

EP 0765942	A1	02-04-1997	AT 192505 T	15-05-2000
			AU 708988 B2	19-08-1999
			BR 9603804 A	02-06-1998
			CA 2185191 A1	21-03-1997
			CN 1154413 A	16-07-1997
			CZ 292245 B6	13-08-2003
			DE 69608056 D1	08-06-2000
			DE 69608056 T2	11-01-2001
			EP 0765942 A1	02-04-1997
			ES 2146849 T3	16-08-2000

EPO FORM P0465

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

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1859128 FA 858998**

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 **29-05-2019**

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 2738843 A1	21-03-1997
		PL 316127 A1	01-04-1997
		RO 119151 B1	30-04-2004
		RU 2162486 C2	27-01-2001
		TR 199600732 A2	22-04-1997
		UA 41983 C2	15-10-2001
		US 5714020 A	03-02-1998
		ZA 9607908 B	07-04-1997
