

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
**INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**  
—  
COURBEVOIE  
—

①① N° de publication : **3 021 573**

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **14 55028**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **B 25 J 18/00** (2014.01), B 25 J 5/00

⑫

## BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ SYSTEME ANTI COINCEMENT DANS UN ROBOT A CARACTERE HUMANOIDE.

②② Date de dépôt : 03.06.14.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 04.12.15 Bulletin 15/49.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 19.04.19 Bulletin 19/16.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : ALDEBARAN ROBOTICS Société  
anonyme — FR.

⑦② Inventeur(s) : MUGNIER FABIEN et CLERC  
VINCENT.

⑦③ Titulaire(s) : ALDEBARAN ROBOTICS Société  
anonyme.

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

FR 3 021 573 - B1



## Système anti coincement dans un robot à caractère humanoïde

L'invention concerne la sécurité d'utilisation d'un robot à caractère humanoïde.

Un robot peut être qualifié d'humanoïde à partir du moment où il possède certains attributs de l'apparence et des fonctionnalités de l'homme  
5 comme par exemple une tête, un tronc, deux bras, deux mains, deux jambes ou deux pieds. Certains robots ne possédant que le haut du corps peuvent également être considérés comme possédant des caractères humanoïdes. Des robots humanoïdes sont capables de marcher ou de se déplacer sur une plateforme munie de roues, de faire des gestes, avec les membres ou avec  
10 la tête. La complexité des gestes qu'ils sont capables d'effectuer augmente sans cesse.

Ces robots sont destinés à interagir avec des humains et il est nécessaire d'éviter que les gestes des robots ne puissent blesser les humains qui les entourent. Plus précisément, lors du mouvement de  
15 certaines articulations du robot, celui-ci pourrait pincer des doigts humains se trouvant à proximité. Par exemple lorsque le bras d'un robot se rapproche de son tronc, il y a risque de coincement entre le bras et le tronc. De façon plus générale, le risque de coincement existe entre deux éléments du robot, articulés entre eux.

Plusieurs solutions ont été imaginées pour réduire le risque de  
20 coincement ou pour en limiter les conséquences. Pour éviter tout coincement, on peut limiter le débattement d'une articulation au moyen de butée permettant de conserver un écart suffisant entre les éléments reliés par l'articulation considérée. Cette solution limite les possibilités du robot en  
25 lui interdisant certains mouvements. L'anthropomorphisme du robot est alors dégradé.

Pour limiter les conséquences d'un coincement, on peut réduire l'effort produit par l'actionneur mouvant l'articulation considérée. Cette réduction d'effort limite aussi les possibilités du robot qui, par exemple, ne  
30 pourra plus soulever des charges importantes. Il est possible de limiter l'effort d'un actionneur uniquement en fin de course, lorsque les deux éléments se rapprochent. Cette limitation nécessite un pilotage complexe de l'actionneur.

Ce pilotage est couteux à mettre en œuvre et peut être source d'une réduction de fiabilité du robot.

L'invention vise à améliorer la sécurité de fonctionnement d'un  
5 robot au moyen d'une solution complètement passive permettant de limiter  
l'effort de pincement en fin de course d'un débattement d'une articulation.

A cet effet, l'invention a pour objet un robot à caractère  
humanoïde comprenant deux éléments et une articulation à au moins un  
degré de liberté reliant les deux éléments, les deux éléments comprenant  
10 chacun une peau délimitant leur surface externe, l'articulation permettant un  
débattement dans une plage donnée, un premier des deux éléments étant  
destiné à venir sensiblement au contact d'une zone de la peau d'un second  
des deux éléments à une extrémité de la plage, caractérisé en ce que la  
zone est souple de façon à permettre sa déformation d'une distance donnée  
15 avec un effort inférieur à un effort donné.

Le robot peut comprendre une butée appartenant à l'un des deux  
éléments. A l'extrémité de la plage, l'autre des deux éléments vient au  
contact de la butée.

Les peaux des deux éléments sont en majeure partie rigide et  
20 avantageusement, au moins une zone souple est disposée dans la continuité  
d'une zone rigide de la peau.

La zone souple peut être continue à l'intérieur d'une ligne fermée  
et une zone rigide de la peau entoure la zone souple tout au long de la ligne  
fermée.

25 Alternativement la zone souple peut être discontinue à l'intérieur  
d'une ligne fermée. Le premier élément traverse la peau par la discontinuité  
de la zone souple et une zone rigide de la peau entoure la zone souple tout  
au long de la ligne fermée.

30

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages  
apparaîtront à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation  
donné à titre d'exemple, description illustrée par le dessin joint dans lequel :

les figures 1a et 1b représentent deux exemples de robots mettant  
35 en œuvre l'invention ;

les figures 2a et 2b représentent une épaule du robot de la figure 1b ;

la figure 3 représente un bras du robot de la figure 1b ;

la figure 4 représente une hanche du robot de la figure 1b.

5 Par souci de clarté, les mêmes éléments porteront les mêmes repères dans les différentes figures.

Les figures 1a et 1b représentent deux exemples de robots à caractères humanoïdes développés par la société ALDEBARAN  
 10 ROBOTICS™. Le robot humanoïde 10 représenté en figure 1a comprend une tête 1, un tronc 2, deux bras 3, deux mains 4, deux jambes 5 et deux pieds 6. Le robot humanoïde 10' représenté en figure 1b comprend une tête 1, un tronc 2, deux bras 3, deux mains 4 et une jupe 7. Ces deux robots comprennent plusieurs articulations autorisant le mouvement relatif des  
 15 différents membres du robot dans le but de reproduire la morphologie humaine et ses mouvements. Les robots 10 et 10' comprennent par exemple une articulation 11 entre le tronc 2 et chacun des bras 3. L'articulation 11 formant une épaule du robot est motorisée autour de deux axes de rotation pour permettre de déplacer le bras 3 par rapport au tronc 2 à la manière des  
 20 déplacements possibles par une épaule d'un être humain.

Le robot à caractères humanoïdes 10 comprend également plusieurs articulations pour mettre en mouvement les jambes du robot et reproduire le mouvement de la marche, en particulier des articulations assimilables à une hanche, entre le tronc et chacune des cuisses, à un  
 25 genou, entre une cuisse et la jambe, et à une cheville entre la jambe et le pied. Plusieurs formes d'articulations motorisées sont mises en œuvre, entraînant en mouvement l'un des membres selon un ou plusieurs degrés de liberté en rotation.

Le robot à caractères humanoïdes 10' présente une architecture  
 30 différente. Pour améliorer la stabilité et abaisser le centre de gravité du robot, le robot ne comprend pas de jambe mais une jupe 7 comprenant en sa base un tripode 14 capable de déplacer le robot. La jupe 7 comprend aussi une première articulation 12 s'apparentant à un genou, entre une jambe 7a et une cuisse 7b. Une deuxième articulation 13 s'apparentant à une hanche est  
 35 relie le tronc 2 et la cuisse 7b. Ces deux articulations 12 et 13 sont des

liaisons pivots motorisées autour d'un axe de rotation. L'axe de rotation Xa de l'articulation 12 et l'axe de rotation Xb de l'articulation 13 sont sensiblement parallèles à un axe reliant les deux épaules du robot, permettant d'incliner le robot vers l'avant ou vers l'arrière.

5

Les figures 2a et 2b représentent plus en détail l'épaule 11 du robot 10'. Sur des ces figures, on a représenté un objet 20 à section circulaire représentant un doigt humain susceptible d'être pincé entre le tronc 2 et le bras 3. L'objet 20 est représenté en coupe sur les deux figures. Dans  
10 la pratique, l'objet 20 peut être un calibre normalisé représentant un doigt humain. Ce calibre ne doit pas être pincé trop fortement entre deux éléments du robot. Plus précisément, le robot ne doit pas exercer sur le calibre un effort supérieur à un effort donné.

Sur la figure 2a, l'objet 20 est disposé sous le bras 3 au niveau de  
15 l'aisselle du robot 10'. Le bras 3 tend à se rabattre le long du tronc 2 en pinçant l'objet 20 sous l'aisselle entre le bras 3 et le tronc 2. Dans l'exemple représenté sur la figure 2a, on s'intéresse à la rotation de l'articulation 11 autour d'un axe horizontal 21 perpendiculaire au plan frontal du robot 10'. Le plan frontal est parallèle au plan de la figure 2a et l'axe horizontal 21 est  
20 perpendiculaire au plan de la figure. L'articulation 11 permet un débattement angulaire dans une plage donnée autour de l'axe 21. Le bras 3 peut avoir un débattement de l'ordre de 180°. L'invention permet de limiter les effets du pincement de l'objet 20 lorsque le bras 3 arrive en fin de course à une extrémité de la plage, ici, lorsque le bras 3 est le long du tronc 2. Il est bien  
25 entendu que l'invention s'applique aussi pour l'autre extrémité de la plage de rotation autour de l'axe 21, comme on le verra à l'aide de la figure 2b, pour la rotation autour de l'autre axe de rotation de l'articulation 11 autour d'un axe vertical et de façon générale pour tout mouvement combiné des deux rotations de l'articulation 11.

30 La surface externe du tronc 2 et du bras 3 forme une peau, respectivement 22 et 23. En bout de course, lorsque le bras 3 s'étend le long du tronc 2, la peau 23 du bras 3 et la peau 22 du tronc 2 viennent sensiblement au contact l'une de l'autre. Plus précisément, il existe pour chaque peau, une zone où l'écart entre les deux peaux est inférieur à la  
35 section de l'objet 20. Cette zone porte le repère 25 pour la peau 23 du bras 3

et le repère 26 pour la peau 22 du tronc 2. Selon l'invention, une des zones 25, 26 ou les deux zones 25, 26, destinées à venir au contact, sont souples de façon à permettre leur déformation d'une distance donnée avec un effort inférieur à un effort donné. La distance donnée est la section de l'objet 20. La distance donnée est par exemple de l'ordre de 5mm, représentant le diamètre du doigt d'un enfant. L'effort donné représente l'effort maximal que l'on peut autoriser lors du pincement de l'objet 20.

La déformation de la zone ou des zones 25, 26, de la peau considérée se fait dans leur domaine élastique respectif de façon à reprendre leur forme initiale lorsque le bras 3 quitte sa position fin de course par rapport au tronc 2. En l'absence de l'objet 20, on peut avoir un léger écart entre les zones 25 et 26 des peaux 22 et 23, un contact sans effort ou même une légère pression entre les zones 25 et 26.

La présence de ces zones souples 25 et 26 permet au robot de se rapprocher de la morphologie humaine. Les zones souples 25 et 26 de la peau peuvent être formées à partir de membranes réalisées dans un matériau élastomère comme par exemple à base de silicone ou de caoutchouc.

La fin de course de l'articulation 11 peut être réalisée par un pilotage d'un actionneur permettant le mouvement de l'articulation 11 ou par une butée mécanique disposée à l'intérieur de l'articulation 11.

Dans l'exemple représenté, la zone souple 25 est continue à l'intérieur d'une ligne fermée 27 qui la limite. Une zone rigide 28 de la peau 23 entoure la zone souple 25 tout au long de la ligne fermée 27. Pour le bras, 3, la peau 23 est principalement rigide. Une ou plusieurs zones souples 25 sont disposées sur la peau 23. Ces zones 23 sont localisées à des endroits où le bras 3 est susceptible de venir sensiblement au contact d'un autre élément du robot 10', le tronc 2 en l'occurrence.

La zone souple 26 du tronc 2 est discontinue à l'intérieur d'une ligne fermée 30 qui la limite. Le bras 3 traverse la peau 22 du tronc par la discontinuité de la zone souple 26. Une zone rigide 31 de la peau 22 entoure la zone souple 26 tout au long de la ligne fermée 30. Autrement dit, la peau 22 du tronc 2 est, comme pour le bras 3, principalement rigide. La zone

souple 26 est fixée à la zone rigide 31 le long de la ligne fermée 30. La zone souple 26 forme une jupe fixée à la zone rigide 22 et entourant l'accrochage du bras 3 sur le tronc 2. En entourant complètement le bras 3, la zone souple 26 permet au bras 3 de se rapprocher du tronc 2 dans toutes les combinaisons de rotation de l'articulation 11. De plus, grâce à sa forme de jupe, la zone souple 26 permet de limiter la pénétration d'objets indésirables à l'intérieur de l'articulation 11. La zone souple 26 permet notamment de protéger l'articulation 11 des poussières ambiantes.

La figure 2b représente le bras 3 s'étendant sensiblement verticalement vers le haut. Le bras 3 est en fin de course de sa rotation autour de l'axe 21 à l'extrémité de sa plage de rotation, extrémité opposée à celle représentée sur la figure 2a. La zone rigide 28 de la peau 23 du bras 3 s'enfonce légèrement dans la zone souple 26 de la peau 22 du tronc 2. Cet enfoncement est visible au niveau de la flèche 32. Sur cette figure, on a représenté l'objet 20 pincé entre l'épaule et le bras 3. Pour limiter les conséquences du pincement de l'objet 20, le bras 3 peut comprendre une seconde zone souple 25. Au niveau du tronc 2, l'objet 20 s'enfonce dans la zone souple 26 du tronc 2.

De façon plus générale, le tronc 2 et/ou le bras 3 possèdent autant de zones souples que nécessaire situées aux endroits où les peaux de ces deux éléments (tronc 2 et bras 3) peuvent se rapprocher ou même entrer en collision lors des différents mouvements du bras 3 par rapport au tronc 2. La peau du bras 3 et du tronc 2 est en majeure partie rigide. La ou les zones souples 25, 26 qui y sont réalisées sont disposées dans la continuité des zones rigides, respectivement 28 et 31.

La figure 3 représente le bras 3 relié à un avant bras 35 du robot 10'. Un coude 36 assurant la mobilité en rotation autour d'un axe 37 perpendiculaire au plan de la figure 3, relie le bras 3 et l'avant bras 35. On retrouve sur le bras 3 une zone souple 26 en forme de jupe au travers de laquelle s'étend le coude 36. Sur l'avant bras 35 une zone souple 38 poursuit une zone rigide 39 de la peau 40 de l'avant bras 35. La zone souple 38 peut entourer complètement l'avant bras 35 et suivre une ligne fermée de celui-ci. Alternativement, la zone souple 38 peut ne suivre qu'en partie la ligne fermée limitant la zone rigide 39. La zone souple 38 est alors en forme de lèvre

disposée au niveau où l'avant bras 35 se rapproche le plus du bras 3 lors de la rotation du coude 36 dans un premier sens de rotation. Dans une rotation en sens opposée au premier sens, l'avant bras 35 vient sensiblement dans l'alignement du bras 3. Sur l'arrière du coude 36, on peut se passer de zone  
5 souple sur l'avant bras 35. La zone souple 26 du bras 3 peut suffire pour éviter tout dommage du au pincement.

La figure 4 représente plus en détail la hanche 13 du robot 10'. La hanche 13 peut posséder un ou deux degrés de liberté entre le tronc 2 et la  
10 jupe 7. On peut retrouver une configuration voisine avec une hanche dans le robot 10 possédant deux jambes 5. La plage de débattement angulaire de la hanche 13 est par exemple inférieure à  $90^\circ$ . Pour un tel débattement angulaire, une zone souple sur la peau de l'un des éléments du robot relié par la hanche peut suffire. Dans l'exemple représenté, une zone 26 forme la  
15 partie basse du tronc 2. Comme pour l'épaule 11 ou le coude 36, la zone 26 fait ici le tour du tronc 2 autour de son axe vertical.

**REVENDICATIONS**

1. Robot à caractère humanoïde comprenant deux éléments (2, 3, 7, 35) et une articulation (11, 13, 36) à au moins un degré de liberté reliant les deux éléments, les deux éléments comprenant chacun une peau (22, 23, 40) délimitant leur surface externe, l'articulation (11, 13, 36) permettant un débattement dans une plage donnée, un premier des deux éléments (2, 3, 7, 35) étant destiné à venir sensiblement au contact d'une zone (25, 26, 38) de la peau (22, 23, 40) d'un second des deux éléments à une extrémité de la plage, caractérisé en ce que la zone (25, 26, 38) est souple de façon à permettre sa déformation d'une distance donnée avec un effort inférieur à un effort donné, en ce que la zone souple (26) est discontinue à l'intérieur d'une ligne fermée (30), en ce que le premier élément (3) traverse la peau (22) par la discontinuité de la zone souple (26) et en ce qu'une zone rigide (31) de la peau (22) entoure la zone souple (26) tout au long de la ligne fermée (30).
2. Robot selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une butée appartenant à l'un des deux éléments (2, 3, 7, 35), et en ce qu'à l'extrémité de la plage, l'autre des deux éléments (2, 3, 7, 35) vient au contact de la butée.
3. Robot selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les peaux (22, 23, 40) des deux éléments (2, 3, 7, 35) sont en majeure partie rigide et en ce qu'au moins une zone souple (25, 26, 38) est disposée dans la continuité d'une zone rigide (28, 31, 39) de la peau (22, 23, 40).

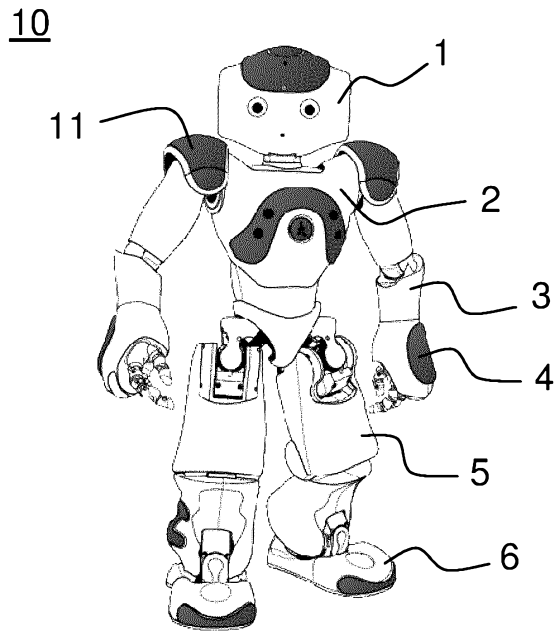


FIG. 1a

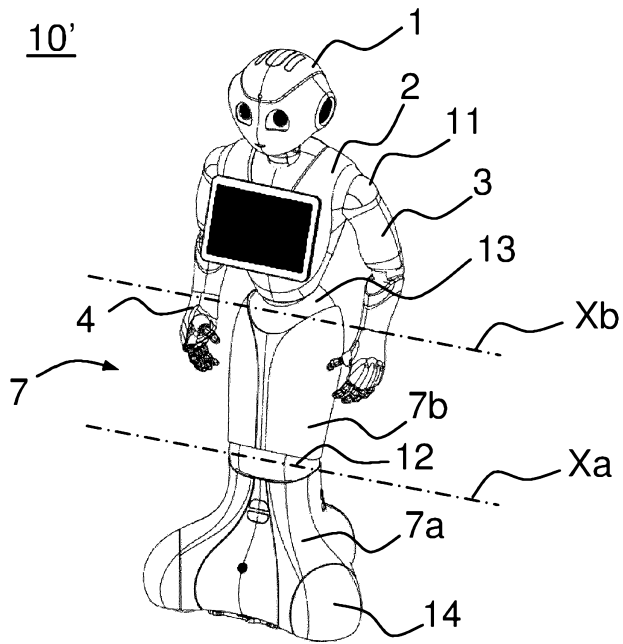


FIG. 1b

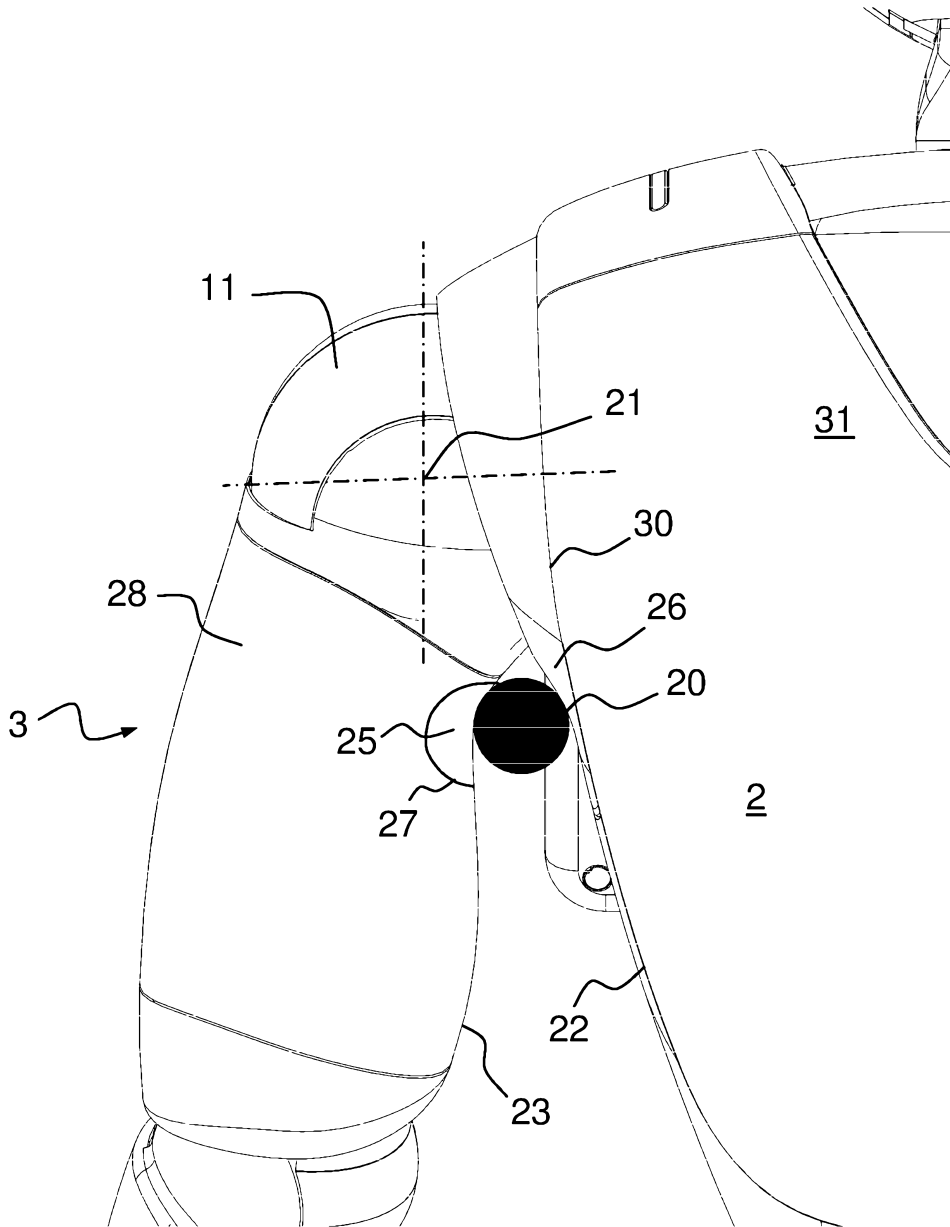


FIG.2a

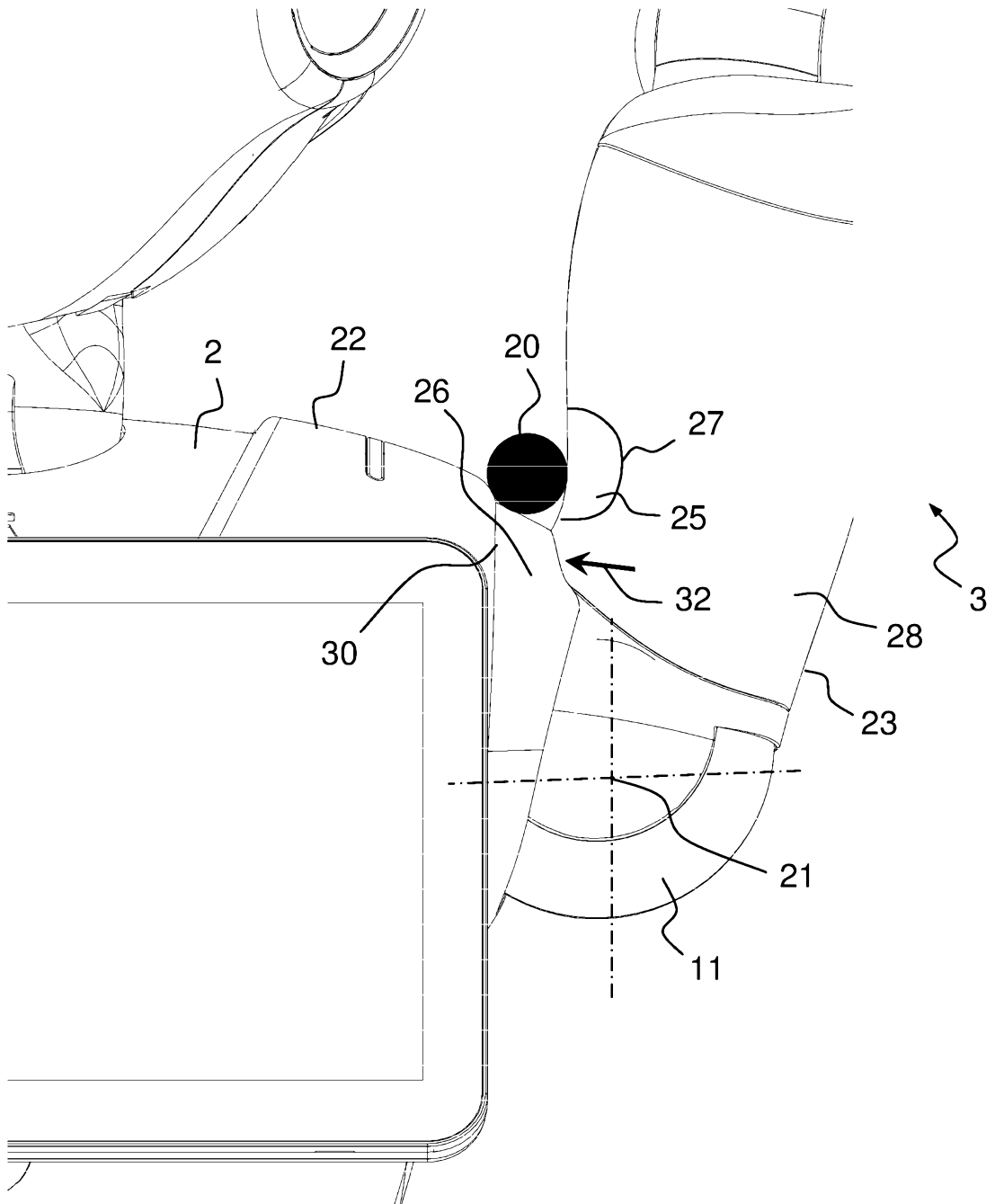


FIG.2b



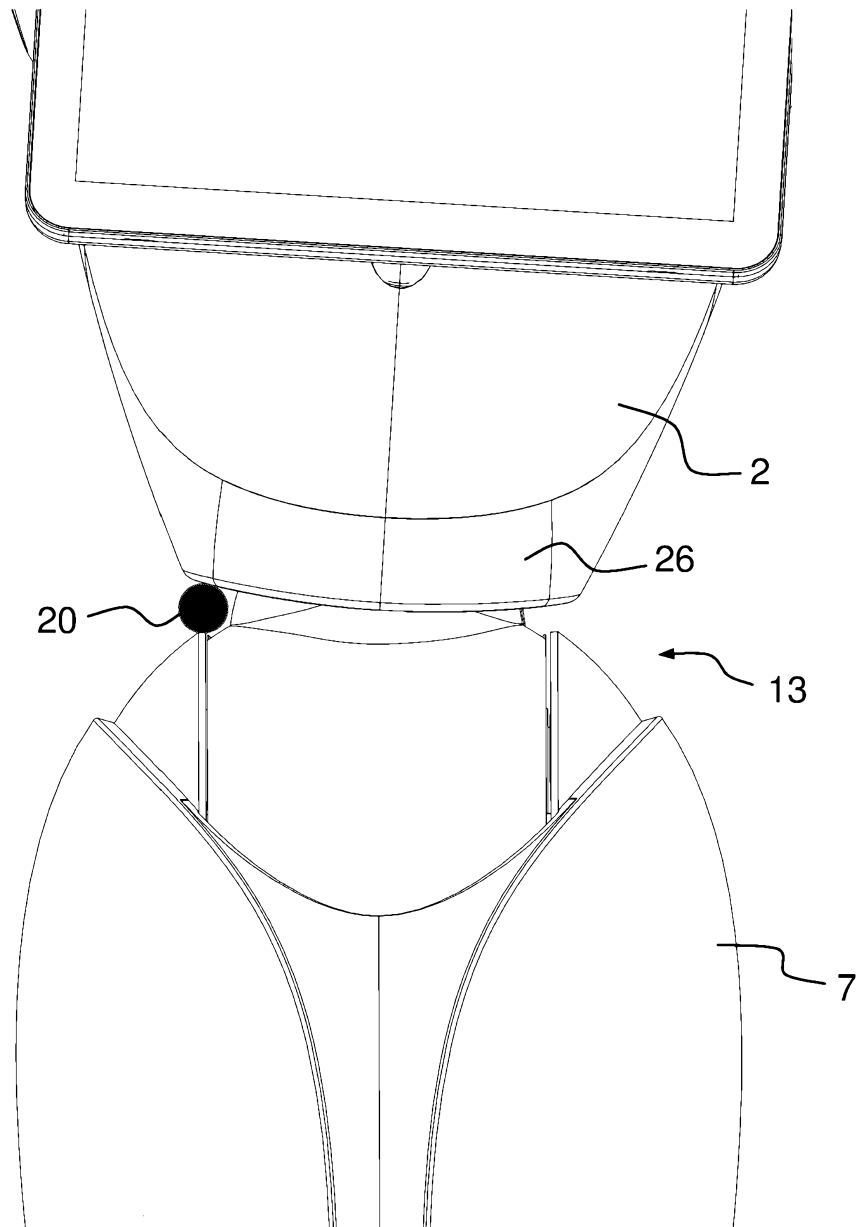


FIG.4

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

JP 2000 158378 A (SEIKO EPSON CORP) 13 juin 2000 (2000-06-13)

US 2011/067521 A1 (LINN DOUGLAS MARTIN [US] ET AL) 24 mars 2011 (2011-03-24)

US 2004/236469 A1 (MORIDAIRA TOMOHISA [JP] ET AL) 25 novembre 2004 (2004-11-25)

JP 2004 174644 A (SONY CORP; YAMAGUCHI JINICHI) 24 juin 2004 (2004-06-24)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT