

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 685**

51 Int. Cl.:

A61B 3/028 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.06.2010 E 10745338 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.09.2014 EP 2448465**

54 Título: **Caracterización de una percepción de borrosidad o desenfoque**

30 Prioridad:

29.06.2009 FR 0954408

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

28.11.2014

73 Titular/es:

**ESSILOR INTERNATIONAL (COMPAGNIE
GÉNÉRALE D'OPTIQUE) (100.0%)
147 Rue de Paris
94220 Charenton le Pont, FR**

72 Inventor/es:

**DROBE, BJÖRN y
GIRAUDET, GUILLAUME**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 523 685 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

Caracterización de una percepción de borrosidad o desenfoque

El presente invento se refiere a un procedimiento de caracterización de una percepción de borrosidad por un sujeto, así como a un dispositivo que está adaptado para poner en práctica tal procedimiento.

5 De manera conocida, una diferencia entre la ametropía de un portador de gafas y la corrección oftálmica que es aportada por un cristal de gafas utilizado por este portador produce una perturbación en su visión, llamada borrosidad («blur» en inglés) dióptrica. Cuando esta borrosidad dióptrica resulta de una desfocalización de la imagen detrás de la retina, es suprimida espontáneamente por una acomodación del ojo del portador, cerca del retardo de acomodación («accommodation lag» en inglés) y mientras el límite de acomodación ocular del portador no haya sido rebasado. Resulta de ello sin embargo una fatiga visual para el portador. De una manera general, fuera de la facultad de acomodación ocular, la borrosidad dióptrica constituye un defecto de la visión de un portador de gafas.

10 Los cristales de gafas progresivos permiten a un portador con presbicia ver claramente a distancias variables a través de una zona de visión de lejos del cristal, una zona de visión de cerca, y a través de un canal que une las zonas de visión de lejos y de cerca. Pero presentan fuera de estas zonas variaciones de potencia óptica y de astigmatismo que están en el origen de la borrosidad dióptrica para el portador. Tales cristales progresivos están entonces concebidos para realizar un compromiso entre la anchura del campo visual en el que la potencia óptica y el astigmatismo del cristal corresponden a la prescripción oftálmica que es establecida para el portador, y una borrosidad dióptrica que queda limitada para direcciones de la mirada que atraviesan el cristal fuera de las zonas de visión de lejos y de cerca. En particular, la borrosidad dióptrica en el exterior de las zonas de visión de lejos y de cerca de un cristal progresivo es tanto más elevada cuanto más elevado es el valor de adición que posee este cristal. Se recuerda que la adición de un cristal progresivo es la diferencia entre los valores de potencia óptica de este cristal respectivamente para una dirección de referencia para la visión de cerca y una dirección de referencia para la visión de lejos.

15 El documento US2004/174499 describe un sistema para determinar la potencia óptica de un cristal corrector/de una lentilla de contacto, que es capaz de determinar la potencia óptica de un cristal corrector/de una lentilla de contacto de manera apropiada para un individuo.

20 Por otra parte, numerosos estudios fisiológicos han mostrado que la percepción visual de la borrosidad es muy variable entre sujetos diferentes. Así, dos portadores de gafas que tienen prescripciones oftálmicas idénticas y que están equipados con cristales de gafas también idénticos pueden ser molestados de manera diferente por la borrosidad dióptrica que es producida por estos cristales, para ciertas direcciones oblicuas de su mirada. Por ejemplo, un primer portador puede declararse molesto por esta borrosidad mientras que un segundo portador puede confirmar un buen confort visual. El compromiso que es realizado por estos cristales idénticos entre su función oftálmica y la borrosidad dióptrica residual que producen es entonces apropiado para el segundo portador, y debe ser modificado para el primero. Es por tanto necesario tener en cuenta la sensibilidad de cada portador a la percepción de la borrosidad durante la atribución de un cristal progresivo a este portador.

25 Para ello, es necesario un ensayo o prueba, que permite obtener de un sujeto su apreciación de percepción de borrosidad en condiciones identificadas. Bastaría entonces, en principio, con proporcionarle un cristal de gafas que produzca valores de borrosidad dióptrica inferiores a un valor de umbral para el que ha declarado que este nivel de borrosidad era aceptable para él. Pero varias dificultades aparecen entonces para la realización por el sujeto de un ensayo de percepción de la borrosidad:

- 30
- la nitidez que es percibida por el sujeto para una imagen que le es presentada depende de su alejamiento con relación a esta imagen. En efecto, cuanto más alejado está el sujeto de la imagen, menos detalles de esta le aparecen borrosos pues resultan demasiado pequeños para ser visibles;
 - la percepción de la borrosidad es en parte subjetiva, pues puede ser influida por una sensación de tensión o de libertad de movimiento del sujeto durante el ensayo. En particular, la libertad para el sujeto de poder retroceder o aproximarse a una imagen cuyo aspecto borroso hay que evaluar es importante;
 - un ensayo de percepción de una borrosidad dióptrica real consistiría para el sujeto en apreciar la borrosidad que resultaría de una desfocalización de un sistema óptico a través del cual observaría una imagen. Ahora bien tal ensayo es poco cómodo de llevar a la práctica y exigente para el sujeto. En efecto, durante el ensayo, el sujeto estaría exigido para mirar a través del sistema óptico, lo que no reproduce en condiciones de visión de la vida corriente. En particular, su campo visual estaría limitado transversalmente por el sistema óptico, lo que constituye una exigencia susceptible de alterar significativamente su percepción de la borrosidad; y
 - el diámetro pupilar interviene de manera involuntaria en la percepción de la borrosidad, ya que determina una sección transversal de los haces luminosos que convergen imperfectamente sobre la retina a partir de un punto de la imagen mirada. Ahora bien este diámetro pupilar varía en función de la luminosidad ambiente.

35 Ahora bien, la adopción de un valor de umbral demasiado bajo para la borrosidad dióptrica, por debajo de la cual la

borrosidad es considerada como aceptable para un futuro portador de cristales de gafas, es susceptible de desembocar en un suministro de cristales de gafas que presentarían otras características degradadas inútilmente en un compromiso entre la borrosidad y estas otras características. Por ejemplo, la calidad de visión dinámica a través de un cristal de gafas progresivo puede ser reducida, para obtener una borrosidad dióptrica que sea pequeña en campos del cristal que son más anchos.

El presente invento pretende entonces responder en particular a los propósitos siguientes.

Un primer propósito del invento es proporcionar un ensayo o prueba de percepción de borrosidad para un sujeto que proporcione un resultado fiable.

Un segundo propósito del invento consiste en obtener una apreciación por el sujeto de la borrosidad que percibe cuando mira una imagen, de una manera que sea coherente con una determinación óptica de esta borrosidad.

Un tercer propósito del invento es proporcionar un ensayo o test de la percepción de la borrosidad por el sujeto, cuyo resultado sea representativo de una sensación de borrosidad percibida que apreciaría el sujeto en la vida corriente.

Un cuarto propósito del invento es proporcionar un ensayo de percepción de borrosidad que sea fácil de poner en práctica y poco costoso.

Para ello, el invento propone un procedimiento de caracterización de una percepción de borrosidad por un sujeto, que comprende las etapas siguientes:

/1/ seleccionar un criterio de percepción de la borrosidad que permita establecer un límite de borrosidad a partir del cual el criterio es satisfecho o no para el sujeto;

/2/ generar y luego presentar una imagen sobre una pantalla de presentación, teniendo esta imagen una borrosidad que corresponde a un filtrado pasa-bajos de componentes de imagen en función de frecuencias espaciales de estos componentes de imagen;

/3/ para el sujeto, mientras es libre de alejarse o de aproximarse a la pantalla de presentación variando una distancia de observación: observar la imagen presentada e indicar si el criterio de percepción de borrosidad seleccionado en la etapa /1/ es satisfecho o no;

/4/ seleccionar un valor de la distancia de observación que es realizada por el sujeto en al menos un instante durante la etapa /3/;

/5/ a partir del valor seleccionado en la etapa /4/ para la distancia de observación, de una frecuencia espacial de corte del filtrado pasa-bajos de la imagen presentada y eventualmente de un valor de diámetro pupilar, determinar un valor de una borrosidad dióptrica para la imagen presentada cuando es observada por el sujeto, estando este valor asociado a la indicación proporcionada por el sujeto en la etapa /3/ en respuesta al criterio de percepción de borrosidad.

Además, el valor de la borrosidad dióptrica que es determinado en la etapa /5/ es una función decreciente del valor que es seleccionado para la distancia de observación cuando la frecuencia espacial de corte es constante, para el filtrado pasa-bajos de la imagen presentada.

Así, en un procedimiento según el invento, el valor de la borrosidad dióptrica es determinado a partir de una frecuencia espacial de corte del filtrado pasa-bajos de los componentes de la imagen presentada, y de un valor de la distancia de observación que es adoptado por el sujeto. Opcionalmente, un valor de su diámetro pupilar puede también ser tenido en cuenta. De esta manera, el procedimiento proporciona una apreciación por el sujeto de su percepción de la borrosidad que está correlacionada con un valor de borrosidad dióptrica establecido teniendo en cuenta condiciones del ensayo de percepción. Dicho de otro modo, la apreciación de la percepción de la borrosidad de la imagen por el sujeto es afectada a un valor de cuantificación de la borrosidad que posee un sentido óptico. Es entonces posible comparar el valor de la borrosidad dióptrica que es determinado por un procedimiento según el invento para un sujeto, a valores de borrosidad dióptrica que son calculados para un cristal de gafas, o a un valor de borrosidad dióptrica que es determinado por otro sujeto utilizando también un procedimiento conforme al invento.

En particular, el valor de la borrosidad dióptrica que es determinado en la etapa /5/ puede ser inversamente proporcional al valor que es seleccionado en la etapa /4/ para la distancia de observación, cuando la frecuencia espacial de corte del filtrado pasa-bajos de la imagen presentada es constante.

El filtrado pasa-bajos de la imagen presentada está caracterizado por la frecuencia espacial de corte de los componentes de la imagen, cuando esta imagen es descompuesta en una combinación de tales componentes que reconstituyen juntos la imagen presentada. En este caso, el valor de la borrosidad dióptrica que es determinado en la etapa /5/ puede ser inversamente proporcional a la frecuencia espacial de corte del filtrado pasa-bajos de la imagen presentada, cuando el valor que es seleccionado en la etapa /4/ para la distancia de observación es constante. En particular, puede ser

calculado utilizando la fórmula siguiente:

$$B(\text{dioptría}) = K / [\text{DO}(\text{metro}) \times \text{FC}(\text{metro}^{-1})] \quad (1)$$

donde B es el valor de la borrosidad dióptrica expresado en dioptrías, DO es el valor de la distancia de observación expresado en metros, FC es la frecuencia espacial de corte del filtrado pasa-bajos de la imagen presentada, expresada en ciclos por metro medida paralelamente a la pantalla, y K es un coeficiente de proporcionalidad positivo y distinto de cero.

Además, dado que el sujeto es libre de desplazarse para mirar la imagen presentada, proporciona la indicación sobre su percepción de la borrosidad en la imagen que es presentada, con condiciones que son similares a la de la vida corriente. En particular, el procedimiento del ensayo de percepción de la borrosidad no introduce tensiones o introduce pocas tensiones suplementarias con relación a condiciones usuales de visión, que serían susceptibles de modificar su apreciación de su percepción de la borrosidad. En particular, el campo de visión del sujeto no está limitado transversalmente, como lo haría un instrumento óptico que fuera utilizado para mirar la imagen.

Finalmente, la imagen que es presentada puede ser generada por una unidad informática, por ejemplo utilizando un filtrado digital. La pantalla de presentación puede entonces ser mandada por esta unidad informática. De una manera más general, el procedimiento del invento puede ser realizado utilizando dispositivos corrientes, poco costosos y poco voluminosos. Además, es bastante corto de realizar para el sujeto. Está por tanto particularmente adaptado para ser puesto en práctica en una tienda de venta al detalle de cristales de gafas oftálmicas, tal como una óptica.

El criterio de percepción de la borrosidad que es utilizado en un procedimiento conforme al invento permite caracterizar la percepción de la borrosidad tal como es apreciada por el sujeto. Por ejemplo, este puede ser un criterio de detección de borrosidad, un criterio de molestia visual causada por la borrosidad, o un criterio de pérdida de legibilidad de al menos un carácter alfanumérico que está contenido en la imagen presentada.

Finalmente, el valor del diámetro pupilar que es eventualmente utilizado en la etapa /5/ puede resultar de una medida efectuada sobre el sujeto.

El invento propone además un dispositivo que está adaptado para caracterizar una percepción de borrosidad por un usuario, comprendiendo este dispositivo:

- un sistema de generación de imágenes cada una de las cuales tiene una borrosidad correspondiente a un filtrado pasa-bajos de componentes de imagen en función de frecuencias espaciales de estos componentes de la imagen;
- una pantalla, que está adaptada para presentar las imágenes generadas por el sistema de generación de imágenes;
- una unidad de tratamiento de datos, que está adaptada para determinar un valor de una borrosidad dióptrica a partir de un valor de distancia de observación adoptado por el usuario para observar una imagen presentada sobre la pantalla, de una frecuencia espacial de corte del filtrado pasa-bajos de la imagen presentada, y eventualmente de un valor de diámetro pupilar.

Tal dispositivo puede ser utilizado para caracterizar la percepción de la borrosidad por un sujeto según un procedimiento tal como se ha descrito precedentemente. Además, puede ser compacto y poco costoso.

Otras particularidades y ventajas del presente invento aparecerán en la descripción siguiente de ejemplos de puesta en práctica no limitativos, en referencia a las figuras adjuntas que son presentadas ahora:

La fig. 1 ilustra una puesta en práctica de una caracterización de percepción de la borrosidad según el invento; y

La fig. 2 es un diagrama sinóptico de las etapas de un procedimiento según el invento.

Un dispositivo de caracterización de una percepción de borrosidad por un sujeto 10 puede comprender una unidad informática 21 y una pantalla 20. Ventajosamente, la unidad 21 está adaptada para seleccionar y/o calcular imágenes, ordenar una presentación de estas imágenes sobre la pantalla 20, y determinar un valor de borrosidad dióptrica que corresponde a la imagen presentada teniendo en cuenta parámetros de observación, de los cuales la distancia de observación entre el sujeto 10 y la pantalla 20. De preferencia, la pantalla 20 está situada a la altura de los ojos del sujeto 10.

Ventajosamente, el dispositivo comprende además un sistema de medición de distancia, que está dispuesto para medir la distancia de observación, indicada como DO en la figura. Todos los sistemas de medición de distancia pueden ser utilizados pero el sistema de medición de distancia que es utilizado está de preferencia adaptado para medir la distancia de observación DO sin unión material continua entre la pantalla 20 y el usuario 10, y eventualmente según un encadenamiento continuo de medidas. De esta manera, la distancia de observación DO puede ser medida durante el procedimiento sin crear tensiones para el sujeto 10. Además, puede ser medida sin que el sujeto 10 sea advertido de

ello, para que sea aún más libre física y psicológicamente en sus desplazamientos con relación a la pantalla 20. Los sistemas siguientes permiten en particular una puesta en práctica simple y confortable del invento:

- 5 – una graduación que puede estar inscrita sobre el suelo a partir de una dirección vertical que pasa por la pantalla 20, y paralelamente a la cual el sujeto 10 puede desplazarse avanzando o retrocediendo, para aproximarse o alejarse de la pantalla 20;
- un sistema de telemetría a base de ultrasonidos, de radiación infrarroja o de un haz láser, que puede comprender un emisor y/o un captador dispuesto al nivel de la pantalla 20 en dirección del sujeto 10; o
- un sistema óptico de medición de distancia.

10 Tales sistemas de medición de distancia son bien conocidos por el experto en la técnica, de manera que no es necesario describirlos aquí. Eventualmente, algunos de estos sistemas pueden comprender uno o varios emisores, captadores o reflectores que son llevados por el sujeto 10. Tales emisores/captadores/reflectores pueden en particular ser incorporados en una montura de gafas 11 de la que el sujeto 10 está equipado. El sistema de medición de la distancia de observación DO puede ser unido a la unidad informática 21, de manera que el resultado de cada medida pueda ser directamente utilizado para determinar el valor de la borrosidad dióptrica.

15 De una manera facultativa, el dispositivo de caracterización de la percepción de la borrosidad puede comprender además un sistema de medición de un diámetro pupilar del usuario 10. Tales sistemas que producen medidas del diámetro de una al menos de las pupilas del sujeto 10 son también conocidos por el experto en la técnica. Pueden estar incorporados en un par de gafas 11 de las que el sujeto 10 puede estar equipado, o bien comprender una cámara que produce a distancia una imagen ampliada de uno al menos de los ojos del sujeto 10. En este último caso, un tratamiento de imagen puede entonces identificar automáticamente cada pupila del sujeto 10 en las imágenes escogidas, y determinar en tiempo real un diámetro de esta pupila. El diámetro pupilar está indicado por DP en lo que sigue. Ventajosamente, el sistema de medición de distancia y el sistema de medición del diámetro pupilar pueden estar adaptados para realizar simultáneamente las mediciones de la distancia de observación DO y del diámetro pupilar DP del usuario 10, en un mismo instante. En la puesta en práctica del invento que está ilustrada por la fig. 1, los dos sistemas de medición son combinados utilizando una cámara de video 22 que está dispuesta sobre la pantalla 20, y reflectores apropiados que son llevados por la montura del par de gafas 11.

20 Cuando el dispositivo de caracterización de la percepción de la borrosidad no comprende sistemas de medición del diámetro pupilar del usuario 10, puede ser adoptado un valor fijo del diámetro DP, por ejemplo igual a 2 mm. En este caso en particular, la luminosidad ambiente así como la luminosidad de las imágenes que son presentadas sobre la pantalla 20 son ventajosamente fijadas para reducir variaciones del diámetro pupilar del sujeto 10 durante la caracterización de su percepción de la borrosidad.

25 No es indispensable que las gafas 11 de las que puede estar equipado el sujeto 10 durante el desarrollo del procedimiento produzcan una corrección de ametropía. Tal corrección de ametropía puede estar ausente cuando la ametropía que es diagnosticada para el sujeto 10 es en sí misma pequeña. A la inversa, la corrección de una parte al menos de la ametropía del sujeto 10 por las gafas 11, durante la caracterización de su percepción de la borrosidad, debe ser necesaria cuando la ametropía de sujeto 10 es importante. En este caso los cristales del par de gafas 11 son de preferencia unifocales. La corrección de ametropía que es realizada para el sujeto 10 durante la caracterización de su percepción de la borrosidad podrá entonces ser deducida del valor de la borrosidad dióptrica que es determinada a partir de la imagen presentada sobre la pantalla 20, de la distancia de observación DO y eventualmente del diámetro pupilar DP.

30 El desarrollo de la caracterización de la percepción de la borrosidad por un sujeto 10 es descrito a continuación, con referencia a la fig. 2.

35 Se genera una imagen, que incluye un motivo afectado de una borrosidad de presentación. El motivo es seleccionado en principio (etapa 1), y puede ser un carácter alfanumérico C. La borrosidad de presentación es introducida a continuación en la imagen realizando un filtrado pasa-bajos de una imagen neta del motivo C (etapa 2). Tal filtrado puede ser realizado de manera analógica al nivel de las señales de presentación sobre la pantalla 20. De preferencia, es realizado digitalmente por la unidad informática 21 a partir de los datos de presentación del motivo C.

40 Tal filtrado pasa-bajos es equivalente a una descomposición de la imagen neta del motivo C en componentes de imágenes que corresponden a frecuencias espaciales diferentes, seguido de una reducción de las amplitudes de los componentes de imagen que tienen frecuencias espaciales elevadas. El principio de tal filtrado es conocido, y en particular que el filtrado puede presentar un coeficiente de atenuación de los componentes de imagen que varía de diferentes maneras en función de la frecuencia espacial. La imagen que es presentada es la recombinación de los componentes de imagen así atenuados. El motivo C presenta entonces un contorno difuso en la imagen presentada, a través del cual el contraste varía progresivamente a partir del interior del motivo hacia el exterior del motivo, produciendo una borrosidad de presentación. Tal borrosidad es real en la imagen presentada, por oposición a la borrosidad dióptrica que es producida en el ojo cuando el sujeto mira una imagen neta. Uno de los propósitos del invento consiste en

establecer una relación entre la borrosidad real de una imagen es generada voluntariamente, y la borrosidad dióptrica. En efecto, una borrosidad de presentación es más fácil de producir de manera controlada que una borrosidad que resulta de una desviación de puesta a punto de un instrumento óptico.

5 De manera conocida, un filtrado pasa-bajos que es aplicado a una imagen puede estar caracterizado por una frecuencia espacial de corte. Los componentes de imagen son entonces atenuados cuando sus frecuencias espaciales respectivas son superiores a la frecuencia espacial de corte, y no son significativamente atenuados cuando sus frecuencias espaciales respectivas son inferiores a la frecuencia espacial de corte. La frecuencia espacial de corte determina entonces la distancia mínima en la imagen filtrada, para la separación entre dos detalles del motivo C que pueden ser identificados separadamente uno del otro. Por debajo de esta distancia mínima de separación, los detalles aparecen confundidos en la imagen filtrada.

10 La descomposición de la imagen en componentes de imagen que son identificados por sus frecuencias espaciales respectivas puede ser una transformación de Fourier bidimensional. Pero pueden ser utilizados alternativamente otros tipos de descomposiciones de imagen, tales como descomposiciones en onditas (wavelets en inglés), conocidas por el experto en la técnica.

15 La imagen filtrada puede ser o bien calculada en tiempo real mientras el sujeto 10 realiza la caracterización de su percepción de la borrosidad según el invento, o bien haber sido calculada previamente y luego registrada en una biblioteca de imágenes para diferentes valores de la frecuencia espacial de corte del filtrado pasa-bajos. En este segundo caso, la imagen que es presentada es seleccionada en la biblioteca en función del motivo y del filtrado.

La imagen filtrada del motivo C es presentada en la pantalla 20 (etapa 3).

20 El sujeto 10 se coloca delante de la pantalla 20. Un operador le pide entonces que mire la imagen presentada e indique un nivel de la borrosidad con el que distingue visualmente el motivo C. Este nivel de borrosidad es evaluado conforme a un criterio de percepción de borrosidad que es seleccionado por el operador y comunicado al sujeto 10 (etapa 4). Este criterio puede ser uno de los siguientes, que no son dados más que a título de ejemplos:

- ¿es perceptible o no por el sujeto 10 la borrosidad en la imagen presentada?
- 25 – ¿causa la borrosidad una molestia visual al sujeto 10 durante la observación de la imagen presentada?
- ¿es legible el carácter alfanumérico C para el sujeto 10 ?

Estos tres criterios son por tanto, en el orden: una detección de la borrosidad, una molestia sentida y una pérdida de legibilidad. Eventualmente, estos criterios de percepción pueden ser completados por otros para obtener una caracterización más fina de la percepción de la borrosidad por el sujeto 10.

30 El sujeto 10 es libre de aproximarse o alejarse a la pantalla 20 cuando observa la imagen presentada (etapa 5). De esta manera, puede colocarse a una distancia de la pantalla 20 que corresponde a una condición de observación que es habitual para él. Puede así reproducir las condiciones de visión que son las más frecuentes en su vida cotidiana. Puede también colocarse a una distancia de la pantalla 20 que corresponde para él a una sensación de confort mejor. De hecho, la elección de la distancia de observación DO por el sujeto 10 está también influenciada inconscientemente por parámetros medioambientales tales como las dimensiones de la pieza o habitación en la que es efectuado el ensayo de percepción de borrosidad, el volumen de esta pieza, la luminosidad ambiente, el color de las paredes, motivos que son presentados sobre las paredes, un contraste de tales motivos murales, la luminosidad de la imagen presentada, el motivo y los colores de esta imagen, etc. Por esta razón, es ventajoso seleccionar un método psicofísico de percepción visual, que permite reducir la influencia de tales parámetros medioambientales sobre el resultado de la caracterización de percepción de la borrosidad. Tales métodos psicofísicos están descritos en artículos u obras disponibles, de manera que no es necesario presentarlos de nuevo aquí.

La distancia de observación DO puede ser medida continuamente mientras el sujeto 10 observa la imagen presentada.

El sujeto 10 responde entonces a la pregunta de uno al menos de los criterios de percepción de la borrosidad, para caracterizar el nivel de borrosidad que percibe en la imagen que es presentada sobre la pantalla 20 (etapa 6).

45 Un valor de la distancia de observación DO es entonces seleccionado, que ha sido adoptado por el sujeto 10 (etapa 7). Esta selección puede ser realizada de varias maneras, entre las cuales:

- el valor que es seleccionado puede corresponder a la distancia de observación más corta por el sujeto 10 en al menos un instante durante su observación de la imagen presentada; y
- 50 – el valor que es seleccionado puede corresponder a una distancia de observación que es indicada por el sujeto 10 como la que le proporciona un confort máximo de observación de la imagen presentada.

Un valor del diámetro pupilar DP puede también ser seleccionado. Este puede ser un valor de referencia, por ejemplo 2 mm, o un valor que es medido sobre el sujeto 10. De preferencia, el diámetro pupilar DP es medido sobre el

sujeto 10 continuamente mientras observa la imagen presentada, y el valor de este diámetro DP que es seleccionado puede corresponder a un mismo instante que la distancia de observación DO que ha sido también seleccionada.

5 El invento permite entonces atribuir un valor de borrosidad dióptrica a la situación de observación de la imagen presentada tal como es observada por el sujeto 10 (etapa 8). Cada respuesta del sujeto 10 a la pregunta de uno de los criterios de percepción de la borrosidad, cuando está asociado al valor de la borrosidad dióptrica, caracteriza la percepción de la borrosidad por el sujeto 10.

10 De manera general según el invento, este valor de la borrosidad dióptrica es una función decreciente de la distancia de observación DO que ha sido seleccionada, cuando la borrosidad dióptrica es expresada en función de esta distancia de observación DO y de la frecuencia espacial de corte FC. En efecto, el contorno difuso del motivo C en la imagen presentada es tanto menos visible por el sujeto 10 cuanto más grande es la distancia de observación DO. En particular, el valor de la borrosidad dióptrica que es determinada según el invento puede ser inversamente proporcional al valor de la distancia de observación DO que ha sido seleccionada.

Este valor de la borrosidad dióptrica puede también ser inversamente proporcional a la frecuencia espacial de corte FC del filtrado pasa-bajos de la imagen presentada.

15 En este caso, el valor de la borrosidad dióptrica de la imagen presentada, designada B, puede ser determinado según una fórmula del tipo siguiente:

$$B(\text{dioptría}) = K / [\text{DO}(\text{metro}) \times \text{FC}(\text{metro}^{-1})] \quad (1)$$

siendo K un coeficiente de proporcionalidad positivo distinto de cero.

20 Por otra parte, la frecuencia espacial de corte FC de la imagen filtrada es un número de ciclos de variación de intensidad de componentes de imagen, por unidad de una longitud que es medida paralelamente a la pantalla 20. Puede ser convertida en un número NC de ciclos por grado de desviación angular de variación de la dirección de la mirada del sujeto 10, según la fórmula siguiente:

$$\text{FC}(\text{metro}^{-1}) = \text{NC}(\text{ciclos/grado}) \times 180 / (\pi \times \text{DO}) \quad (2)$$

Combinando las fórmulas (1) y (2), se obtiene:

$$25 \quad B(\text{dioptría}) = K' / \text{NC}(\text{ciclos/grados}) \quad (3)$$

30 donde $K' = K \times \pi / 180$. Dicho de otro modo, en las condiciones que acaban de ser indicadas, la borrosidad dióptrica es inversamente proporcional al número de ciclos NC por grado de ángulo de visión para el sujeto 10, y resulta independiente de la distancia de observación DO. Cuando la constante K' es igual a 0,25, el número NC de ciclos por grado de ángulo de visión corresponde a la agudeza visual del sujeto, tal como resulta de la ley de Swaine para una borrosidad dióptrica B que sería producida por una desfocalización esférica.

35 Según un perfeccionamiento del invento, la borrosidad dióptrica puede ser determinada más precisamente teniendo en cuenta además el diámetro pupilar DP. La borrosidad dióptrica es entonces una función creciente del valor del diámetro pupilar, además de sus variaciones en función de la distancia de observación DO y de la frecuencia espacial de corte FC. Cuando esta borrosidad es asimilada a una desfocalización esférica, la ecuación (1) puede ser reemplazada por la siguiente, en el primer orden distinto de cero de variación en función del diámetro pupilar DP:

$$B(\text{dioptría}) = K \times [1 + \alpha \cdot \text{DP}^2] / [\text{DO}(\text{metro}) \times \text{FC}(\text{metro}^{-1})] \quad (1')$$

donde α es un coeficiente positivo. Cuando el diámetro pupilar DP es expresado en milímetros, α puede ser tomado igual a $0,055 \text{ mm}^{-2}$, por ejemplo.

40 Eventualmente, la imagen que es presentada, en particular el filtrado pasa-bajos que es aplicado a ésta, puede ser ajustado mientras el sujeto 10 se desplaza mirando esta imagen sobre la pantalla 20. Por ejemplo, la frecuencia espacial de corte FC puede ser modificada en función del resultado de la medición en tiempo real de la distancia de observación DO. Tal modificación puede compensar al menos parcialmente la variación de la borrosidad dióptrica que resulta de los desplazamientos del sujeto 10. Por ejemplo, la frecuencia espacial de corte FC que es utilizada para la imagen presentada puede ser modificada en tiempo real mientras el sujeto observa ésta, de manera que mantenga constante el producto de esta frecuencia espacial de corte FC por la distancia de observación DO. En este caso, el valor de la borrosidad dióptrica que es obtenido, y que está asociado a la indicación de percepción de la borrosidad dada por el sujeto 10 según el criterio de percepción seleccionado, es compensado automáticamente de la influencia de la distancia de observación DO.

50 De manera más general, el sistema de generación de imágenes 21 puede ser adaptado para generar la imagen que va a ser presentada sobre la pantalla 20 de una manera variable en función de al menos un resultado de medición elegido entre el valor de la distancia de observación DO y el valor del diámetro pupilar del sujeto 10.

5 Finalmente, las etapas de generación y de presentación de la imagen sobre la pantalla 20, de observación de ésta por el sujeto 10 que puede alejarse o acercarse, de selección de un valor para la distancia de observación DO y de determinación de un valor de la borrosidad dióptrica pueden ser repetidas para el mismo criterio de percepción de la borrosidad. Dicho de otro modo, la secuencia de estas etapas puede ser ejecutada varias veces variando la frecuencia espacial de corte del filtrado pasa-bajos de la imagen presentada para ejecuciones sucesivas de esta secuencia de etapas. Entonces, cuando el sujeto 10 proporciona indicaciones que son opuestas en respuesta al criterio de percepción de la borrosidad para al menos dos ejecuciones de la secuencia, un enmarcado de un valor de umbral de la borrosidad dióptrica que corresponde a este criterio de percepción puede ser deducido para el sujeto 10 de estas indicaciones, correlacionadas con los valores de la borrosidad dióptrica correspondientes que han sido determinados. Este valor de umbral de la borrosidad dióptrica corresponde al límite entre respuestas positivas y negativas del sujeto 10 al criterio de percepción. Puede entonces ser utilizado para ajustar la borrosidad dióptrica de un cristal de corrección oftálmico que es proporcionado al sujeto. Cuando este cristal es del tipo cristal progresivo, el valor de umbral de la borrosidad dióptrica obtenido para el sujeto puede ser utilizado para ajustar un diseño del cristal proporcionado en función de la sensibilidad del sujeto a la borrosidad visual.

10

15 Queda entendido que el invento puede ser puesto en práctica modificando ciertos aspectos de éste con relación a la descripción que acaba de ser dada del mismo, conservando siempre algunas de las ventajas mencionadas. En particular, queda entendido que las fórmulas matemáticas que han sido dadas pueden ser reemplazadas por fórmulas que caracterizan variaciones diferentes, aunque teniendo sentidos de variaciones idénticas, sin que los objetivos y ventajas del invento sean modificados.

20

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de caracterización de una percepción de borrosidad por un sujeto (10), que comprende las etapas siguientes:

5 /1/ seleccionar un criterio de percepción de la borrosidad que permita establecer un límite de borrosidad a partir del cual el criterio es satisfecho o no para el sujeto (10);

/2/ generar y luego presentar una imagen (C) sobre una pantalla de presentación (20), teniendo esta imagen un borrosidad que corresponde a un filtrado pasa-bajos de componentes de imagen en función de frecuencias espaciales de estos componentes de imagen;

10 /3/ para el sujeto (10) , siendo el sujeto libre de alejarse o de aproximarse a la pantalla de presentación (20) variando una distancia de observación (DO): observar la imagen presentada (C) e indicar si el criterio de percepción de la borrosidad seleccionada en la etapa /1/ es satisfecho o no;

/4/ seleccionar un valor de la distancia de observación (DO) realizada por el sujeto (10) en al menos un instante durante la etapa /3/;

15 /5/ a partir del valor seleccionado en la etapa /4/ para la distancia de observación (DO), de una frecuencia espacial de corte del filtrado pasa-bajos de la imagen presentada (C) y eventualmente de un valor de diámetro pupilar, determinar un valor de una borrosidad dióptrica para la imagen presentada observada por el sujeto (10), estando dicho valor asociado a la indicación proporcionada por el sujeto en la etapa /3/ en respuesta al criterio de percepción de borrosidad,

20 y siendo dicho valor de la borrosidad dióptrica una función decreciente del valor seleccionado para la distancia de observación (DO) cuando la frecuencia espacial de corte del filtrado pasa-bajos de la imagen presentada (C) es constante.

25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, según el cual el valor de la borrosidad dióptrica determinado en la etapa /5/ es inversamente proporcional al valor seleccionado en la etapa /4/ para la distancia de observación (DO) cuando la frecuencia espacial de corte del filtrado pasa-bajos de la imagen presentada (C) es constante, y eventualmente es además una función creciente del valor del diámetro pupilar.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, según el cual el valor de la borrosidad dióptrica determinado en la etapa /5/ es inversamente proporcional a la frecuencia espacial de corte del filtrado pasa-bajos de la imagen presentada (C), cuando el valor seleccionado en la etapa /4/ para la distancia de observación (DO) es constante.

30 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, según el cual la distancia de observación (DO) de la imagen presentada (C) por el sujeto (10) es medida continuamente durante la etapa /3/.

5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, según el cual el valor seleccionado en la etapa /4/ para la distancia de observación (DO) corresponde a la distancia de observación más corta realizada por el sujeto (10) en al menos un instante durante la etapa /3/.

35 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, según el cual el valor seleccionado en la etapa /4/ para la distancia de observación (DO) es indicado por el sujeto (10) como que proporciona un confort máximo de observación de la imagen presentada (C) a dicho sujeto.

40 7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, según el cual la secuencia de las etapas /2/ a /5/ es ejecutada varias veces variando la frecuencia espacial de corte del filtrado pasa-bajos de la imagen presentada para ejecuciones sucesivas de dicha secuencia de etapas, de manera que el sujeto (10) proporcione indicaciones opuestas en la etapa /3/ en respuesta al criterio de percepción de la borrosidad por al menos dos ejecuciones de dicha secuencia de etapas,

45 y según el cual un enmarcado de un valor de umbral de la borrosidad dióptrica correspondiente a dicho criterio de percepción, es deducido para el sujeto (10) de las indicaciones opuestas proporcionadas por dicho sujeto y correlacionadas con los valores de la borrosidad dióptrica determinados durante ejecuciones correspondientes de la etapa /5/.

8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, según el cual el valor del diámetro pupilar utilizado en la etapa /5/ resulta de una medición efectuada sobre el sujeto (10).

50 9. Procedimiento según la reivindicación 8, según el cual el diámetro pupilar es medidos sobre el sujeto (10) continuamente durante la etapa /3/, y según el cual el valor de dicho diámetro pupilar utilizado en la etapa /5/ corresponde a un mismo instante que la distancia de observación (DO) seleccionada en la etapa /4/.

10. Dispositivo adaptado para caracterizar una percepción de borrosidad por un usuario (10), que comprende:
- un sistema de generación de imágenes (21) cada una de las cuales tiene una borrosidad correspondiente a un filtrado pasa-bajos de componentes de imagen en función de frecuencias espaciales de dichos componentes de imagen;
- 5
- una pantalla (20) adaptada para presentar las imágenes generadas por el sistema de generación de imágenes;
 - una unidad de tratamiento de datos adaptada para determinar un valor de una borrosidad dióptrica a partir de un valor de distancia de observación (DO) adoptado por el usuario (10) para observar una imagen presentada (C) sobre la pantalla (20), de una frecuencia espacial de corte del filtrado pasa-bajos de la imagen presentada, y eventualmente de un valor de diámetro pupilar.
- 10
11. Dispositivo según la reivindicación 10, que comprende además un sistema de medición de distancia, dispuesto para medir la distancia de observación (DO) entre el usuario (10) y la pantalla (20).
12. Dispositivo según la reivindicación 11, en el que el sistema de medición de distancia está adaptado para medir la distancia de observación (DO) sin unión material continua entre la pantalla (20) y el usuario (10), de preferencia según un encadenamiento continuo de medidas.
- 15
13. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, que comprende además un sistema de medición de un diámetro pupilar del usuario (10).
14. Dispositivo según la reivindicación 11 ó 12 junto con la reivindicación 13, en el que el sistema de medición de distancia y el sistema de medición del diámetro pupilar están adaptados para realizar simultáneamente las mediciones de la distancia de observación (DO) y del diámetro pupilar del usuario (10), en un mismo instante.
- 20
15. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en el que el sistema de generación de imágenes (21) está adaptado para generar la imagen presentada sobre la pantalla (20) de una manera variable en función de al menos un resultado de medición elegido entre el valor de la distancia de observación (DO) y el valor del diámetro pupilar del usuario (10).

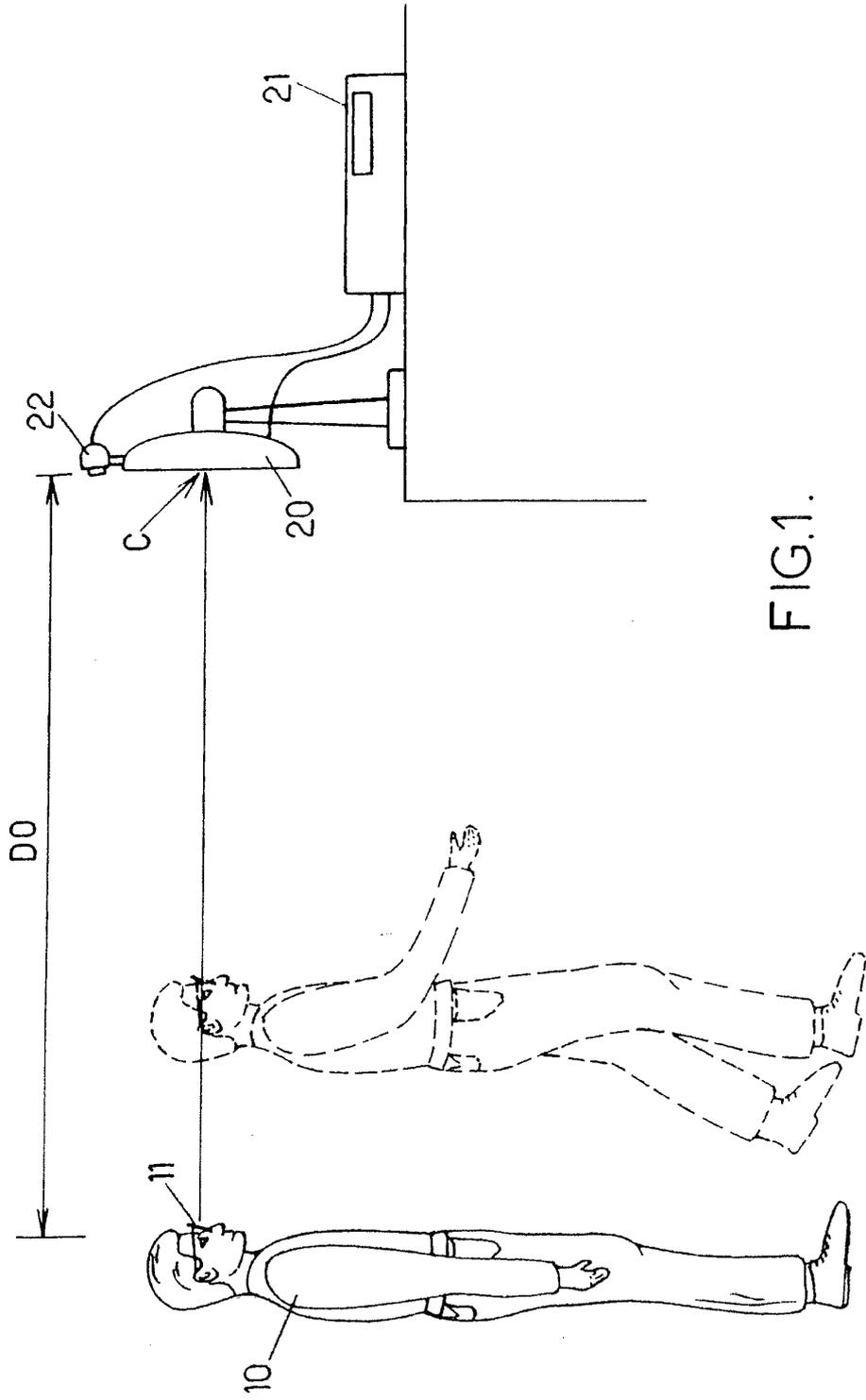


FIG.1.

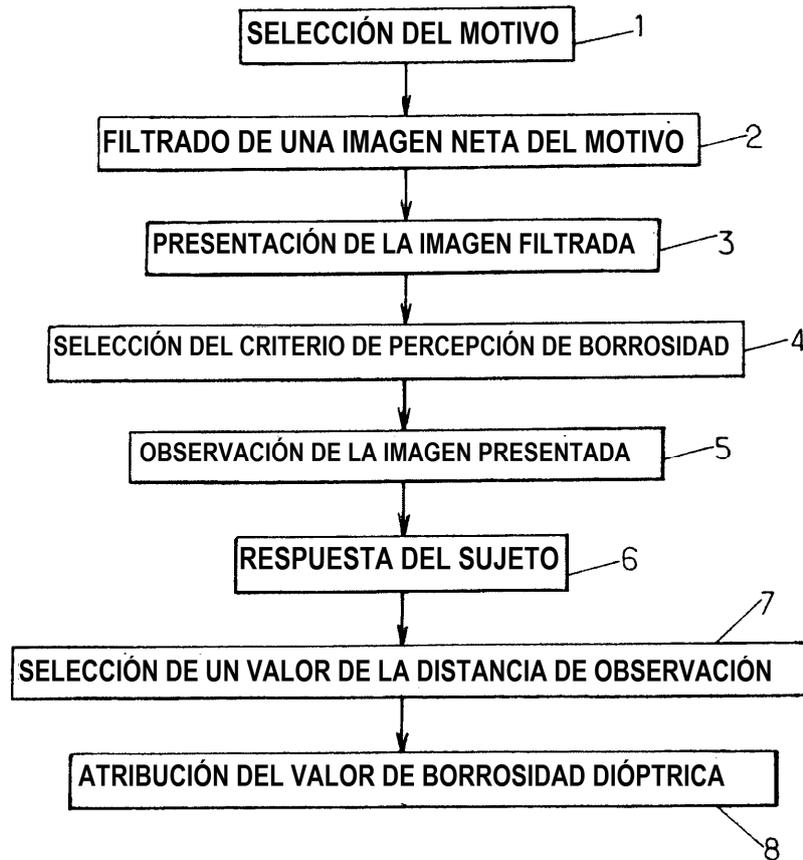


FIG.2.