

# NORME ISO INTERNATIONALE 9241-394

Première édition  
2020-04

---

---

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

Partie 394:

### **Exigences ergonomiques pour la réduction des effets biomédicaux indésirables des cinétoses induites par stimulus visuel lors de l'observation d'images électroniques**

*Ergonomics of human-system interaction —*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/9241-394:2020> *Part 394: Ergonomic requirements for reducing undesirable biomedical effects of visually induced motion sickness during watching electronic images*



Numéro de référence  
ISO 9241-394:2020(F)

© ISO 2020

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 9241-394:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7eb425ed-bf50-4c54-acec-e799cc84f4c1/iso-9241-394-2020>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2020

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
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>v</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 Concepts directeurs</b> .....	<b>2</b>
4.1 Contextes de visualisation d'images .....	2
4.2 Bases des concepts directeurs .....	3
4.3 Principaux facteurs de VIMS .....	4
<b>5 Exigences et recommandations ergonomiques</b> .....	<b>5</b>
5.1 Généralités .....	5
5.2 Images présentées dans des environnements de visualisation passive .....	5
5.2.1 Conditions potentiellement indésirables de rotation visuelle .....	5
5.2.2 Conditions potentiellement défavorables de rotation visuelle .....	5
5.2.3 Base des exigences et recommandations .....	6
5.2.4 Informations de référence sur les effets de la combinaison de mouvements visuels .....	7
5.3 Images présentées dans des environnements de visualisation active .....	7
5.3.1 Généralités .....	7
5.3.2 Conditions potentiellement défavorables de rotation visuelle .....	7
5.3.3 Informations de référence sur les effets des combinaisons de mouvements visuels .....	7
5.3.4 Conditions potentiellement défavorables des images à grand champ visuel ou des HMD de type RV .....	8
<b>6 Conformité et usages des recommandations ergonomiques</b> .....	<b>8</b>
6.1 Généralités .....	8
6.2 Méthodes de mesure .....	8
6.3 Mode opératoire de conformité et rapport .....	8
<b>Annexe A (informative) Vue d'ensemble de la série de normes ISO 9241</b> .....	<b>9</b>
<b>Annexe B (informative) Conditions de visualisation</b> .....	<b>10</b>
<b>Annexe C (informative) Effets de la combinaison de mouvements visuels</b> .....	<b>11</b>
<b>Annexe D (informative) Méthodes générales d'atténuation de la VIMS</b> .....	<b>15</b>
<b>Annexe E (informative) Méthode de mesure du mouvement global visuel</b> .....	<b>17</b>
<b>Annexe F (informative) Méthode de mesure de la temporisation de suivi des mouvements de la tête</b> .....	<b>20</b>
<b>Annexe G (informative) Mode opératoire d'échantillonnage pour évaluer l'applicabilité et la conformité</b> .....	<b>21</b>
<b>Annexe H (informative) Facteurs individuels liés à l'utilisateur</b> .....	<b>23</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>24</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 attirée 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 nature volontaire des normes, 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'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 159, *Ergonomie*, sous-comité SC 4, *Ergonomie de l'interaction homme/système*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 9241 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

Grâce aux progrès des technologies de l'image, il est désormais possible de voir de nouveaux types d'images sur différents types d'affichages électroniques, par exemple des images ultra-haute définition (UHD) et des images de réalité virtuelle. Ces technologies facilitent notre quotidien et permettent des modes de vie différents.

Les nouveaux produits issus des technologies d'image avancées peuvent être popularisés à la fois en résolvant les problèmes techniques et en concevant des contre-mesures afin de réduire l'incidence des effets biomédicaux indésirables, tels que les cinétoses induites par stimulus visuel.

Le présent document décrit les conditions de base et minimales pour réduire l'incidence des cinétoses induites par stimulus visuel. Il vise à promouvoir un environnement dans lequel les utilisateurs peuvent profiter des avantages des images sans les effets indésirables des cinétoses induites par stimulus visuel. Dans ce type d'environnement, les nouvelles technologies de l'image peuvent également être activement développées et appliquées dans divers domaines. Le présent document ne vise pas à restreindre la liberté d'expression ou la créativité artistique dans la culture de l'image.

Il repose sur des découvertes scientifiques liées aux effets indésirables possibles des cinétoses induites par stimulus visuel. À l'avenir, le présent document pourrait être révisé à mesure que de nouvelles données scientifiques seront disponibles.

Le présent document fait partie de la série ISO 9241, qui spécifie les normes d'interaction homme-système. Les utilisateurs qui ont besoin de recommandations sur d'autres aspects de l'interaction homme-système peuvent donc se référer aux autres documents de la série ISO 9241. Voir [Annexe A](#) pour obtenir un aperçu général de la série ISO 9241.

(standards.iteh.ai)

[ISO 9241-394:2020](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7eb425ed-bf50-4c54-acec-e799cc84f4c1/iso-9241-394-2020>



# Ergonomie de l'interaction homme-système —

## Partie 394:

# Exigences ergonomiques pour la réduction des effets biomédicaux indésirables des cinétoses induites par stimulus visuel lors de l'observation d'images électroniques

## 1 Domaine d'application

Le présent document établit les exigences et les recommandations pour les contenus d'images et les systèmes d'affichage électronique afin de réduire les cinétoses induites par stimulus visuel (VIMS), lors de la visualisation d'images sur des affichages électroniques.

Le présent document s'applique aux systèmes d'affichage électronique, y compris aux écrans plats, aux projecteurs avec un écran et aux casques stéréoscopiques (HMD) de type casque de réalité virtuelle (RV), mais pas aux HMD qui présentent des images électroniques sur/avec des scènes du monde réel.

NOTE 1 Le présent document suppose que les images sont visualisées dans des conditions définies appropriées. Voir [Annexe B](#) pour connaître les conditions de visualisation appropriées.

NOTE 2 Le présent document est utile pour la conception, le développement et la fourniture de contenus d'images, mais aussi d'affichages électroniques pour réduire les VIMS.

NOTE 3 L'ISO 9241-392<sup>[3]</sup> fournit des lignes directrices pour les affichages 3D stéréoscopiques, dont les méthodes sont également utilisées dans les HMD.

NOTE 4 L'Union internationale des télécommunications (UIT) fixe généralement les normes pour la radiodiffusion.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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 9241-302, *Ergonomie de l'interaction homme-système — Partie 302: Terminologie relative aux écrans de visualisation électroniques*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 9241-302 ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>;
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>.

**3.1**  
**cinétose induite par stimulus visuel**  
**VIMS**

symptômes semblables au mal des transports induits par la perception d'un mouvement dans l'environnement visuel, par exemple pendant la visualisation d'un film ou d'images sur un écran de jeux vidéo

Note 1 à l'article: Les symptômes peuvent inclure des étourdissements, des vertiges, des sueurs, des sensations étranges dans l'estomac et des nausées, qui peuvent évoluer en vomissements.

**3.2**  
**étourdissement**  
instabilité physique, manque d'équilibre ou sensation de malaise

**3.3**  
**vertige**  
sensation de rotation ou de mouvement de soi (vertige subjectif) ou de rotation ou de mouvement de l'environnement (vertige objectif), dans n'importe quel plan

**3.4**  
**instabilité posturale**  
ensemble de conditions dans lesquelles les mouvements volontaires ne peuvent pas être bien coordonnés pour maintenir la posture

**3.5**  
**désorientation**  
perte du sens de la direction, de la position ou de la relation avec l'environnement

**3.6**  
**mouvement global visuel**  
large plage spatiale de mouvement de l'image dans le champ visuel, composée de différentes vitesses et directions qui sont systématiquement alignées dans une image en mouvement

Note 1 à l'article: Il existe généralement six types de mouvements globaux visuels qui correspondent aux différents types de mouvements d'une caméra lors de la capture d'images: rotation autour et translation le long des axes de tangage, lacet et roulis.

**3.7**  
**casque stéréoscopique**  
**HMD**  
dispositif d'affichage porté sur la tête, intégré dans des lunettes ou intégré dans un casque ou un chapeau

**3.8**  
**réalité virtuelle**  
**RV**  
ensemble de conditions artificielles créées par un ordinateur et des dispositifs électroniques dédiés qui simulent des images visuelles et éventuellement d'autres informations sensorielles de l'environnement d'un utilisateur avec lequel celui-ci peut interagir

Note 1 à l'article: Les conditions artificielles ne reflètent pas l'environnement physique en temps réel d'un utilisateur.

## **4 Concepts directeurs**

### **4.1 Contextes de visualisation d'images**

Deux environnements de visualisation différents sont définis pour les contextes de visualisation d'images afin de réduire les VIMS. L'un est l'environnement de visualisation active, dans lequel le mouvement, l'orientation ou d'autres contenus affichés des images varient en fonction des actions

de l'utilisateur, telles que les mouvements de la tête ou la manipulation de commandes. L'autre est l'environnement de visualisation passive, dans lequel le contenu affiché des images ne varie pas en fonction des actions de l'utilisateur. Dans l'environnement de visualisation active, les modifications du contenu affiché sont provoquées par le suivi des mouvements de la tête de l'utilisateur ou par l'actionnement d'une commande par celui-ci. Dans le présent document, les contextes de visualisation d'images dans les deux environnements de visualisation sont les suivants:

- environnement de visualisation passive:
  - dispositif d'affichage: écran plat, projecteur ou casque stéréoscopique;
  - génération d'images: rendu en temps réel ou lecture d'images enregistrées;
  - taille de l'image dans l'angle visuel: en fonction des applications et du dispositif d'affichage;
  - type d'interaction: aucune;
- environnement de visualisation active:
  - dispositif d'affichage: écran plat, projecteur ou casque stéréoscopique;
  - génération d'images: rendu en temps réel;
  - taille de l'image dans l'angle visuel: en fonction des applications et du dispositif d'affichage;
  - type d'interaction: suivi des mouvements de la tête et/ou commande.

## 4.2 Bases des concepts directeurs

Le présent document fournit les conditions de base et minimales pour réduire l'incidence des VIMS, principalement du point de vue des symptômes nauséux, tels que les étourdissements, les sueurs, les maux de tête, les sensations étranges dans l'estomac, les nausées et les vomissements. Dans le présent paragraphe, les références sont vérifiées en tant que bases des lignes directrices à partir d'ouvrages de référence et de résumés, mais aussi à partir de leurs scores rapportés dans le cadre du questionnaire sur le mal des simulateurs (SSQ).

Les symptômes nauséux se reflètent dans les taux d'abandon lors de diverses expériences de VIMS et d'entraînement sur simulateur. La relation entre les taux d'abandon et le score total au SSQ (SSQ-TS) a été clarifiée<sup>[4]</sup>. Il a également été signalé que les taux d'abandon étaient corrélés avec le sous-score de nausées au SSQ (SSQ-N)<sup>[4]</sup>. Les conditions de réduction des VIMS peuvent être prises en compte en matière de diminution du SSQ-TS (et/ou du SSQ-N) dans une certaine mesure. En réalité, l'indice d'intensité de VIMS décrit en [C.4](#) repose sur le SSQ-TS.

Parallèlement, un autre aspect lié aux VIMS a été rapporté dans les ouvrages de référence, à savoir la désorientation induite après des expositions à la RV. La désorientation est différente des symptômes nauséux en ce qu'elle affecte l'équilibre du corps. Alors que la fluctuation posturale pendant l'exposition à la RV est un effet indésirable du point de vue de la sécurité physique pendant une expérience de RV, la désorientation après l'exposition à la RV doit être considérée comme un effet secondaire du point de vue de la sécurité physique après le retour dans l'environnement réel. La désorientation après une exposition à la RV peut être reflétée par le sous-score de désorientation au SSQ (SSQ-D)<sup>[5]</sup>.

Les différentes caractéristiques des symptômes nauséux et de la désorientation après une exposition à la RV doivent également être considérées en matière de parcours temporels. Lorsque les utilisateurs sont exposés de manière répétitive à des environnements qui induisent facilement des VIMS, les symptômes nauséux semblent diminuer sensiblement par accoutumance aux environnements. De plus, lorsque les utilisateurs sont exposés de façon répétitive à des environnements virtuels, la désorientation qui se produit chaque fois qu'ils retournent dans l'environnement réel augmente. En d'autres termes, les fluctuations posturales augmentent. Il est donc primordial de prendre en compte ce type d'effet indésirable, à savoir la désorientation, ainsi que les symptômes nauséux. Pour réduire la désorientation, les méthodes générales décrites en [D.1](#) et [D.2](#) peuvent être utiles en tant que contre-mesures.

### 4.3 Principaux facteurs de VIMS

Les VIMS semblent impactées par divers facteurs. Le principal est le mouvement visuel dans les images. Il peut être renforcé ou atténué par des facteurs liés à l'image visuelle, à l'environnement visuel et à l'utilisateur.

Les VIMS peuvent être réduites, dans une certaine mesure, en tenant compte d'autres facteurs importants tels que ceux présentés ci-dessous, en fonction du contexte de visualisation d'images. Par conséquent, pour contrôler les VIMS, ces différents facteurs principaux doivent être pris en compte simultanément, avec un équilibre approprié.

Environnement de visualisation passive:

- quantité de rotation globale visuelle:
  - différents types de rotations globales visuelles;
  - vitesse de la rotation globale visuelle;
  - période de visualisation;
- taille de l'image dans le champ visuel;
- point de fixation/cible visuelle;
- vitesse de navigation;
- information prédictive de mouvement propre;
- arrière-plan indépendant du mouvement visuel.

Environnement de visualisation active:

- quantité de rotation globale visuelle:
  - différents types de rotations globales visuelles;
  - vitesse de la rotation globale visuelle;
  - période de visualisation;
- taille de l'image dans le champ visuel;
- point de fixation/cible visuelle;
- vitesse de navigation;
- information prédictive de mouvement propre;
- arrière-plan indépendant du mouvement visuel;  
(pour l'environnement, notamment par suivi des mouvements de la tête)
- correspondance dans le champ visuel entre la caméra virtuelle et l'écran (en particulier pour les images à grand champ visuel ou les HMD de type RV);
- correspondance entre le mouvement de la tête et le mouvement visuel (en particulier pour les images à grand champ visuel ou les HMD de type RV);
- temporisation du suivi des mouvements de la tête.

## 5 Exigences et recommandations ergonomiques

### 5.1 Généralités

Pour obtenir la condition qui réduit suffisamment la possibilité de VIMS, les facteurs liés à l'image visuelle, à l'environnement visuel et à l'utilisateur doivent être pris en compte. Toutefois, dans le présent document, les éléments suivants sont les plus importants:

- les facteurs liés à l'image visuelle, tels que la vitesse et les types de mouvement global visuel et la période de visualisation; et
- les facteurs liés à l'environnement visuel, tels que la taille de l'image dans le champ visuel, le point de fixation/la cible visuelle, le niveau de luminance des images, le niveau d'éclairage de l'environnement, la résolution de l'image et la temporisation du suivi des mouvements de la tête.

Pour les facteurs individuels liés à l'utilisateur, des informations sont disponibles en [Annexe G](#).

NOTE Les principes énoncés en 5.2 sont plus faciles à appliquer dans le cas de contenus préenregistrés, qui peuvent être analysés image par image. Les médias interactifs, tels que les jeux vidéo, peuvent offrir des séquences essentiellement illimitées tout au long du jeu, en fonction des actions de l'utilisateur. Dans le cas des jeux vidéo, les exigences et recommandations s'appliquent à des séquences de jeu types, mais ne peuvent pas couvrir toutes les éventualités de jeu.

### 5.2 Images présentées dans des environnements de visualisation passive

#### 5.2.1 Conditions potentiellement indésirables de rotation visuelle

Les conditions potentiellement indésirables de rotation visuelle doivent être évitées.

Les conditions potentiellement indésirables de rotation visuelle sont les conditions qui répondent à l'une des conditions suivantes:

- a) la quantité totale de rotation en lacet des images à n'importe quel moment au cours d'une période de 20 minutes est supérieure à 17 280° (ou 48 tours);
- b) la quantité totale de rotation en tangage des images à n'importe quel moment au cours d'une période de 20 minutes est supérieure à 15 120° (ou 42 tours);
- c) la quantité totale de rotation en roulis des images à n'importe quel moment au cours d'une période de 20 minutes est supérieure à 14 400° (ou 40 tours).

NOTE Les valeurs des critères ci-dessus sont appliquées alors que la taille de l'image dans le champ visuel est réputée être comprise entre 30° × 17° et 70° × 40°.

#### 5.2.2 Conditions potentiellement défavorables de rotation visuelle

Il convient d'éviter les conditions potentiellement défavorables de rotation visuelle.

Les conditions potentiellement défavorables de rotation visuelle sont les conditions qui répondent à l'une des conditions suivantes:

- a) la quantité totale de rotation en lacet des images à n'importe quel moment au cours d'une période de 20 minutes est supérieure à 12 960° (ou 36 tours);
- b) la quantité totale de rotation en tangage des images à n'importe quel moment au cours d'une période de 20 minutes est supérieure à 11 520° (ou 32 tours);
- c) la quantité totale de rotation en roulis des images à n'importe quel moment au cours d'une période de 20 minutes est supérieure à 10 800° (ou 30 tours).

NOTE 1 Les valeurs des critères ci-dessus sont appliquées alors que la taille de l'image dans le champ visuel est réputée être comprise entre 30° × 17° ou plus.

NOTE 2 Les images visuelles peuvent être agrandies dans certains cas d'utilisation, tels que dans le domaine médical. Dans pareils cas, la quantité de rotation peut être sous-estimée, si elle est obtenue par la rotation réelle de la caméra.

**5.2.3 Base des exigences et recommandations**

En 5.2.1, 5.2.2 et 5.3.2, les critères numériques ont été établis sur la base de la relation entre le taux d'abandon et la quantité totale de rotation présentée dans les images sur les affichages électroniques dans les expérimentations de VIMS[6]. Dans ce processus, le taux d'abandon a été obtenu en transformant le SSQ-TS obtenu expérimentalement à l'aide de la Formule (1) (voir Figure C.1):

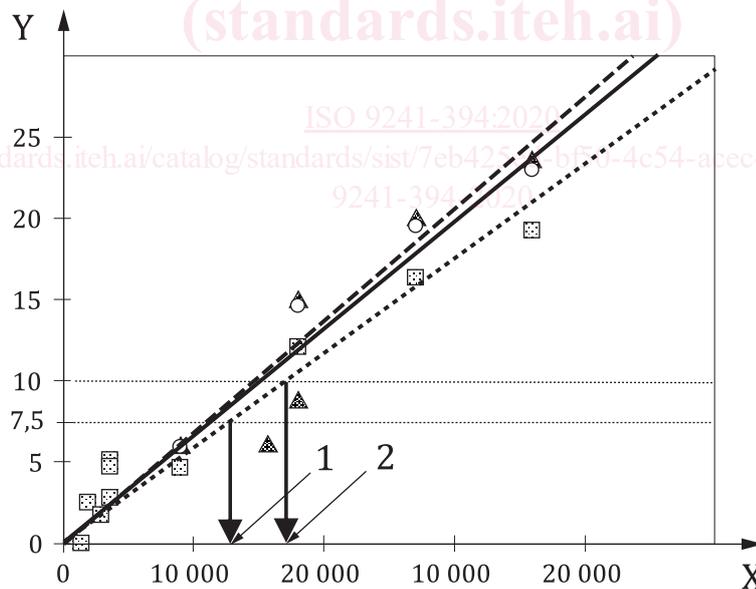
$$Y = 0,0057X^2 + 0,744X - 3,9739, R^2 = 0,3524 \tag{1}$$

où

X est le SSQ-TS moyen;

Y est le taux d'abandon (%).

Les relations entre le taux d'abandon et la quantité totale de rotation sont illustrées à la Figure 1, avec des lignes linéaires ajustées pour chaque donnée de rotation selon les axes de tangage, de roulis et de lacet. Comme le montre le graphique, les critères d'exigences sont fixés à hauteur de 10 % du taux d'abandon, tandis que les critères de recommandations sont fixés à hauteur de 7,5 % du taux d'abandon.



**Légende**

X quantité totale de rotation autour d'un seul axe en 20 min (°)

Y taux d'abandon (%)

- ..... lacet
- ▲ ——— tangage
- - - - - - roulis
- 1 critère de recommandation du lacet
- 2 critère d'exigence du lacet

**Figure 1 — Relation entre le taux d'abandon et la quantité totale de rotation autour de chacun des trois axes**