

NORME ISO  
INTERNATIONALE 9241-392

Première édition  
2015-05-15

---

---

**Ergonomie de l'interaction homme-  
système —**

**Partie 392:  
Exigences ergonomiques pour  
diminuer la fatigue visuelle induite  
par des images stéréoscopiques**

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

*Ergonomics of human-system interaction —*

*Part 392: Ergonomic recommendations for the reduction of visual  
fatigue from stereoscopic images*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1e4e50c9-ca67-4372-8a02-729a824b2b76/iso-9241-392-2015>



Numéro de référence  
ISO 9241-392:2015(F)

© ISO 2015

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 9241-392:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1e4e50c9-ca67-4372-8a02-729a824b2b76/iso-9241-392-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1e4e50c9-ca67-4372-8a02-729a824b2b76/iso-9241-392-2015>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2015

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>vi</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4 Principes directeurs</b> .....	<b>4</b>
4.1 Cadre général.....	4
4.2 Étude des facteurs.....	4
4.2.1 Généralités.....	4
4.2.2 Différences géométriques interoculaires.....	5
4.2.3 Différences photométriques interoculaires.....	5
4.2.4 Interaction photométrique interoculaire.....	6
4.2.5 Non-concordance entre accommodation et convergence.....	7
4.2.6 Autres facteurs à prendre en compte pour la présentation stéréoscopique.....	8
4.2.7 Synthèse.....	9
<b>5 Recommandations ergonomiques</b> .....	<b>11</b>
5.1 Généralités.....	11
5.2 Conditions de vision.....	11
5.2.1 Généralités.....	11
5.2.2 Distance de vision théorique.....	11
5.2.3 Distance interpupillaire.....	11
5.3 Différences géométriques interoculaires.....	12
5.3.1 Défaut d'alignement vertical interoculaire.....	12
5.3.2 Défaut d'alignement de rotation interoculaire.....	12
5.3.3 Différence de grossissement interoculaire.....	12
5.4 Différences photométriques interoculaires.....	12
5.4.1 Différence de luminance interoculaire.....	12
5.4.2 Différence de contraste interoculaire.....	13
5.4.3 Différence de chromaticité interoculaire.....	13
5.5 Interaction photométrique interoculaire.....	13
5.5.1 Diaphotie.....	13
5.6 Non-concordance entre accommodation et convergence.....	14
5.7 Autres facteurs à prendre en compte pour la présentation stéréoscopique.....	14
<b>6 Utilisation des recommandations ergonomiques</b> .....	<b>15</b>
6.1 Généralités.....	15
6.2 Rapport.....	15
<b>Annexe A (informative) Vue d'ensemble de la série de normes ISO 9241</b> .....	<b>16</b>
<b>Annexe B (informative) Conditions de vision</b> .....	<b>17</b>
<b>Annexe C (informative) Valeurs numériques à prendre en compte pour l'évaluation de la fatigue et de la gêne visuelles</b> .....	<b>19</b>
<b>Annexe D (informative) Autres facteurs à prendre en compte pour les présentations stéréoscopiques</b> .....	<b>30</b>
<b>Annexe E (informative) Exemple de procédure d'évaluation de l'applicabilité et de la conformité</b> .....	<b>32</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>34</b>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1e4e50c9-ca67-4372-8a02-729a824b2b76/iso-9241-392-2015).

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 159, *Ergonomie*, sous-comité SC 4, *Ergonomie de l'interaction homme/système*.

L'ISO 9241 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Exigences ergonomiques pour travail de bureau avec terminaux à écrans de visualisation (TEV)*:

- *Partie 1: Introduction générale*
- *Partie 2: Guide général concernant les exigences des tâches*
- *Partie 5: Aménagement du poste de travail et exigences relatives aux postures*
- *Partie 6: Guide général relatif à l'environnement de travail*
- *Partie 11: Lignes directrices relatives à l'utilisabilité*
- *Partie 12: Présentation de l'information*
- *Partie 13: Guidage de l'utilisateur*
- *Partie 14: Dialogues de type menu*
- *Partie 15: Dialogues de type langage de commande*
- *Partie 16: Dialogues de type manipulation directe*

L'ISO 9241 comprend également les parties suivantes, présentées sous le titre général *Ergonomie de l'interaction homme-système*:

- *Partie 20: Lignes directrices sur l'accessibilité de l'équipement et des services des technologies de l'information et de la communication (TIC)*
- *Partie 110: Principes de dialogue*
- *Partie 129: Lignes directrices relatives à l'individualisation des logiciels*
- *Partie 143: Formulaires*
- *Partie 151: Lignes directrices relatives aux interfaces utilisateurs Web*
- *Partie 154: Applications de serveur vocal interactif (SVI)*
- *Partie 171: Lignes directrices relatives à l'accessibilité aux logiciels*
- *Partie 210: Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs*
- *Partie 300: Introduction aux exigences relatives aux écrans de visualisation électroniques*
- *Partie 302: Terminologie relative aux écrans de visualisation électroniques*
- *Partie 303: Exigences relatives aux écrans de visualisation électroniques*
- *Partie 304: Méthodes d'essai de la performance de l'utilisateur pour écrans de visualisation électroniques*
- *Partie 305: Méthodes d'essai de laboratoire optique pour écrans de visualisation électroniques*
- *Partie 306: Méthodes d'appréciation sur le terrain des écrans de visualisation électroniques*
- *Partie 307: Analyse et méthodes d'essais de conformité pour écrans de visualisation électroniques*
- *Partie 308: Écrans à émission d'électrons par conduction de surface (SED)*
- *Partie 309: Écrans à diodes électroluminescentes organiques (OLED)*
- *Partie 310: Visibilité, esthétique et ergonomie des défauts de pixel*
- *Partie 331: Caractéristiques optiques des écrans autostéréoscopiques*
- *Partie 400: Principes et exigences pour les dispositifs d'entrée physiques*
- *Partie 410: Critères de conception des dispositifs d'entrée physiques*
- *Partie 420: Sélection des dispositifs d'entrée physiques*
- *Partie 910: Cadre pour les interactions tactiles et haptiques*
- *Partie 920: Lignes directrices relatives aux interactions tactiles et haptiques*

Pour les autres parties en préparation, voir l'[Annexe A](#).

## Introduction

Lorsqu'une personne observe un objet tridimensionnel, la distance latérale entre les yeux fournit à chaque œil une image rétinienne légèrement différente. La fusion de ces images rétiniennes par le cerveau restitue une image mentale unique avec une sensation de relief, appelée stéréopsie. Les avancées technologiques récentes dans le domaine de l'imagerie ont sensiblement augmenté les chances d'observer des images stéréoscopiques créées artificiellement. Cette technologie crée deux images différentes, une pour chaque œil. La fusion de ces deux images donne lieu à une impression de stéréopsie.

Les images stéréoscopiques sont intéressantes car elles donnent une impression plus concrète de la réalité que les images classiques en deux dimensions. Dans la mesure où les présentations d'images stéréoscopiques fournissent également des informations claires sur le relief, on prévoit leur usage étendu dans des domaines tels que la médecine et l'industrie. Cependant, des données scientifiques indiquent que, sans une prise en compte rigoureuse des propriétés du système visuel humain, la présentation d'images stéréoscopiques peut induire des effets indésirables.

La présente partie de l'ISO 9241 décrit les conditions essentielles et minimales pour l'observation confortable d'images stéréoscopiques. Il est prévu de favoriser un environnement dans lequel les observateurs pourront apprécier les avantages offerts par les images stéréoscopiques sans effets préjudiciables. Dans un tel environnement, des technologies nouvelles portant sur les images stéréoscopiques peuvent être également activement développées et appliquées dans divers domaines. La présente partie de l'ISO 9241 n'a pas pour vocation de restreindre la liberté d'expression ou la créativité artistique dans la culture de l'image.

La présente partie de l'ISO 9241 s'appuie sur les résultats scientifiques concernant les effets indésirables éventuels liés à l'observation d'images stéréoscopiques. A l'avenir, la présente partie de l'ISO 9241 peut être révisée en tant que nouvelle donnée scientifique.

La présente partie de l'ISO 9241 spécifie les normes applicables à l'interaction homme-système. Les lecteurs recherchant des recommandations sur d'autres aspects de l'interaction homme-système peuvent par conséquent se référer à d'autres documents dans l'ISO 9241 (voir l'[Annexe A](#) pour un aperçu général de la série de normes ISO 9241).

# Ergonomie de l'interaction homme-système —

## Partie 392:

# Exigences ergonomiques pour diminuer la fatigue visuelle induite par des images stéréoscopiques

## 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 9241 fournit des recommandations visant à réduire la gêne et la fatigue visuelles éventuelles ressenties lors de l'observation d'images stéréoscopiques dans des conditions d'observations définies. La gêne et la fatigue visuelles peuvent être dues au stimulus optique stéréoscopique d'images disparates présentées de façon binoculaire.

La présente partie de l'ISO 9241 est également applicable aux produits finaux des présentations stéréoscopiques, lesquels dépendent des contenus d'images stéréoscopiques et des écrans stéréoscopiques, lorsque ceux-ci sont observés dans des conditions définies appropriées. En conséquence, les recommandations concernent les personnes en charge de la conception, du développement et de la fourniture de contenus d'images stéréoscopiques; elles concernent également les écrans stéréoscopiques.

NOTE 1 En ce qui concerne les conditions d'observation appropriées, voir l'[Annexe B](#).

Les recommandations de la présente partie de l'ISO 9241 sont applicables aux écrans stéréoscopiques, tels que ceux utilisant des lunettes stéréoscopiques, des écrans autostéréoscopiques deux-vues, des visiocasques et des projecteurs stéréoscopiques. En outre, elles sont applicables aux contenus d'images stéréoscopiques destinés à être présentés sur les écrans stéréoscopiques mentionnés ci-dessus, ainsi qu'aux présentations stéréoscopiques réalisées par les combinaisons de ces images et de ces affichages.

NOTE 2 L'[Annexe C](#) présente des critères numériques à titre de référence informative.

NOTE 3 Lorsque des exigences et des recommandations spécifiques à chaque type de contenu d'images stéréoscopiques ou d'écran stéréoscopique deviennent nécessaires, il est possible que l'on soit amené à définir d'autres lignes directrices par référence à la présente partie de l'ISO 9241.

NOTE 4 L'Union internationale des télécommunications (UIT) établit généralement les normes relatives à la radiodiffusion.

NOTE 5 L'ISO 9241-303:2011, Annexe E, fournit des recommandations pour les écrans virtuels destinés aux visiocasques.

## 2 Références normatives

Les documents suivants, en totalité ou en partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 9241-303, *Ergonomie de l'interaction homme-système — Partie 303: Exigences relatives aux écrans de visualisation électroniques*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

### 3.1 stéréopsie

perception visuelle binoculaire du relief ou de l'espace tridimensionnel

Note 1 à l'article: Voir l'ISO 9241-302:2008, 3.3.40.

### 3.2 parallaxe binoculaire

différence apparente de direction d'un point, telle que perçue séparément par chaque œil, alors que la tête reste dans une position fixe

Note 1 à l'article: Voir l'ISO/TR 9241-331:2012, 2.2.1.

Note 2 à l'article: L'étendue de la parallaxe binoculaire d'un point est équivalente à l'angle optique entre les axes optiques de l'œil droit et de l'œil gauche lorsque ceux-ci sont fixés sur le point.

### 3.3 disparité horizontale

différence dans la position relative des images visuelles d'un objet sur les deux rétines

Note 1 à l'article: Voir l'ISO 9241-302:2008, 3.5.26.

### 3.4 angle de vergence

angle formé par les axes visuels de l'œil gauche et de l'œil droit

Note 1 à l'article: Voir l'ISO 9241-302:2008, 3.5.55.

### 3.5 accommodation

ajustement de la convergence du cristallin qui permet d'amener sur la rétine l'image d'un objet situé à une distance donnée

Note 1 à l'article: L'accommodation peut aussi être le processus consistant à ajuster la longueur focale d'une lentille.

Note 2 à l'article: L'accommodation peut également se rapporter à la puissance optique d'un cristallin.

Note 3 à l'article: Voir l'ISO 9241-302:2008, 3.5.1.

### 3.6 mouvement global visuel

large étendue spatiale de mouvements visuels à vitesses et directions variables systématiquement alignés dans une image mobile

Note 1 à l'article: Il existe généralement six types de mouvement global visuel qui correspondent aux différents types de mouvements d'une caméra lors d'une prise de vue, ces mouvements étant la rotation autour et la translation le long des axes de tangage, de lacet et de roulis.

### 3.7 écran stéréoscopique

dispositif ou système d'affichage dans lequel la *parallaxe binoculaire* (3.2) rend possible la perception de relief

Note 1 à l'article: Les individus perçoivent le relief grâce à la disparité rétinienne engendrée par la parallaxe binoculaire.

### 3.8 contenus d'images stéréoscopiques

ensemble d'informations relatives à des images générant des *images stéréoscopiques* (3.9) lorsqu'elles sont affichées sur un *écran stéréoscopique* (3.7)

**3.9****images stéréoscopiques**

ensemble d'images présentées sur un écran stéréoscopique

**3.10****présentation stéréoscopique**

présentation d'images stéréoscopiques sur un écran stéréoscopique

**3.11****vision stéréoscopique**

vue unique produite suite à la fusion des visions gauche et droite d'une *présentation stéréoscopique* (3.10), induisant une *stéréopsie* (3.1)

**3.12****défaut d'alignement vertical interoculaire**

différence entre les positions verticales des vues gauche et droite d'une présentation stéréoscopique

**3.13****défaut d'alignement de rotation interoculaire**

différence entre les positions de rotation des vues gauche et droite d'une présentation stéréoscopique

**3.14****différence de grossissement interoculaire**

différence entre la taille apparente des vues gauche et droite d'une présentation stéréoscopique

**3.15****différence géométrique interoculaire**

défaut d'alignement géométrique des vues gauche et droite d'une présentation stéréoscopique comprenant le défaut d'alignement vertical interoculaire (3.12), le défaut d'alignement de rotation interoculaire (3.13) et la différence de grossissement interoculaire (3.14)

**3.16****différence de luminance interoculaire**

différence entre les valeurs de luminance des vues gauche et droite d'une présentation stéréoscopique

**3.17****différence de contraste interoculaire**

différence entre les valeurs de contraste de luminance des vues gauche et droite d'une présentation stéréoscopique

**3.18****différence de chromaticité interoculaire**

différence entre les valeurs de chromaticité des vues gauche et droite d'une présentation stéréoscopique

**3.19****différence photométrique interoculaire**

non-concordance photométrique entre les images gauche et droite d'une présentation stéréoscopique comprenant la différence de luminance interoculaire (3.16), la différence de contraste interoculaire (3.17) et la différence de chromaticité interoculaire (3.18)

**3.20****non-concordance entre accommodation et convergence**

différence d'informations sur la distance indiquée par les stimuli d'*accommodation* (3.5) et de convergence d'un objet

Note 1 à l'article: La non-concordance entre accommodation et convergence peut se produire lorsque les images stéréoscopiques sont présentées sur un plan en relief (surface de l'écran stéréoscopique par exemple) qui est bien plus proche ou distant des observateurs que lorsque les images étaient simulées.

### 3.21

#### distance de vision théorique

distance, ou gamme de distances, entre les yeux des observateurs et l'écran d'un dispositif d'affichage stéréoscopique conçu pour la présentation stéréoscopique

Note 1 à l'article: La distance de vision théorique peut être spécifiée à la fois pour les *contenus d'images stéréoscopiques* (3.8), les écrans stéréoscopiques et la présentation stéréoscopique.

## 4 Principes directeurs

### 4.1 Cadre général

Afin de réduire la gêne et la fatigue visuelles subies lors d'observations d'images stéréoscopiques, les recommandations figurant dans la présente partie de l'ISO 9241 sont basées sur l'étude des facteurs (voir 4.2) qui sont pris en compte en termes de stimulus optique stéréoscopique d'images disparates présentées de façon binoculaire. En conséquence, d'autres normes spécifiques à chaque type de contenu d'images stéréoscopiques ou d'écran stéréoscopique pourraient être établies par référence à la présente partie de l'ISO 9241.

### 4.2 Étude des facteurs

#### 4.2.1 Généralités

La présente partie de l'ISO 9241 souligne les facteurs majeurs potentiellement en mesure d'induire une gêne et une fatigue visuelles lors d'observations d'images stéréoscopiques. Ces facteurs, listés ci-dessous, ont été démontrés de manière empirique et sont largement reconnus dans le domaine de la littérature scientifique. Dans la mesure où ces facteurs sont affectés par les conditions d'observation, telle que la distance d'observation, il convient que lesdites conditions d'observation soient également spécifiées.

- 1) Différences géométriques interoculaires: défaut d'alignement vertical interoculaire, défaut d'alignement de rotation interoculaire et différence de grossissement interoculaire.
- 2) Différences photométriques interoculaires: différence de luminance interoculaire, différence de contraste interoculaire et différence de chromaticité interoculaire.
- 3) Non-concordance entre accommodation et convergence.
- 4) Autres facteurs à prendre en compte pour la présentation stéréoscopique: asynchronisme temporel interoculaire, cinétose induite par stimulus visuel et limites de vergence.

En élaborant les lignes directrices, les facteurs mentionnés ci-dessus doivent être pris en compte selon leur degré d'importance en examinant les quatre points suivants.

- a) Efficacité du facteur: la probabilité pour qu'un facteur provoque une gêne ou une fatigue visuelles chez les observateurs d'images stéréoscopiques.
- b) Inévitabilité du facteur: degré d'importance pour lequel l'effet d'un facteur peut être réduit, notamment lorsque l'origine du facteur est susceptible d'être liée au principe de la présentation stéréoscopique.
- c) Acquisition de nouvelles connaissances scientifiques: si une quantité suffisante de données scientifiques, déterminant la relation entre chacun des facteurs et la fatigue et/ou la gêne visuelles, a été recueillie, et si de telles données peuvent être appliquées concrètement aux exigences ergonomiques.
- d) Disponibilité de méthodes de mesure: si des méthodes de mesure sont facilement disponibles pour l'évaluation des produits.

Dans les paragraphes qui suivent, les principaux facteurs mentionnés ci-dessus (points 1 à 4) ont été examinés en fonction des points A à D.

## 4.2.2 Différences géométriques interoculaires

### 4.2.2.1 Généralités

Les différences géométriques interoculaires se rapportent au défaut d'alignement géométrique des vues gauche et droite d'une présentation stéréoscopique, telles que le défaut d'alignement vertical interoculaire, le défaut d'alignement de rotation interoculaire et la différence de grossissement interoculaire, lesquelles sont généralement considérées comme source de gêne et fatigue visuelles. Le défaut d'alignement géométrique des vues gauche et droite d'une présentation stéréoscopique est déterminé par l'interaction entre ces différences dans les images stéréoscopiques et les écrans stéréoscopiques.

#### 4.2.2.2 Efficacité du facteur

Toute différence géométrique interoculaire, même relativement légère, peut facilement induire une gêne et entraver le processus de fusion binoculaire.

#### 4.2.2.3 Inévitabilité du facteur

Les différences géométriques interoculaires peuvent être causées par un défaut d'alignement des caméras gauche et droite lors d'une prise d'images stéréoscopiques et/ou par un défaut d'alignement des images gauche et droite affichées sur un écran stéréoscopique qui ne présente pas ces images dans le même cadre spatial. Les différences peuvent être réduites dans une certaine mesure en effectuant des ajustements lors de la modification d'images, en ajustant les dispositifs et en définissant soigneusement les conditions de vision.

#### 4.2.2.4 Acquisition de nouvelles connaissances scientifiques

Bien qu'il n'existe pas de données scientifiques concernant la taille de l'image stéréoscopique généralement utilisée dans un contexte domestique, des données fondamentales déterminant la relation entre chacun des facteurs et la gêne visuelle (voir, par exemple, les Références [13] et [19]) et pouvant servir utilement de références, ont été recueillies.

#### 4.2.2.5 Disponibilité de méthodes de mesure

En fonction des besoins et de la faisabilité, des mesures peuvent être effectuées séparément pour des contenus d'images stéréoscopiques et des écrans stéréoscopiques, ou pour des produits finaux de présentations stéréoscopiques. Premièrement, des mesures portant sur des contenus d'images stéréoscopiques peuvent être effectuées par le biais d'une analyse géométrique permettant d'extraire séparément les facteurs de défaut d'alignement vertical interoculaire, de défaut d'alignement de rotation interoculaire et de différence de grossissement interoculaire, ainsi que le facteur de distorsion optique due à l'aberration induite par la lentille (par exemple, Hartly and Zisserman, 2004). Deuxièmement, des mesures portant sur des écrans stéréoscopiques peuvent être effectuées en utilisant des dispositifs de mesure optique généralement disponibles[30]. Troisièmement, des mesures portant sur des présentations stéréoscopiques peuvent être effectuées en combinant des mesures optiques d'une image stéréoscopique dans son ensemble et une analyse géométrique de l'image.

## 4.2.3 Différences photométriques interoculaires

### 4.2.3.1 Généralités

Les différences photométriques interoculaires se rapportent à la non-concordance photométrique entre les images gauche et droite d'une présentation stéréoscopique, telles que la différence de luminance interoculaire, la différence de contraste interoculaire et la différence de chromaticité interoculaire,

lesquelles sont généralement considérées comme source de gêne et fatigue visuelles. La non-concordance photométrique entre les images gauche et droite d'une présentation stéréoscopique est déterminée par l'interaction entre ces différences dans les images stéréoscopiques et les écrans stéréoscopiques.

#### 4.2.3.2 Efficacité du facteur

Lorsqu'elles sont relativement importantes, les différences photométriques interoculaires peuvent induire une gêne (voir, par exemple, les Références [2] et [11]).

#### 4.2.3.3 Inévitabilité du facteur

Une différence photométrique interoculaire peut être causée par une différence photométrique entre les caméras gauche et droite lors d'une prise d'images stéréoscopiques et/ou par une différence photométrique entre les images gauche et droite affichées sur un écran stéréoscopique. Cette différence peut être réduite jusqu'à un certain point en effectuant des ajustements durant la modification d'images et en ajustant les dispositifs. Étant donné qu'il existe, en général, une interdépendance entre la luminance, le contraste et la chromaticité dans une présentation stéréoscopique, ceux-ci ne peuvent généralement pas être traités séparément.

#### 4.2.3.4 Acquisition de nouvelles connaissances scientifiques

Il existe peu de données scientifiques déterminant la relation entre la différence photométrique interoculaire et la gêne visuelle (voir, par exemple, les Références [2] et [11]). Un certain nombre de conditions peuvent être considérées comme des facteurs contributifs majeurs tels que la taille de l'écran, les conditions d'éclairage ambiantes, ainsi que la durée et la fréquence de la présentation des facteurs.

#### 4.2.3.5 Disponibilité de méthodes de mesure

En fonction des besoins et de la faisabilité, des mesures peuvent être effectuées séparément pour des contenus d'images stéréoscopiques et des écrans stéréoscopiques, ou pour des produits finaux de présentations stéréoscopiques. Premièrement, des mesures portant sur des contenus d'images stéréoscopiques peuvent être effectuées en comparant les résultats photométriques obtenus pour des points correspondants dans les contenus d'images gauche et droite. Deuxièmement, des mesures portant sur des écrans stéréoscopiques peuvent être effectuées à l'aide de dispositifs de mesurage optique généralement disponibles, alors que les mesures diffèrent en général selon le type d'écran stéréoscopique. Troisièmement, la mesure de présentations stéréoscopiques peut être effectuée en combinant les mesures optiques d'une image stéréoscopique dans son ensemble et en comparant les résultats photométriques obtenus pour les points correspondants dans les images gauche et droite.

### 4.2.4 Interaction photométrique interoculaire

#### 4.2.4.1 Généralités

L'interaction photométrique interoculaire se rapporte à une interaction photométrique indésirable, telle que la diaphotie, laquelle affecte la vision au niveau d'un œil par le biais d'informations relatives à l'image dans l'autre œil.

#### 4.2.4.2 Efficacité du facteur

La diaphotie est considérée comme «un facteur majeur affectant la qualité des images» d'une présentation d'images stéréoscopiques [24] et peut induire une gêne visuelle (voir, par exemple, les Références [11] et [26]).

#### 4.2.4.3 Inévitabilité du facteur

La diaphotie peut survenir lors des étapes de capture, de transmission, de mémorisation, de montage d'images, d'affichage et de séparation. Cependant, la plupart des ouvrages de référence s'intéressent tout

particulièrement aux étapes d'affichage et de séparation<sup>[24]</sup> qui peuvent être la cause principale de la diaphotie. La diaphotie peut être réduite jusqu'à un certain point par les dispositifs de réglage.

#### 4.2.4.4 Acquisition de nouvelles connaissances scientifiques

Bien que la diaphotie dans la présentation d'images stéréoscopiques ait été largement étudiée (par exemple, Références [24][11],[25],[26],[27] et [28]), les ouvrages de référence ne contiennent pas nécessairement des rapports concernant les effets sur la fatigue et la gêne visuelles. En outre, la plage numérique des caractéristiques quantitatives varie considérablement, plus de dix fois celle mentionnée dans les ouvrages de référence; parfois, les conditions expérimentales relatives aux images visuelles, aux dispositifs etc. ne sont pas clairement établies. Les conditions de disparité binoculaire et de contraste peuvent être considérées comme d'importants facteurs contributifs<sup>[28]</sup>. Plusieurs méthodes ont été proposées pour quantifier la diaphotie. Toutefois, elles ne sont pas nécessairement pertinentes d'un point de vue perceptuel. Enfin, la diaphotie est quantifiée à l'aide de diverses équations pouvant parfois conduire à des malentendus.

#### 4.2.4.5 Disponibilité de méthodes de mesure

Les dispositifs de mesurage optique peuvent être utilisés pour mesurer la diaphotie. En effet, on a fait état de méthodes de mesure utilisant divers dispositifs optiques<sup>[24]</sup>. Toutefois, les méthodes de mesure diffèrent selon le type d'écran stéréoscopique (voir l'ISO/TR 9241-331). Les méthodes de mesure utilisant des échelles de gris doivent encore être mises en œuvre pour les écrans stéréoscopiques dans lesquels le processus de diaphotie est sensiblement non linéaire.

### 4.2.5 Non-concordance entre accommodation et convergence.

(standards.iteh.ai)

#### 4.2.5.1 Généralités

Dans les présentations stéréoscopiques, lorsque des cibles visuelles se trouvent, par simulation, devant ou derrière la surface de l'écran stéréoscopique, il peut y avoir une différence entre les informations sur la distance d'accommodation et de convergence. Le facteur de non-concordance entre accommodation et convergence se rapporte donc à une non-concordance entre les stimuli d'accommodation et de convergence; il peut, de ce fait, induire une gêne visuelle.

#### 4.2.5.2 Efficacité du facteur

La gêne associée à un relief simulé relativement important a été établie de manière empirique et également observée expérimentalement (voir, par exemple, les Références [4],[5],[17] et [22]). Bien qu'il y ait des différences individuelles importantes concernant l'effet de la non-concordance entre accommodation et convergence sur la gêne visuelle, les résultats obtenus sont relativement cohérents dans les ouvrages de référence.

#### 4.2.5.3 Inévitabilité du facteur

Les écrans stéréoscopiques relevant du domaine d'application de la présente partie de l'ISO 9241 comprennent, en principe, ce facteur pour la présentation stéréoscopique. La profondeur de foyer et la disparité de fixation sont respectivement des régions insensibles à l'accommodation et à la convergence. Par conséquent, l'effet de ce facteur peut être réduit jusqu'à un certain point en diminuant le relief simulé d'objets visuels de la surface de l'écran stéréoscopique.

#### 4.2.5.4 Acquisition de nouvelles connaissances scientifiques

On a fait état de diverses données expérimentales concernant la non-concordance entre accommodation et convergence (voir, par exemple, les Références [1],[13],[15] et [21]). Cependant, un certain nombre de conditions restent encore à explorer, comme par exemple la répartition spatiale du relief simulé (en particulier par rapport à la rupture de la fenêtre stéréoscopique (edge violation)), la variation temporelle, la taille et la durée des images présentées.