

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 079 913

②1 N° d'enregistrement national :

18 53072

⑤1 Int Cl⁸ : **F 22 B 37/44** (2018.01)

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 09.04.18.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 11.10.19 Bulletin 19/41.

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 :

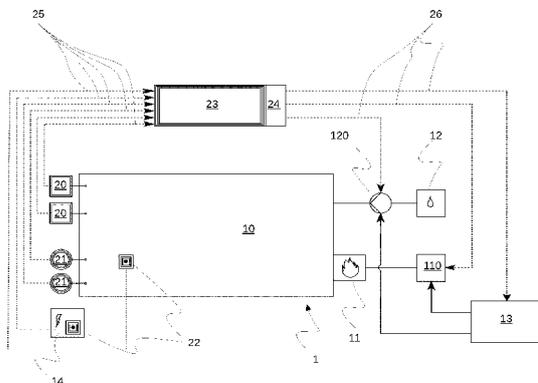
⑦1 Demandeur(s) : *EURL BACM Entreprise uniperson-
nelle à responsabilité limitée — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : PATET FABRICE.

⑦3 Titulaire(s) : EURL BACM Entreprise unipersonnelle à
responsabilité limitée.

⑦4 Mandataire(s) : IPSIDE.

⑤4 DISPOSITIF DE SECURITE POUR GENERATEUR VAPEUR.



FR 3 079 913 - A1



DISPOSITIF DE SÉCURITÉ POUR GÉNÉRATEUR VAPEUR

DOMAINE DE L'INVENTION

5

L'invention appartient au domaine des générateurs de vapeur.

Plus particulièrement, l'invention appartient au domaine de la gestion des risques inhérents à la mise en œuvre de chaudières.

Plus particulièrement, l'invention appartient au domaine de la sécurité
10 fonctionnelle des chaudières.

ETAT DE L'ART

15

Les pressions et températures mises en jeu tout au long du fonctionnement des générateurs vapeurs impliquent des risques pour le personnel destiné à utiliser de telles machines.

Afin de réduire ces risques, des Systèmes Instrumentés de Sécurité SIS
20 sont mis en place.

En particulier, des ensembles de sécurité sont mis en place concernant :

- le niveau et la qualité de l'eau dans le corps de chauffe du générateur vapeur ;
- la suppression de vapeur ;
- 25 - les arrêts d'urgence.

La gestion de ces ensembles de sécurité est centralisée dans une armoire électrique.

L'automate de combustion comprend également des moyens de gestion des sécurités relatives au brûleur et à la combustion.

Un niveau de réduction d'un risque pour une fonction de sécurité donnée peut être quantifié par le niveau d'intégrité de sécurité SIL (*Safety Integrity Level* en terminologie anglo-saxonne), qui s'étend sur une échelle de 1 à 4. La fiabilité du système instrumenté de sécurité croît avec le SIL. Le SIL tient compte de la probabilité d'apparition et des risques et de la gravité de leurs conséquences.

La figure 2 représente le tableau de correspondance entre le niveau d'intégrité de sécurité SIL et un facteur de réduction de risque RRF (*Risk Reduction Factor* en terminologie anglo-saxonne) égal à l'inverse de la probabilité moyenne de défaillance à la sollicitation PFD (*Probability of Failure on Demand* en terminologie anglo-saxonne).

Selon la norme CEI 61511, l'attribution d'un niveau SIL se fait à l'aide d'un graphe des risques, illustré sur la figure 3, en fonction de quatre paramètres :

- 15 - la gravité G d'un dommage lié à un risque ;
- la fréquence F et/ou durée d'exposition ;
- la probabilité d'apparition P_{ap} de l'évènement dangereux ;
- la probabilité d'évitement P_{ev} dudit évènement dangereux.

Chacun de ces paramètres est quantifié par une échelle discrète :

- 20 - G_1 : incident mineur ;
- G_2 : blessures graves conduisant à des invalidités ; décès d'une personne ;
- G_3 : décès de deux personnes ;
- G_4 : décès de plus de deux personnes ;
- 25 - F_1 : exposition rare au risque ;
- F_2 : exposition permanente au risque ;
- P_{ap1} : probabilité faible d'apparition ;
- P_{ap2} : probabilité moyenne d'apparition ;
- P_{ap3} : probabilité élevée d'apparition ;
- 30 - P_{ev1} : évènement évitable dans certaines conditions ;
- P_{ev2} : évènement inévitable.

L'évaluation des quatre paramètres G , F , P_{ap} et P_{ev} , permet d'identifier le type de risque et, par le biais du graphe des risques, le niveau de SIL requis.

Sur le graphe, la présence d'un tiret ou d'un « a » dans une case correspond à une absence de prescription de sécurité particulière. La lettre « b » correspond à une situation dans laquelle l'utilisation de systèmes instrumentés est insuffisante pour assurer la sécurité des opérateurs.

- 5 Le niveau d'intégrité de sécurité SIL d'un système dépend du niveau d'intégrité de sécurité des sous-systèmes le constituant.

Classiquement, un Système Instrumenté de Sécurité comporte un sous-système capteur (interface d'entrée), un sous-système logique et un sous-système actionneur (interface de sortie). Les dispositifs composant les sous-systèmes
10 peuvent être disposés en série ou en parallèle.

Afin de vérifier le bon état de fonctionnement des Systèmes Instrumentés de Sécurité, la mise en place de tests périodiques attestant de ce bon état de fonctionnement est nécessaire. La fréquence de ces tests dépend du niveau SIL associé au SIS.

- 15 La figure 4 représente l'évolution de la probabilité de défaillance à la sollicitation PFD en fonction du temps pour deux capteurs A et B associés à un niveau SIL 2.

Le capteur A, représenté par une courbe en trait plein, peut être considéré comme ayant un niveau SIL 2 pendant une unité de temps, par exemple une
20 année. Au-delà, la probabilité moyenne de défaillance PFD est trop élevée. Il convient donc de s'assurer au bout d'une année que le capteur A fonctionne correctement. Après vérification, le capteur A peut être réutilisé pendant un an sans vérification.

Le capteur B, représenté par une courbe en traits interrompus, peut être
25 considéré comme ayant un niveau SIL 2 pendant cinq unités de temps, par exemple cinq ans. L'état de fonctionnement du capteur B n'est donc vérifié que tous les cinq ans.

Les chaudières actuellement mises en œuvre actuellement ont un niveau de sécurité SIL 2. Un tel niveau de sécurité oblige à des test périodiques
30 nombreux afin de vérifier le bon état de fonctionnement des systèmes de sécurité. La réalisation de ces tests implique l'indisponibilité de la chaudière objet des tests.

Actuellement, les éléments mis en œuvre pour assurer les fonctions de sécurité obligent à des tests réguliers, à des périodes de l'ordre de un à six mois suivant les éléments considérés.

5

EXPOSE DE L'INVENTION

L'invention propose un système de sécurité d'un générateur vapeur
10 permettant d'obtenir un niveau d'intégrité de sécurité SIL égal à 3. Un tel niveau d'intégrité de sécurité permet d'espacer davantage les tests de vérification de bon fonctionnement des systèmes de sécurité. En particulier, grâce au dispositif selon l'invention, les essais de sécurité ne sont à réaliser qu'une fois par an.

Le dispositif de sécurité selon l'invention est destiné à être mis en œuvre
15 sur un générateur de vapeur, et comporte :

- au moins deux pressostats d'excès de pression vapeur ;
- au moins deux sondes de niveau d'eau présentant chacune un niveau d'intégrité de sécurité SIL au moins égal à 3 ;
- au moins deux arrêts d'urgence présentant chacun un niveau
20 d'intégrité de sécurité SIL au moins égal à 3 ;

ledit dispositif de sécurité étant caractérisé en ce qu'il comporte en outre :

- un automate de sécurité relié à l'au moins deux pressostats, à l'au moins deux sondes et à l'au moins deux arrêts d'urgence;
- un ensemble de relayage raccordé aux sorties dudit automate de
25 sécurité et apte à agir sur un automate de combustion, une pompe alimentaire et un automate de régulation dudit générateur de vapeur pour arrêter ce dernier en cas d'urgence ;

et en ce que :

- les au moins deux pressostats présentent chacun un niveau
30 d'intégrité de sécurité SIL au moins égal à 2 ;
- les pressostats, les sondes et les arrêts d'urgence sont indépendants les uns des autres dans leur fonctionnement.

L'invention concerne également un générateur de vapeur comportant un automate de combustion, une pompe alimentaire, un automate de régulation et un dispositif de sécurité selon l'invention.

- 5 Dans une forme de réalisation, le générateur de vapeur comporte :
- un corps de chauffe ;
 - un brûleur commandé par l'automate de combustion ;
 - une cuve d'eau alimentaire alimentant le corps de chauffe, la pompe alimentaire étant disposée entre ledit corps de chauffe et ladite cuve d'eau.

10

Dans une forme de réalisation, l'automate de régulation agit sur l'automate de combustion et sur la pompe alimentaire.

Dans une forme de réalisation, le générateur de vapeur est une chaudière.

15

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

- 20 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Celles-ci ne sont présentées qu'à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention.

25 La figure 1 représente un schéma simplifié d'une chaudière à vapeur équipée du dispositif de sécurité selon l'invention.

La figure 2 déjà citée représente un tableau de correspondance entre un niveau d'intégrité de sécurité SIL et une réduction de facteur de risque RRF.

La figure 3 déjà citée représente le graphe des risques pour la détermination du niveau d'intégrité de sécurité SIL.

- 30 La figure 4 déjà citée représente l'évolution de la probabilité de défaillance à la sollicitation PFD en fonction du temps pour deux capteurs.

DESCRIPTION DETAILLEE

L'invention concerne un dispositif de sécurité destiné à être mis en œuvre
5 sur une chaudière vapeur. L'homme du métier comprendra au long de la
description que l'invention n'est pas limitée aux seules chaudières mais peut être
mise en œuvre de manière plus générale sur tout type de générateur vapeur.

En référence à la figure 1, la chaudière vapeur 1 comporte :

- un corps de chauffe 10 ;
- 10 - un brûleur 11 commandé par un automate de combustion 110 ;
- une cuve 12 d'eau alimentaire alimentant le corps de chauffe 10 par
le biais d'une pompe alimentaire 120 ;
- un automate de régulation 13 agissant notamment sur l'automate de
combustion 110 du brûleur 11 et sur la pompe alimentaire 120.

15 Bien entendu, la figure 1 représente une chaudière vapeur 1 de manière
simplifiée, et la chaudière 1 comporte d'autres éléments non illustrés, par exemple
une alimentation en gaz naturel, un évent, une cheminée, sonde de conductivité,
vanne de régulation, etc.

Une chaleur produite par le brûleur 11 est transmise à l'eau alimentaire
20 contenue dans le corps de chauffe 10. Cet échange de chaleur est par exemple
réalisé par l'entremise d'une combustion d'un élément combustible, tel que du fuel
ou du gaz (non représenté).

Une partie de l'eau ainsi chauffée se transforme en vapeur qui peut par la
suite être exploitée. Le brûleur 11 est piloté par l'automate de combustion 110 qui
25 lui envoie une consigne de puissance permettant de gérer la quantité de vapeur
produite.

Les pressions et températures mises en jeu impliquent des risques pour le
personnel destiné à utiliser de telles chaudières.

30 En référence à la figure 1, un dispositif de sécurité selon l'invention est mis
en œuvre pour assurer une sécurité du personnel. Le dispositif selon l'invention
comporte :

- deux pressostats 20 d'excès de pression vapeur ;

- deux sondes 21 de niveau d'eau très bas ;
- deux arrêts d'urgence 22 ;
- un automate de sécurité 23 ;
- un ensemble de relayage 24.

5 Les pressostats 40 d'excès pression vapeur permettent de détecter une élévation anormale de la pression à l'intérieur de la chaudière. Les deux pressostats 40 sont montés sur la chaudière de manière indépendante. Ces pressostats présentent chacun un niveau d'intégrité de sécurité SIL égal à deux, par exemple un pressostat de la société GEORGIN (marque déposée), et
10 symbolisé graphiquement par une double bordure.

Les sondes 41 de niveau d'eau très bas contrôlent le niveau d'eau minimum à l'intérieur du générateur. Chacune des sondes utilisées présente un niveau d'intégrité de sécurité SIL égal à trois, symbolisé graphiquement par une triple bordure. Il peut s'agir par exemple de sondes de la société GESTRA
15 (marque déposée).

Les deux arrêts d'urgence 42 sont disposés respectivement sur un côté du corps de chauffe 10 et sur une armoire électrique 14 et présentent chacun un niveau d'intégrité de sécurité SIL égal à trois, symbolisé graphiquement par une triple bordure. Ils peuvent être choisis par exemple dans la gamme des produits
20 PILZ (marque déposée).

Les pressostats, sondes de niveau d'eau et arrêts d'urgence forment des contacts de sécurité raccordés à l'automate de sécurité 23 par des liaisons électriques d'entrée 25. L'automate de sécurité 23 présente un niveau de sécurité d'intégrité SIL égal à quatre, symbolisé graphiquement par une quadruple bordure.

25 L'ensemble de relayage 24 est raccordé aux sorties de l'automate de sécurité par le biais de liaisons électriques de sortie 26, et agit directement sur l'automate de combustion 110 associé au brûleur 11, sur la pompe alimentaire 120 d'alimentation en eau alimentaire, et sur l'automate de régulation 13 pour arrêter la chaudière en cas d'urgence. Avantageusement, le
30 nombre d'éléments composant l'ensemble de relayage est limité par rapport aux ensembles de relayage actuellement existant afin de limiter les probabilité des panne d'un élément du relayage et donc de la chaudière.

La terminologie liaison électrique d'entrée / liaison électrique de sortie est choisie en référence à l'ensemble automate de sécurité 23 et ensemble de relayage 24, les informations transmises par les contacts de sécurité constituant des entrées de cet ensemble, et les ordres envoyés à l'automate de combustion 110, à la pompe alimentaire 120 et au circuit de commande constituant des sorties dudit ensemble. Les liaisons électriques sont symbolisées sur la figure 1 par des traits en pointillés.

Le dispositif de sécurité selon l'invention présente un niveau d'intégrité de sécurité SIL égal à trois. Les caractéristiques permettant d'obtenir un tel niveau de sécurité sont les suivantes :

- niveau d'intégrité de sécurité SIL des contacts de sécurité mis en œuvre, en particulier, mise en œuvre de pressostats de niveau de sécurité SIL égal à deux ;
- redondance et indépendance des contacts de sécurité utilisés, en particulier, les deux pressostats 20 sont indépendants l'un de l'autre, de même les sondes 21 et les arrêts d'urgence 22 sont des éléments qui sont indépendants les uns des autres ;

Les avantages d'une chaudière présentant un dispositif de sécurité selon l'invention en comparaison avec une chaudière de l'art antérieur sont les suivants :

- le matériel utilisé a un niveau de sécurité augmenté et un taux de défaillance inférieur ;
- les essais de sécurité en réel, obligatoires pour valider le bon fonctionnement des sécurités, est à réaliser tous les ans, du fait du niveau de sécurité d'intégrité SIL atteint. Les chaudières de l'art antérieur nécessitant des essais de sécurité espacés d'un maximum d'environ six mois, cet avantage est particulièrement intéressant dans la mesure où la chaudière doit être stoppée lors de ces essais, stoppant des étapes de production nécessitant l'utilisation de la chaudière, et présentant ainsi une contrainte pour les exploitants ayant des répercussions économiques. Une chaudière équipée d'un dispositif de sécurité selon l'invention est ainsi disponible 365 jours consécutifs.

Le calcul du niveau d'intégrité de sécurité SIL égal à trois a été réalisé et validé par l'organisme notifié APAVE.

RE V E N D I C A T I O N S

1. Dispositif de sécurité, destiné à être mis en œuvre sur un générateur de vapeur, comportant :

- au moins deux pressostats (20) d'excès de pression vapeur ;
- au moins deux sondes (21) de niveau d'eau présentant chacune un
5 niveau d'intégrité de sécurité SIL au moins égal à 3 ;
- au moins deux arrêts d'urgence (22) présentant chacun un niveau d'intégrité de sécurité SIL au moins égal à 3 ;

ledit dispositif de sécurité étant caractérisé en ce qu'il comporte en outre :

- un automate de sécurité (23) relié à l'au moins deux
10 pressostats (20), à l'au moins deux sondes (21) et à l'au moins deux arrêts d'urgence (22) ;
- un ensemble de relayage (24) raccordé aux sorties dudit automate de sécurité et apte à agir sur un automate de combustion (110), une pompe alimentaire (120) et un automate de régulation (13) dudit générateur de vapeur
15 pour arrêter ce dernier en cas d'urgence ;

et en ce que :

- les au moins deux pressostats (20) présentent chacun un niveau d'intégrité de sécurité SIL au moins égal à 2 ;
- les pressostats (20), les sondes (21) et les arrêts d'urgence (22) sont
20 indépendants les uns des autres dans leur fonctionnement.

2. Générateur de vapeur comportant un automate de combustion (110), une pompe alimentaire (120), un automate de régulation (13) caractérisé en ce qu'il comporte en outre un dispositif de sécurité selon la revendication 1.

25

3. Générateur de vapeur selon la revendication 2 caractérisé en ce qu'il comporte :

- un corps de chauffe (10) ;
- un brûleur (11) commandé par l'automate de combustion (110) ;

- une cuve d'eau (12) alimentaire alimentant le corps de chauffe (10), la pompe alimentaire (120) étant disposée entre ledit corps de chauffe et ladite cuve d'eau.

5 4. Générateur de vapeur selon la revendication 2 ou la revendication 3 caractérisé en ce que l'automate de régulation (13) agit sur l'automate de combustion (110) et sur la pompe alimentaire (120).

10 5. Générateur de vapeur selon l'une quelconque des revendications 2 à 4 caractérisé en ce que le générateur de vapeur est une chaudière.

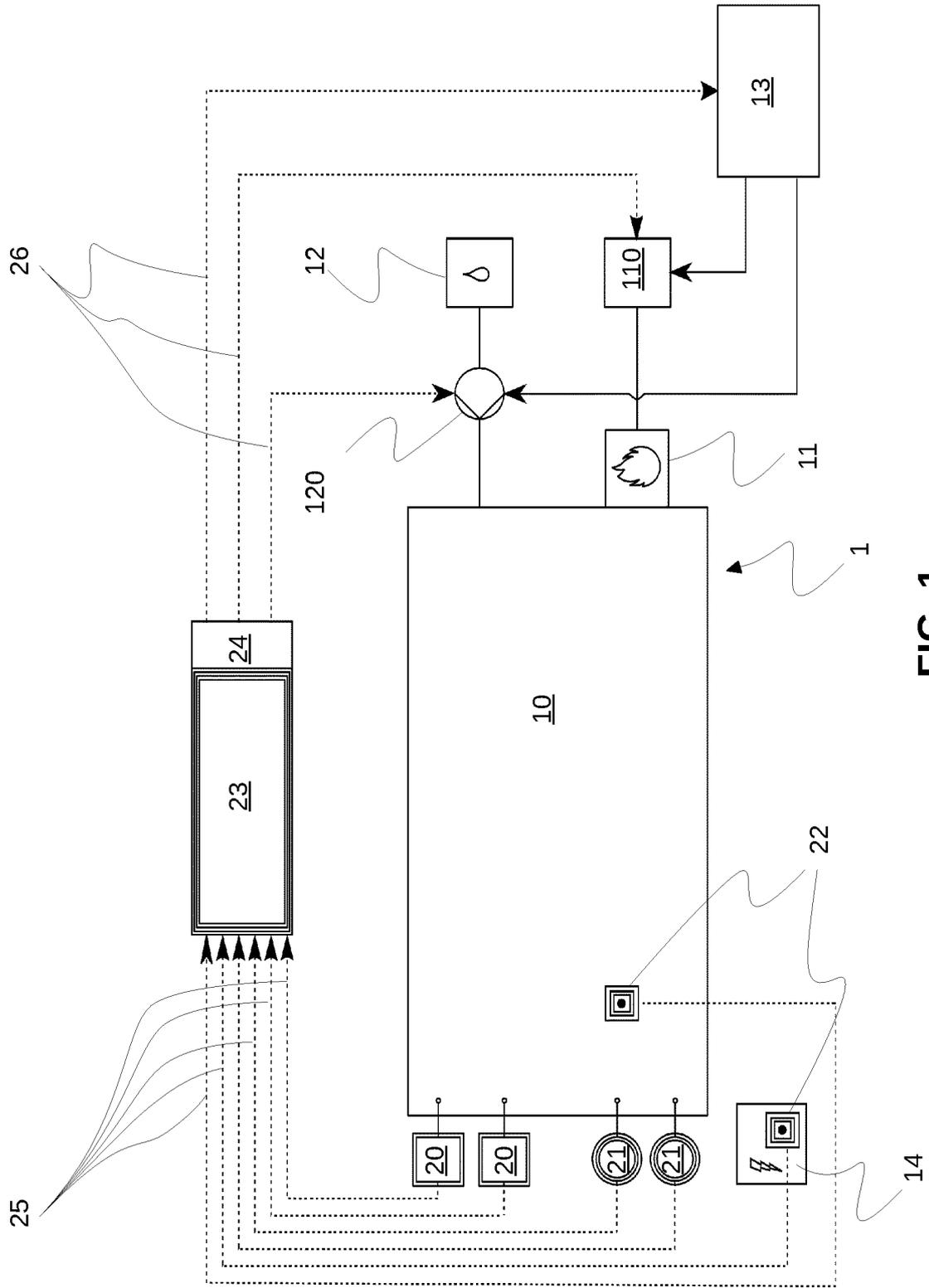


FIG. 1

SIL	RRF
1	10 - 100
2	100 - 1000
3	1 000 - 10 000
4	10 000 - 100 000

FIG. 2

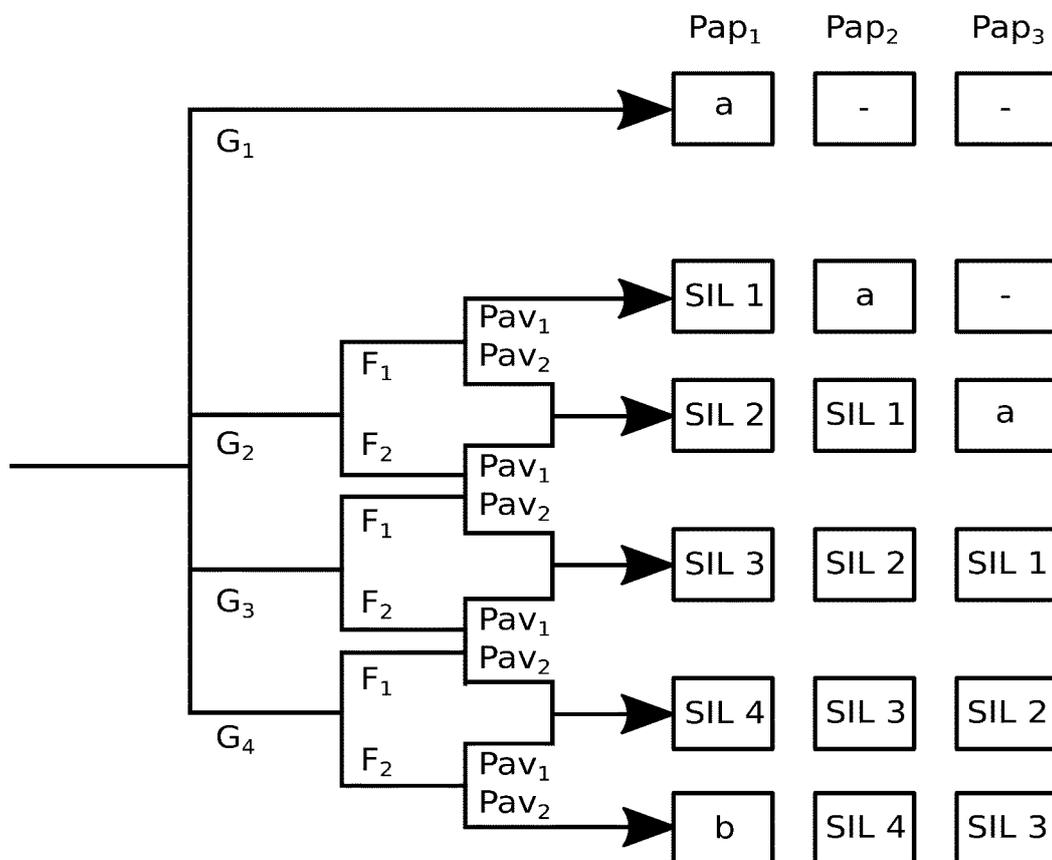


FIG. 3

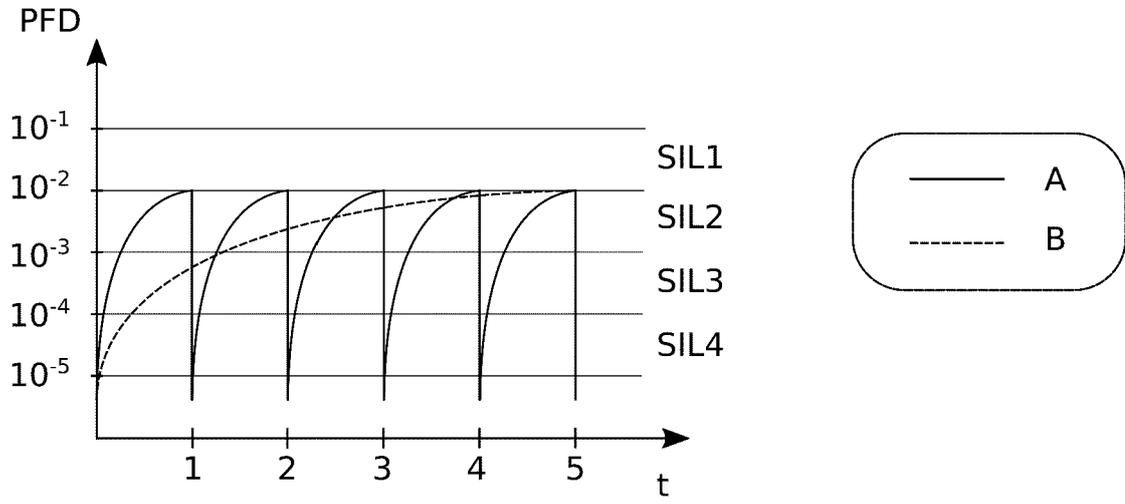


FIG. 4

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 852069
FR 1853072

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	CN 203 082 859 U (SHANGHAI ZHANGJIANG HI TECH PARK NEW ENERGY TECHNOLOGY CO LTD) 24 juillet 2013 (2013-07-24) * figure 1 * * Alinéa "The specific embodiment" *	1-5	F22B37/44
A	CN 203 395 910 U (SHENYANG RAILWAY SURVEY DESIGN CONSULTING COMPANY LTD) 15 janvier 2014 (2014-01-15) * figure 1 * * Alinéa "The specific embodiment" *	1-5	
X	CN 202 032 560 U (CHENGDU DONGHE INDUSTRY CO LTD) 9 novembre 2011 (2011-11-09) * figure 5 * * Alinéa "Concrete embodiment" *	1-5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F22B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
18 décembre 2018		Varelas, Dimitrios	
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 1853072 FA 852069**

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 **18-12-2018**

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
CN 203082859	U	24-07-2013	AUCUN	

CN 203395910	U	15-01-2014	AUCUN	

CN 202032560	U	09-11-2011	AUCUN	
