

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 785 926**

51 Int. Cl.:

**G05D 3/10** (2006.01)

**G01S 3/786** (2006.01)

**H02S 20/32** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.06.2016 PCT/FR2016/051650**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.01.2017 WO17001791**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2016 E 16742356 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020 EP 3317736**

54 Título: **Procedimiento de pilotaje de la orientación de un seguidor solar basado en unos modelos cartográficos**

30 Prioridad:

**02.07.2015 FR 1556228**

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

**08.10.2020**

73 Titular/es:

**NEXTRACKER, INC. (100.0%)  
6200 Paseo Padre Parkway  
Fremont, California 94555, US**

72 Inventor/es:

**ARLIAUD, JÉRÔME;  
CRUCIFIX, ADRIEN y  
BLANC, PHILIPPE**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

ES 2 785 926 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**

Procedimiento de pilotaje de la orientación de un seguidor solar basado en unos modelos cartográficos.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de pilotaje de la orientación de un seguidor solar de eje único, así como a un seguidor solar de eje único concebido para la realización de un procedimiento de este tipo.

10 La invención se refiere al campo de los seguidores solares, denominados de otra manera sistemas de soporte seguidor o "solar tracker", previstos para soportar unos sensores solares, generalmente del tipo panel fotovoltaico.

15 Se refiere más particularmente a los seguidores solares de tipo de eje único, es decir orientable según un único eje principal de rotación, para una rotación que permite seguir el sol durante su salida y en su puesta de este a oeste. Para más precisión, dicho eje principal de rotación se extiende de manera generalmente horizontal y sustancialmente paralela al suelo sobre el cual el seguidor solar está anclado.

20 El documento US 2007/084502 A1 divulga un procedimiento de pilotaje de la orientación de un seguidor solar, orientable alrededor de un eje de rotación, cumpliendo dicho procedimiento de manera repetitiva unas fases de pilotaje sucesivas, en la que cada fase de pilotaje realiza las etapas sucesivas siguientes: observar la cubierta nubosa por encima del seguidor solar, comparar la cubierta nubosa observada con unos modelos de cubierta nubosa, estando cada modelo de cubierta nubosa asociado a una consigna de orientación del seguidor solar, cotejo de la cubierta nubosa observada con un modelo de cubierta nubosa y controlar la orientación del seguidor solar aplicando la consigna de orientación asociada a dicho modelo de cubierta nubosa retenido durante la etapa.

25 El documento DE 20 2011 104051 U1 divulga unos sensores y electrónica para el control de la persecución en espacio abierto con unos módulos fotovoltaicos. El documento US 2013/256506 A1 divulga un dispositivo de persecución solar automática con regulación lateral.

30 En este campo, es habitual controlar la orientación del seguidor solar basándose en un cálculo astronómico de la posición del sol, para un posicionamiento en tiempo real de cara al Sol.

35 Este tipo de control adolece no obstante de un inconveniente principal ofreciendo una deficiencia de rendimiento en algunas condiciones meteorológicas, y se hará referencia de manera útil a la figura 1 para la explicación; comprendiendo esta figura 1 cuatro esquemas (1a), (1b), (1c) y (1d) que ilustran cada uno dos seguidores solares ST en diferentes condiciones meteorológicas, con el sol SO siempre a la misma posición y con los seguidores solares ST siempre orientados de cara al Sol.

40 El esquema (1a) ilustra unas condiciones meteorológicas ideales, en ausencia de nubes, y los seguidores solares ST son orientados de cara al sol SO con el fin de beneficiarse de una radiación solar directa Rdir máxima. En estas condiciones óptimas con una cubierta nubosa nula, el control sobre la posición del sol SO procura un funcionamiento máximo; correspondiendo dicho control a un control de la orientación del seguidor solar sobre un ángulo de inclinación denominado directo definido por la dirección de la radiación solar directa Rdir a nivel del seguidor solar.

45 Los esquemas (1b), (1c) y (1d) ilustran unas condiciones meteorológicas degradadas, con diferentes cubiertas nubosas que dependen en particular de la superficie nubosa o superficie cubierta, de los tipos de nubes NU presentes, del número y de la posición de las nubes NU con respecto al sol SO.

50 En estas condiciones nubosas, el control sobre la posición del sol SO puede no procurar el mejor rendimiento, no tomando en consideración la radiación solar difusa Rdif. La radiación solar difusa Rdif se manifiesta cuando la radiación solar directa Rdir se dispersa en las nubes NU y las partículas atmosféricas. La radiación solar difusa Rdif resulta de la difracción de la luz por las nubes NU y las moléculas diversas en suspensión en la atmósfera. La radiación solar difusa Rdif no sigue por lo tanto necesariamente la dirección definida por el sol SO en dirección al punto de observación en la superficie de la Tierra.

55 Por consiguiente, en condiciones nubosas, puede ser preferible, para obtener un rendimiento máximo con respecto a estas condiciones, orientar los seguidores solares ST en una orientación denominada indirecta o difusa según una dirección de la radiación solar difusa Rdif que no corresponde necesariamente a la dirección de la radiación solar directa Rdir; dicho control corresponde a un control de la orientación del seguidor solar sobre un ángulo de inclinación denominado difuso definido por la dirección de la radiación solar difusa Rdif a nivel del seguidor solar.

60 En los esquemas (1b), (1c) y (1d), los seguidores solares ST están todos orientados según el ángulo de inclinación directo (de cara al sol) mientras que unas orientaciones según unos ángulos de inclinación difusos ofrecerían unos rendimientos mejores.

Así, el experto en la materia estaría tentado de controlar, en tiempo real, la orientación del seguidor solar sobre un ángulo de inclinación óptimo que corresponde a una radiación solar máxima. En ausencia de nube, el ángulo de inclinación óptimo correspondería al ángulo de inclinación directo y, en presencia de una cubierta nubosa, incluso de una única nube delante del sol, el ángulo de inclinación óptimo correspondería a un ángulo de inclinación difuso. Para ello, bastaría con medir la amplitud de la radiación en diferentes direcciones (o diferentes inclinaciones), y establecer la dirección que corresponde a una amplitud máxima para deducir su ángulo de inclinación óptimo.

Sin embargo, proceder así adolecería de numerosos inconvenientes, que se basan todos en la variación de la radiación solar difusa a lo largo del tiempo. En efecto, según la evolución temporal de la capa nubosa (debido al desplazamiento de las nubes bajo el efecto de los vientos) y según la composición de esta capa nubosa (número, dimensiones, localización y tipos de nubes), la radiación solar difusa puede variar más o menos rápidamente y por lo tanto el ángulo de inclinación óptimo puede variar más o menos rápidamente a lo largo del tiempo.

Así, controlando la orientación del seguidor solar sobre este ángulo de inclinación óptimo, el seguidor solar puede llegar a cambiar de orientación más o menos frecuentemente y más o menos rápidamente. Ahora bien, cada cambio de orientación solicita por lo menos un accionador (generalmente un motor eléctrico), que genera un consumo eléctrico y un desgaste de los órganos mecánicos solicitados por el cambio de orientación (órganos del motor, cojinetes, elementos de guiado en rotación, etc.). Estos consumos eléctricos y estos desgastes no estarán necesariamente compensados por las ganancias de productividad obtenidas calándose en tiempo real sobre el ángulo de inclinación óptimo.

A título de ejemplo, partiendo de una situación de partida en la que el ángulo de inclinación óptimo corresponde al ángulo de inclinación directo (debido a la ausencia de nube entre el sol y el seguidor solar), si una nube única pasa delante del sol durante algunos minutos, el ángulo de inclinación óptimo será modificado durante estos pocos minutos para recobrar después el ángulo de inclinación directo. Controlar en tiempo real la orientación del seguidor solar sobre el ángulo de inclinación óptimo, conduciría en este caso a desplazar el seguidor solar durante estos pocos minutos, para un beneficio claramente muy bajo con respecto al consumo eléctrico del o de los accionadores y del desgaste.

La presente invención tiene como objetivo resolver estos inconvenientes proponiendo un procedimiento de pilotaje de la orientación de un seguidor solar de eje único, utilizando una etapa de cotejo de observaciones reales de la cubierta nubosa con unos modelos de cubierta nubosa archivados en una base de datos, con el fin de no controlar sistemáticamente la orientación del seguidor solar sobre el ángulo de inclinación óptimo, sino de aplicar un compromiso ventajoso entre las ganancias de productividad en energía solar y las pérdidas en consumo eléctrico del o de los accionadores, y eventualmente teniendo en cuenta el desgaste generado por los cambios de orientación.

Para ello, propone un procedimiento de pilotaje de la orientación de un seguidor solar de eje único alrededor de un eje de rotación, cumpliendo dicho procedimiento de manera repetitiva unas fases de pilotaje sucesivas, en el que cada fase de pilotaje realiza las etapas sucesivas siguientes:

- a) observar la cubierta nubosa por encima del seguidor solar;
- b) comparar la cubierta nubosa observada con unos modelos de cubierta nubosa archivados en una base de datos, estando cada modelo de cubierta nubosa asociado a una consigna de orientación del seguidor solar;
- c) cotejo de la cubierta nubosa observada con un modelo de cubierta nubosa;
- d) controlar la orientación del seguidor solar aplicando la consigna de orientación asociada a dicho modelo de cubierta nubosa retenido durante la etapa c).

Así, el procedimiento realiza una comparación entre las observaciones de la capa nubosa y de los modelos teóricos predefinidos y a los que están asociadas unas consignas de orientación establecidas para evitar solicitar demasiado frecuentemente el seguidor solar en unos cambios de orientación que procurarían sólo poca ganancia energética, incluso procurarían unas pérdidas energéticas, como sería por ejemplo el caso si una única nube pasa delante del sol durante un tiempo reducido. Por supuesto, el pilotaje y el control de la orientación del seguidor solar se refiere al pilotaje y al control de su inclinación alrededor de su eje de rotación, y en particular de su ángulo de inclinación alrededor de este eje.

Según una característica, cada modelo de cubierta nubosa asocia una consigna de orientación que está en función de una composición de la capa nubosa de dicho modelo, dependiendo dicha composición de uno por lo menos de los parámetros siguientes: número de nubes, superficie cubriente de la o de las nubes, espesor de la o

de las nubes, localización de la o de las nubes; tipo de la o de las nubes.

Así, cada modelo de cubierta nubosa está construido para corresponder a un máximo de situaciones reales.

5 Según otra característica, para cada modelo de cubierta nubosa, la consigna de orientación correspondiente está predefinida en función de dicho por lo menos de entre los parámetros siguientes: una tasa de desgaste de órganos mecánicos del seguidor solar solicitados cuando tiene lugar un cambio de orientación del seguidor solar, un consumo de energía necesaria para modificar la orientación del seguidor solar y una velocidad de desplazamiento del seguidor solar cuando tiene lugar un cambio de orientación.

10 Así, la consigna de orientación asignada a cada modelo de cubierta nubosa en función de uno o varios parámetros asociados al seguidor solar, y en particular a sus características mecánicas, en aras de optimizar los cambios de orientación del seguidor solar.

15 Según otra característica, los modelos de cubierta nubosa comprenden:

- por lo menos un modelo denominado de cubierta nubosa nula al cual está asociada una consigna de orientación sobre un ángulo de inclinación denominado directo establecido por un cálculo astronómico de la posición del sol;

20 - por lo menos un modelo denominado de gran cubierta nubosa al cual está asociada una consigna de orientación sobre un ángulo de inclinación denominado optimizado que no coincide con el ángulo de inclinación directo.

25 Así, en el modelo de cubierta nubosa nula, está previsto un control sobre el ángulo de inclinación directo (de cara rente al sol), mientras que, en el modelo de gran cubierta nubosa, está previsto un control sobre otro ángulo de inclinación denominado optimizado para tener en cuenta la radiación difusa.

30 En una forma de realización particular, el ángulo de inclinación optimizado corresponde a un ángulo asociado a una puesta en horizontal del seguidor solar.

Así, en caso de una gran cubierta nubosa, está prevista una puesta de plano o un posicionamiento en horizontal del seguidor solar, con el fin de que el o los sensores solares estén horizontales.

35 Ventajosamente, los modelos de cubierta nubosa comprenden por lo menos un modelo denominado de fina cubierta nubosa al cual está asociada una consigna de orientación sobre un ángulo intermedio predefinido entre el ángulo de inclinación directo y un ángulo que corresponde a una puesta en horizontal del seguidor solar.

40 Así, en caso de fina (poco espesa) cubierta nubosa, está previsto un control intermedio entre el ángulo nulo (posicionamiento en horizontal del seguidor) y el ángulo directo (posicionamiento de cara al sol del seguidor) para realizar un compromiso interesante.

Ventajosamente, los modelos de cubierta nubosa comprenden por lo menos un modelo denominado de cubierta nubosa irregular, al cual está asociada una consigna de orientación sobre el ángulo de inclinación directo.

45 Así, en caso de presencia dispersa de nubes, está previsto un control sobre el ángulo de inclinación directo (de cara al sol), con el fin de no modificar la orientación del seguidor cada vez que una nube pasa delante del sol.

50 Según una posibilidad de la invención, durante la etapa a), la observación de la cubierta nubosa se traduce en una cartografía de la luminancia solar en función de diferentes ángulos de elevación y, durante la etapa b), los modelos de cubierta nubosa están constituidos por modelos cartográficos y la comparación se basa en una comparación entre la distribución de la luminancia solar sobre la cartografía con la distribución de la luminancia solar en los diferentes modelos cartográficos.

55 Dicho de otra manera, durante la etapa b), se compara la distribución en el espacio de observación de los valores de la luminancia solar de la cartografía con la de los diferentes modelos teóricos; siendo este espacio de observación o bien bidimensional si la cartografía está establecida según dos ejes, preferentemente el eje norte-sur y el eje este-oeste, o bien monodimensional si la cartografía está establecida según un eje, en este caso el eje este-oeste.

60 Así, el cotejo realizado durante la etapa c) está basado asimismo en un cotejo de la distribución de la luminancia solar sobre la cartografía con un modelo cartográfico que presenta una distribución parecida o similar con una tolerancia de diferencia predefinida.

65 El ángulo de elevación del sol corresponde al ángulo alrededor del eje de rotación del seguidor solar, entre el plano horizontal y el plano que pasa por el eje de rotación del seguidor solar y paralelo a los rayos del sol.

Según una posibilidad de la invención, considerando un valor máximo de luminancia solar que corresponde al valor máximo de la luminancia solar accesible cuando tiene lugar una observación en radiación directa:

- 5           - el modelo de cubierta nubosa nula corresponde a un modelo cartográfico en el que la luminancia solar está por lo menos igual al 80% del valor máximo sobre un sector angular inferior a 30 grados alrededor del ángulo de inclinación directo; y
- 10           - el modelo de gran cubierta nubosa corresponde a un modelo cartográfico en el que la luminancia solar presenta, en un sector angular superior a 150 grados, un valor bajo y un valor alto, con una diferencia entre el valor bajo y el valor alto que es inferior al 50% del valor alto, con el valor alto que es inferior al 50% del valor máximo y con el valor alto que está asociado a un ángulo de elevación alejado en por lo menos 20 grados del ángulo de inclinación directo.
- 15   Según una posibilidad de la invención, el modelo de fina cubierta nubosa corresponde a un modelo cartográfico en el que la luminancia solar presenta, en un sector angular superior a 150 grados, un valor bajo y un valor alto, con una diferencia entre el valor bajo y el valor alto que es inferior al 50% del valor alto y con el valor alto que está asociado a un ángulo de elevación situado a menos de 20 grados del ángulo de inclinación directo.
- 20   Según una posibilidad de la invención, el modelo de cubierta nubosa irregular corresponde a un modelo cartográfico en el que la luminancia solar es por lo menos igual al 50% del valor máximo sobre un sector angular inferior a 30 grados alrededor del ángulo de inclinación directo, y es por lo menos igual al 20% del valor máximo sobre un sector angular inferior a 30 grados alrededor de otro ángulo de inclinación.
- 25   Además, la observación de la cubierta nubosa se puede realizar según uno de los métodos siguientes:
- toma de imágenes del cielo a partir del suelo mediante un aparato de toma de vistas, tal como una cámara;
- 30           - medición de la luminancia solar a partir del suelo mediante un conjunto de varias células fotosensibles;
- recuperación de imágenes satélites del cielo por encima del seguidor solar.

35   Con una toma de imagen, la observación corresponde a una imagen. Con una medición de la luminancia solar por unas células fotosensibles, la observación corresponde a una matriz de las mediciones realizadas individualmente por cada célula fotosensible, estando estas células fotosensibles posicionadas en diferentes ángulos de elevación. Con una recuperación de imágenes satélites, la observación corresponde a una imagen satélite de la zona en cuestión.

40   Según una característica ventajosa, durante la etapa a), se realiza una etapa de ponderación frecuencial aplicada sobre la observación que está en función al mismo tiempo de una respuesta en frecuencia de la observación y de una banda frecuencial útil para el sensor solar.

45   Así, la ponderación frecuencial consistirá en aplicar un filtro frecuencial que tendrá en cuenta la respuesta espectral del sensor solar.

50   En una forma de realización particular, considerando que el procedimiento utiliza un control sobre una primera consigna de orientación asociada a un primer modelo de cubierta nubosa sobre una primera serie de varias fases de pilotaje sucesivas, y considerando que, después de esta primera serie, la fase de pilotaje siguiente considera durante su etapa c) un segundo modelo de cubierta nubosa asociado a una segunda consigna de orientación, entonces el procedimiento bascula a un control sobre dicha segunda consigna de orientación únicamente si la primera serie está seguida de una segunda serie que comprende un número predefinido de fases de pilotaje sucesivas que consideran todas el segundo modelo de cubierta nubosa durante sus etapas c) respectivas.

55   Así, con el fin de limitar el desgaste mecánico del seguidor solar, la segunda consigna de orientación será tenida en cuenta únicamente si la observación es próxima al segundo modelo de cubierta nubosa durante un mínimo de tiempo.

60   Según una posibilidad de la invención, si la primera serie no está seguida de una segunda serie que comprende el número predefinido de fases de pilotaje sucesivas que consideran todas el segundo modelo de cubierta nubosa, entonces el procedimiento mantiene el control sobre dicha primera consigna de orientación o bascula a un control sobre un ángulo de inclinación directo.

65   Así, si la observación no es próxima al segundo modelo de cubierta nubosa durante un mínimo de tiempo, entonces el control queda intacto o bien bascula a seguimiento directo del sol.

Según otra posibilidad de la invención, el número predefinido de fases de pilotaje sucesivas de la segunda serie depende de uno por lo menos de los parámetros siguientes: horario, espacio angular entre la primera consigna de orientación y la segunda consigna de orientación, tasa de desgaste de órganos mecánicos del seguidor solar solicitados cuando tiene lugar un cambio de orientación del seguidor solar, y un consumo de energía necesaria para modificar la orientación del seguidor solar.

De acuerdo con otra característica de la invención, si en una serie que comprende un número predefinido de fases de pilotaje sucesivas en las que, en cada fase de pilotaje, ningún modelo de cubierta nubosa de la base de datos es próximo a la cubierta nubosa observada, entonces el procedimiento bascula a un control sobre un ángulo de inclinación directo.

La invención se refiere asimismo a un seguidor solar de eje único orientable alrededor de un eje de rotación, del tipo que comprende una estructura fija de anclaje al suelo y una plataforma apropiada para soportar por lo menos un sensor solar, siendo dicha plataforma accionable en rotación sobre la estructura fija según dicho eje de rotación mediante un sistema de accionamiento, siendo dicho seguidor solar notable por que comprende además un sistema de observación de la evolución en el tiempo de la cubierta nubosa por encima del seguidor solar y una unidad de control en unión, por un lado, con el sistema de observación para recibir sus datos de observaciones y, por otro lado, con el sistema de accionamiento para pilotar la rotación de la plataforma, en la que dicha unidad de control está conformada para realizar las etapas b) a e) del procedimiento de pilotaje como se ha descrito anteriormente.

Otras características y ventajas de la presente invención aparecerán con la lectura de la descripción detallada siguiente, de ejemplos de realización no limitativos, realizada en referencia a las figuras adjuntas en las que:

- la figura 1, ya comentada, comprende cuatro esquemas (1a), (1b), (1c) y (1d) que ilustran cada uno dos seguidores solares en diferentes condiciones meteorológicas;
- la figura 2 es una vista esquemática de un seguidor solar de eje único de acuerdo con la invención, en la que se ilustran el conjunto estructura fija y plataforma móvil y un sistema de observación de la cubierta nubosa;
- la figura 3 es una vista esquemática de un primer sistema de observación conformado para realizar una cartografía monodimensional de la luminancia solar, establecida únicamente en elevación según una dirección este-oeste;
- la figura 4 es una representación esquemática en plano de un primer sistema de observación equivalente al de la figura 3 (a la izquierda), y de una cartografía monodimensional de la luminancia solar (a la derecha) procedente de dicho sistema de observación;
- la figura 5 es una vista esquemática de un segundo sistema de observación conformado para realizar una cartografía bidimensional de la luminancia solar, establecida al mismo tiempo en elevación según una dirección este-oeste y en azimut según una dirección norte-sur;
- la figura 6 es una representación esquemática en plano de un segundo sistema de observación equivalente al de la figura 5 (a la izquierda), y de una cartografía bidimensional de la luminancia solar (a la derecha) procedente de dicho sistema de observación;
- la figura 7a es una vista esquemática lateral de cuatro columnas de una cartografía bidimensional de la luminancia solar, con los ángulos de azimut asociados a las diferentes columnas;
- la figura 7b es una vista esquemática lateral de cuatro bandas de una cartografía monodimensional o bidimensional de la luminancia solar, con los ángulos de elevación o de inclinación asociados a las diferentes bandas;
- la figura 8 es una vista esquemática de un tercer sistema de observación del tipo cámara;
- la figura 9 es una representación esquemática de una observación (la imagen arriba a la izquierda) realizada por un tercer sistema de observación equivalente al de la figura 8, y de una cartografía bidimensional de la luminancia solar (abajo a la izquierda) procedente de dicha observación, después de varias etapas de tratamiento de imagen, y de una cartografía monodimensional de valores de luminancia equivalente (abajo a la derecha) procedente de esta cartografía bidimensional;
- la figura 10 es una vista esquemática de otro primer sistema de observación que sirve para la definición de los modelos cartográficos de la figura 11;
- la figura 11 representa cinco modelos cartográficos (a) a (e) asociados al primer sistema de observación

de la figura 10;

- la figura 12 representa cinco modelos cartográficos (a) a (e) asociados al tercer sistema de observación de la figura 8; y

5

- la figura 13 es una representación en forma de un esquema funcional de los elementos funcionales empleados para la realización de un procedimiento de pilotaje de acuerdo con la invención.

10 Con referencia a la figura 2, un seguidor solar 1 de eje único orientable alrededor de un eje de rotación A, del tipo que comprende una estructura fija 11 de anclaje al suelo constituida por uno o varios postes anclados en el suelo, por ejemplo, por batido, roscado, fijación con bulones, lastrado, u otro medio equivalente que permita fijar y estabilizar en el suelo la estructura fija 11.

15 El seguidor solar 1 comprende además una plataforma 12 móvil montada en rotación sobre la estructura fija 11 según el eje de rotación A, y más específicamente montada en rotación sobre los extremos superiores del o de los postes. Esta plataforma 12 es apropiada para soportar por lo menos un sensor solar 13, y en particular uno o varios paneles fotovoltaicos.

20 Con referencia a la figura 2 y a las figuras 7a y 7b, el eje de rotación A es sustancialmente horizontal y está dirigido según un eje longitudinal X según la dirección norte-sur. Cuando el seguidor solar 1 está en horizontal o en plano (como se puede ver en la figura 2) con su plataforma 12 horizontal, la plataforma 12 se extiende según un plano horizontal definido por el eje longitudinal X y por un eje transversal Y según la dirección este-oeste, de manera ortogonal a un eje vertical Z.

25 Para la continuación de la descripción, el ángulo de inclinación del seguidor solar 1 (o ángulo de inclinación de la plataforma 12 y del o de los sensores solares 13) corresponde al ángulo de la normal a la plataforma 12 con respecto al eje vertical Z tomado en el plano (Y, Z). Así, cuando el seguidor solar 1 está en horizontal o en plano (como se esquematiza en las figuras 2, 7a y 7b), este ángulo de inclinación es de 0 grados.

30 El seguidor solar 1 comprende asimismo un sistema de observación 2 de la cubierta nubosa por encima del seguidor solar 1, dicho de otra manera, para la observación del cielo por encima del seguidor solar 1. Este sistema de observación 2 puede estar asociado a un único seguidor solar 1 o, de manera económica, estar compartido con varios seguidores solares.

35 El sistema de observación 2 es fijo, y puede ser elevado con respecto al suelo, estando por ejemplo montado sobre un poste 20.

40 El seguidor solar 1 comprende además un sistema de accionamiento (no ilustrado en la figura 2 y que lleva la referencia numérica 3 en la figura 13) que asegura la puesta en rotación de la plataforma 12 según el eje de rotación A.

45 Este sistema de accionamiento 3 comprende un accionador, por ejemplo, de tipo cilindro (eléctrico, neumático o hidráulico) o motor eléctrico (por ejemplo, motor rotativo). Este sistema de accionamiento 3 comprende además un sistema mecánico de transmisión del movimiento a la salida del accionador (movimiento rotativo para un motor rotativo, o movimiento lineal para un cilindro) en un movimiento de rotación de la plataforma 12. Este sistema mecánico de transmisión puede ser, a título de ejemplo no limitativo, un sistema de paralelogramo deformable, un sistema de reenvío por polea, un sistema de piñón, un sistema de cadena, un sistema de correa, un sistema de pestaña, un sistema con árbol de transmisión, un sistema de biela, etc.

50 Se puede considerar que el accionador sea propio del seguidor solar 1, o bien esté compartido entre varios seguidores solares. En el caso en el que el accionador está compartido, las plataformas 12 de los diferentes seguidores solares están ventajosamente acopladas en rotación, para una rotación síncrona bajo el efecto del accionador común.

55 Con referencia a la figura 10, el seguidor solar 1 comprende asimismo una unidad de control 4 del tipo tarjeta electrónica, que está vinculada al sistema de observación 2 con el fin de recibir sus observaciones (o datos de observaciones) y que está vinculada asimismo al sistema de accionamiento 3 para pilotar su funcionamiento y pilotar así la rotación de la plataforma 12, dicho de otra manera, la orientación del seguidor solar 1.

60 Esta unidad de control 4 comprende varios módulos, a saber:

- un módulo cartográfico 40 previsto para traducir o convertir cada observación realizada por el sistema de observación 2 en una cartografía 5 de la luminancia solar, traduciendo esta cartografía de la luminancia solar la distribución de la luminancia solar por lo menos en diferentes ángulos de elevación (siendo el ángulo de elevación comparable con el ángulo de inclinación que corresponde al ángulo alrededor del eje de rotación A del seguidor solar 1, entre el plano horizontal (X, Y) y la recta que va del sistema de

65

observación 2 hasta el punto observado en el cielo);

- un módulo de comparación 41 que compara la cartografía procedente del módulo cartográfico 40 con unos modelos cartográficos 6 archivados en una base de datos 44, y que coteja dicha cartografía de un modelo cartográfico 6 establecido como siendo la más próxima en materia de distribución de la luminancia solar, en el que cada modelo cartográfico 6 está asociado a una consigna de orientación del seguidor solar 1;
- un módulo de control 42 que recupera al mismo tiempo la consigna de orientación que procede del módulo de comparación 41 así como el ángulo de inclinación directo definido por la dirección de la radiación solar directa a nivel del seguidor solar 1, siendo este ángulo de inclinación directo procedente de un módulo de cálculo astronómico 43 que calcula en tiempo real la posición del sol, en el que el módulo de control 42 saca una consigna angular con destino al sistema de accionamiento 3 con el fin de pilotar unos cambios de orientación de la plataforma 12 del seguidor solar 1.

Se debe observar que esta unidad de control 4 puede ser propia del seguidor solar 1, o bien estar compartida entre varios seguidores solares, y preferentemente entre varios seguidores solares reunidos en línea (que se extiende de norte a sur) dentro de instalaciones solares lineales.

En un primer modo de realización ilustrado en la figura 3, el sistema de observación 2a comprende un soporte 21a en forma de arco semicircular centrado alrededor de un eje X paralelo al eje de rotación A del seguidor solar, soportando este soporte 21a unas células fotosensibles 22.

Estas células fotosensibles 22 están posicionadas a lo largo de varias bandas (visibles en las figuras 4 y 7b) distribuidas según varios ángulos denominados de elevación  $\Theta_i$  que son medidos con respecto al eje vertical Z en el plano (Y, Z) alrededor del eje X, estando el punto de referencia (X, Y, Z) centrado en el centro O del soporte arqueado 21a. El ángulo de elevación  $\Theta_i$  se debe cotejar por lo tanto con el ángulo de inclinación del seguidor solar 1. En el ejemplo de la figura 3, las células fotosensibles 22 están distribuidas según seis bandas en unos ángulos de elevación de  $+\Theta_1$ ,  $+\Theta_2$ ,  $+\Theta_3$ ,  $-\Theta_1$ ,  $-\Theta_2$  y  $-\Theta_3$ ; con, por ejemplo  $[\Theta_1]=30$  grados,  $[\Theta_2]=60$  grados y  $[\Theta_3]=90$  grados. Estos ángulos de elevación  $\Theta_i$  y estas bandas  $B_i$  son visibles asimismo en la figura 7b.

En un segundo modo de realización ilustrado en la figura 5, el sistema de observación 2b comprende un soporte 21b en forma de domo semiesférico que soporta unas células fotosensibles 22.

Estas células fotosensibles 22 están posicionadas a lo largo de varias bandas  $B_i$  (visibles en las figuras 6 y 7b) distribuidas según varios ángulos denominados de elevación  $\Theta_i$  que son medidos con respecto al eje vertical Z en el plano (Y, Z) alrededor del eje X, estando el punto de referencia (X, Y, Z) centrado en el centro O del domo semiesférico 21. El ángulo de elevación  $\Theta_i$  se debe cotejar por lo tanto con el ángulo de inclinación del seguidor solar 1. En el ejemplo de la figura 5, las células fotosensibles 22 están distribuidas según siete bandas en unos ángulos de elevación de 0,  $+\Theta_1$ ,  $+\Theta_2$ ,  $+\Theta_3$ ,  $-\Theta_1$ ,  $-\Theta_2$  y  $-\Theta_3$ ; con, por ejemplo  $[\Theta_1]=30$  grados,  $[\Theta_2]=60$  grados y  $[\Theta_3]=90$  grados. Estos ángulos de elevación  $\Theta_i$  son visibles asimismo en la figura 7b.

En este segundo modo de realización, en cada banda  $B_i$ , están presentes una, incluso varias células fotosensibles 22. En el caso de una banda  $B_i$  de varias células fotosensibles 22, las células fotosensibles 22 de una misma banda  $B_i$  están distribuidas según varios ángulos denominados de azimut  $R_j$  que son medidos con respecto al eje vertical Z en el plano (X, Z) alrededor del eje Y. Así, además de estar distribuidas según las bandas  $B_i$  en diferentes ángulos de elevación  $\Theta_i$ , las células fotosensibles 22 están distribuidas asimismo según unas columnas  $C_j$  (visibles en las figuras 6 y 7a) en diferentes ángulos de azimut  $R_j$ ; estos ángulos de azimut  $R_j$  son visibles en la figura 7a.

En estos dos modos de realización, cuantas más células fotosensibles 22 comprende el sistema de observación 2a, 2b, y en particular cuantas más bandas  $B_i$  de células fotosensibles 22 comprende el sistema de observación 2a, 2b, mejores serán la resolución y la precisión angular.

Estas células fotosensibles 22 pueden ser de la misma tecnología que los paneles fotovoltaicos 13 con el fin de poder aplicar una ponderación que depende de la gama de longitud de onda útil para los paneles fotovoltaicos 13. Preferentemente, estas células fotosensibles 22 serán objeto de un calibrado previo para obtener una mejor precisión.

Así, con dicho primer o segundo sistema de observación 2a, 2b, recuperando las mediciones de la luminosidad de cada célula fotosensible 22 y conociendo los ángulos de elevación  $\Theta_i$  (o ángulos de inclinación asociados) de las diferentes bandas  $B_i$ , y llegado el caso los ángulos de azimut  $R_j$  de las diferentes columnas  $C_j$ , el módulo cartográfico 40 convierte una observación realizada por el primer o el segundo sistema de observación 2a, 2b en una cartografía 5a, 5b de la luminancia solar que es monodimensional para el primer sistema de observación 2a (véase la cartografía 5a visible en la figura 4) o bidimensional para el segundo sistema de observación 2b (véase la cartografía 5b visible en la figura 6).



Con referencia a la figura 4, para el primer sistema de observación 2a, la cartografía 5a monodimensional forma un mapa de luminancia solar que comprende varias bandas 50(i) (i entero) distribuidas o establecidas según una dirección paralela al eje transversal Y (dicho de otra manera según una dirección este-oeste), y asociadas respectivamente a diferentes ángulos de elevación o de inclinación  $\Theta_i$ , de manera que cada banda 50(i) corresponde a un ángulo de inclinación  $\Theta_i$  del seguidor solar 1; siendo este ángulo de elevación  $\Theta_i$ , como recordatorio, medido alrededor del eje X norte-sur.

Así, la cartografía 5a monodimensional comprende NB bandas 50(i) (en la que NB corresponde al número de células fotosensibles 22) y a cada banda 50(i) le corresponde un valor (absoluto o relativo) de luminancia solar Lum(i).

En la figura 4 arriba, se ilustra esquemáticamente en plano un ejemplo de primer sistema de observación 2a y comprende seis células fotosensibles 22 distribuidas según seis bandas B1 a B6 que están asociadas a seis ángulos de elevación (o ángulos de inclinación). A este primer sistema de observación 2a le corresponde una cartografía 5a monodimensional con seis bandas 50(1) a 50(6), y en el que los valores de luminancia solar están expresados de manera relativa en porcentaje con respecto a un valor máximo de luminancia solar que corresponde al valor máximo de la luminancia solar accesible cuando tiene lugar una observación en radiación directa. Así, un porcentaje del 100% corresponde a este valor máximo de luminancia solar.

Con referencia a la figura 6, para el segundo sistema de observación 2b, la cartografía 5b bidimensional forma un mapa (o matriz) de luminancia solar que comprende:

- varias bandas 50(i) (i entero) distribuidas según una primera dirección paralela al eje transversal Y (dicho de otra manera, según una dirección este-oeste), y asociadas respectivamente a diferentes ángulos de elevación o de inclinación  $\Theta_i$ , de manera que cada banda 50(i) corresponde a un ángulo de inclinación  $\Theta_i$  del seguidor solar 1 (siendo este ángulo de elevación  $\Theta_i$ , como recordatorio, medido alrededor del eje X norte-sur); y
- varias columnas 51(j) (j entero) distribuidas según una segunda dirección paralela al eje X (dicho de otra manera, una dirección norte-sur) y asociadas respectivamente a diferentes ángulos de azimut  $R_j$  (siendo este ángulo de azimut  $R_j$ , como recordatorio, medido alrededor del eje Y este-oeste).

Así, la cartografía 5b bidimensional comprende NT casillas (en la que NT corresponde al número de células fotosensibles 22) y a cada casilla le corresponde un valor (absoluto o relativo) de luminancia solar Lum(i,j).

En la figura 6 a la izquierda, se ilustra esquemáticamente un ejemplo de segundo sistema de observación 2b en plano y comprende nueve células fotosensibles 22 distribuidas según tres bandas B1, B2, B3 que están asociadas a tres ángulos de elevación (o ángulos de inclinación), y según tres columnas C1, C2, C3 que están asociadas a tres ángulos de azimut. A este segundo sistema de observación 2b le corresponde una cartografía 5b bidimensional con tres bandas 50(1), 50(2), 50(3) y tres columnas 51(1), 51(2), 51(3), y en el que los valores de luminancia solar están expresados de manera relativa en porcentaje con respecto a un valor máximo de luminancia solar.

En un tercer modo de realización ilustrado en la figura 8, el sistema de observación 2c comprende una cámara, en particular del tipo cámara semiesférica, con el fin de extraer unas imágenes del cielo.

De manera ventajosa, el tercer sistema de observación 2c (denominado a continuación cámara) está conformado para tomar imágenes en una anchura espectral suficiente para la tecnología de los sensores solares 13, y en particular del o de los paneles fotovoltaicos.

Haciendo referencia a la figura 9, la cámara 2c proporciona una imagen bruta IMB del cielo que se suministra a continuación al módulo cartográfico 40 para convertir esta imagen bruta IMB (u observación) en una cartografía 5 bidimensional de la luminancia solar. A esta imagen bruta bidimensional se le asocia un punto de referencia (X, Y), estando estos ejes X e Y ya definidos anteriormente.

Con dicha cámara 2c, el módulo cartográfico 40 realiza una sucesión de etapas de tratamiento de imagen para partir de la imagen bruta IMB hasta la cartografía 5c.

En una primera etapa POND, el módulo cartográfico 40 utiliza una ponderación frecuencial aplicada sobre la imagen bruta IMB (o señal de vídeo) recuperada, para obtener una imagen denominada ponderada IMP; consistiendo esta ponderación frecuencial en aplicar un filtro frecuencial sobre la observación (pudiendo dicha ponderación ser aplicada asimismo sobre la observación realizada por los primer y segundo sistemas de observación 2a, 2b) que está en función al mismo tiempo de la respuesta en frecuencia del sistema de observación 2 (ya sean las células fotosensibles 22 o la cámara 2c) y de la banda frecuencial útil (o respuesta espectral) para los paneles fotovoltaicos 13.

En una segunda etapa TRAIT, el módulo cartográfico 40 realiza un tratamiento de la imagen ponderada IMP que consiste en corregir la imagen de los defectos (tratamiento de supresión del ruido, tratamiento de deslumbramiento o "blooming", tratamiento de la saturación, etc.) para obtener una imagen denominada tratada IMT. Después, el módulo cartográfico 40 realiza un cálculo (o bien pixel por pixel, o bien zona por zona en la que cada zona comprende varios píxeles) de la distribución de la luminancia solar sobre la imagen tratada IMT con el fin de generar una cartografía inicial CI bidimensional que forma un mapa (o matriz) de luminancia solar distribuida según varias bandas asociadas respectivamente a diferentes ángulos de elevación o de inclinación  $\Theta(i)$  y según varias columnas asociadas respectivamente a diferentes ángulos de azimut; en la figura 9, los valores de luminancia solar de la cartografía inicial CI están expresados de manera relativa en porcentaje con respecto al valor máximo de luminancia solar.

En una tercera etapa SENS, el módulo cartográfico 40 aplica sobre la cartografía inicial CI un coeficiente que depende de la variación de la sensibilidad de la cámara 2, con el fin de generar una cartografía 5c bidimensional del mismo tiempo que la cartografía 5b bidimensional descrita anteriormente. En efecto, la amplitud (o luminosidad) de los datos proporcionados por la cámara 2 está proporcionalmente relacionada con el valor de la radiación solar, de manera que este coeficiente tiene en cuenta esta proporcionalidad que depende de la variación de la sensibilidad de la cámara 2.

Así, el módulo cartográfico 40 genera una cartografía 5c bidimensional que forma un mapa (o matriz) de luminancia solar distribuida según varias bandas 50(i) asociadas respectivamente a diferentes ángulos de elevación o de inclinación  $\Theta_i$  y según varias columnas 51(j) asociadas respectivamente a diferentes ángulos de azimut  $R_j$ . En el ejemplo de la figura 9, la cartografía 5 comprende cinco bandas 50(1), ..., 50(5) y siete columnas 51(1), ..., 51(7), y los valores de luminancia solar están expresados de manera relativa en porcentaje con respecto al valor máximo de luminancia solar.

La resolución de la cartografía 5 (dicho de otra manera el número de bandas y de columnas) y por lo tanto la precisión angular dependen de la finura del tratamiento de imagen realizada por el módulo cartográfico 40, y asimismo de la sensibilidad y de la resolución del sistema de observación 2. Para los primer y segundo sistemas de observación 2a, 2b, con unas células fotosensibles 22, esta sensibilidad depende de la sensibilidad de las células fotosensibles 22, y esta resolución depende del número y de la distribución de las células fotosensibles 22. Para el tercer sistema de observación 2c del tipo cámara, esta sensibilidad y esta resolución dependen de la calidad de la cámara.

A partir de dicha cartografía 5a, 5b, 5c (ya proceda de uno u otro de los sistemas de observación 2a, 2b, 2c descritos anteriormente), el módulo de comparación 41 realiza una comparación de esta cartografía 5a, 5b, 5c con los modelos cartográficos 6 para extraer un modelo cartográfico 6 que se acerque o equivalente según unos criterios de cotejo predefinidos.

En el caso del primer sistema de observación 2a, siendo las cartografías 5a monodimensionales, los modelos cartográficos 6a asociados son asimismo monodimensionales, y traducen cada uno un modelo teórico de cubierta nubosa traducido en una distribución de la luminancia solar según varias bandas asociadas respectivamente a diferentes ángulos de elevación o de inclinación  $\Theta_i$ .

Haciendo referencia a las figuras 10 y 11, con un primer sistema de observación 2a que comprende 5 células fotosensibles 22 distribuidas en cinco ángulos de elevación  $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3, \Theta_4$  y  $\Theta_5$ , se ilustran varios ejemplos asociados de modelos cartográficos 6a monodimensionales; siendo estos modelos cartográficos 6a esquematizados en forma de histogramas (equivalentes a la cartografía 5a de la figura 4), con, en ordenadas, el valor de la luminancia solar expresada de manera relativa en porcentaje con respecto al valor máximo de luminancia solar, y con, en abscisas, las bandas 50(i) (incluso los ángulos de elevación  $\Theta_i$ ).

Un primer modelo 6a esquematizado por el histograma 11(a) corresponde a un modelo de cubierta nubosa nula, en el que la luminancia solar es por lo menos igual al 80% del valor máximo sobre un sector angular inferior a 30 grados alrededor del ángulo de inclinación directa.

En este histograma 11(a), se debe observar que:

- a la banda 50(4) y por lo tanto al ángulo de elevación  $\Theta_4$  está asociada una luminancia solar relativa del 100%,
- para otras bandas 50(1), 50(2), 50(3), 50(5), la luminancia solar relativa es inferior al 10%.

Este modelo de cubierta nubosa nula modeliza un cielo con casi ninguna nube, en el que la radiación directa está sustancialmente situada en el ángulo de elevación  $\Theta_4$ .

Un segundo modelo 6a esquematizado por el histograma 11(b) corresponde a un modelo de cubierta nubosa irregular, en el que la luminancia solar es por lo menos igual al 50% del valor máximo sobre un sector angular inferior a 30 grados alrededor del ángulo de inclinación directo, y es por lo menos igual al 20% del valor máximo

sobre un sector angular inferior a 30 grados alrededor de otro ángulo de inclinación.

En este histograma 11(b), se debe observar que:

- 5 - a la banda 50(4) y por lo tanto al ángulo de elevación  $\Theta_4$  está asociada una luminancia solar relativa del 70%,
- a la banda 50(2) y por lo tanto al ángulo de elevación  $\Theta_2$  está asociada una luminancia solar relativa del 30%,
- 10 - para las otras bandas 50(1),k 50(3) y 50(5), la luminancia solar relativa es inferior al 10%.

Este modelo de cubierta nubosa irregular modeliza un cielo con una única nube o pocas nubes distribuidas de manera irregular, en el que la radiación directa está situada sustancialmente en el ángulo de elevación  $\Theta_4$  y en el que la radiación difusa debida a la o a las nube(s) está situada sustancialmente en el ángulo de elevación  $\Theta_2$ .

Un tercer y un cuarto modelo 6a esquematizados por los histogramas 11(c) y 11(d) corresponden cada uno a un modelo de gran cubierta nubosa, en la que la luminancia solar presenta, en un sector angular superior a 150 grados, un valor bajo y un valor alto, con una diferencia entre el valor bajo y el valor alto que es inferior al 50% del valor alto, con el valor alto que es inferior al 50% del valor máximo y con el valor alto que está asociado a un ángulo de elevación alejado en por lo menos 20 grados del ángulo de inclinación directo.

En el histograma 11(c), se debe observar que el valor alto es del 45% en el ángulo de elevación  $\Theta_3$  y el valor bajo es del 30% en los ángulos de elevación  $\Theta_1$  y  $\Theta_5$ , mientras que el ángulo de inclinación directo corresponde sustancialmente al ángulo de elevación  $\Theta_4$ . En el histograma 11(d), se debe observar que el valor alto es del 20% en el ángulo de elevación  $\Theta_3$  y el valor bajo es del 10% en los ángulos de elevación  $\Theta_1$  y  $\Theta_5$ , mientras que el ángulo de inclinación directo corresponde sustancialmente al ángulo de elevación  $\Theta_4$ .

Este modelo de gran cubierta nubosa modeliza un cielo cubierto, con una superficie nubosa casi uniforme sobre toda la parte del cielo observado. El modelo del histograma 11(d) modeliza una cubierta nubosa más espesa que en el modelo del histograma 11(c).

Un quinto modelo 6a esquematizado por el histograma 11(e) corresponde a un modelo de fina cubierta nubosa en la que la luminancia solar presenta, en un sector angular superior a 150 grados, un valor bajo y un valor alto, con una diferencia entre el valor bajo y el valor alto que es inferior al 50% del valor alto y con el valor alto que está asociado a un ángulo de elevación situado a menos de 20 grados del ángulo de inclinación directo.

En el histograma 11(e), se debe observar que el valor alto es del 37% en el ángulo de elevación  $\Theta_4$  que corresponde sustancialmente al ángulo de inclinación directo, y el valor bajo es del 20% en el ángulo de elevación  $\Theta_1$  más alejado del ángulo de elevación  $\Theta_4$ .

En el caso del segundo y del tercer sistema de observación 2b, 2c, siendo las cartografías 5b, 5c bidimensionales, los modelos cartográficos 6 asociados son asimismo bidimensionales, y traducen cada uno un modelo teórico de cubierta nubosa traducida en una distribución de la luminancia solar según varias bandas asociadas respectivamente a diferentes ángulos de elevación o de inclinación  $\Theta_i$  y según varias columnas asociadas respectivamente a diferentes ángulos de azimut  $R_j$ .

Se podría prever no obstante emplear unos modelos cartográficos 6a monodimensionales para las cartografías 5b, 5c de los segundo y tercer sistema de observación 2b, 2c. Para ello, el módulo cartográfico 40 deberá convertir las cartografías 5b, 5c bidimensionales en una cartografía equivalente monodimensional.

A título de ejemplo, y haciendo referencia a la figura 9, esta conversión consiste en calcular, para cada banda 50(i) de la cartografía 5c bidimensional, un valor de luminancia equivalente  $Leq(i)$  a partir del conjunto de los valores de luminancia  $L(i,j)$ , tomados en la banda 50(i). Para cada banda 50(i), el valor de luminancia equivalente  $Leq(i)$  de la banda 50(i) está en función de los valores de luminancia  $L(i, j)$  tomados en la banda 50(i) y de los ángulos de azimut  $R_j$  de las diferentes columnas 51(j) según la fórmula siguiente (haciendo referencia a la figura 7a):

$$Leq(i) = \sum_j Lum(i,j) \times \cos R_j$$

Se obtiene así una cartografía equivalente  $Ceq$  monodimensional que traduce la distribución de los valores de luminancia equivalente  $Leq(i)$  asociadas a las diferentes bandas 50(i). Después, es esta cartografía equivalente  $Ceq$  monodimensional la que se comparará con los modelos cartográficos 6a monodimensionales.

Haciendo referencia a la figura 12, con un tercer sistema de observación 2c, se ilustran varios ejemplos asociados de modelos cartográficos 6c bidimensionales; estando estos modelos cartográficos 6c esquematizados en forma de imágenes en dos dimensiones.

5 Un primer modelo 6c esquematizado por la imagen 12(a) corresponde a un modelo de cubierta nubosa nula, como el modelo 6a del histograma 11(a), en el que el sol SO está totalmente visible sin presencia de nubes. Un segundo modelo 6c esquematizado por la imagen 12(a) corresponde a un modelo de cubierta nubosa irregular, como el modelo 6a del histograma 11(b), en el que algunas nubes NU dispersas no disimulan completamente el sol SO. Un tercer modelo 6c esquematizado por la imagen 12(c) corresponde a un modelo de gran cubierta nubosa, como el modelo 6a del histograma 11(c), en el que el cielo está completamente nuboso con unas nubes NU distribuidas de manera uniforme y disimulando el sol. Un cuarto modelo 6c esquematizado por la imagen 12(d) corresponde a un modelo de gran cubierta nubosa, como el modelo 6a del histograma 11(d), en el que el cielo está completamente nuboso con unas nubes NU distribuidas de manera uniforme y disimulando el sol, siendo estas nubes más espesas que las de la imagen 12(c). Un quinto modelo 6c esquematizado por la imagen 12(e) corresponde a un modelo de fina cubierta nubosa, como el modelo 6a del histograma 11(e), en el que el cielo está completamente nuboso con unas nubes NU distribuidas de manera uniforme, pero en el que el sol SO sigue siendo visible a través del fino espesor de las nubes NU.

20 En cuanto a los modelos de cubierta nubosa nula y de cubierta nubosa irregular (ilustrados en los histogramas 11(a), 11(b), y en las imágenes 12(a) y 12(b)), la consigna de orientación asociada es una consigna de orientación sobre el ángulo de inclinación directo.

25 En lo que se refiere a los modelos de gran cubierta nubosa (ilustrados en los histogramas 11(c), 11(d), y en las imágenes 12(c) y 12(d)), la consigna de orientación asociada es una consigna de orientación sobre un ángulo de inclinación denominado optimizado que corresponde a un ángulo de inclinación nulo por una puesta en horizontal del seguidor solar 1.

30 En lo que se refiere al modelo de fina cubierta nubosa (ilustrado en el histograma 11(e) y en la imagen 12(e)), la consigna de orientación asociada es una consigna de orientación sobre un ángulo de inclinación intermedio predefinido tomado entre el ángulo de inclinación directo y el ángulo nulo (que corresponde a una puesta en horizontal del seguidor solar 1).

35 El módulo de comparación 41 compara, como recordatorio, la cartografía que procede del módulo cartográfico 40 con los modelos cartográficos 6 archivados en una base de datos 44, y coteja dicha cartografía de un modelo cartográfico 6 establecido como siendo el más próximo en materia de distribución de la luminancia solar.

40 Para realizar esta comparación, y este cotejo, el módulo de comparación 41 compara las luminancias solares banda por banda (y eventualmente columna por columna), y considera el modelo cartográfico 6 que presenta, para cada banda, la proximidad más grande en el valor de la luminancia solar con respecto a una tolerancia dada.

A continuación, una vez que se ha retenido un modelo cartográfico 6, la consigna de orientación asociada al modelo cartográfico 6 retenido es dirigida al módulo de control 42, recuperando asimismo este módulo de control 42 el ángulo de inclinación directo que procede del módulo de cálculo astronómico 43.

45 Después, el módulo de control 42 dirige al sistema de accionamiento 3 una consigna angular establecida sobre la base de la consigna de orientación asociada al modelo cartográfico 6 considerado, y que puede adoptar el valor del ángulo de inclinación directo (en el caso de los modelos de cubierta nubosa nula y de cubierta nubosa irregular), el valor nulo (en el caso de los modelos de gran cubierta nubosa) o un valor intermedio entre el valor nulo y el valor del ángulo de inclinación directo (en el caso de los modelos de fina cubierta nubosa).

50 Se debe observar que, si durante un cierto tiempo, no se coteja ningún modelo cartográfico 6 de la base de datos con las cartografías 5 sucesivas procedentes de la observación (ya que las diferencias de luminancia solar entre las cartografías 5 y los modelos cartográficos 6 superan las tolerancias), entonces el módulo de control 42 bascula automáticamente a un control sobre el ángulo de inclinación directo.

55 Se debe observar que, partiendo de una situación de control sobre una primera consigna de orientación asociada a un primer modelo cartográfico 6, el módulo de control 42 bascula a un control sobre una segunda consigna de orientación asociada a un segundo modelo cartográfico 6 sólo si, durante un cierto tiempo, solamente el segundo modelo cartográfico 6 se coteja con las cartografías 5 sucesivas procedentes de la observación. Dicho de otra manera, el módulo de control 42 coloca una temporización para efectuar un cambio de orientación, de manera que es preciso que el segundo modelo cartográfico 6 sea cotejado con las cartografías 5 durante suficiente tiempo para que el módulo de control 42 siga la segunda consigna de orientación.

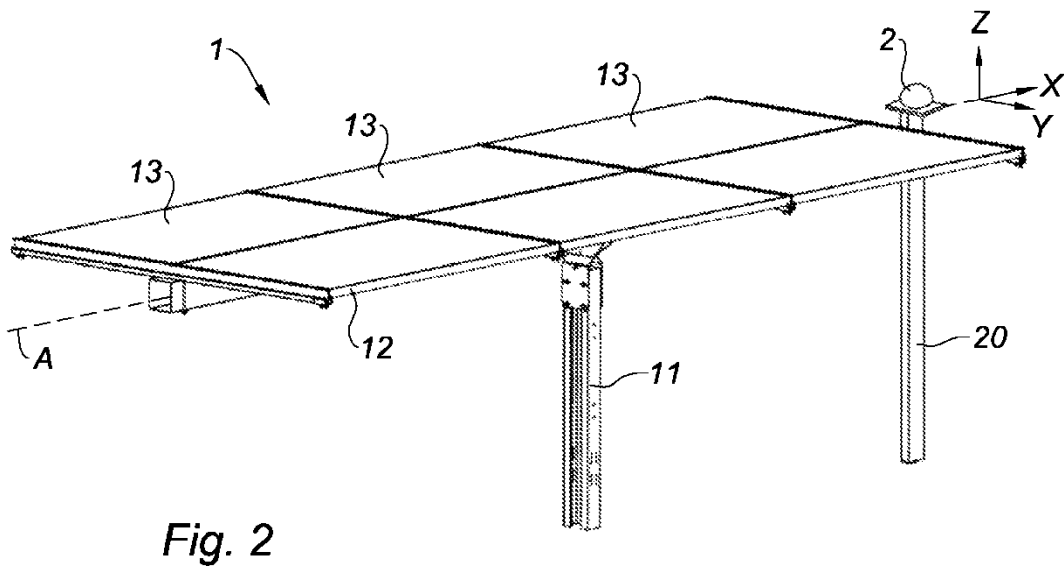
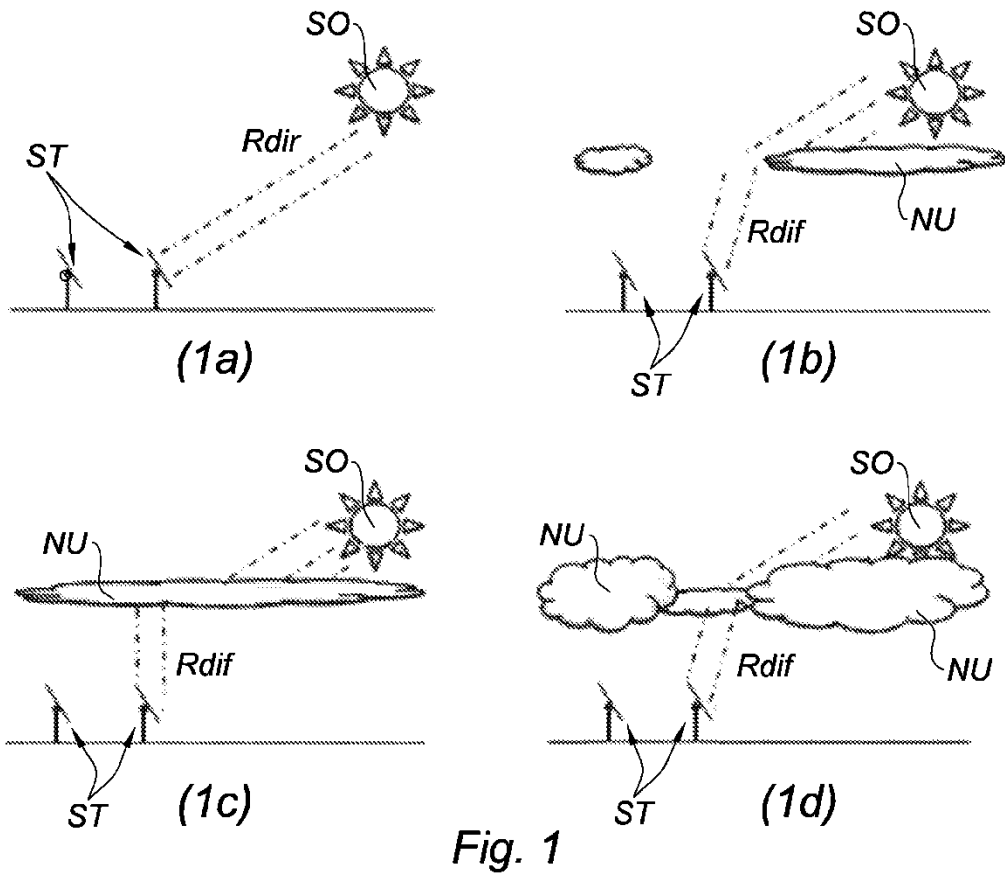
65 El tiempo mínimo de esta temporización depende del horario, de la diferencia angular entre la primera consigna de orientación y la segunda consigna de orientación, de una tasa de desgaste de órganos mecánicos del seguidor solar 1 solicitados cuando tiene lugar un cambio de orientación del seguidor solar 1, y de un consumo de energía necesaria para modificar la orientación del seguidor solar.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de pilotaje de la orientación de un seguidor solar (1) de eje único orientable alrededor de un eje de rotación (A), cumpliendo dicho procedimiento de manera repetitiva unas fases de pilotaje sucesivas, en las que cada fase de pilotaje realiza las etapas sucesivas siguientes:
- a) observar la cubierta nubosa por encima del seguidor solar (1);
  - b) comparar la cubierta nubosa observada (5) con unos modelos de cubierta nubosa (6) archivados en una base de datos (44), estando cada modelo de cubierta nubosa (6) asociado a una consigna de orientación del seguidor solar (1);
  - c) cotejar la cubierta nubosa observada (5) con un modelo de cubierta nubosa (6);
  - d) controlar la orientación del seguidor solar (1) aplicando la consigna de orientación asociada a dicho modelo de cubierta nubosa (6) retenido durante la etapa c);
- estando el procedimiento caracterizado por que durante la etapa a), la observación de la cubierta nubosa se traduce en una cartografía (5) de la luminancia solar en función de diferentes ángulos de elevación ( $\Theta_i$ ) y, durante la etapa b), los modelos de cubierta nubosa están constituidos por modelos cartográficos (6) y la comparación se basa en una comparación entre la distribución de la luminancia solar y la cartografía con la distribución de la luminancia solar en los diferentes modelos cartográficos (6).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que cada modelo de cubierta nubosa (6) asocia una consigna de orientación que está en función de una composición de la capa nubosa de dicho modelo, dependiendo dicha composición de uno por lo menos de los parámetros siguientes: número de nubes, superficie cubriente de la o de las nubes, espesor de la o de las nubes, localización de la o de las nubes; tipo de la o de las nubes.
3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los modelos de cubierta nubosa (6) comprenden:
- por lo menos un modelo denominado de cubierta nubosa nula al cual está asociada una consigna de orientación sobre un ángulo de inclinación denominado directo establecido por un cálculo astronómico de la posición del sol;
  - por lo menos un modelo denominado de gran cubierta nubosa al cual está asociada una consigna de orientación sobre un ángulo de inclinación denominado optimizado que no coincide con el ángulo de inclinación directo.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que el ángulo de inclinación optimizado corresponde a un ángulo asociado a una puesta en horizontal del seguidor solar.
5. Procedimiento según las reivindicaciones 3 o 4, en el que los modelos de cubierta nubosa (6) comprenden por lo menos un modelo denominado de fina cubierta nubosa al cual está asociada una consigna de orientación sobre un ángulo intermedio predefinido entre el ángulo de inclinación directo y un ángulo que corresponde a una puesta en horizontal del seguidor solar.
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que los modelos de cubierta nubosa (6) comprenden por lo menos un modelo denominado de cubierta nubosa irregular al cual está asociada una consigna de orientación sobre el ángulo de inclinación directo.
7. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que, considerando un valor máximo de luminancia solar que corresponde al valor máximo de la luminancia solar accesible durante una observación en radiación directa:
- el modelo de cubierta nubosa nula corresponde a un modelo cartográfico en el que la luminancia solar es por lo menos igual al 80% del valor máximo sobre un sector angular inferior a 30 grados alrededor del ángulo de inclinación directo; y
  - el modelo de gran cubierta nubosa corresponde a un modelo cartográfico en el que la luminancia solar presenta, en un sector angular superior a 150 grados, un valor bajo y un valor alto, con una diferencia entre el valor bajo y el valor alto que es inferior al 50% del valor alto, con el valor alto que es inferior al 50% del valor máximo y con el valor alto que está asociado a un ángulo de elevación alejado en por lo menos 20 grados del ángulo de inclinación directo.
8. Procedimiento según las reivindicaciones 5 y 7, en el que el modelo de fina cubierta nubosa corresponde a un modelo cartográfico en el que la luminancia solar presenta, en un sector angular superior a 150 grados, un valor

bajo y un valor alto, con una diferencia entre el valor bajo y el valor alto que es inferior al 50% del valor alto y con el valor alto que está asociado a un ángulo de elevación situado a menos de 20 grados del ángulo de inclinación directo.

- 5 9. Procedimiento según las reivindicaciones 6 y 7, en el que el modelo de cubierta nubosa irregular corresponde a un modelo cartográfico en el que la luminancia solar es por lo menos igual al 50% del valor máximo en un sector angular inferior a 30 grados alrededor del ángulo de inclinación directo, y es por lo menos igual al 20% del valor máximo en un sector angular inferior a 30 grados alrededor de otro ángulo de inclinación.
- 10 10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la observación de la cubierta nubosa se realiza según uno de los métodos siguientes:
- toma de imágenes del cielo a partir del suelo mediante un aparato de toma de vistas, tal como una cámara,
  - medición de la luminancia solar a partir del suelo mediante un conjunto de varias células fotosensibles;
  - recuperación de imágenes satélites del cielo por encima del seguidor solar (1).
- 15
- 20 11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, durante la etapa a), se realiza una etapa de ponderación frecuencial aplicada sobre la observación que está en función al mismo tiempo de una respuesta en frecuencia de la observación y de una banda frecuencial útil para un sensor solar.
- 25 12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, considerando que el procedimiento utiliza un control sobre una primera consigna de orientación asociada a un primer modelo de cubierta nubosa sobre una primera serie de varias fases de pilotaje sucesivas, y considerando que, tras esta primera serie, la fase de pilotaje siguiente considera durante su etapa c) un segundo modelo de cubierta nubosa asociado a una segunda consigna de orientación, entonces el procedimiento bascula a un control sobre dicha segunda consigna de orientación únicamente si la primera serie está seguida de una segunda serie que comprende un número predefinido de fases de pilotaje sucesivas que consideran todas el segundo modelo de cubierta nubosa durante sus etapas c) respectivas.
- 30
- 35 13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que, si la primera serie no está seguida de una segunda serie que comprende el número predefinido de fases de pilotaje sucesivas que consideran todas el segundo modelo de cubierta nubosa, entonces el procedimiento mantiene el control sobre dicha primera consigna de orientación o bascula a un control sobre un ángulo de inclinación directo.
- 40 14. Procedimiento según las reivindicaciones 12 o 13, en el que el número predefinido de fases de pilotaje sucesivas de la segunda serie está en función de uno por lo menos de los parámetros siguientes: el horario, la diferencia angular entre la primera consigna de orientación y la segunda consigna de orientación, una tasa de desgaste de órganos mecánicos del seguidor solar (1) solicitados durante un cambio de orientación del seguidor solar (1), y un consumo de energía necesaria para modificar la orientación del seguidor solar.
- 45 15. Procedimiento de pilotaje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, si durante una serie que comprende un número predefinido de fases de pilotaje sucesivas en las que, durante cada fase de pilotaje, no se ha cotejado ningún modelo de cubierta nubosa de la base de datos con la cubierta nubosa observada, entonces el procedimiento bascula a un control sobre un ángulo de inclinación directo.
- 50 16. Seguidor solar (1) de eje único orientable alrededor de un eje de rotación (A), estando el seguidor solar (1) configurado para realizar el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, siendo el seguidor solar (1) del tipo que comprende una estructura fija (11) de anclaje al suelo y una plataforma (12) apropiada para soportar por lo menos un sensor solar (13), siendo dicha plataforma (12) accionable en rotación sobre la estructura fija (11) según dicho eje de rotación (A) mediante un sistema de accionamiento (3), estando dicho seguidor solar (1) caracterizado por que comprende además:
- un sistema de observación (2) de la cubierta nubosa por encima del seguidor solar (1),
  - una base de datos (44) que archiva unos modelos de cubierta nubosa (6) asociados cada uno a una consigna de orientación del seguidor solar (1), y
  - una unidad de control (4) vinculada al sistema de observación (2) para recibir sus datos de observaciones, con la base de datos (44) y con el sistema de accionamiento (3) para pilotar la rotación de la plataforma (12), en el que dicha unidad de control (4) está conformada para realizar las etapas b) a d) del procedimiento de pilotaje.
- 55
- 60
- 65



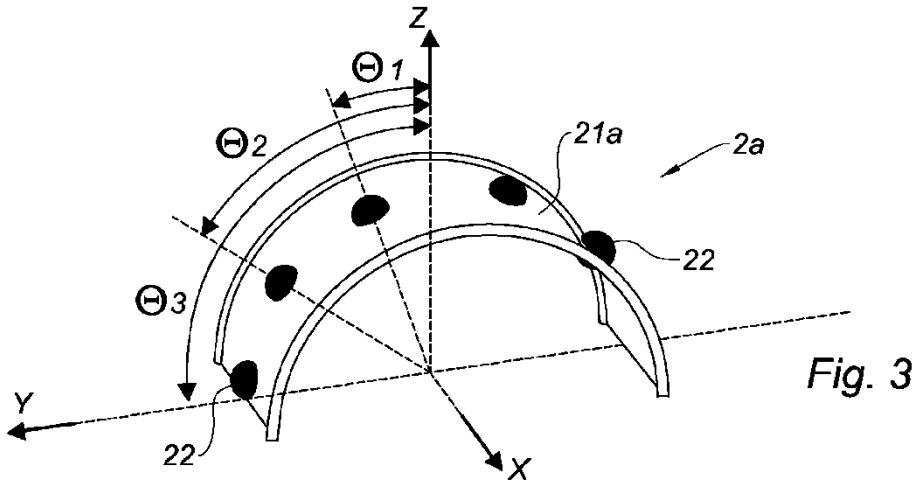


Fig. 3

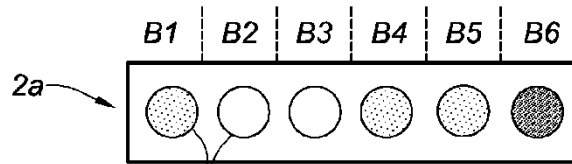


Fig. 4

50%	90%	85%	60%	50%	2%
50(1)	50(2)	50(3)	50(4)	50(5)	50(6)

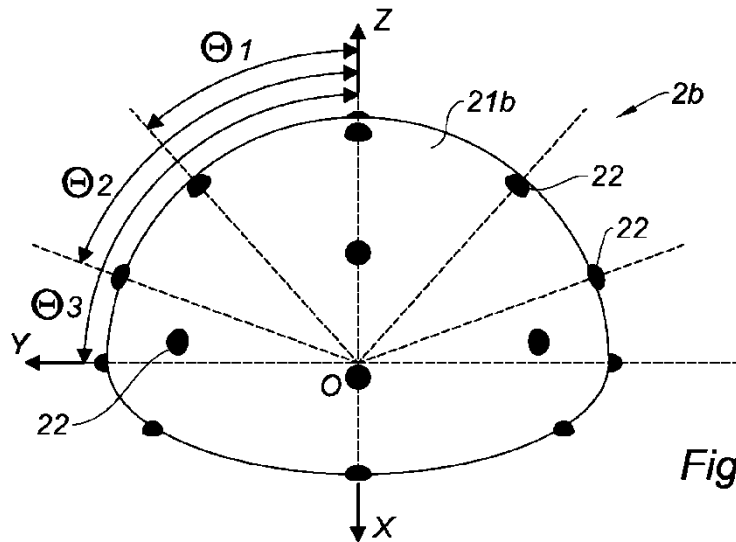


Fig. 5



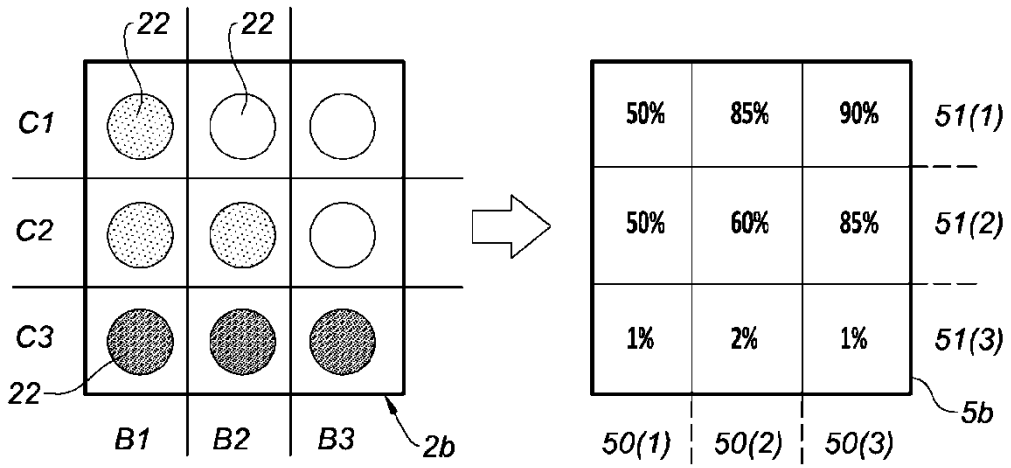


Fig. 6

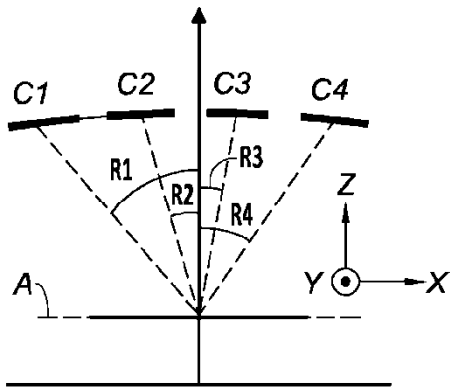


Fig. 7a

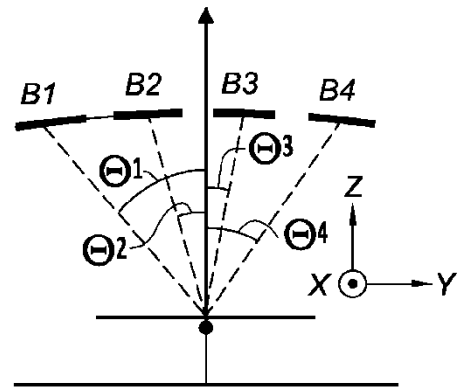


Fig. 7b

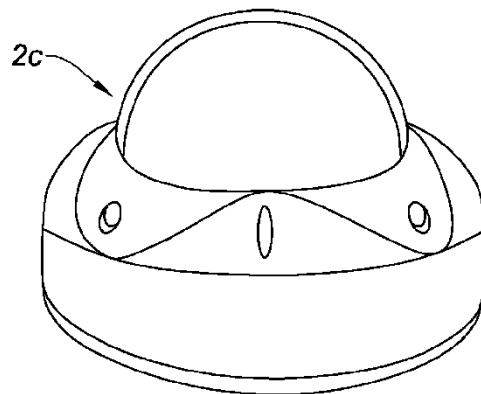


Fig. 8

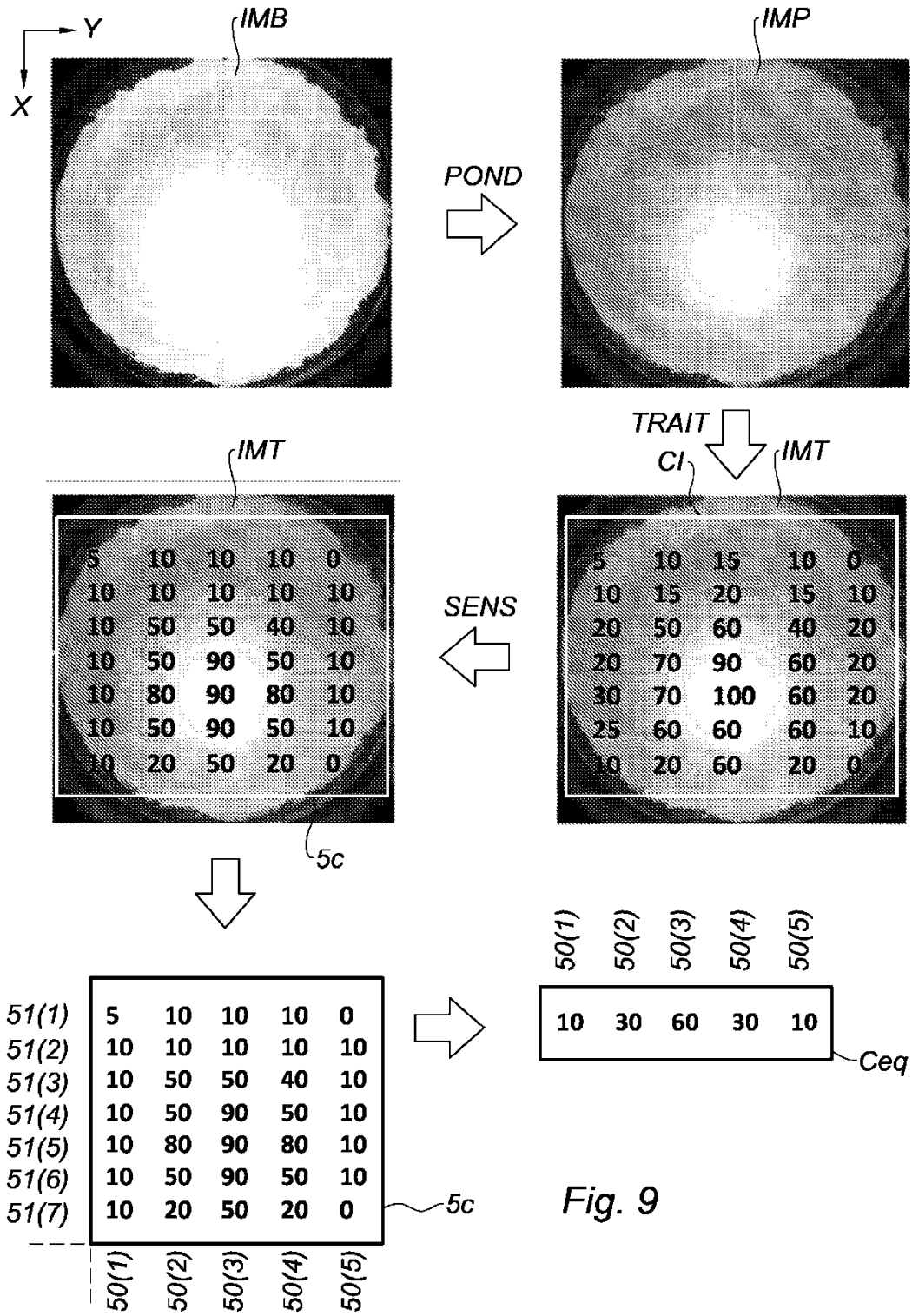


Fig. 9

