

---

---

**Véhicules routiers — Mannequin  
anthropomorphe pour essai de choc latéral —**

**Partie 2 :**

**Caractéristiques de réponse du cou à un choc latéral  
permettant d'évaluer la biofidélité d'un mannequin**

**(standards.iteh.ai)**

*Road vehicles — Anthropomorphic side impact dummy —*

*Part 2 : Lateral neck impact response requirements to assess biofidelity of dummy*

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7297a26f-a743-4b5a-b5e8-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7297a26f-a743-4b5a-b5e8-6c82adb00743/iso-tr-9790-2-1989)

[6c82adb00743/iso-tr-9790-2-1989](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7297a26f-a743-4b5a-b5e8-6c82adb00743/iso-tr-9790-2-1989)



## 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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

La tâche principale des comités techniques de l'ISO est d'élaborer les Normes internationales. Exceptionnellement, un comité technique peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1: lorsque, en dépit de maints efforts au sein d'un comité technique, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2: lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique et requiert une plus grande expérience;
- type 3: lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique, par exemple).

La publication des rapports techniques dépend directement de l'acceptation du Conseil de l'ISO. Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'ISO/TR 9790-2, rapport technique du type 3, a été élaboré par le comité technique ISO/TC 22, *Véhicules routiers*.

L'ISO/TR 9790 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Véhicules routiers — Mannequin anthropomorphe pour essai de choc latéral*:

- *Partie 1: Caractéristiques de réponse de la tête à un choc latéral permettant d'évaluer la biofidélité d'un mannequin*
- *Partie 2: Caractéristiques de réponse du cou à un choc latéral permettant d'évaluer la biofidélité d'un mannequin*
- *Partie 3: Caractéristiques de réponse du thorax à un choc latéral permettant d'évaluer la biofidélité d'un mannequin*
- *Partie 4: Caractéristiques de réponse de l'épaule à un choc latéral permettant d'évaluer la biofidélité d'un mannequin*
- *Partie 5: Caractéristiques de réponse de l'abdomen à un choc latéral permettant d'évaluer la biofidélité d'un mannequin*
- *Partie 6: Caractéristiques de réponse du bassin à un choc latéral permettant d'évaluer la biofidélité d'un mannequin*

# Véhicules routiers — Mannequin anthropomorphe pour essai de choc latéral —

## Partie 2 :

### Caractéristiques de réponse du cou à un choc latéral permettant d'évaluer la biofidélité d'un mannequin

#### 1.0 INTRODUCTION

Les caractéristiques de réponse au choc présentées dans ce rapport, sont le résultat d'une évaluation critique des données recueillies au cours d'expérimentations et qui constituent aux dires des experts, la meilleure information disponible et la plus à jour.

Trois caractéristiques de réponse du cou à la flexion latérale sont définies. La première découle de données recueillies par Ewing et al (1)\* sur des sujets volontaires, la deuxième de données recueillies sur des sujets volontaires par Patrick et Chou (2) et la troisième de données recueillies sur des cadavres par APR (3). L'analyse de Wismans et al (4) est prise en compte pour définir les caractéristiques provenant des essais de Ewing et al (1). Toutes les caractéristiques impliquent la reproduction en double des environnements d'essai sur chariot ayant donné les résultats sur humains volontaires ou sur cadavres.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7297a26f-a743-4b5a-b5e8-6c82adb00743/iso-tr-9790-2-1989>

#### 2.0 OBJET ET CHAMP D'APPLICATION

Ce rapport technique est l'un des six rapports d'une série décrivant les procédures de laboratoire qui conviennent à la validation biomécanique des mannequins d'essai de choc latéral.

Ce rapport technique a pour but de fournir des informations pour évaluer la biofidélité des caractéristiques de réponse du cou d'un mannequin lors d'un choc latéral.

#### 3.0 REFERENCES

ISO/DTR 9790-1 Véhicules routiers - Mannequin anthropomorphe pour essai de choc latéral - Caractéristiques de réponse de la tête à un choc latéral permettant d'évaluer la biofidélité du mannequin

ISO/DTR 9790-3 Véhicules routiers - Mannequin anthropomorphe pour essai de choc latéral - Caractéristiques de réponse du thorax à un choc latéral permettant d'évaluer la biofidélité du mannequin

(1) Les numéros entre parenthèses représentent les références citées au paragraphe 7.0.

ISO/DTR 9790-4 Véhicules routiers - Mannequin anthropomorphe pour essai de choc latéral - Caractéristiques de réponse de l'épaule à un choc latéral permettant d'évaluer la biofidélité du mannequin

### 3.0 REFERENCES

ISO/DTR 9790-5 Véhicules routiers - Mannequin anthropomorphe pour essai de choc latéral - Caractéristiques de réponse de l'abdomen à un choc latéral permettant d'évaluer la biofidélité du mannequin

ISO/DTR 9790-6 Véhicules routiers - Mannequin anthropomorphe pour essai de choc latéral - Caractéristiques de réponse du bassin à un choc latéral permettant d'évaluer la biofidélité du mannequin

### 4.1 CARACTERISTIQUE N° 1

#### 4.1 Données d'origine

Ewing et al (1) ont réalisé une série d'essai de flexion latérale du cou sur des volontaires à l'aide d'accélérateur de type HYGE. Les volontaires sont assis sur le chariot HYGE en position théoriquement verticale, mais de biais par rapport au mouvement du chariot. Ils sont appuyés confortablement contre un panneau en bois légèrement rembouré qui empêche la rotation de leur torse et une translation bassin-chariot. Leurs deux épaules sont retenues par des harnais et leur bassin par une ceinture sous-abdominale et une sangle abdominale en V inversé, attachée à la ceinture sous-abdominale. Ils tiennent la tête droite avant l'accélération du chariot.

Les données ci-dessus ont été tirées d'une analyse de Wismans et al(4) portant sur 9 essais et 9 sujets.

Le tableau 1 résume les conditions d'essai les plus importantes. La courbe de l'accélération moyenne du chariot en fonction du temps, (ainsi que son écart type) est représentée sur le graphique de la figure 1.

Les données d'essais les plus importantes en terme de cinématique sont résumées ci-dessous :

#### 4.1.1 Accélération de T1

La figure 2 représente la courbe de l'accélération horizontale moyenne de T1 en fonction du temps et son écart type. La valeur maximale de cette accélération moyenne est de 15 G.

#### 4.1.2 Déplacement de T1

La figure 3 représente les trajectoires de l'origine de T1 par rapport au chariot. Le déplacement horizontal moyen est de 55 mm et le déplacement vertical moyen (vers le haut) de 17 mm.

#### 4.1.3 Trajectoire du centre de gravité de la tête

La figure 4 représente les trajectoires du centre de gravité par rapport à T1. On y a négligé les rotations de T1 et les axes X et Z de cette figure sont donc, en d'autres termes, parallèles aux axes horizontal et vertical du laboratoire. A noter que toutes les trajectoires ont été déplacées pour que leur origine coïncide. Les déplacements maximaux selon les axes horizontal et vertical (vers le bas) du centre de gravité sont résumés au tableau 2. La valeur moyenne du déplacement horizontal est de 146 mm et celle du déplacement vertical vers le bas de 79 mm. Le tableau 2 indique aussi la durée de mouvement maximal de la tête. La durée moyenne est de 0,167 s.

#### 4.1.4 Accélération du centre de gravité de la tête

Les courbes moyennes de l'accélération du centre de gravité de la tête en fonction du temps sont représentées à la figure 5. La figure représente les diverses composantes dans le système de coordonnées locales de la tête :  $x = +$  vers l'avant,  $y = +$  vers la gauche,  $z = +$  vers le haut.

#### 4.1.5 Rotation de la tête

Le tableau 2 indique l'angle maximal de flexion de la tête (c'est à dire l'angle entre l'axe inféro-supérieur de la tête et la verticale) ainsi que l'angle maximal de torsion de la tête (c'est à dire la rotation autour de l'axe inféro-supérieur) pour chaque essai. Pour ces mesures on part de l'hypothèse qu'il n'y a pas de rotation de T1.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7297a26f-a743-4b5a-b5e8-6c82adb00743/iso-tr-9790-2-1989>

Les valeurs moyennes de ces angles sont de 51,8 degrés pour la flexion et - 38,6 degrés pour la torsion.

La plupart des données moyennes ci-dessous peuvent servir à spécifier un ensemble de caractéristiques de réponse mécanique en flexion latérale et en torsion du cou.

### 4.2 Caractéristiques de réponse

Ce qui suit représente les caractéristiques de réponse à obtenir sur un mannequin soumis à l'essai de chariot décrit au paragraphe montage d'essai.

4.2.1 le déplacement horizontal maximal de T1 par rapport au chariot doit être compris entre 46 mm et 63 mm.

4.2.2 L'accélération horizontale de crête de T1 doit être comprise entre 12 G et 18 G.

4.2.3 Le déplacement angulaire maximal de l'axe inféro-supérieur de la tête par rapport à la verticale doit être compris entre 44 et 59° (flexion de la tête).

4.2.4 L'angle maximal de torsion de la tête sur son axe inféro-supérieur doit être compris entre - 32 et - 45°.

4.2.5 L'accélération maximale de la tête en son centre de gravité, dans le système de coordonnées locales, doit être comprise entre :

8 et 11 G dans le sens des y (latéralement)

8 et 10 G dans le sens des z (vers le haut).

4.2.6 - Le déplacement horizontal maximal du centre de gravité de la tête par rapport à T1 doit être compris entre 130 mm et 162 mm.

4.2.7 Le déplacement vertical maximal vers le bas du centre de gravité de la tête par rapport à T1 doit être compris entre 64 mm et 94 mm.

4.2.8 La durée du mouvement maximal de la tête doit être comprise entre 0,159 s et 0,175 s.

### 4.3 Montage d'essai

Une chaise rigide avec un dossier vertical dont la fonction est similaire à la chaise utilisée par EWING et al (1) est solidement fixée à un chariot HYGE, en position de biais. Une planche verticale est fixée de façon rigide sur le côté du siège pour empêcher la rotation du torse du mannequin et la translation bassin-siège. Le sommet de la planche doit arriver à 40 mm - 50 mm en-dessous du sommet de l'épaule du mannequin. Le mannequin est assis sur la chaise, en position droite, épaule et hanche calées contre la planche latérale verticale. Une ceinture appropriée retient le mannequin sur le siège. Le plan sagittal médian du mannequin doit être vertical et perpendiculaire au sens de déplacement du chariot. L'axe antéro-postérieur de la tête du mannequin doit être horizontal. Partant de cette position initiale, le mannequin est soumis à l'impulsion de mouvement imprimée au chariot et représentée à la figure 6. Les réponses du mannequin doivent correspondre aux conditions définies au paragraphe "caractéristiques de réponse".

### 4.4 Instrumentation

Le mannequin doit être équipé de l'instrumentation suivante :

4.4.1 Un accéléromètre triaxial placé au centre de gravité de la tête et de la poitrine.

4.4.2 Transducteur à 6 axes placé à la jonction cou-tête (au niveau des condyles occipitaux) ou un nombre suffisant d'accéléromètres fixés sur la tête pour calculer le torseur cou-tête.

4.4.3 Un accélérateur uniaxial placé à la base du cou, avec l'axe sensible orienté latéralement.

4.4.4 Des mires photographiques de mesure de la translation du centre de gravité de la tête, de la rotation latérale de la tête, de la torsion de la tête et de la translation horizontale de la base du cou.

En outre, la mesure doit être effectuée de l'accélération du chariot et des caméras en nombre suffisant doivent être embarquées pour enregistrer les déplacements du mannequin. Toute l'instrumentation doit satisfaire aux conditions requises pour les filtres dans la norme SAE J 211.

## 5.0 CARACTERISTIQUE N° 2

### 5.1 Données d'origine

Patrick et Chou (2) ont réalisé une série d'essais de flexion du cou avec des volontaires à l'aide d'un chariot décélérateur WHAM III. Un siège rigide avec un dossier faisant un angle de  $15^\circ$  par rapport à la verticale est fixé sur le chariot, de biais par rapport au sens de déplacement de celui-ci. Un côté du siège est muni d'un support latéral rigide, à orientation latérale, empêchant la rotation du torse du sujet et la translation latérale de son bassin sur le siège. Le volontaire est assis sur la chaise, épaule et hanche calées contre la planche latérale. Il est attaché sur le siège par un système de retenue composé de harnais passant sur les épaules, se croisant sur la poitrine, d'une sangle sous-abdominale, d'une sangle passant entre les jambes et d'une sangle horizontale, au niveau de la poitrine. Le chariot est accéléré progressivement sur une distance de 60 pieds, puis décéléré brutalement à l'aide d'un absorbeur de choc hydraulique jusqu'à un niveau prescrit constant de décélération.

(standards.iteh.ai)

Ce sont les données de l'essai le plus sévère, SAE 156 qui servent à spécifier les caractéristiques de réponse du mannequin. Dans cet essai la vitesse du chariot est de 5,8 m/s et son niveau de décélération constante de 6,7 G. Dans la figure 7 se trouve la courbe du moment de flexion transmis à la tête par le cou, calculé au niveau des condyles occipitaux, en fonction de l'angle de déplacement de la tête par rapport au torse. L'accélération maximum résultante du centre de gravité de la tête du volontaire est de 21 G. Les réactions internes maximum du cou au niveau des condyles occipitaux sont les suivantes :

Effort de cisaillement droite - gauche	= 794 N
Effort axial	= 387 N
Effort de cisaillement postéro-antérieur	= 351 N
$M_{A-P}$	= 42,2 Nm
$M_{I-S}$	= 17,4 Nm
$M_{R-L}$	= 26,2 Nm

La rotation maximale de l'axe inféro-supérieur de la tête par rapport au torse est de  $43,2^\circ$ .

Sur la base de ces valeurs on a défini les caractéristiques de réponse suivantes.

## 5.2 Caractéristiques de réponse

Ce qui suit représente les caractéristiques de réponse à obtenir sur un mannequin soumis à l'essai au chariot décrit au paragraphe "Montage d'essai".

5.2.1 L'angle de déplacement maximal de l'axe inféro-supérieur de la tête par rapport au torse doit être compris entre 40° et 50°.

5.2.2 Le moment maximal de flexion autour de l'axe antéro-postérieur au niveau des condyles occipitaux doit être compris entre 40 et 50 Nm.

5.2.3 Le moment maximal de torsion du cou doit être compris entre 15 et 20 Nm.

5.2.4 Le moment maximal de flexion autour de l'axe gauche-droite au niveau des condyles occipitaux doit être compris entre 20 et 30 Nm.

5.2.5 L'effort maximal de cisaillement gauche-droite au niveau des condyles occipitaux doit être compris entre 750 et 850 N.

5.2.6 L'effort maximal de tension axiale au niveau des condyles occipitaux doit être compris entre 350 et 400 N.

5.2.7 L'effort maximal de cisaillement postéro-antérieur au niveau des condyles occipitaux doit être compris entre 325 et 375 N.

5.2.8 L'accélération maximale résultante du centre de gravité de la tête doit être comprise entre 18 G et 24 G.

## 5.3 Montage d'essai

Un siège rigide dont le dossier fait un angle de 15° avec la verticale, équipé sur le côté d'une planche rigide verticale (similaire au siège utilisé par Patrick et Chou (2)) est fixé de façon solide à un chariot décélérateur, et de biais par rapport au sens de déplacement de celui-ci. Le bord supérieur de la planche se situe à 50 à 75 mm du sommet de l'épaule du mannequin. Un système de retenue attache le mannequin, bras et jambes compris, au siège. Le mannequin est assis sur le siège, épaule et hanche calées contre la planche de côté. Le plan sagittal médian du mannequin doit être vertical et perpendiculaire au sens de déplacement du chariot. L'axe antéro-postérieur de la tête du mannequin doit être horizontal. Une fois le système de retenue solidement assujetti sur le mannequin, le chariot est soumis à une accélération progressive de 5,8 m/s qui ne fait pas bouger le mannequin, puis à une décélération brutale jusqu'à l'arrêt complet à un niveau de décélération constant de 6,7 G. Il est admis des variations de 0,2 m/s de la vitesse du chariot et de 0,3 G de la décélération constante. Un chariot accélérateur peut être utilisé s'il donne la cinématique appropriée. Les réponses du mannequin doivent remplir les conditions décrites précédemment.

## 5.4 Instrumentation

Le mannequin doit être équipé de l'instrumentation suivante :

5.4.1 Un accéléromètre triaxial situé au centre de gravité de la tête.

5.4.2 Un transducteur à 6 axes placé à la jonction du cou et de la tête (au niveau des condyles occipitaux) ou un nombre d'accéléromètres suffisant fixés sur la tête pour calculer les réactions.

5.4.3 Des miress photographiques pour mesurer le mouvement spécifié de la tête.

Une mesure doit en outre être effectuée de l'accélération du chariot et des caméras en nombre suffisant doivent être embarquées pour enregistrer les déplacements du mannequin. Toute l'instrumentation doit satisfaire aux conditions requises pour les filtres de la norme SAE J 211.

## 6.0 CARACTERISTIQUE N° 3

### 6.1 Données d'origine

Tarrière (3) a réalisé quatre essais sur cadavres à un niveau de G élevé de façon à obtenir des données utilisables pour définir la réponse humaine à une flexion latérale du cou dans un environnement d'essai plus sévère que celui qu'on utilise pour des sujets volontaires. Un résumé de la cinématique du chariot et des réponses des cadavres figure au tableau 1. Malheureusement chaque essai présente une anomalie. Dans l'essai

MS 249 le cou du cadavre est fracturé. Dans l'essai MS 297 le cadavre n'était pas convenablement calé au début contre la planche latérale. Dans l'essai MS 360 on a une fracture de l'humérus du cadavre. Dans l'essai MS 361 les bretelles n'étaient pas bien fixées. Tarrière a sélectionné l'essai MS 249 comme étant le plus approprié pour définir une série de caractéristiques de réponse sous un niveau de G élevé. Compte tenu des rapports entre réponses de cadavres et réponses de sujets volontaires soumis à des essais avec chariot à faible G, Dr TARRIERE a modifié les données obtenues sur cadavre pour les déplacements maximaux horizontal et vertical de la tête, et pour les angles de flexion et de torsion maximum de la tête de façon à se rapprocher davantage de la réponse humaine. Ces valeurs sont de 205,8 mm, 102,9 mm, 68,6 degrés et 68,6 degrés respectivement. Aucune correction n'a été apportée aux accélérations de la tête ou de T1.

### 6.2 Caractéristiques de la réponse

Les caractéristiques de réponse suivantes doivent être obtenues lorsque le mannequin est soumis à l'essai au chariot décrit au paragraphe "Montage d'essai".

6.2.1 L'accélération latérale maximum de T1 doit être comprise entre 17 G et 23 G. Le profil d'accélération latérale de T1 doit en outre se situer à l'intérieur de l'enveloppe définie dans la figure 8.

6.2.2 L'accélération latérale maximum du centre de gravité de la tête doit se situer entre 25 G et 47 G.

6.2.3 Le déplacement horizontal maximal du centre de gravité de la tête par rapport au chariot doit être compris entre 185 mm et 226 mm.

6.2.4 L'angle maximal de flexion de la tête doit être compris entre 62° et 75°.

6.2.5 L'angle maximal de torsion de la tête doit être compris entre 62° et 75°.

Note - Il peut être difficile de mettre au point un cou de mannequin remplissant les conditions 1 et 2, qui résultent de données sur des sujets volontaires et de données sur cadavre dont le cou a été fracturé.

### 6.3 Montage d'essai

iTeh STANDARD PREVIEW

Une chaise rigide avec un dossier droit dont la fonction est similaire à celle qu'utilisent EWING et al (1) est fixée solidement à un chariot HYGE en position de biais. Une planche rigide est fixée solidement sur le côté de la chaise pour empêcher la rotation du torse du mannequin et la translation du bassin par rapport au siège.

Le sommet de la planche doit arriver à 40 mm - 50 mm en dessous du sommet de l'épaule du mannequin. Le mannequin est assis sur la chaise, en position droite, épaule et hanche calées contre la planche latérale verticale. Une ceinture appropriée relie le mannequin sur le siège. Le plan sagittal médian du mannequin doit être vertical et perpendiculaire au sens de déplacement du chariot. L'axe antéro-postérieur de la tête du mannequin doit être horizontal. Partant de cette position, le mannequin est soumis à une accélération située à l'intérieur des corridors représentés à la figure 9, la variation de vitesse étant de  $22 \pm 0,5$  km/h.

### 6.4 Instrumentation

Le mannequin doit être équipé de l'instrumentation suivante :

6.4.1 Des accéléromètres triaxiaux situés au centre de gravité de la tête et de la colonne vertébrale au niveau du thorax dans la région de T1.

6.4.2 Un transducteur à 6 axes situé à la jonction de la tête et du cou (au niveau des condyles occipitaux) ou nombre suffisant d'accéléromètres fixés sur la tête pour calculer les réactions.

6.4.3 Des mires photographiques pour mesurer la translation du centre de gravité de la tête, la rotation latérale de la tête, la torsion de la tête et la translation de T1.

La mesure de l'accélération du chariot doit en outre être effectuée et des caméras en nombre suffisant doivent être embarquées pour enregistrer les déplacements du mannequin. Toute l'instrumentation doit satisfaire aux conditions requises pour les filtres de la norme SAE J 211.

## 7.0 REFERENCES

1. Ewing, C. L., Thomas, D. J., Majewski, P. L., Black, R., and Lustik, L., "Measurement of Head, T1, and Pelvic Response to-Gx Impact Acceleration", SAE 770927, Twenty-First Stapp Car Crash Conference, Oct. 1977.
2. Patrick, L. M. and Chou, C. C., "Response of the Human Neck in Flexion, Extension and Lateral Flexion", Final Report VRI-7.3, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, April 1976.
3. Tarrier, C., "Proposal for Lateral Neck Response Requirements for Severe Impact Conditions", ISO/TC 22/SC 12/WG 5 Document N 166-F Draft 1, May 1986.
4. Wismans, J., Van Oorschot, H. and Woltring, J. H., "Omni-Directional Head-Neck Response", SAE 861893, Thirtieth Stapp Car Crash Conference, Oct. 1986.

ISO/TR 9790-2:1989

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7297a26f-a743-4b5a-b5e8-6c82adb00743/iso-tr-9790-2-1989>