

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 604 540**

51 Int. Cl.:

**A61N 5/10**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.10.2009 PCT/FR2009/052103**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2010 WO10049660**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2009 E 09763988 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016 EP 2376012**

54 Título: **Dispositivo para posicionar a un paciente con relación a una radiación**

30 Prioridad:

**31.10.2008 FR 0857442**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**07.03.2017**

73 Titular/es:

**BUREAU FRANÇAIS D'INGÉNIERIE (50.0%)**

**15 rue de Vaux**

**77710 Villebeon, FR y**

**INSTITUT CURIE (50.0%)**

72 Inventor/es:

**PINAULT, SAMUEL;**

**FERRAND, RÉGIS y**

**CHEMOUNY, JÉRÔME**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 604 540 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo para posicionar a un paciente con relación a una radiación

La presente invención se refiere a un dispositivo de posicionamiento de un paciente con relación a un haz de radioterapia externa. Esta tiene una aplicación particularmente ventajosa en el campo de la radioterapia, donde se utilizan haces de irradiación para tratamientos que precisan de una precisión muy grande, por ejemplo para el melanoma de la coroides o para ciertos tumores intracraneales. Cuando un tumor se halla, en especial, localizado en la base del cráneo de un paciente, la radioterapia tiene por objeto irradiar las zonas malignas evitando, al propio tiempo, alcanzar órganos críticos, tal como los nervios ópticos, el tronco cerebral, el oído interno o la médula espinal, que se encuentran próximos. Por lo tanto, es primordial posicionar correctamente al paciente con relación a la radiación destinada a irradiar un tumor. De una manera general, en radioterapia, el paciente es instalado sobre una mesa o una silla y luego posicionado con el concurso de un aparellaje electromecánico.

No obstante, la presente invención se sitúa en un ámbito más amplio, ya que puede aplicarse en otros campos que precisen posicionar con precisión a un paciente o cualquier otro objeto. La presente invención puede aplicarse, por ejemplo, en aplicaciones médicas de toda índole, que precisen de la colocación precisa y rápida de un paciente con relación a un referencial dado.

En la técnica anterior, el documento US 2005/0234327 describe un dispositivo de posicionamiento de un paciente que comprende una plataforma para portar al paciente, un brazo robótico de morfología "Scara" dotado de un enlace prismático que permite desplazamientos según un eje vertical, de dos enlaces rotativos verticales consecutivos y de una muñeca robótica de ejes concurrentes. El defecto de tal dispositivo es la modelización exacta de la elasticidad mecánica cuando el brazo robótico es estirado al máximo con un paciente instalado encima. Con el fin de obtener las precisiones requeridas para una aplicación médica, se debe implantar un sistema de mesa de corrección por soporte lógico, evolucionado. Por otro lado, el eje de traslación vertical experimenta considerables tensiones, lo cual puede limitar la vida útil de los componentes de enlace e incrementar el dimensionamiento de los mismos. Adicionalmente, este eje de traslación precisa de la instalación del dispositivo en un foso de una profundidad superior a un metro.

Por otro lado, el documento "Geometric and elastic error calibration of a high accuracy patient positioning system", Marco A. Meggiolaro et al., Mechanism and Machine Theory 40 (2005) 415-427, 12 September 2004, describe un método de compensación de las deformaciones de otro sistema electromecánico para el posicionamiento de un paciente. El modelo robótico descrito está dotado de tres ejes lineales para las traslaciones verticales, laterales y longitudinales. Cuenta además con tres ejes de rotación no concurrentes bajo la interfaz de fijación con la mesa de tratamiento. Este posicionador con seis grados de libertad ofrece limitadas posibilidades de cabeceo y balanceo ( $\pm 3$  grados). Adicionalmente, el mando de este dispositivo no permite la realización de desplazamientos evolucionados tales como rotaciones alrededor de una referencia virtual remota de la muñeca, ligada al tumor, tal como propone cualquier sistema robótico. Este aparato presenta los mismos defectos que el sistema anterior, a saber, la elasticidad mecánica y la obligación de un foso profundo en la sala de tratamiento.

El documento WO 2007/017211 describe un dispositivo de posicionamiento que emplea un robot industrial dotado de una pluralidad de ejes de rotación, apto para posicionar debidamente a un paciente. Sin embargo, tal dispositivo ocupa mucho espacio y precisa de un foso de gran dimensión apto para albergar la parte baja del dispositivo de posicionamiento. La instalación de tal dispositivo en una sala de tratamiento es, pues, muy onerosa y presenta cuantiosas imposiciones.

La presente invención tiene por finalidad subsanar los inconvenientes de la técnica anterior, proponiendo un nuevo dispositivo de posicionamiento, compacto y muy rígido, que cuenta intrínsecamente con una gran precisión y evita recurrir a un foso profundo.

La invención tiene por objeto desarrollar un robot de posicionamiento de instalación simple.

Finalmente, la invención tiene por finalidad proponer un control eficiente del robot de posicionamiento, con el fin de garantizar óptimamente la seguridad del paciente y del personal tratante durante los desplazamientos.

Se alcanza al menos una de las aludidas finalidades con un dispositivo según la reivindicación 1.

La invención constituye ventajosamente un robot de posicionamiento muy compacto, pero capaz de operar con una gran precisión en un espacio extenso. La ocupación de espacio es muy reducida con respecto a los dispositivos de la técnica anterior. Y es que la geometría descrita difiere de las habituales morfologías en el orden y los ángulos utilizados para la organización de los segmentos mecánicos que constituyen el robot. Los conceptos "Scara", poliarticulados o hexápodos, anteriormente presentados, tienen el gran inconveniente de precisar de un foso profundo en el suelo.

Adicionalmente, la presente invención es innovadora en cuanto a ocupación de espacio y a compacidad en posición de repliegue en la sala. Para hacer óptimo el espacio de trabajo de tal sistema, este tiene que estar centrado en un plano cuya altitud con respecto al suelo puede variar de un metro veinte a un metro cincuenta. Esta imposición es

inherente al principio del tratamiento por haz de radioterapia.

El objeto de la presente invención es tanto más destacable cuanto que constituye un robot de posicionamiento híbrido, el enlace entre el hombro y el codo de la morfología poliarticulada llamada "serie" (robot con movimientos de tipo brazo humano) se sustituye ventajosamente por el acoplamiento del eje lineal al suelo y de la pieza de unión sobre pivote vertical descrita anteriormente. Estos cambios resuelven los dos requisitos de movilidad (eje de traslación) y de compacidad (pieza de unión). El robot es compacto porque el raíl permite desplazar el conjunto del brazo robótico (de la pieza de unión hasta el soporte del paciente) mediante traslación hasta la ubicación prevista por la planificación de tratamiento. El brazo robótico, con sus múltiples grados de libertad, puede efectuar seguidamente movimientos de escaso recorrido pero que precisan de una gran precisión para optimizar la posición del blanco que ha de tratarse dentro del referencial de tratamiento.

Este robot de posicionamiento compacto de seis grados de libertad permite limitar la profundidad del foso y es capaz de transportar fuertes cargas de al menos 250 kg, con la ocupación de espacio de una mesa estándar de radioterapia. Con semejante raíl lineal según la invención, se puede prever un brazo robótico corto, de aproximadamente 1,30 m. Este robot de posicionamiento presenta una rigidez y una compacidad incrementadas con respecto a un sistema de la técnica anterior, por cuanto que este robot no dispone de eje desplazado, lejos de la base.

La invención posee, por la compacidad de su morfología, un centro de gravedad muy próximo a su base para limitar el efecto de voladizo observado en los dispositivos de la técnica anterior. Por lo tanto, todo el peso del robot de posicionamiento se reparte en el suelo, lo cual mejora la estabilidad y la rigidez del dispositivo.

El robot de posicionamiento según la invención permite optimizar y adaptar el espacio de trabajo a una aplicación dada. En efecto, el tamaño del raíl lineal puede variar en función del espacio disponible y de las funcionalidades opcionales deseadas. Así, se contempla aumentar la longitud del eje con el fin de realizar un posicionamiento previo del paciente merced a un generador de imágenes escáner a un lado de la sala y enviar luego al paciente directamente a la posición de tratamiento bajo el aparato de radioterapia mediante una traslación pura de la base del robot. Esta funcionalidad sustituiría ventajosamente las prácticas actuales, tediosas y escasamente adaptadas para ciertos tratamientos, especialmente en pediatría.

De acuerdo con otro modo de ensamble de los ejes del robot, el raíl lineal puede estar fijado a una parte pivotante de una base, siendo vertical el eje de pivote de esta parte pivotante. En el caso de tal ensamble, se puede instalar el sistema en un foso poco profundo (del orden de un máximo de 300 mm de profundidad). Mediante la aportación de este nuevo eje, el robot incluye siete ejes que combinan seis rotaciones y una traslación, para una movilidad máxima de seis grados de libertad. Esta aportación hace redundante la arquitectura y permite alcanzar posiciones de difícil acceso en un medio obstaculizado tal como una sala de tratamiento.

Con carácter práctico, para asegurar una correcta precisión, se prevé que la parte pivotante pivote con relación a una parte fija de la base por medio de un rodamiento de bolas. La parte fija de la base puede comprender varios pitones de perfil de aluminio fijados al suelo dentro de un foso pequeño, por ejemplo. El ensamble así realizado permite realizar una rotación del conjunto raíl lineal más brazo robótico de 360°. La envolvente de trabajo de tal aparellaje se corresponde con una semiesfera, sin zona muerta.

Preferentemente, el eje de rotación vertical del raíl lineal con relación a la base coincide con el eje o la verticalidad de dicho haz de radiación. De este modo, cuando un blanco, por ejemplo en la cabeza de un paciente, está posicionado debidamente con relación a la radiación, basta con una rotación pura del eje en el suelo para hacer girar al paciente, cambiar el ángulo de incidencia de la radiación, al propio tiempo que se conserva el blanco en línea. Esto permite contemplar un tratamiento dinámico del paciente, combinando el desplazamiento del robot con la forma del colimador multilaminar de conformado del haz.

Ventajosamente, el brazo robótico comprende un antebrazo corredero. El interés está en tener un volumen de calibración ligado al terminal del robot (dentro del cual el robot es muy preciso) que sigue el eje lineal. Este volumen se desplaza según un eje muy preciso (precisión del eje lineal < 0,1 mm) y se puede tener un volumen de precisión siguiendo permanentemente la zona que ha de tratarse. El terminal, denominado en ocasiones efector, se corresponde con el extremo del robot (dispositivo de posicionamiento). Generalmente, se trata de una placa de enganche entre el robot y el soporte de paciente.

Con un raíl lineal según la invención, cabe entonces la posibilidad de simplificar la calibración del dispositivo de posicionamiento. En efecto, se puede realizar un número limitado de puntos de medición, por ejemplo, ocho puntos en las esquinas de un volumen cúbico. A continuación, se calcula, dentro de este volumen, un cierto número de posiciones cartesianas que maximizan variaciones articulares importantes para cada desplazamiento. El robot tendrá una precisión muy elevada dentro de este volumen, ligado a su terminal, que se desplazará de manera muy precisa siguiendo el eje lineal.

El brazo robótico puede estar relacionado con la pieza de unión de manera pivotante según un eje de rotación horizontal.

5 De acuerdo con otra variante de la invención, el brazo robótico está relacionado con la pieza de unión de manera pivotante según un eje de rotación inclinado con respecto a la horizontal un ángulo comprendido entre 0° y 90°. Preferentemente, el eje de rotación del brazo robótico con relación a la pieza de unión está inclinado con respecto a la horizontal un ángulo comprendido entre 45 y 60 grados. Esta inclinación es especialmente útil para la inversión del brazo (paso del brazo de la parte anterior del robot hacia la parte posterior) dentro de un espacio confinado con una altura de techo reducida.

Por otro lado, la pieza de unión puede estar relacionada de manera pivotante según un eje vertical con una peana que está relacionada de manera corredera con dicho al menos un raíl lineal.

10 La muñeca está relacionada con el soporte de paciente por medio de un cambiador de útil electroneumático estándar.

De acuerdo con una característica ventajosa de la invención, la pieza de unión se desplaza mediante rodadura sobre el raíl lineal diseñado en perfil de acero en "U".

15 Ventajosamente, el dispositivo según la invención está diseñado en orden a limitar la manutención en la instalación dentro de la sala de tratamiento, merced a la aportación de ruedas amovibles o escamoteables que, en una instalación, soportan el dispositivo. Estas ruedas pueden ir fijadas en la base del bastidor del dispositivo. Esto facilita la manutención del dispositivo y permite una fácil sustitución de un posicionador en una sala existente.

20 De acuerdo con una característica ventajosa de la invención, el dispositivo comprende un piso móvil constituido a partir de dos semipisos relacionados con la pieza de unión y dispuestos a ambos lados de esta pieza de unión, para así cubrir constantemente el raíl lineal cuando se desplaza la pieza de unión; cada semipiso se constituye a partir de varias láminas unidas entre sí en cadena mediante articulaciones, de manera tal que, en posición de repliegue de un semipiso, al menos una parte de las láminas de ese semipiso queda guardada en acordeón bajo un plano horizontal que contiene ese semipiso en posición desplegada.

Preferentemente, el piso desliza sobre dos juegos de raíles secundarios:

25 - un primer juego de raíles secundarios internos sobre los cuales desliza la mitad de las articulaciones, siendo paralelos estos dos raíles secundarios internos y estando distanciados entre sí; presentando estos dos raíles secundarios internos una parte lineal alta, un punto de flexión y una parte lineal baja;

30 - un segundo juego constituido a partir de dos raíles secundarios externos sobre los cuales desliza la otra mitad de las articulaciones, siendo paralelos estos dos raíles secundarios externos y estando distanciados una distancia superior a la distancia de distanciamiento de los dos raíles secundarios internos; siendo lineales estos dos raíles secundarios externos en un plano horizontal sensiblemente a la misma altura que la parte lineal alta de los raíles secundarios internos;

y, para dos articulaciones sucesivas, una es portada por el primer juego de raíles secundarios, siendo portada la otra por el segundo juego de raíles secundarios.

35 Ventajosamente, cada semipiso presenta, en posición desplegada, una parte plana próxima a la pieza de unión y, en posición de repliegue, una parte plegada en acordeón entre la parte lineal baja de los raíles secundarios internos y los raíles secundarios externos.

40 De acuerdo con una variante ventajosa de la invención, el piso es fijo. En este caso, el raíl lineal está constituido por una pluralidad de elementos modulares fijados al suelo y conectados entre sí. Estos elementos modulares pueden presentar, por ejemplo, una longitud de 1 m y permiten adaptar la carrera del robot a una aplicación dada, tal como la disposición de un escáner a un lado de la sala y de un acelerador de tratamiento, a otro lado.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se propone un sistema de posicionamiento que comprende un dispositivo de posicionamiento tal como se ha definido anteriormente, una unidad de tratamiento que integra un soporte lógico de supervisión, una serie de sensores de reajuste del paciente y, especialmente, una serie de sensores de seguridad.

45 La comprobación de los desplazamientos recae en la implantación de sensores y soporte lógico. Los sensores utilizados son, en parte, sensores evolucionados tales como un sensor de estereovisión de infrarrojos capaz de seguir el desplazamiento de blancos de geometría conocida, sensores de rayos X, cámaras industriales y un sensor de esfuerzo sobre el órgano terminal del robot. El conjunto de la información recogida por estos sensores converge hacia un mismo centro de tratamiento, denominado supervisor. El supervisor conoce el estado actual del entorno del robot y puede compararlo con la configuración teórica de la sala para la tarea solicitada. Esta comparación viene acompañada de una ocasional modificación de la trayectoria, en caso de evitación de obstáculos, de una disminución de la velocidad al aproximarse a una zona potencialmente peligrosa o de un aviso al operario en caso de problemas. Señalizándose al operario, en la interfaz de supervisión, cada cambio con respecto al escenario original. La seguridad se ve reforzada mediante la aportación de una capa de sensores de bajo nivel: resolucionadores, acelerómetros, contadores de impulsos sobre cada eje, inclinómetros, bandas anticolidión, que

55

tienen la función de cortar la potencia del robot en caso de rebasamiento de los límites impuestos por las normas que rigen la instalación de los sistemas electromecánicos en entorno médico.

De acuerdo con la invención, la unidad de tratamiento puede comprender un módulo de visualización 3D dotado:

- de una modelización 3D virtual de la sala de tratamiento donde se sitúa el dispositivo de posicionamiento;
- 5 - de una modelización 3D virtual del dispositivo de posicionamiento; estando parametrizada esta modelización para representar el posicionamiento en tiempo real del dispositivo de posicionamiento, a partir de sensores, y para definir una envolvente virtual alrededor al menos de un elemento del dispositivo de posicionamiento, al objeto de generar una señal de alerta cuando la envolvente virtual colisiona con una representación virtual de un elemento de la sala de tratamiento.
- 10 La unidad de tratamiento puede ser parametrizada al objeto de desencadenar, como respuesta a la señal de alerta, un proceso anticolidión consistente en detener el dispositivo de posicionamiento o en reorientar el movimiento del dispositivo de posicionamiento.

Con el sistema según la invención, un mando desplazado del robot de posicionamiento mejora la seguridad de los desplazamientos, merced a la optimización de las trayectorias escogidas y a la interpretación facilitada de las órdenes que han de enviarse. El módulo de visualización 3D es especialmente útil para la reproducción visual de la escena y de la evolución del robot. A partir de las mediciones de los sensores (posición del robot) y de la simulación precisa de cada parte del sistema (accesorio de tratamiento, mesa o silla), se pueden anticipar y evitar las colisiones. Esta funcionalidad está basada ventajosamente en envolventes virtuales alrededor de cada uno de los elementos (fijos o móviles) presentes en la sala de tratamiento. Esta forma de realización constituye un sistema anticolidión que permite el desplazamiento del robot en la sala de tratamiento sin riesgo de colisión.

De acuerdo con otra característica ventajosa, el dispositivo según la invención comprende al menos un sensor de esfuerzo fijado a la muñeca, preferentemente al terminal del dispositivo de posicionamiento, y relacionado con una unidad de tratamiento que controla dicho dispositivo de posicionamiento, al objeto de realizar una co-manipulación acompañando cualquier esfuerzo detectado por dicho al menos un sensor de esfuerzo. Más exactamente, el sensor de esfuerzo puede comprender seis galgas extensométricas. Los esfuerzos detectados son transmitidos a la unidad de tratamiento (un ordenador, por ejemplo), que los trata y envía de vuelta al robot el mandato de desplazamiento en el sentido del esfuerzo. Este lazo de mando permite a un usuario manipular el útil sin imposición alguna de masa. Las inercias y el peso son compensados por el robot. Las posibilidades de movimientos son las del robot, es decir, los seis grados de libertad, tres traslaciones y tres rotaciones. Esta forma de realización permite una manipulación manual del robot. El objetivo es, especialmente, desplazar a un paciente asentado sobre el soporte en co-manipulación para alinearlos intuitivamente frente a un aparato de formación de imágenes o de tratamiento con el concurso de sistemas láser estándar. Esta operación de colocación manual del paciente permite disminuir los tiempos de puesta en posición. Se trata de un posicionamiento previo que también se puede utilizar ventajosamente para un desalojo de emergencia intuitivo del paciente en caso de malestar. Este método es intuitivo, ya que el esfuerzo que ejerce un usuario sobre el robot es reemplazado por un desplazamiento bajo el control automático del dispositivo de posicionamiento que gobierna un sistema electromecánico.

El sensor de esfuerzo puede ser utilizado igualmente como medición de carga embarcada. Esta medición se utiliza para graduar los parámetros de servocontrol de la co-manipulación, pero también para hacerse una idea de las deformaciones experimentadas por el robot y, así, compensarlas. Esta medición directa del sensor es automatizada y, por consiguiente, completamente transparente para el usuario.

El sensor de esfuerzo puede ser utilizado también para la detección de colisiones con objetos móviles. En un desplazamiento del robot según una trayectoria predefinida o dinámica, o para cualquier otra manipulación, el útil puede entrar en colisión con otros elementos del entorno (humano, carro,...). Estas colisiones originan esfuerzos inesperados sobre el sensor, por lo que se puede poner el robot en parada de emergencia para evitar dañar una u otra de las partes en colisión.

Otras ventajas y características de la invención se irán poniendo de manifiesto con la detenida observación de la descripción detallada de una forma de puesta en práctica, en absoluto limitativa, y de los dibujos que se acompañan, en los cuales:

la figura 1 es una vista esquemática que ilustra el principio cinemático de un robot de posicionamiento según la invención,

la figura 2 es una primera vista esquemática lateral del dispositivo de posicionamiento según la invención,

la figura 3 es una segunda vista esquemática lateral del dispositivo de posicionamiento según la invención,

la figura 4 es una vista esquemática que ilustra un espacio de trabajo en el que puede moverse el robot de posicionamiento según la invención,

la figura 5 es una vista esquemática de un robot de posicionamiento según la invención para el cual el raíl lineal está fijado al suelo,

la figura 6 es una vista esquemática del robot de posicionamiento según la invención en una posición desplegada,

5 las figuras 7 y 8 son sendas vistas esquemáticas que ilustran una forma de realización en la que el piso sobre el raíl lineal es móvil,

la figura 9 es una vista esquemática de una forma de realización en la que el piso es fijo y compuesto por elementos modulares;

la figura 10 es una vista esquemática de costado del robot de posicionamiento de la figura 9 sin el soporte de paciente; y

10 la figura 11 es una representación virtual de un soporte de paciente del robot de posicionamiento de la figura 9.

Un robot de posicionamiento según la invención está destinado generalmente a posicionar a un paciente con relación a una radiación ionizante en una radioterapia externa. Tal robot de posicionamiento se dispone dentro de una sala dimensionada para tales tratamientos terapéuticos. Esta sala está equipada con un acelerador de partículas que es apto para generar una radiación focalizada en el tumor que ha de tratarse, en el cuerpo del paciente. Fácilmente se comprenderá que el posicionamiento del paciente tiene que ser lo más preciso posible y estable a lo largo de todo el tratamiento.

Un robot de posicionamiento es un brazo articulado que es portador de una mesa de soporte o una silla de soporte o cualquier otro medio de soporte sobre el cual se ubica un paciente. Las articulaciones del robot de posicionamiento son gobernadas por una unidad de tratamiento y son aptas para posicionar el tumor del paciente de todo punto en el interior de un espacio de trabajo tridimensional.

En la figura 1 se ve una vista esquemática que ilustra el principio cinemático de un robot de posicionamiento según la invención. Está previsto un generador de partículas 1 para generar una radiación según un eje vertical 2 hacia abajo.

25 El robot de posicionamiento incluye una base 3 sobre la cual puede pivotar un raíl lineal 4 según un eje de rotación vertical 5. Ventajosamente, este eje de rotación vertical 5 puede coincidir con el eje 2 de la radiación. El robot de posicionamiento incluye asimismo una pieza de unión 6a fijada en una peana 6b de manera pivotante según un eje de rotación vertical 7. La peana 6b puede desplazarse linealmente, por traslación, sobre el raíl lineal 4 según un eje de traslación horizontal 8. La pieza de unión 6a es portadora de un brazo robótico 9 compuesto por un antebrazo 10 y por una muñeca 11. El antebrazo 10 está fijado a la pieza de unión 6a de manera pivotante según un eje de rotación horizontal 12. Preferentemente, el antebrazo 10 es de tipo corredero, de modo que puede alargarse linealmente según un eje lineal 13. El extremo del antebrazo 10 más alejado de la pieza de unión 6a es portador de la muñeca 11 con tres grados de libertad según tres ejes de rotación ortogonales 14, 15 y 16 y concurrentes. Esta muñeca 11 está fijada en la parte corredera del antebrazo 10. La mesa de soporte (no representada), destinada a albergar al paciente, se fija generalmente en horizontal sobre la muñeca 11.

35 De manera convencional, el robot de posicionamiento según la invención está relacionado con una unidad de tratamiento (no representada) apta para manejar las articulaciones de este robot de posicionamiento con el fin de ubicar el tumor de un paciente en una posición predeterminada. Esta unidad de tratamiento recupera en tiempo real las posiciones articulares de cada uno de los ejes, merced a unos codificadores fijados a los motores. A continuación, a partir de los parámetros geométricos teóricos dimanados de la calibración del robot, la unidad de tratamiento está en disposición de proporcionar al usuario una posición cartesiana de la referencia del tumor con relación a la referencia virtual de tratamiento. De este modo, el usuario puede interpretar con facilidad esta posición y comprobar que es conforme a la prescripción. De igual manera, el usuario puede validar una corrección que haya de aplicarse a la referencia del tumor en la referencia de tratamiento, de manera acorde con la propuesta del sistema utilizado para el reajuste del paciente (escáner, rayos X, infrarrojos). A continuación, esta orden se analiza y retranscribe a mandato articular para el robot.

50 La invención se ve dotada, además, de un soporte lógico de visualización 3D avanzado, basado en un modelo teórico de la escena y en la información recuperada por los diferentes sensores presentes. Esta modelización fina del procedimiento de posicionamiento permite contemplar en su momento un traslado de los mandos fuera de la sala de tratamiento. Este traslado permitirá, ventajosamente, desplazar el posicionador a distancia y, así, reducir el tiempo que pierde el operario en regresar a la sala para cambiar la incidencia de tratamiento del paciente.

En las figuras 2 y 3, se ve un ejemplo de realización del robot de posicionamiento según la invención. La base 3 está constituida por una corona 3a, parte pivotante, montada sobre pitones 3b de perfil de aluminio fijados sólidamente al suelo.

55 El raíl lineal 4 es un marco determinado por dos raíles rectos, de patines con rodamientos 4a y 4b paralelos, preferentemente en perfil de acero de sección en "U". Estos dos raíles 4a y 4b están unidos entre sí mediante tres

raíles 4c, 4d y 4e paralelos entre sí y perpendiculares con los dos raíles 4a y 4b. El raíl 4c se halla dispuesto en un extremo del conjunto raíl lineal. Los dos raíles 4c y 4d y una parte de los dos raíles 4a y 4b constituyen un marco fijado sólidamente a la corona 3a de manera pivotante. El conjunto del raíl lineal 4 puede pivotar en 360° según el eje de rotación vertical 5 que pasa por el centro de la corona 3a.

- 5 La peana 6b está en engrane de manera corredera con los dos raíles 4a y 4b. Esta peana 6b es portadora, de manera pivotante según el eje de rotación vertical 7, de la pieza de unión 6a, que es un marco metálico mantenido verticalmente. El brazo robótico 9 es un brazo según la arquitectura "SERIE". Está fijado a una parte superior de la pieza de unión 6a y puede pivotar según el eje de rotación horizontal 12. El antebrazo 10 es un tubo alargado y abocinado en correspondencia con el enlace con la pieza de unión 6a. El extremo libre del antebrazo es portador de la muñeca 11, sobre la cual está fijada la mesa 17 de soporte para el paciente. Esta mesa 17 se mantiene sensiblemente en horizontal la mayor parte del tiempo, pero se le hace quedar posicionada por la muñeca. La mesa 17 puede ser una plataforma o una silla en ciertos casos para el transporte de paciente. Esta es de carbono a base de nido de abeja, con el fin de ser radiotransparente y muy rígida, al propio tiempo que conserva un peso limitado.
- 10
- 15 El robot de posicionamiento está constituido de manera tal que es compacto en posición de reposo.

Por ejemplo, puede ser una posición de reposo la posición ilustrada en las figuras 2 y 3, en la que el raíl lineal 4 y el antebrazo 10 están prácticamente paralelos en un mismo plano vertical. La pieza de unión se halla dispuesta sobre un extremo del raíl lineal 4 en oposición a la base 3. En antebrazo 10 está fijado a la pieza de unión 6a y está dirigido hacia la base 3, al propio tiempo que permanece paralelo al raíl lineal 4. La mesa 17 se mantiene por encima de la muñeca 11, con un extremo fijado a la muñeca 11, dirigiéndose el otro extremo por el lado opuesto al antebrazo.

- 20 Para mejorar su compacidad, cabe prever igualmente un raíl lineal corredero, de modo que, en posición de repliegue, la ocupación de espacio sea mínima y/o el centro de gravedad del robot de posicionamiento esté lo más cerca posible del eje de rotación 5. Con un raíl corredero, se aumenta la amplitud lineal de trabajo, por tanto, el espacio de trabajo.
- 25

La figura 4 es una vista esquemática del espacio de trabajo E1 para un robot de posicionamiento según la invención. Este espacio E1 es un volumen de forma semiesférica achatado por arriba. Así, el paciente puede ser posicionado de manera continua en todo el volumen de este espacio de trabajo E1.

- 30 En la figura 5, se ve otro ejemplo de realización, en el que nos encontramos con la mayoría de los componentes del ejemplo anterior. La pieza de unión 18 ha sido modificada de modo que, en esta forma de realización, es posible instalar una pieza de unión de gran precisión y de elevado peso. En efecto, el raíl lineal 21 está fijado al suelo y puede recibir sin dificultad una pieza de unión 18 que puede pivotar en 360° según el eje de rotación vertical con respecto a una peana 19. Esta peana 19 desliza de manera lineal según un eje de traslación horizontal sobre dos raíles lineales 20 paralelos y fijados al suelo. Para la puesta en práctica de esta forma de realización, se prevé un pequeño foso 21 en el que se instalan el primer raíl lineal 20 y el segundo raíl (no visible en la figura 5). Por lo tanto, este robot de posicionamiento incluye un eje de traslación horizontal sobre el raíl lineal y cinco ejes de rotación: rotación de la pieza de unión 18 con relación a la peana 19, del antebrazo 10 con relación a la pieza de unión, y los tres ejes de rotación de la muñeca 11. Se puede igualmente añadir otro eje de traslación por el hecho de que el antebrazo 10 puede ser corredero.
- 35

- 40 Con tal robot de posicionamiento, se puede garantizar un posicionamiento preciso del tumor con una exactitud de  $\pm 0,5$  mm y  $\pm 0,5$  grados, así como posibilidades de grandes desplazamientos:

- Delta X =  $\pm 1000$  mm (eje longitudinal en versión nominal del eje lineal)
- Delta Y =  $\pm 1000$  mm (eje lateral)
- Delta Z =  $\pm 800$  mm (eje vertical)
- 45 - Delta Rx =  $\pm 20$  grados (eje longitudinal)
- Delta Ry =  $\pm 20$  grados (eje lateral)
- Delta Rz =  $\pm 110$  grados (eje vertical)

- 50 En la figura 6, se ve un ejemplo de ejecución en el que el robot de posicionamiento está desplegado. El brazo robótico se halla en posición elevada oblicua. La muñeca 11 mantiene la mesa 17 en posición horizontal. Se ve asimismo que el espacio de trabajo E2 es un volumen en forma de una semiesfera alargada lateralmente y achatada por encima.

En la figura 7, se representa otra forma ventajosa de realización del robot según la invención. Se distingue una peana 22 que es apta para deslizar sobre dos raíles lineales paralelos 23 y 24 dispuestos lateralmente con relación a esta peana 22. Un primer motor 25 participa en el desplazamiento lineal de la peana 22. Una pieza de unión 26,

ubicada por encima de la peana 22, está relacionada con esta peana 22 de manera pivotante según un eje vertical. La pieza de unión presenta una forma triangular con la base asentada sobre la peana 22 y una plancha inclinada que recibe el brazo robótico 9. Un segundo motor 27 participa en la rotación de la pieza de unión 26 con relación a la peana 22. Ventajosamente, el brazo robótico 9 está relacionado con la pieza de unión 26 de manera pivotante según un eje de rotación 28 que está inclinado un ángulo  $\alpha$  no nulo con respecto a la horizontal. Este ángulo  $\alpha$  está comprendido preferentemente entre 45 y 60°. En el presente caso, es de 60°. Esta disposición inclinada permite al robot según la invención moverse dentro de un espacio reducido tal como una sala tradicional de hospital con un techo limitado a, por ejemplo, 2,5 metros y, al mismo tiempo, alcanzar una altura mínima de carga del paciente del orden de 60 cm, especialmente para subir a la plataforma 17 a un niño o a una persona mayor. La disposición inclinada permite ubicar el brazo robótico 9 y la pieza de unión 26 sobre la peana 22 lo más cercanos posible al suelo, sin que la parte posterior 29 del brazo robótico 9 colisione con obstáculos, tales como la propia peana, en movimientos de rotación. En efecto, en las formas de realización precedentes, el brazo robótico 9 está fijado a la pieza de unión a una altura suficiente para que la rotación del brazo robótico no intercepte la peana 6b, por ejemplo en la figura 3.

El robot así descrito cuenta con seis ejes de maniobrabilidad, una traslación y cinco rotaciones, esto es, seis grados de libertad. Por lo tanto, se puede ubicar a un paciente dentro del espacio de trabajo en cualquier configuración.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, igualmente representado en la figura 7, se ve un piso constituido a partir de dos semipisos 30 y 31. El semipiso 30 se compone de varias láminas 32 unidas entre sí en cadena por medio de articulaciones (visibles en la figura 8 en 33). El semipiso 30 se halla en posición desplegada, es decir, constituye un piso plano sólido sobre el cual puede sustentarse el usuario. Este semipiso 30 desliza siendo solidario de la peana 22. De este modo, cuando la peana 22 se desplaza alejándose de un piso fijo izquierdo 34, el semipiso 30 desliza cubriendo el foso que se encuentra entre el piso fijo izquierdo 34 y el motor 25 fijado a la peana 22. Por el contrario, cuando la peana 22 hace tope en el piso fijo izquierdo 34, el semipiso 30 desliza para ponerse en posición de repliegue, en acordeón, bajo el piso fijo izquierdo 34. El semipiso 30 actúa del mismo modo que el semipiso 30, pero en contrafase. Cuando uno se repliega, el otro se despliega, y viceversa. En la figura 7, el semipiso 35 se halla en posición de repliegue bajo el piso fijo derecho 36. Se ve que las láminas 37 que constituyen el semipiso 35 se ubican en acordeón bajo el piso fijo derecho 36.

En la figura 8, se ve un poco más en detalle el mecanismo de deslizamiento del semipiso 35, lo mismo en cuanto al semipiso 30. Este semipiso 35 desliza sobre dos juegos de raíles secundarios.

Un primer juego de raíles secundarios internos 38 y 39 (representado en línea de puntos). Cada raíl secundario 38, 39 incluye una parte lineal alta 40 (no representada para el raíl secundario 38) sobre la que se encuentran las láminas 37 en posición desplegada, permitiendo al usuario andar encima; un punto de flexión 41, 42 en forma de "S" y una parte lineal baja 48, 43, paralela a la parte lineal alta 40, pero dispuesta prácticamente en el fondo del foso.

Un segundo juego de raíles secundarios externos 44 y 45 presenta un distanciamiento superior al de los raíles secundarios internos 38, 39. Los dos raíles secundarios externos permanecen lineales a todo lo largo del desplazamiento de las láminas 37. Estas láminas son portadoras, en correspondencia con las articulaciones, de rodamientos dispuestos al tresbolillo. La mitad de los rodamientos 46 está guiada por los dos raíles secundarios internos 38, 39, mientras que la otra mitad 47 está guiada por los dos raíles secundarios externos 44 y 45, ver figura 8. Más exactamente, estos rodamientos están dispuestos de manera alternativa, un rodamiento 46 viene seguido de un rodamiento 47, y viceversa. En posición de repliegue, los rodamientos 47 deslizan por los raíles secundarios externos 44 y 45, mientras que los rodamientos 46 deslizan por el punto de flexión 41, 42, que constituye una rampa de acceso hacia un nivel inferior, donde se encuentra la parte lineal baja 43, 48. De este modo, en posición de repliegue, las láminas 37 se hallan dispuestas en la vertical y en acordeón. Entonces, ocupan un mínimo volumen y permanecen camufladas. Las láminas 37 pasan del estado horizontal al estado vertical tan solo con el efecto de la gravedad, se guardan automáticamente y sin motorización añadida.

En la figura 9, se ve una forma de realización del sistema según la invención dentro de una sala de tratamiento equipada con el dispositivo de posicionamiento según la invención, así como con elementos fijos y móviles.

El dispositivo de posicionamiento puede ser tal como se ha descrito anteriormente. Preferentemente, se utiliza el dispositivo de posicionamiento de la figura 9, que comprende una pieza de unión 50 corredera sobre un raíl lineal 56 y portadora de un brazo robótico 53 dotado de una muñeca 54 con ejes de rotación concurrentes.

El raíl lineal 56 está fijado ventajosamente al suelo y se constituye a partir de varios elementos modulares 57a,..., 57d relacionados unos con otros. Estos elementos modulares pueden ser idénticos, de modo que se vea facilitada su implantación dentro de la sala de tratamiento. Así, con tal ordenación, es sencillo realizar raíles lineales de diferentes longitudes. Tal como se ve en la figura 10, que representa una vista de costado del dispositivo de posicionamiento de la figura 9 sin el soporte de paciente, cada elemento modular 57a,..., 57d incluye una placa metálica (u otro material sólido, tal como la madera, plástico,...) superior 67a, 67b, 67c asentada sobre tres montantes fijados sólidamente al suelo, dos montantes laterales 57h, 57i, y un montante central 57g. Cada placa metálica superior incluye dos ranuras o aberturas laterales 58 y 59, en la figura 9, que son paralelas y subdividen cada placa metálica superior en tres partes 67a, 67b, 67c. Estas ranuras dan acceso a un volumen de confinamiento

entre las placas metálicas superiores 67b y el suelo. Este volumen de confinamiento encierra un motor 66, en la figura 10, destinado a hacer deslizar la peana 52 de la pieza de unión 50 con relación al raíl lineal 56. Más exactamente, la peana 52 es portada por dos patines 68 y 69. Estos patines comprenden una parte superior para soportar la peana 52, una parte inferior corredera sobre raíles fijos 70 dentro del volumen de confinamiento y una parte central conformada de manera suficientemente estrecha y sólida para relacionar la parte superior y la parte inferior por intermedio de las ranuras 58 y 59, sin nunca tocarlas.

Tal realización permite camuflar el motor dentro de un volumen de confinamiento invisible desde el exterior, esto permite ganar espacio y hace plana la superficie superior del raíl lineal. El usuario puede desplazarse con toda seguridad sobre este piso constituido por las placas metálicas superiores de los elementos modulares 57a, ..., 57d. Se prevén asimismo dos elementos modulares de tope 57e y 57f que respectivamente se hallan dispuestos en los dos extremos del raíl lineal 56.

La peana 52 está asociada a una pieza de pivote 51 apta para pivotar según un eje de rotación vertical. El brazo robótico 53 está relacionado de manera pivotante con una parte superior de la pieza de unión 50 según un eje de rotación que forma un ángulo comprendido entre 45 y 60° con respecto a la horizontal. La muñeca 54 es portadora de un soporte de paciente 71 que se puede posicionar de manera muy precisa dentro del referencial de la sala de tratamiento.

De acuerdo con la invención, una unidad de tratamiento 60 permite pilotar de manera electromecánica el dispositivo de posicionamiento o robot. Al objeto de controlar cualquier articulación del robot de manera automática, sobre y dentro del robot se hallan dispuestos varios motores, entre ellos el motor 66 para el desplazamiento del raíl lineal. Dispuestos sobre el robot, se halla un conjunto de sensores convencionales tales como, por ejemplo, un inclinómetro 65 dispuesto sobre la muñeca 54. A partir de los sensores, así como especialmente de los motores, la unidad de tratamiento recupera un conjunto de información que permite conocer exactamente, en tiempo real, el posicionamiento del robot. Es decir, en cada instante, es conocida la posición del soporte dentro de la sala y el valor de los ángulos de inclinación de los diferentes elementos del robot.

La unidad de tratamiento comprende una parte de soporte físico de tipo ordenador, dotado de elementos convencionales para la adquisición, el tratamiento analógico y digital de datos. Un disco duro 61 aloja un módulo de visualización 3D que determina y luego presenta en una pantalla 62 una representación en 3D del desplazamiento del robot con relación al entorno, que es la sala de tratamiento. Este módulo de visualización incluye, pues, una modelización 3D virtual del entorno y una modelización 3D virtual, en tiempo real, del robot desplazándose dentro del entorno. Ventajosamente, asimismo incluye una modelización 3D virtual de una envolvente virtual alrededor del soporte 71 del robot, así como un algoritmo de detección de colisiones en tiempo real entre la envolvente virtual y el entorno modelizado.

La modelización del entorno tiene en cuenta las dimensiones de la sala de tratamiento, pero también de los elementos u obstáculos presentes dentro de esta sala de tratamiento. Se distingue especialmente la unidad de tratamiento propiamente dicha, así como un dispositivo de radiación 64, que generalmente es móvil. Ventajosamente, la unidad de tratamiento está relacionada con el robot y con el dispositivo de radiación 64 de manera cableada 63 o inalámbrica, de modo que el módulo de visualización 3D puede representar cualquier aparato móvil dentro de la sala de tratamiento.

Las modelizaciones se obtienen a partir de datos adquiridos en tiempo real y de datos predeterminados. Estos datos predeterminados pueden corresponder a los datos de posicionamiento de los elementos móviles. Estas posiciones, tal como la de la unidad de tratamiento, son conocidas de antemano y pueden ser introducidas por el usuario.

La representación virtual de la dinámica dentro de la sala de tratamiento permite implantar sistemas de vigilancia tal como un proceso anticolidión.

Para conseguir esto, se prevé que la envolvente virtual siga el movimiento del soporte 71. La figura 11 es una representación en 3D virtual visible en la pantalla 62. Por motivos de simplificación, solo está representado el soporte 71. La envolvente virtual 72 es de la misma forma que la representación virtual del soporte 71, pero de dimensiones superiores. Consecuentemente, cuando el soporte 71 está en movimiento, la envolvente 72 sigue el mismo movimiento, y cualquier probable colisión del soporte 71 con uno de los elementos de la sala de tratamiento está precedida por una colisión virtual de la envolvente 72 en el módulo de visualización 3D. En realidad, la representación en 3D permite alertar al usuario del riesgo de colisión real del soporte 71 cuando la envolvente virtual 72 colisiona virtualmente.

En la figura 11, la envolvente 72 engloba la representación en 3D del soporte 71, pero esta envolvente 72 puede ser de forma diferente de la del soporte y de tamaño inferior, especialmente para vigilar tan solo una parte del soporte.

La modelización 3D de una envolvente virtual se puede utilizar igualmente en cualquier elemento móvil de la sala de tratamiento. Así, se puede prever una segunda envolvente virtual alrededor del dispositivo de radiación 64, siendo estimada la colisión entre las dos envolventes virtuales.

A efectos prácticos, el módulo de visualización puede ser llevado a la práctica, en especial, a partir de un motor de

soporte lógico 3D y de técnicas procedentes del mundo de los videojuegos (motor físico) para el cálculo de las colisiones de manera óptima. La detección de colisiones se deriva de potentes algoritmos optimizados tales como, especialmente, los siguientes algoritmos conocidos por un experto en la materia:

- algoritmo de tipo "n-body pruning",
- 5 - algoritmo de la coherencia temporal,
- algoritmo de distancia de tipo Gilbert-Johnson-Keerthi.

Estos algoritmos permiten aumentar la velocidad de detección de colisiones. Cabe contemplar aproximadamente 60 pruebas de colisión por segundo.

- 10 Cuando se detecta una colisión, existen varias posibilidades de actuación. Se puede solicitar la parada completa del sistema o reorientar el movimiento del robot para evitar la colisión real (por ejemplo, deslizamiento del robot sobre una superficie virtual).

Tal sistema anticolidión presenta numerosas ventajas:

- mejora de la seguridad y protección de las personas que transitan por la sala de tratamiento.
- Sistema de protección exterior a la cadena de funcionamiento normal para el equipo de que se trate.
- 15 - Aumento de las posibilidades de movimiento, al estar los elementos móviles protegidos de la colisión y, por tanto, aumento de la comodidad de los operarios en cuanto a la maniobrabilidad de estos elementos.

- 20 Un sistema anticolidión permite aumentar la capacidad del uso de un sistema móvil en el espacio. Así, un robot médico, por ejemplo, es maniobrable con facilidad por parte del operario, con toda seguridad, sin que tenga que preocuparse de un contacto ocasional. Las máquinas son, pues, más autónomas, se encargan por sí mismas de su propia seguridad y de la de sus alrededores.

De acuerdo con la invención, se prevé mejorar la manipulación del robot mediante un proceso de co-manipulación, que consiste en detectar una fuerza aplicada al robot y en gobernar luego electromecánicamente el robot al objeto de favorecer el movimiento inducido por esta fuerza. La fuerza aplicada proviene, generalmente, de un usuario que desplaza manualmente el robot, empujando, por ejemplo, el soporte de paciente con sus manos.

- 25 El proceso de co-manipulación puede ser un proceso independiente, o bien asociado a la técnica anticolidión con envolvente virtual. En este caso, en el desplazamiento manual del robot, en una co-manipulación, por ejemplo, la unidad de tratamiento pone en práctica al mismo tiempo la detección de colisión.

- 30 En la figura 8, por ejemplo, el sensor 65a puede ser un sensor de esfuerzo utilizado para detectar cualquier fuerza aplicada sobre la muñeca 54. Este tipo de sensor de esfuerzo puede constituirse a partir de varias galgas extensométricas. Cabe prever varios sensores de esfuerzo repartidos por varios elementos del robot, para así aprehender cualquier fuerza aplicada sobre este robot.

- 35 Cuando se decide reorientar el movimiento del robot, el proceso anticolidión permite un lento deslizamiento del soporte dentro del volumen de la envolvente virtual. Este principio permite, en modo de co-manipulación, evitar paradas intempestivas del robot y alisar las trayectorias en los alrededores de elementos presentes en la sala de tratamiento. El deslizamiento es, adicionalmente, una asistencia a la manipulación y al guiado manual del robot.

Claro es que la invención no queda limitada a los ejemplos que se acaban de describir, y que, en estos ejemplos, se pueden introducir numerosas adecuaciones sin salir del ámbito de la invención. Cabe prever, en especial, un solo raíl lineal central sobre el cual puede deslizarse la peana.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo para posicionar a un paciente con relación a una radiación (2), comprendiendo este dispositivo:
  - al menos un raíl lineal (23, 24) de desplazamiento horizontal,
  - una pieza de unión (26) apta para realizar traslaciones con relación al raíl lineal y a pivotar según un eje de rotación vertical con respecto a este raíl lineal, y que está relacionada de manera pivotante según un eje vertical con una peana (6b) que está relacionada de manera corredera con dicho al menos un raíl lineal (23, 24),
  - un brazo robótico (9) relacionado con la pieza de unión (26), comprendiendo este brazo robótico una muñeca (11) con ejes de rotación (14, 15, 16) concurrentes, relacionada con un soporte de paciente (17),
 caracterizado por que el brazo robótico (9) está relacionado con la pieza de unión (26) de manera pivotante según un eje de rotación inclinado con respecto a la horizontal un ángulo  $\alpha$  no nulo, comprendido entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$ .
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado por que el eje de rotación del brazo robótico (9) con relación a la pieza de unión (26) está inclinado con respecto a la horizontal un ángulo  $\alpha$  comprendido entre 45 y 60 grados.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que el raíl lineal (23, 24) está fijado al suelo.
4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el raíl lineal está fijado a una parte pivotante (3a) de una base (3), siendo vertical (5) el eje de pivote de esta parte pivotante (3a).
5. Dispositivo según la reivindicación 4, caracterizado por que el eje de rotación vertical (5) del raíl lineal (23, 24) con relación a la base (3) coincide con el eje de dicha radiación (2).
6. Dispositivo según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que el brazo robótico (9) comprende un antebrazo (10) corredero.
7. Dispositivo según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que la muñeca (11) está relacionada con el soporte de paciente (17) por medio de un cambiador de útil electroneumático industrial.
8. Dispositivo según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que comprende ruedas (23) amovibles que, en una instalación, portan el dispositivo.
9. Dispositivo según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que incluye un piso móvil constituido a partir de dos semipisos (30, 35) relacionados con la pieza de unión (26) y dispuestos a ambos lados de esta pieza de unión (6a), para así cubrir constantemente dicho al menos un raíl lineal (4) cuando se desplaza la pieza de unión;
 

cada semipiso (30, 35) se constituye a partir de varias láminas (32, 37) unidas entre sí en cadena mediante articulaciones (33), de manera tal que, en posición de repliegue de un semipiso, al menos una parte de las láminas de ese semipiso queda guardada en acordeón bajo un plano horizontal; siendo este plano horizontal tal que este semipiso, en posición desplegada, queda contenido dentro de este plano horizontal.
10. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado por que el piso desliza sobre dos juegos de raíles secundarios:
  - un premier juego de raíles secundarios internos (38, 39) sobre los cuales desliza la mitad (46) de las articulaciones, siendo paralelos estos dos raíles secundarios internos (38, 39) y estando distanciados entre sí; presentando estos dos raíles secundarios internos una parte lineal alta (40), un punto de flexión (41, 42) y una parte lineal baja (43, 48);
  - un segundo juego constituido a partir de dos raíles secundarios externos (44, 45) sobre los cuales desliza la otra mitad (47) de las articulaciones, siendo paralelos estos dos raíles secundarios externos (44, 45) y estando distanciados una distancia superior a la distancia de distanciamiento de los dos raíles secundarios internos (38, 39); siendo lineales estos dos raíles secundarios externos en un plano horizontal sensiblemente a la misma altura que la parte lineal alta de los raíles secundarios internos;
 y por que, para dos articulaciones sucesivas, una es portada por el primer juego de raíles secundarios, siendo portada la otra por el segundo juego de raíles secundarios.
11. Dispositivo según la reivindicación 10, caracterizado por que cada semipiso presenta, en posición desplegada, una parte plana próxima a la pieza de unión y, en posición de repliegue, una parte plegada en acordeón entre la parte lineal baja de los raíles secundarios internos y los raíles secundarios externos.
12. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que el raíl lineal (56) está constituido por una pluralidad de elementos modulares (57a,..., 57d) fijados al suelo y conectados entre sí.

13. Dispositivo según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que comprende al menos un sensor de esfuerzo (65a) fijado a la muñeca (54) y relacionado con una unidad de tratamiento (60) que controla dicho dispositivo de posicionamiento (50, 53, 54, 71), al objeto de realizar una co-manipulación acompañando cualquier esfuerzo detectado por dicho al menos un sensor de esfuerzo.
- 5 14. Sistema de posicionamiento que comprende:
- una unidad de tratamiento que integra un soporte lógico de supervisión,
  - sensores de reajuste de un paciente,
  - un dispositivo para posicionar al paciente con relación a una radiación (2) según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones.
- 10 15. Sistema según la reivindicación 14, caracterizado por que los sensores comprenden uno al menos de los siguientes sensores: un sensor de estereovisión de infrarrojos, sensores de rayos X, cámaras industriales y un sensor de esfuerzo.
16. Sistema según la reivindicación 14 ó 15, caracterizado por que los sensores comprenden uno al menos de los siguientes sensores: resolucionador, acelerómetro, sensor de sobrevelocidad, inclinómetro y banda anticolidión.
- 15 17. Sistema según una de las reivindicaciones 14 a 16, caracterizado por que la unidad de tratamiento (60) comprende un módulo de visualización 3D dotado:
- de una modelización 3D virtual de la sala de tratamiento donde se sitúa el dispositivo de posicionamiento;
  - de una modelización 3D virtual del dispositivo de posicionamiento (50, 53, 54, 71); estando parametrizada esta modelización para representar el posicionamiento, en tiempo real, del dispositivo de posicionamiento, a partir de sensores, y para definir una envolvente virtual (72) alrededor al menos de un elemento del dispositivo de
- 20 posicionamiento, al objeto de generar una señal de alerta cuando la envolvente virtual colisiona con una representación virtual de un elemento de la sala de tratamiento.
18. Sistema según la reivindicación 17, caracterizado por que la unidad de tratamiento (60) está parametrizada al objeto de desencadenar, como respuesta a la señal de alerta, un proceso anticolidión consistente en detener el
- 25 dispositivo de posicionamiento o en reorientar el movimiento del dispositivo de posicionamiento.

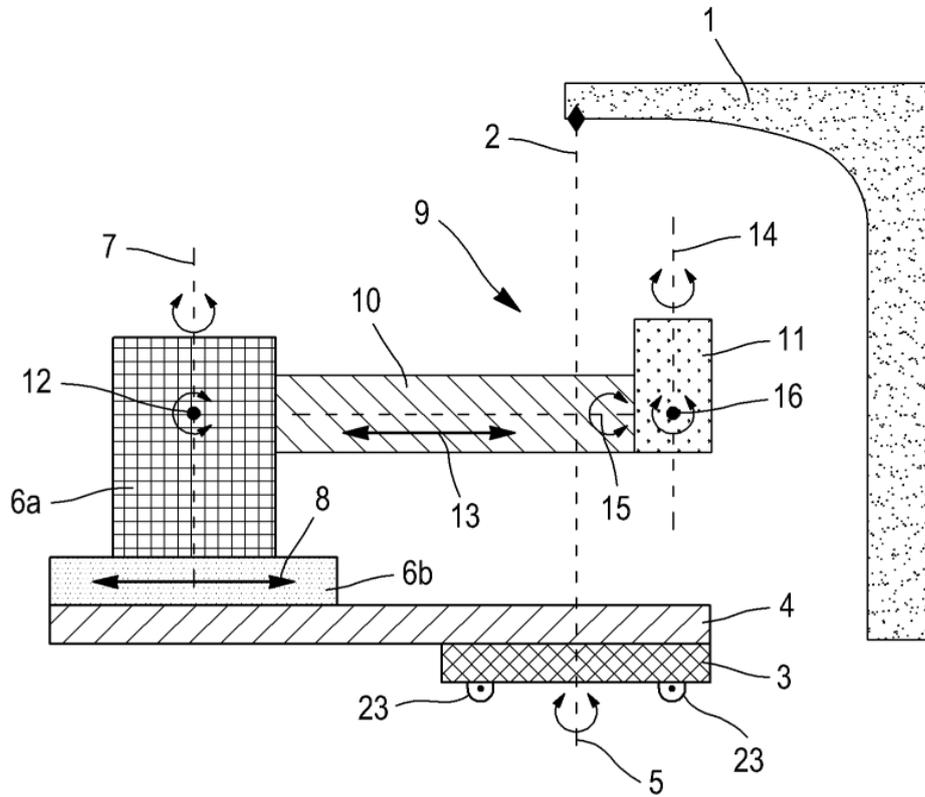


FIG. 1

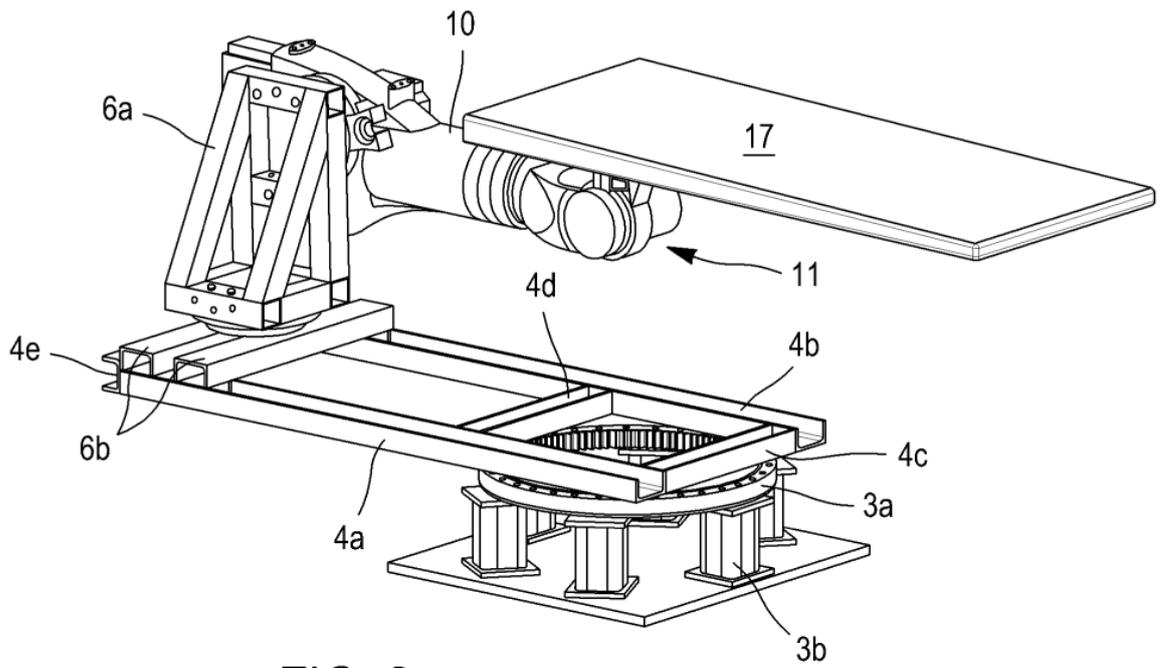


FIG. 2

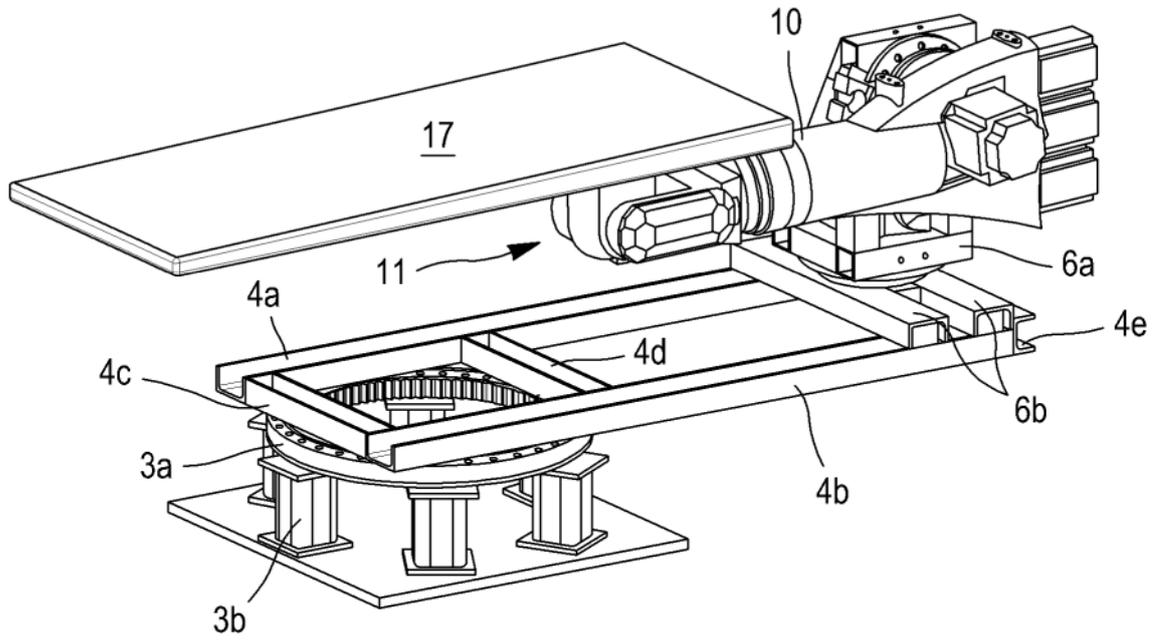


FIG. 3

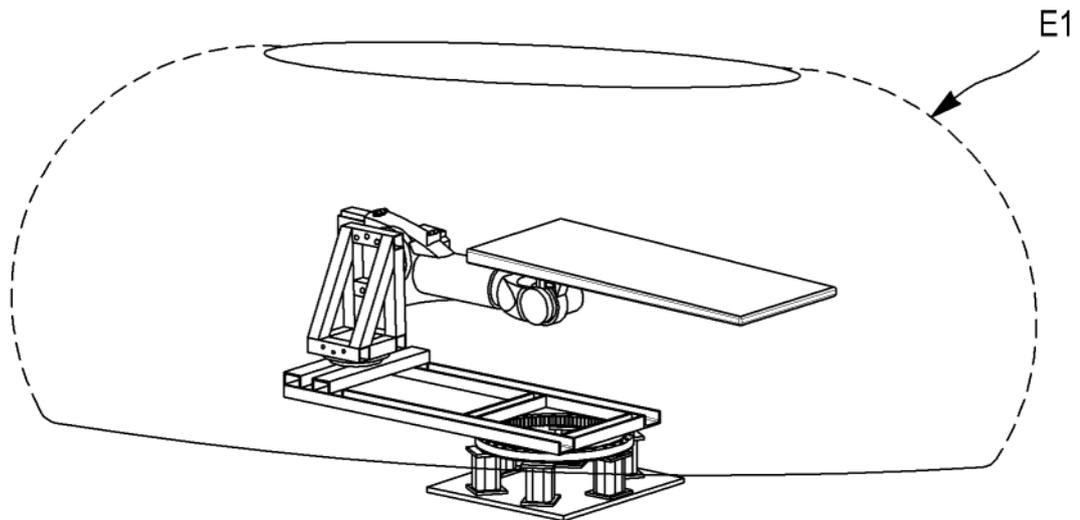


FIG. 4

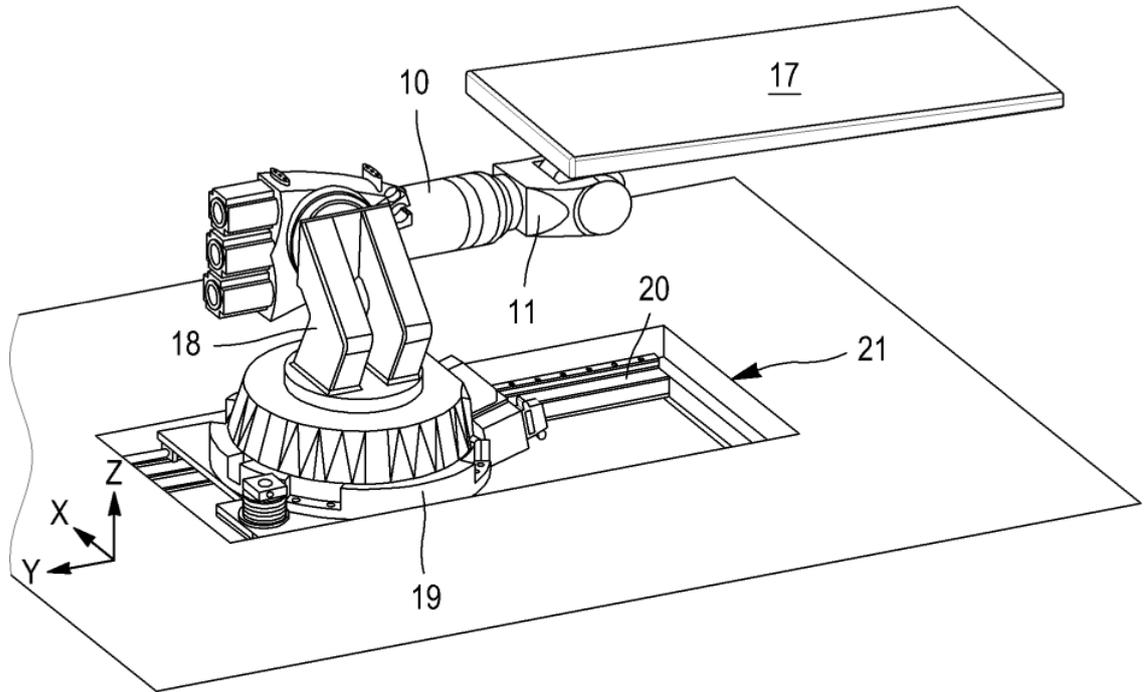


FIG. 5

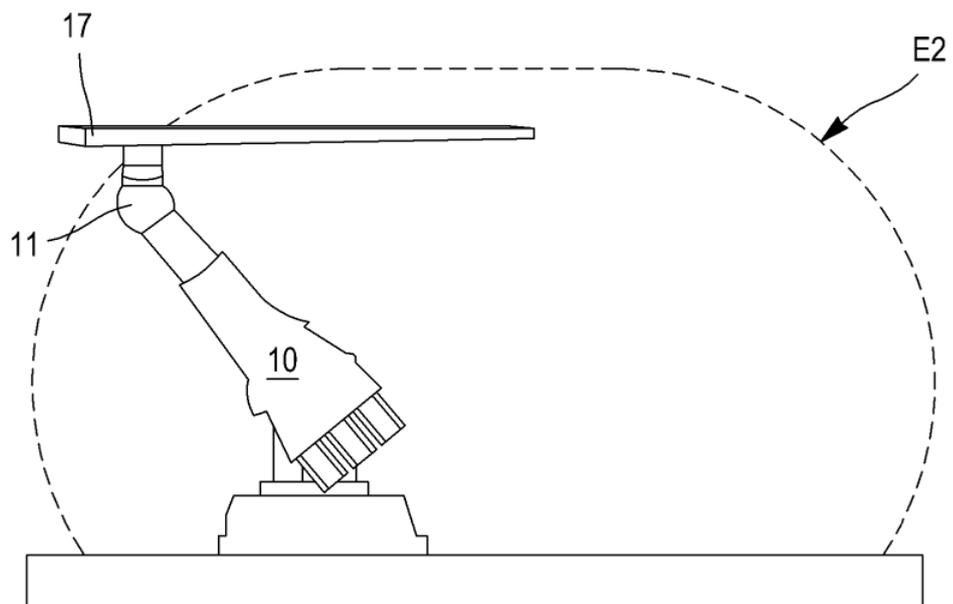


FIG. 6

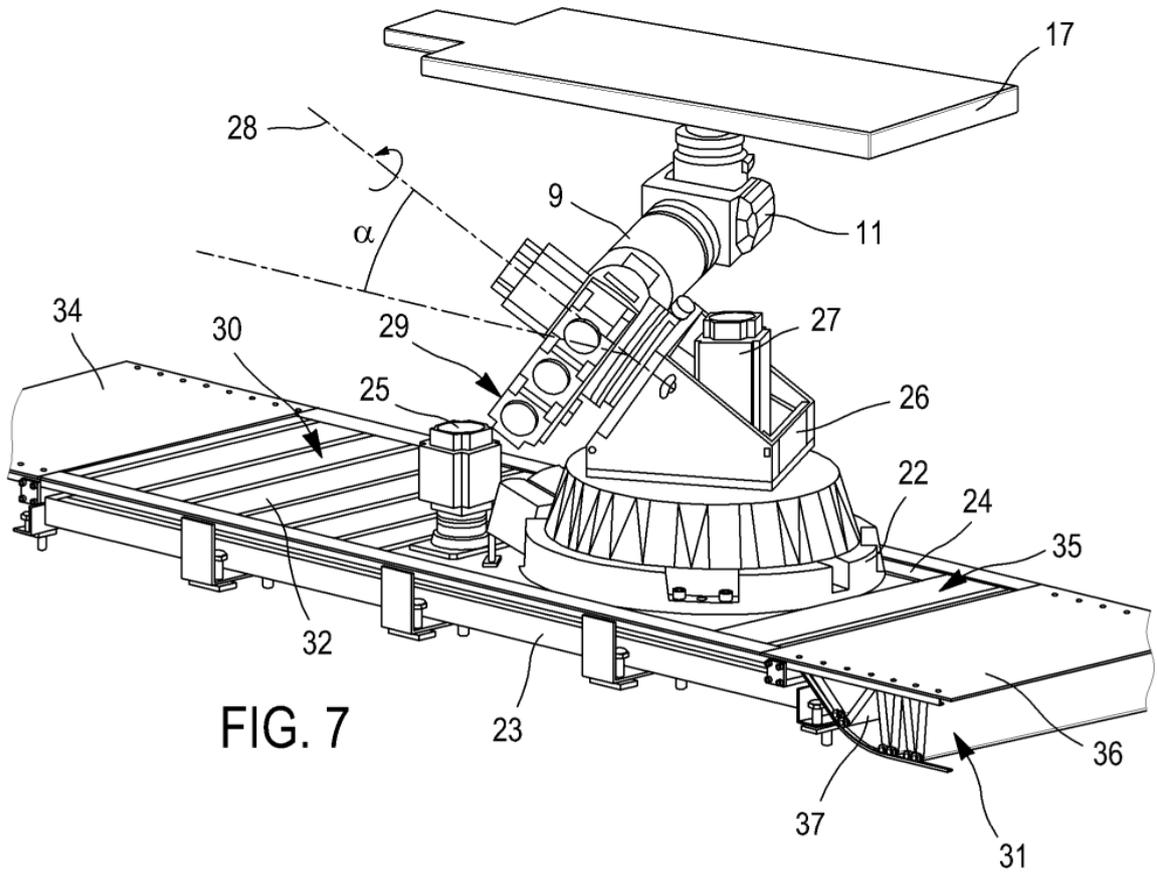


FIG. 7

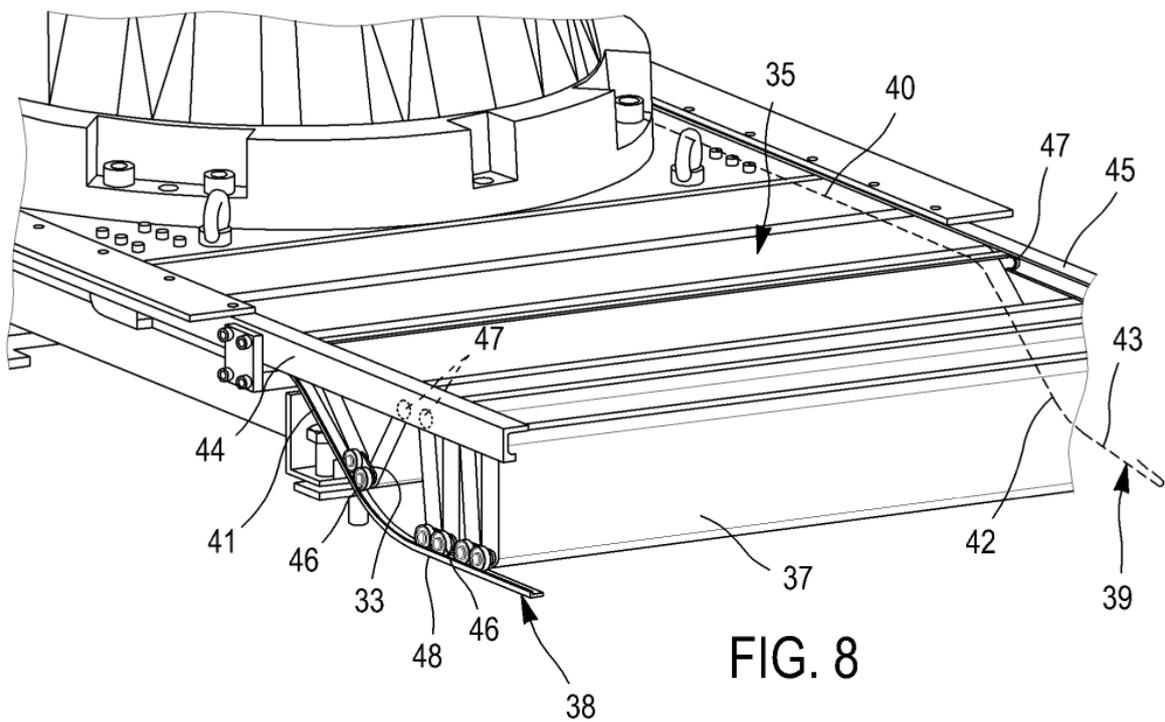


FIG. 8

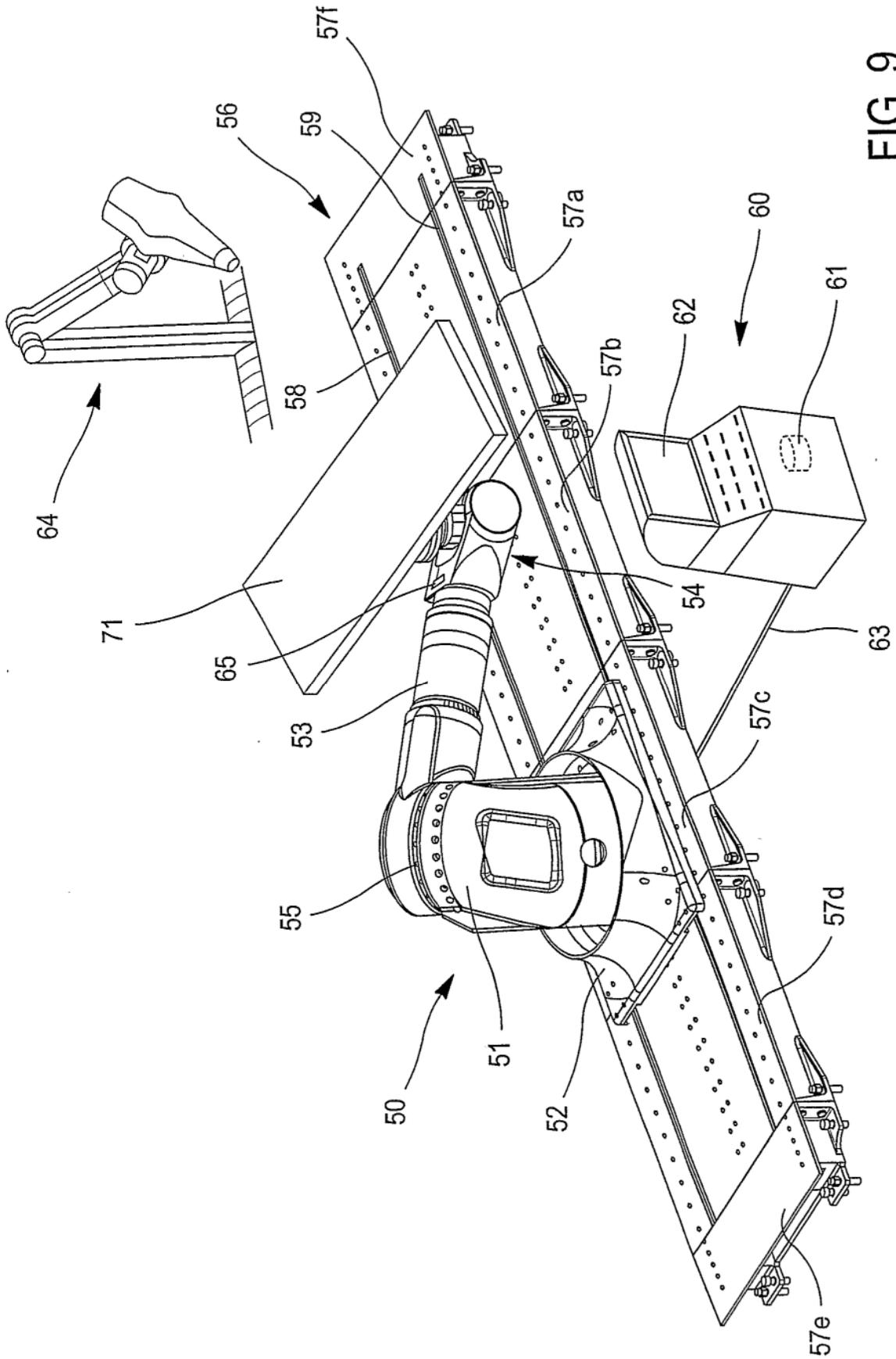


FIG. 9

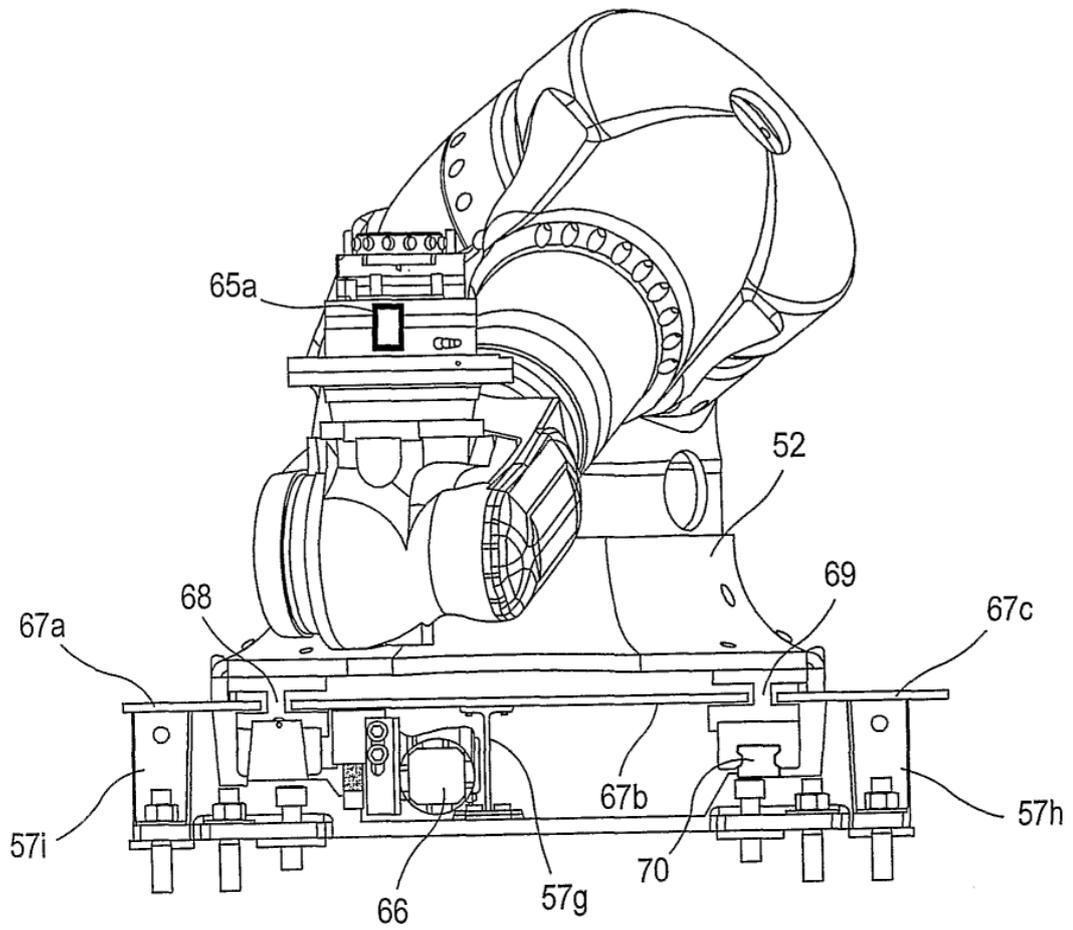


FIG. 10

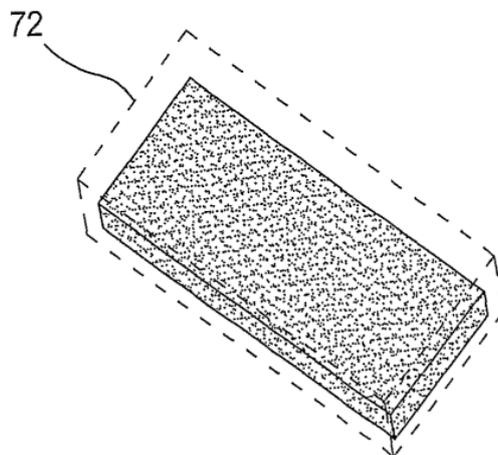


FIG. 11