



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
18.09.2024 Bulletin 2024/38

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G21C 19/10 (2006.01) G21C 19/20 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **24157488.8**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G21C 19/10; G21C 19/20

(22) Date de dépôt: **14.02.2024**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA
Etats de validation désignés:
GE KH MA MD TN

(71) Demandeur: **REEL**
69450 Saint-Cyr au Mont d'Or (FR)

(72) Inventeur: **GUEGUEN, Corentin**
69870 SAINT-CYR-LE-CHATOUX (FR)

(74) Mandataire: **Cabinet Laurent & Charras**
Le Contemporain
50 Chemin de la Bruyère
69574 Dardilly Cedex (FR)

(30) Priorité: **16.03.2023 FR 2302429**

(54) **MACHINE DE CHARGEMENT D'ASSEMBLAGES DE COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE**

(57) Cette machine de chargement d'assemblages (3) de combustible nucléaire au sein d'une cuve (1) d'un réacteur nucléaire, comprend un chariot (5) mobile horizontalement auquel est associé un mât vertical télescopique (4) comprenant un fût fixe (7) solidaire du chariot et plusieurs fûts mobiles verticalement (8 - 11), montés coaxialement avec le fût fixe, de telle sorte à pouvoir se déployer de manière télescopique, le fût le plus interne (11) étant pourvu d'un grappin (12) apte à se connecter à l'extrémité supérieure d'un assemblage de combustible, les différents fûts étant de section transversale de forme carrée.

Les fûts sont munis de butées aptes à coopérer entre elles afin de permettre un déploiement individualisé des fûts, et le reploiement desdits fûts par remontée du fût le plus interne.

Chaque fût, à l'exception du fût le plus interne, est muni au niveau des quatre parois latérales qui le définissent, de patins aptes à favoriser le guidage du déploiement et du reploiement des fûts les uns au sein des autres.

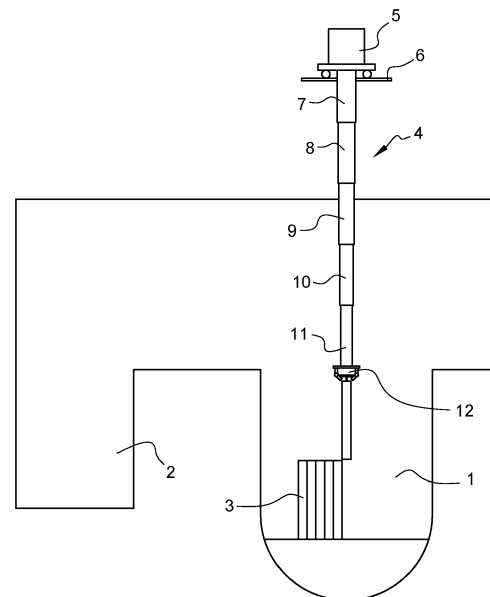


Fig. 1

Description

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] L'invention s'inscrit dans le domaine de la production d'électricité par énergie nucléaire, et donc plus spécifiquement dans la problématique résultant de la manipulation du combustible nucléaire mis en oeuvre dans de telles centrales de production.

[0002] Elle vise plus particulièrement l'un des éléments clés d'une telle machine de chargement, et de manière générale de manutention, constituée par un mât en l'espèce télescopique, dont l'extrémité inférieure est classiquement munie d'un grappin apte à venir se saisir des assemblages de combustible nucléaire.

[0003] Un tel mât télescopique comporte une pluralité de fûts élémentaires ayant vocation à se déployer et reposer en fonction des nécessités requises.

ETAT ANTERIEUR DE LA TECHNIQUE

[0004] De manière connue, le coeur d'un réacteur nucléaire, qu'il soit à eau bouillante ou à eau pressurisée, est constitué de crayons ou aiguilles de combustibles regroupés afin de constituer des assemblages, susceptibles d'être manipulés indépendamment les uns des autres, tant lors de leur mise en place au sein du coeur que de leur remplacement après usage.

[0005] La manipulation de tels assemblages de combustible nucléaire est classiquement réalisée au moyen d'une machine dite de chargement, pourvue d'un mât télescopique monté sur un pont roulant, et susceptible de se déplacer d'une part au-dessus du coeur du réacteur, et d'autre part au-dessus d'une piscine de stockage provisoire notamment des assemblages usés c'est-à-dire après utilisation au sein dudit coeur.

[0006] Une telle machine de chargement est munie d'un chariot de commande, là encore susceptible de se déplacer selon une autre direction horizontale que celle du déplacement du pont roulant, typiquement perpendiculaire par rapport à celui-ci. L'extrémité inférieure du mât est munie d'un grappin destiné à assurer le couplage avec l'extrémité supérieure d'un assemblage de combustible, en vue de sa préhension et de sa manutention.

[0007] Dans le cadre plus spécifique des réacteurs à eau bouillante, la course du mât télescopique est relativement élevée et peut typiquement atteindre une vingtaine de mètres. Il en résulte des contraintes en termes de conservation de la verticalité du mât, d'une part, et de précision de positionnement du grappin situé à l'extrémité inférieure dudit mât en vue de son couplage à un assemblage de combustible nucléaire, d'autre part.

[0008] L'objectif recherché par la présente invention est d'optimiser le fonctionnement de tels mâts pour machines de chargement, notamment présentant une course de déploiement élevée et plus particulièrement adaptée aux réacteurs nucléaires à eau bouillante.

EXPOSE DE L'INVENTION

[0009] A cet effet, l'invention vise une machine de chargement d'assemblages de combustible nucléaire au sein d'une cuve d'un réacteur nucléaire, comprenant un chariot mobile horizontalement auquel est associé un mât vertical télescopique comprenant un fût fixe solidaire du chariot et plusieurs fûts mobiles verticalement, montés coaxialement avec le fût fixe, de telle sorte à pouvoir se déployer de manière télescopique, les différents fûts étant de section transversale de forme carrée.

[0010] Selon l'invention :

- les fûts sont munis de butées, aptes à coopérer entre elles afin de permettre un déploiement individualisé des fûts, et le repliement desdits fûts par remontée du fût le plus interne ;
- chaque fût, à l'exception du fût le plus interne, est muni au niveau des quatre parois latérales qui le définissent, de patins, aptes à favoriser le guidage du déploiement et du repliement des fûts les uns au sein des autres.

[0011] En d'autres termes, l'invention consiste à favoriser le guidage du grappin tout au long de la course du mât, de disposer de suffisamment de raideur contre les efforts horizontaux, notamment inhérents au déplacement de la machine de chargement, et d'être suffisamment fin pour permettre le repliement des tubes dans le volume disponible généré par le fût supérieur fixe. A cet effet, les butées d'une part et les patins d'autre part, remplissent un rôle favorisant ce fonctionnement, notamment pour des grandes longueurs de déploiement d'un tel mât télescopique.

[0012] Selon une caractéristique de l'invention, le fût fixe est solidaire d'un châssis reposant sur une couronne d'orientation, elle-même reçue sur le chariot mobile et susceptible d'entrer en rotation par rapport audit chariot, de telle sorte à permettre l'orientation souhaitée du grappin.

[0013] Selon une autre caractéristique de l'invention, le matériau constitutif des patins est réalisé en polyéthylène à ultra haut poids moléculaire, typiquement de masse molaire très élevée supérieure à 10^6 g/mol. Ce matériau présente une dureté SHORE D supérieure à 60, et donc une rigidité assez élevée.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0014] La manière dont l'invention peut être réalisée et les avantages qui en découlent ressortiront mieux des exemples de réalisation qui suivent, donnés à titre indicatif et non limitatif, à l'appui des figures annexées.

La figure 1 est une représentation schématique en section d'une cuve de réacteur nucléaire associée à sa piscine de stockage d'assemblages de combustible nucléaire, et sur laquelle apparaît la machi-

ne de chargement conforme à l'invention.

La figure 2 est une représentation schématique illustrant le chariot monté sur la couronne d'orientation de la machine de chargement selon l'invention. La figure 3 est une représentation schématique en perspective de deux des tubes constitutifs du mât télescopique de la machine de chargement de l'invention et des moyens techniques mis en oeuvre en vue de son fonctionnement optimisé.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0015] Comme déjà évoqué, la machine de chargement de l'invention est destinée à permettre la manutention d'assemblages de combustible nucléaire au sein d'une centrale nucléaire, et plus spécifiquement d'un coeur de réacteur nucléaire. Dans l'exemple décrit, les caractéristiques s'appliquent à une machine de chargement plus spécifiquement dédiée à un coeur de réacteur nucléaire fonctionnant selon la technologie BWR, c'est-à-dire à eau bouillante.

[0016] A cet effet, on a représenté :

- le coeur (1) du réacteur,
- la piscine (2) de stockage provisoire desdits assemblages usés,
- les assemblages (3) de combustible nucléaire,
- le mât télescopique (4),
- le chariot (5) de la machine de chargement, et
- les rails sur lesquels est susceptible de se déplacer en translation ledit chariot.

[0017] Le mât (4) de la machine de chargement est donc de nature télescopique et comporte en l'espèce un fût fixe (7), supérieur, solidaire du chariot (5), et quatre fûts télescopiques (8 - 11), aptes à venir s'emboîter les uns après les autres au sein du fût fixe (7).

[0018] Ces fûts sont de section transversale carrée, favorisant le guidage des uns par rapport aux autres et au final, la précision de positionnement du grappin (12), positionné à l'extrémité inférieure du tube inférieur (11), et destiné à coopérer avec l'extrémité supérieure des assemblages (3) en vue de leur manutention.

[0019] Ces différents fûts constitutifs du mât télescopique sont réalisés en acier inoxydable et soudés au laser, et les parois qui les définissent présentent une épaisseur typique de l'ordre de 6 millimètres.

[0020] Chacun des tubes, en ce compris le fût fixe (7), présente une longueur voisine de 6 mètres, de sorte que lorsque le mât télescopique est complètement déployé, et en raison des zones de coopération deux à deux de chacun des fûts, on peut atteindre une longueur de déploiement effectif du mât voisine de 18 mètres, compatible notamment avec la manutention des assemblages de combustible nucléaire mise en oeuvre dans les réacteurs à eau bouillante, dont il est connu qu'ils nécessitent un débatement supérieur à ceux fonctionnant à eau pressurisée.

[0021] Le fût fixe (7), est solidaire du chariot (5), et plus précisément d'un châssis (13), mobile en rotation à l'aide d'un moteur dédié (14), le châssis (13) reposant sur une couronne d'orientation (15) fixée sur le chariot mobile (5), tel qu'on peut bien l'observer sur la figure 2.

[0022] Ce faisant, il est possible d'assurer l'orientation angulaire souhaitée au mât (4) par le canal de ce fût fixe (7), et donc corollairement au grappin (12) selon des degrés angulaires réduits sur une plage continue de 330 degrés.

[0023] Selon une caractéristique de l'invention, des butées (20, 21) sont fixés contre les parois latérales définissant lesdits fûts. Plus précisément, ces butées se présentent sous la forme de cornières usinées, et sont solidarisées par vissage, typiquement à raison de deux butées par fût au niveau d'angles opposés en partie basse et deux butées par fût en partie haute.

[0024] Ces butées ont vocation à permettre le déploiement et le repliement individualisé des fûts, par coopération desdites butées deux à deux : étant fixées sur l'extérieur des fûts en partie haute et sur l'intérieur des fûts en partie basse, elles permettent la dépose d'un fût sur l'autre au déploiement du mât. Leur épaisseur est adaptée au faible espace inter-fûts.

[0025] Le déploiement et le repliement des fûts est assuré par des câbles de levage fixés à leur extrémité sur le fût intérieur, et s'enroulant à leur autre extrémité sur un treuil de levage.

[0026] Par ailleurs, et afin de favoriser le coulissement desdits fûts l'un par rapport à l'autre sans affecter le guidage, il est mis en oeuvre des patins (22, 23), en l'espèce fixés par vissage sur la paroi interne des fûts en partie basse du fût, et externe en partie haute du fût, à raison de quatre patins par niveau et à l'exception du fût le plus interne (11). Dans l'exemple décrit, ces patins sont fixés sur deux parois consécutives aux angles des tubes, lesdits patins étant orientés à 90° d'un tube à l'autre pour éviter les interférences entre fûts.

[0027] Typiquement, ces patins sont réalisés en polyéthylène très haute densité, notamment connu sous la référence UHMW-PE, c'est-à-dire un polyéthylène de masse molaire supérieure à 10⁶ g/mol. Ils présentent une dureté SHORE D supérieure à 60, leur conférant la rigidité nécessaire pour assurer leur fonction de guidage.

[0028] Ce choix particulier de matériau constitutif des patins permet d'optimiser la résistance à l'usure desdits patins et donc corollairement du mât télescopique, y compris en suite de leur évolution dans l'eau et hors d'eau, et tenant compte en outre de leur soumission aux radiations ionisantes, de sorte que les opérations de maintenance sur le tube télescopique de l'invention s'en trouvent espacées.

[0029] Corollairement, en raison de la mise en oeuvre de tels patins, on assure une réduction maximum du jeu entre les fûts, optimisant de facto la précision de positionnement du grappin et, corollairement, celle de la manutention des assemblages de combustible nucléaire. On évite en outre l'usinage en volume des tubes.

[0030] De sorte que combiné à la rotation possible du fût supérieur fixe (7), on aboutit à une machine de chargement alliant à la fois précision et optimisation du nombre de degrés de liberté en termes de manutention des assemblages de combustible nucléaire.

[0031] L'invention trouve également application pour les machines de chargement susceptibles d'être utilisées dans les nouveaux réacteurs dits SMR pour l'anglicisme « *Small Modular Reactor* ». Dans cette technologie, le débattement du mât de la machine de chargement est plus important, et peut typiquement atteindre 30 mètres. Dans ce cas de figure, le mât télescopique précédemment décrit est identique, à la réserve près qu'on ajoute deux fûts supplémentaires, là encore également munis des patins de guidage et des butées de même conception que ceux évoqués ci-dessus, et localisés également de manière identique.

[0032] En raison de la conception d'un tel mât, et même pour une telle longueur de débattement, on dispose toujours de la précision recherchée et de la modularité en termes de degré de liberté.

Revendications

1. Machine de chargement d'assemblages (3) de combustible nucléaire au sein d'une cuve (1) d'un réacteur nucléaire, comprenant un chariot (5) mobile horizontalement auquel est associé un mât vertical télescopique (4) comprenant un fût fixe (7) solidaire du chariot et plusieurs fûts mobiles verticalement (8 - 11), montés coaxialement avec le fût fixe, de telle sorte à pouvoir se déployer de manière télescopique, le fût le plus interne (11) étant pourvu d'un grappin (12) apte à se connecter à l'extrémité supérieure d'un assemblage de combustible, les différents fûts étant de section transversale de forme carrée, **caractérisée** :
 - **en ce que** les fûts sont munis de butées (20, 21), aptes à coopérer entre elles afin de permettre un déploiement individualisé des fûts, et le repliement desdits fûts par remontée du fût le plus interne ; et
 - **en ce que** chaque fût, à l'exception du fût le plus interne, est muni au niveau des quatre parois latérales qui le définissent, de patins (22, 23) aptes à favoriser le guidage du déploiement et du repliement des fûts les uns au sein des autres.
2. Machine de chargement selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le fût fixe (7) est solidaire d'un châssis (13) reposant sur une couronne d'orientation (15), elle-même reçue sur le chariot mobile (5) et susceptible d'entrer en rotation par rapport audit chariot (5), de telle sorte à permettre l'orientation souhaitée du grappin (12).

3. Machine de chargement selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisée en ce que** le matériau constitutif des patins (21, 22) présente une dureté SHORE D supérieure à 60.

4. Machine de chargement selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** le matériau constitutif des patins (21, 22) est réalisé en polyéthylène à ultra haut poids moléculaire.

5. Machine de chargement selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** le polyéthylène présente une masse molaire très élevée supérieure à 10^6 g/mol.

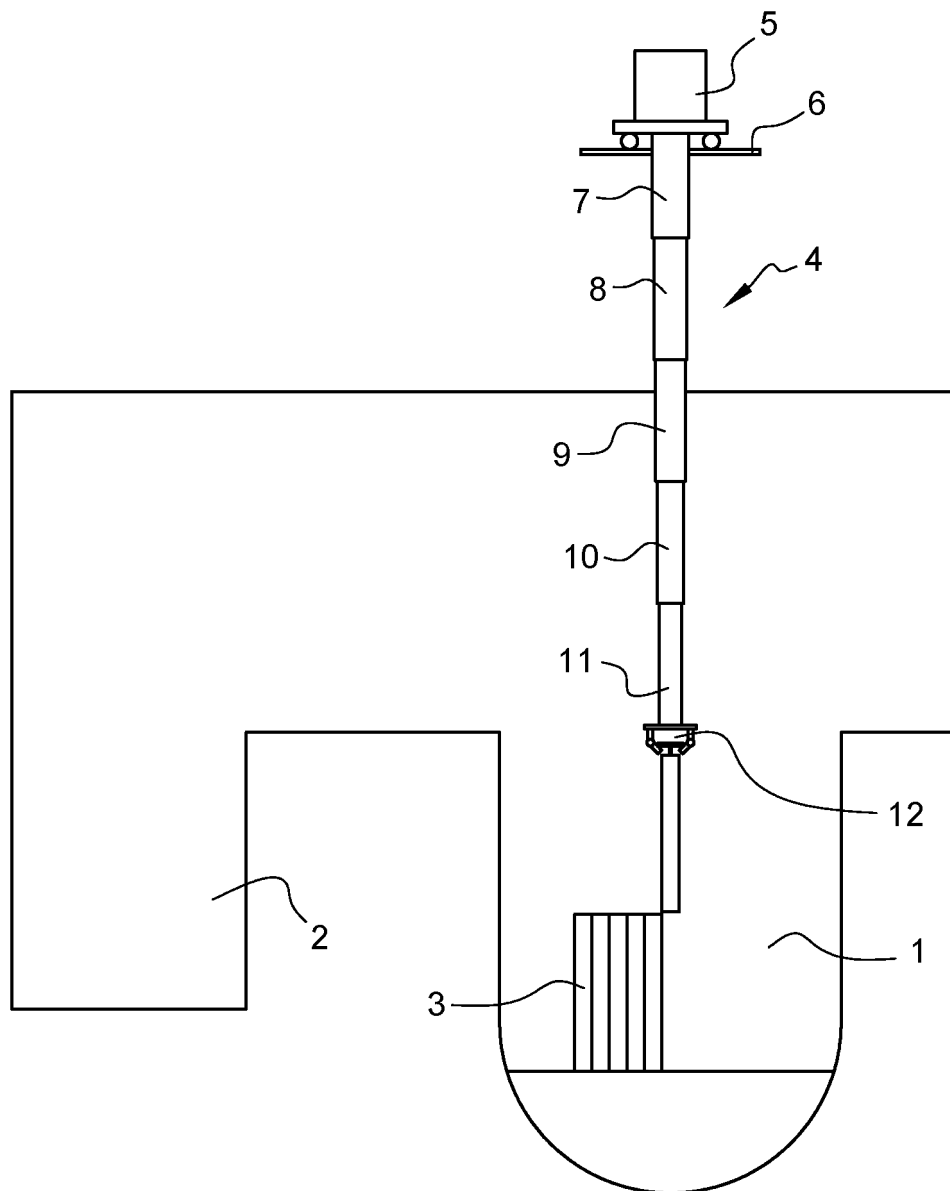


Fig. 1

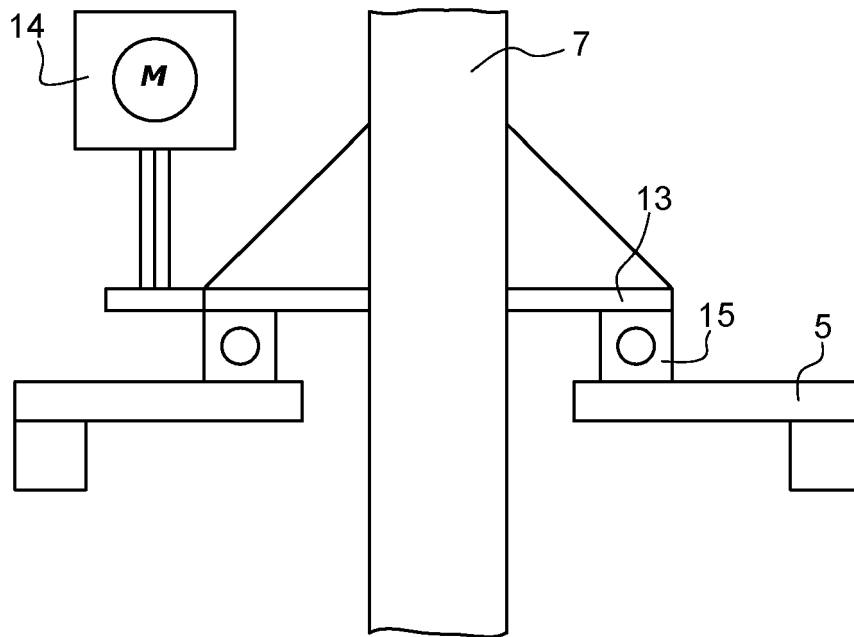


Fig. 2

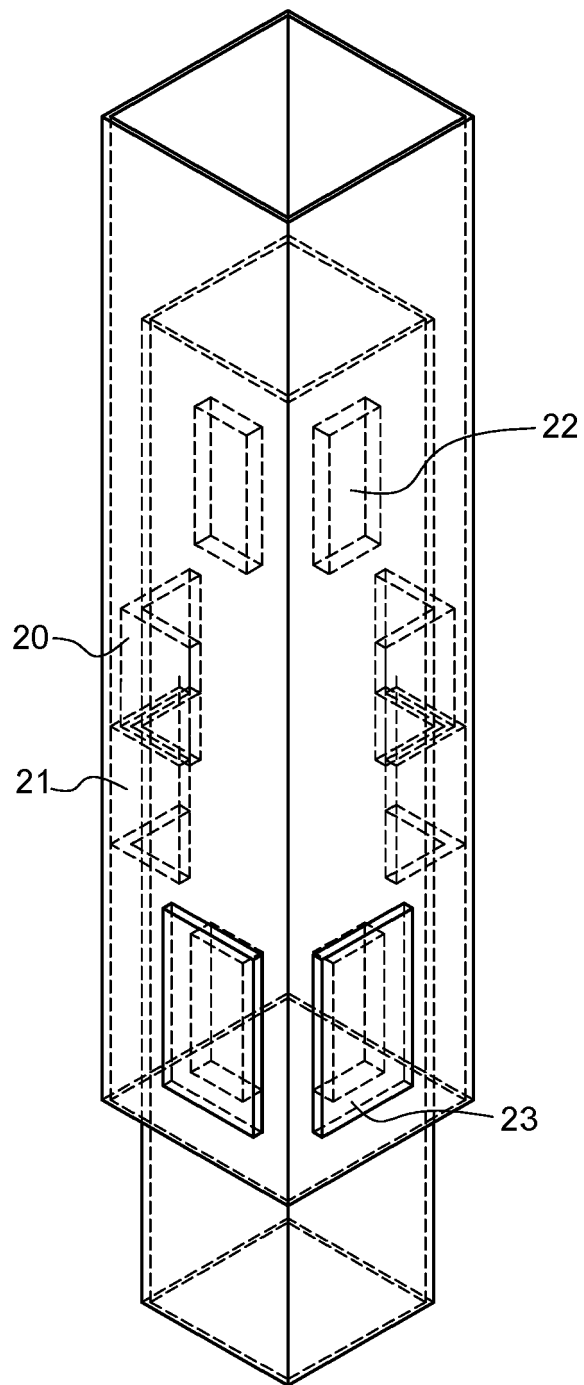


Fig. 3



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 15 7488

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	JP S62 209391 A (TOSHIBA CORP; TOSHIBA ENG & CONSTR; TOSHIBA ENGINEERING CO) 14 septembre 1987 (1987-09-14) * cf fig. 1 - 3 et leur description * -----	1,2	INV. G21C19/10 G21C19/20
A	DE 100 04 100 A1 (SIEMENS AG [DE]) 7 septembre 2000 (2000-09-07) * alinéa [0027] * -----	1,2	
A	EP 0 589 792 A1 (PONTICELLI FRERES ETS [FR]) 30 mars 1994 (1994-03-30) * fig. 3 et sa description * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G21C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 15 juillet 2024	Examineur Angloher, Godehard
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	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 24 15 7488

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

15 - 07 - 2024

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP S62209391 A	14-09-1987	AUCUN	
DE 10004100 A1	07-09-2000	DE 10004100 A1 ES 2183675 A1	07-09-2000 16-03-2003
EP 0589792 A1	30-03-1994	EP 0589792 A1 FR 2695856 A1	30-03-1994 25-03-1994

EPO FORM P0460

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