
**Vibrations mécaniques — Description
et détermination des postures
assises en référence à des vibrations
transmises à l'ensemble du corps**

*Mechanical vibration — Description and determination of seated
postures with reference to whole-body vibration*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 10687:2022](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5be7ffe9-fbf8-489c-8078-603ea07aa69/iso-tr-10687-2022)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5be7ffe9-fbf8-489c-8078-603ea07aa69/iso-tr-10687-2022>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 10687:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5be7ffe9-fbf8-489c-8078-603ea07aa69/iso-tr-10687-2022>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2022

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
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Définition des grandeurs descriptives des postures	1
4.1 Généralités	1
4.2 Points du corps	2
4.3 Inclinaisons et rotations axiales	3
4.4 Symboles	4
5 Notions de base de biomécanique	5
5.1 Généralités	5
5.2 Segments vertébraux	5
5.3 Segments corporels autres que la colonne vertébrale	5
5.4 Autres grandeurs	6
6 Système de coordonnées	6
7 Caractérisation des postures	7
7.1 Généralités	7
7.2 Informations relatives aux postures	7
7.2.1 Angles des segments corporels	8
7.2.2 Inclinaison sagittale de la tête	9
7.2.3 Inclinaison latérale de la tête	9
7.2.4 Inclinaison sagittale de la colonne thoracique	10
7.2.5 Inclinaison latérale de la colonne thoracique	10
7.2.6 Inclinaison sagittale de la colonne lombaire	11
7.2.7 Inclinaison latérale de la colonne lombaire	11
7.2.8 Flexion/extension sagittale du cou	12
7.2.9 Flexion latérale du cou	12
7.2.10 Torsion du cou	13
7.2.11 Flexion sagittale du dos	13
7.2.12 Flexion latérale du dos	14
7.2.13 Torsion du dos	14
7.2.14 Courbure de la colonne lombaire (cyphose, lordose)	15
7.2.15 Bascule du pelvis	15
7.2.16 Rotation axiale du pelvis	16
7.3 Autres informations	16
7.3.1 Généralités	16
7.3.2 Support du corps	17
7.3.3 Commandes	17
7.3.4 Charges extérieures	17
8 Méthodes de détermination des grandeurs relatives à la posture	17
8.1 Généralités	17
8.2 Méthodes optiques	18
8.3 Capteurs ultrasonores	18
8.4 Électrogoniomètres	18
8.5 Autres méthodes basées sur des transducteurs	18
8.6 Méthodes visuelles	18
9 Erreurs de mesurage	18
Annexe A (informative) Exemples d'application à différents segments corporels	20
Annexe B (informative) Évaluation des effets sur la santé	26

Annexe C (informative) Mesurages sur le terrain	30
Bibliographie	32

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 10687:2022](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5be7ffe9-fbf8-489c-8078-603ea07aa69/iso-tr-10687-2022)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5be7ffe9-fbf8-489c-8078-603ea07aa69/iso-tr-10687-2022>

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).

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).

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 le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques, et leur surveillance*, sous-comité SC 4, *Exposition des individus aux vibrations et chocs mécaniques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO/TR 10687:2012), qui a fait l'objet d'une révision technique.

La présente édition a été conçue pour donner des précisions sur les conventions et les mesurages; elle a été mise à jour sur la base d'un ensemble de résultats issus des recherches les plus récentes.

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/members.html.

Introduction

Les personnes assises exposées à des vibrations-transmises à l'ensemble du corps risquent de présenter des troubles musculo-squelettiques, tels des problèmes lombaires, ainsi qu'une dégénérescence vertébrale qui est le plus souvent aggravée par des postures défavorables. Le processus biomécanique de cette aggravation n'est toutefois pas totalement compris.

Il est donc nécessaire, dans un premier temps, de déterminer la posture et l'environnement ergonomique d'une personne assise, en étudiant tout particulièrement la colonne vertébrale.

Le présent document regroupe des propositions sur la façon de mesurer des postures dynamiques; pour ce faire, il recense des grandeurs descriptives qui

- semblent appropriées pour l'évaluation des effets néfastes sur la santé de l'exposition à des vibrations transmises à l'ensemble du corps et d'une posture assise défavorable,
- peuvent être déterminées au moyen de différentes méthodes,
- permettent la description de postures assises statiques défavorables du point de vue des angles des segments corporels, et
- intègrent des informations supplémentaires, par exemple la présence d'un accoudoir ou d'un dossier.

Il peut être fait état de l'ensemble complet des grandeurs et conventions pour

- faciliter la comparaison des postures assises,
- permettre la comparaison de différentes méthodes de détermination de la posture assise,
- permettre des recherches ultérieures, par exemple dans des laboratoires de biomécanique, sur la base des postures assises déterminées.

Les méthodes d'évaluation appliquées étant limitées, il peut être nécessaire de combiner plusieurs méthodes pour être en mesure de produire une liste complète de grandeurs.

Le présent document ne spécifie pas de stratégies d'échantillonnage ou de méthodes d'évaluation.

Vibrations mécaniques — Description et détermination des postures assises en référence à des vibrations transmises à l'ensemble du corps

1 Domaine d'application

Le présent document recense des grandeurs descriptives à l'usage des personnes (par exemple, scientifiques, spécialistes de la sécurité) chargées de déterminer les postures d'une personne assise exposée à des vibrations transmises à l'ensemble du corps. Son but est de permettre une mise en relation aisée des résultats de différentes méthodes avec ces grandeurs, ainsi que l'élaboration d'une terminologie commune entre les praticiens. L'objet principal du présent document est de proposer un ensemble d'idées sur la manière pratique de mesurer les postures. Les postures déterminées peuvent également servir de base à de futures recherches ou de moyen de comparaison entre différentes méthodes. Bien que certaines des approches décrites ici puissent s'appliquer à des positions debout ou couchée, il est probable que celles-ci nécessiteront des éléments de réflexion supplémentaires.

NOTE 1 Ce travail est étroitement lié aux Normes internationales portant sur les postures statiques (ISO 11226^[4]) ou sur les repères accessibles par radiographie, c'est-à-dire des points du corps (ISO 8727^[3]).

En outre, le présent document traite de postures dynamiques dans lesquelles les angles du corps ou mouvements associés sont déterminés visuellement ou en mesurant des points sur la peau ou sur les vêtements.

NOTE 2 L'ISO 8727^[3] et l'ISO 11226^[4] présentent toutefois des principes applicables à d'autres méthodes d'évaluation de la détermination de la posture, qui sont suivis dans le présent document, notamment pour le mesurage des angles du corps.

Le présent document ne spécifie pas de stratégies d'échantillonnage ou de méthodes d'évaluation.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Le présent document ne contient pas de liste de termes et définitions.

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/>

4 Définition des grandeurs descriptives des postures

4.1 Généralités

Le présent article décrit sous forme résumée les grandeurs mesurables utilisées en 7.2, cette description s'appuyant sur les points du corps montrés à la Figure 1.

4.2 Points du corps

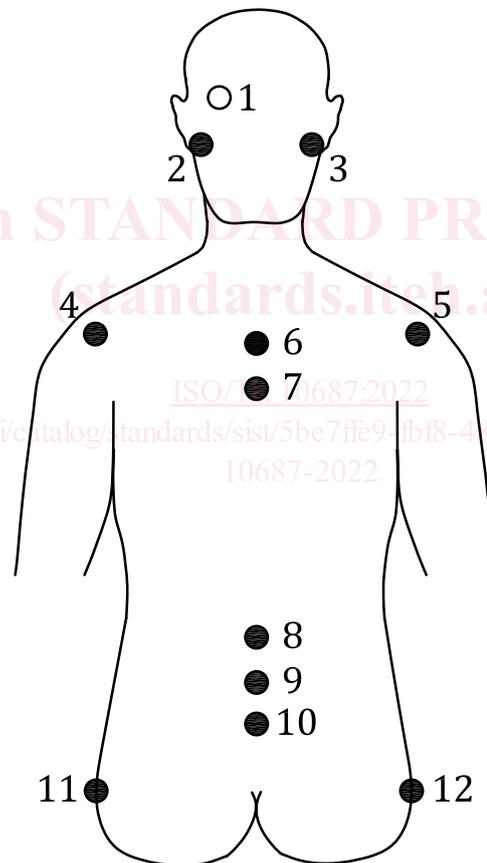
Les points du corps présentés à la [Figure 1](#) permettent de définir des lignes et des plans qui, à leur tour, définissent une posture. Ils sont choisis de sorte que leur position dans l'espace soit représentative de la charge exercée sur la colonne vertébrale.

Une ligne entre deux points est représentée à chaque fois par le vecteur normalisé, v_l . Un plan est représenté par trois points et un vecteur normalisé, v_{pl} , perpendiculaire à ce plan.

Leurs angles par rapport au système de coordonnées peuvent à leur tour être corrélés à des mouvements de parties de la colonne vertébrale qui sont considérées comme indépendantes les unes des autres.

Un vecteur général dans le système de coordonnées décrit à [l'Article 6](#) est représenté à la [Figure 2](#).

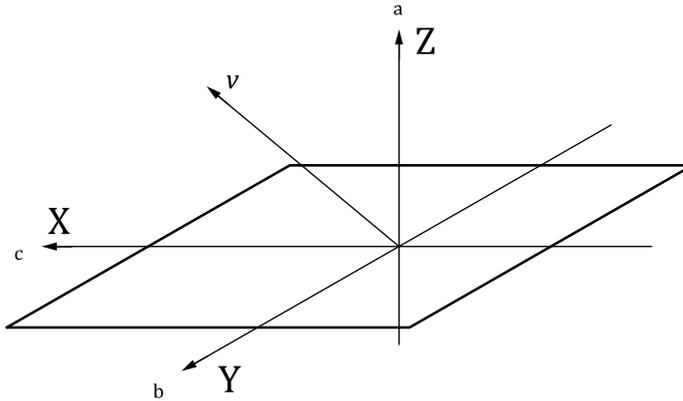
Une fois définis les points du corps appropriés, deux marqueurs destinés aux systèmes de mesurage optique déterminent une ligne, v_l , et trois marqueurs sont nécessaires pour un plan, v_{pl} . D'autre part, des accéléromètres triaxiaux combinés, par exemple, à des gyroscopes ou à des capteurs magnétiques, donnent la possibilité de mesurer une ligne (locale), v_l , avec un seul capteur.



Légende

1	canthus latéral gauche	7	T ₃ (apophyse épineuse)
2	tragus gauche	8	L ₁ (apophyse épineuse)
3	tragus droit	9	L ₃ (apophyse épineuse)
4	acromion gauche	10	L ₅ (apophyse épineuse)
5	acromion droit	11	grand trochanter gauche
6	C ₇ (apophyse épineuse)	12	grand trochanter droit

Figure 1 — Schéma du corps humain portant des repères, c'est-à-dire des points du corps qui peuvent être suivis en cas d'utilisation d'un système de mesurage basé sur des marqueurs



Légende

- a En direction de la tête.
- b En direction du côté gauche.
- c Antérieur.

Figure 2 — Système de coordonnées cartésiennes pour un vecteur général, v

Les expériences au cours desquelles la posture absolue dans l'espace est mesurée, et non pas la posture relative, peuvent fournir la référence (posture debout ou assise droite) dans le système de coordonnées cartésiennes de [l'Article 6](#), pour permettre une conversion ultérieure des données.

4.3 Inclinaisons et rotations axiales

Pour comprendre et visualiser plus facilement la convention applicable à l'inclinaison et à la rotation axiale, le lecteur est invité à consulter les [Articles 5 à 7](#).

Une fois que la posture d'une partie du corps est définie par un vecteur, v , son inclinaison sagittale peut être définie par l'angle θ_{incl}^{xz} de la projection de v sur le plan xz et l'axe des z , comme indiqué par la [Formule \(1\)](#):

$$\theta_{incl}^{xz} = \arctan \frac{v^x}{v^z} \quad (1)$$

L'illustration en est donnée à la [Figure 3 a\)](#). Une extension sagittale est donnée par $v^x < 0$. L'inclinaison latérale est définie, en conséquence, par l'angle de la projection de v sur le plan yz et l'axe des z , comme indiqué par la [Formule \(2\)](#):

$$\theta_{incl}^{yz} = \arctan \frac{v^y}{v^z} \quad (2)$$

Ici, le signe de v^y détermine l'inclinaison latérale gauche et droite.

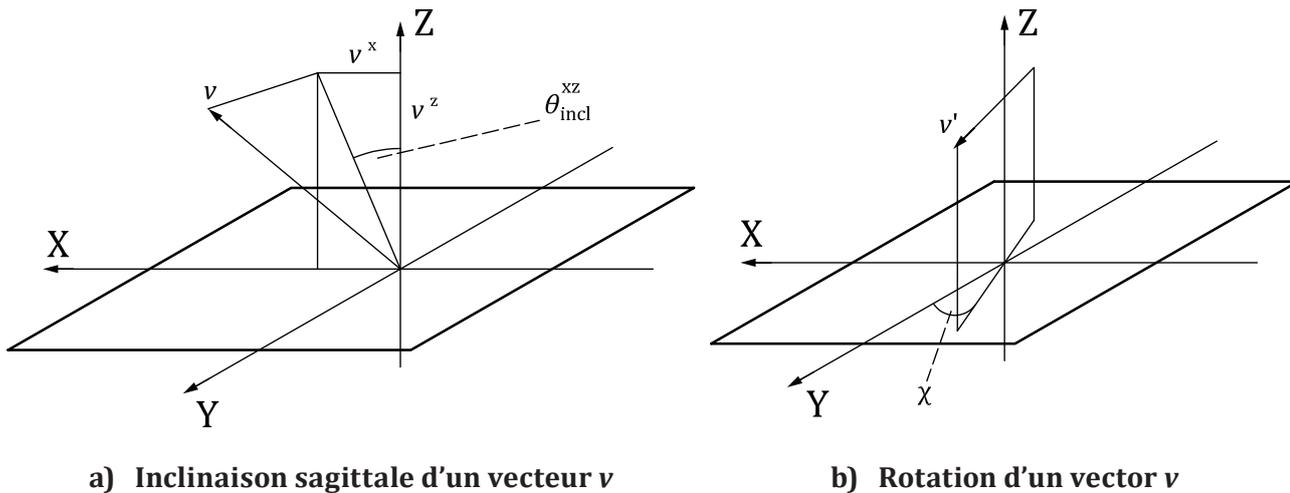


Figure 3 — Inclinaison sagittale et rotation d'un vecteur v

Les effets des inclinaisons sur un vecteur donné v'_{rot} parallèle à z peuvent être décrits en appliquant à ce vecteur une matrice de rotation $D^{-1}(\theta, \phi)v'_{rot} = v_{rot}$, où θ, ϕ sont les angles polaires de v_{rot} . Par conséquent, ces effets peuvent être éliminés en appliquant la matrice de rotation inverse $v'_{rot} = D(\theta, \phi)v_{rot}$. Cette méthode est utilisée pour décrire une rotation axiale indépendamment des inclinaisons.

Si v_{rot} est l'axe de rotation autour duquel tourne un autre vecteur unitaire v et si $v'_{rot} = D(\theta, \phi)v_{rot}$ est parallèle à z , alors $v' = D(\theta, \phi)v$ définit le vecteur v' qui, dans le présent document, est toujours choisi de manière à être orthogonal à v'_{rot} et à z ; voir Figure 3 b).

L'angle de rotation de v autour de v_{rot} par rapport à y est donc ainsi défini, indépendamment des inclinaisons, par le produit scalaire donné par la Formule (3):

$$\chi = \arccos(v' \cdot y) \tag{3}$$

L'illustration en est donnée à la Figure 3 b).

L'Annexe A donne des exemples d'application de ces définitions à différents segments corporels. Des angles pertinents pour différents segments corporels sont indiqués de 7.2.2 à 7.2.10.

4.4 Symboles

- C_1 à C_7 vertèbres de la colonne cervicale
- D matrice de rotation
- L_1 à L_5 vertèbres de la colonne lombaire
- N constante de normalisation
- T_1 à T_{12} vertèbres de la colonne thoracique
- th, ls indices correspondant à la colonne thoracique et à la colonne lombaire
- $v = \overline{AB}$ vecteur entre les points A et B
- $v = (v^x, v^y, v^z)$ vecteur, représenté par ses coordonnées cartésiennes

$v' = Dv$	vecteur sans l'incidence d'une inclinaison
x, y, z	vecteurs unitaires du système de coordonnées cartésiennes parallèles aux axes X, Y et Z
χ	angle entre deux vecteurs
θ, ϕ	angles polaires, l'axe des z du système de coordonnées étant pris comme axe polaire

5 Notions de base de biomécanique

5.1 Généralités

Le présent article fournit les notions de base de biomécanique pour la sélection de grandeurs pertinentes concernant la charge vertébrale chez les personnes assises exposées à des vibrations transmises à l'ensemble du corps.

5.2 Segments vertébraux

Pour décrire la charge vertébrale avec le plus de précision possible, il est possible de prendre en compte la plage de mouvement des différentes parties de la colonne vertébrale en inclinaison et en rotation axiale. Une synthèse en est donnée dans le [Tableau 1](#); elle indique que les parties lombaire, thoracique et cervicale de la colonne vertébrale ont une mobilité différente et peuvent, par conséquent, être traitées séparément.

Tableau 1 — Tolérances maximale et minimale de mouvement de la colonne vertébrale selon la Référence [6]

Type de mouvement	Tolérance maximale (vertèbres)	Tolérance minimale (vertèbres)
Inclinaison sagittale	$C_0/C_1, C_4/C_5, L_4/L_5, L_5/S_1$	T_9/T_{10}
Inclinaison latérale	$C_1/C_2, C_7/T_1, L_3/L_4$	T_5/T_6
Rotation axiale	$C_1/C_2, T_{12}/L_1$	T_5/T_6

NOTE C_0 correspond à l'occiput.

En raison de la grande mobilité de la colonne cervicale (vertèbres C_1 à C_7), il est plus pratique de décrire le mouvement de cette dernière par la position de la tête (inclinaison sagittale et latérale, rotation axiale).

La colonne thoracique (vertèbres T_1 à T_{12}) se différencie de la colonne lombaire par une tolérance minimale distincte pour tous les types de mouvements. Par conséquent, la rotation axiale, l'inclinaison sagittale et l'inclinaison latérale de la colonne thoracique sont étudiées séparément.

La partie inférieure de la colonne lombaire est étroitement liée au pelvis. La bascule en avant et en arrière du pelvis s'accompagne de la lordose ou de la cyphose de la colonne lombaire (vertèbres L_1 à L_5). Il s'agit d'un degré de liberté supplémentaire qui a déjà été traité dans l'ISO 11226[4]. Pour ce qui est des autres degrés de liberté de la colonne lombaire, il suffit de mesurer l'inclinaison sagittale et latérale puisque la rotation axiale est négligeable chez la personne assise.

5.3 Segments corporels autres que la colonne vertébrale

Il est notoire que les segments corporels appendiculaires (c'est-à-dire les membres supérieurs et inférieurs) ont une incidence sur la réponse biomécanique du corps assis. La position du membre inférieur, comme celle du membre supérieur, peut influencer sur la masse apparente et la transmissibilité. Pour les conducteurs, la position du membre supérieur peut être dictée par la nature de la tâche à exécuter et par le type et la position des commandes. La position du membre inférieur peut être dictée par la présence de pédales, la hauteur du siège et le capitonnage intérieur du véhicule.

Pour donner une description complète de la position de la colonne vertébrale du sujet assis et des charges auxquelles elle est soumise, il est possible de prendre en compte la position de tous les segments corporels car celle-ci influe sur la position du centre de masse que le système musculo-squelettique doit supporter.

5.4 Autres grandeurs

Les positions détaillées des segments ne suffisent pas à donner à elles seules une description complète des charges qui s'exercent sur le corps. Par exemple, un ensemble d'angles de segments peut être stable ou instable selon qu'il y a un siège ou non. De la même manière, elles ne permettent pas de décrire la réponse biomécanique puisque l'on sait que la présence d'un dossier influe sur la masse apparente et la transmissibilité.

6 Système de coordonnées

Dans la plupart des cas, la personne est assise dans un véhicule dans une position telle que son pelvis est dirigé vers l'avant du siège. Comme il peut arriver que l'orientation du siège ne corresponde pas à la direction de déplacement du véhicule, auquel cas le siège peut être dépourvu d'une position avant bien définie (cas d'un tabouret par exemple), ou bien que les systèmes de coordonnées utilisés dans d'autres normes relatives aux vibrations transmises à l'ensemble du corps, par exemple l'ISO 2631-1^[1] et l'ISO 5805^[2] soient différents du système de coordonnées du présent document, des transformations appropriées peuvent être nécessaires.

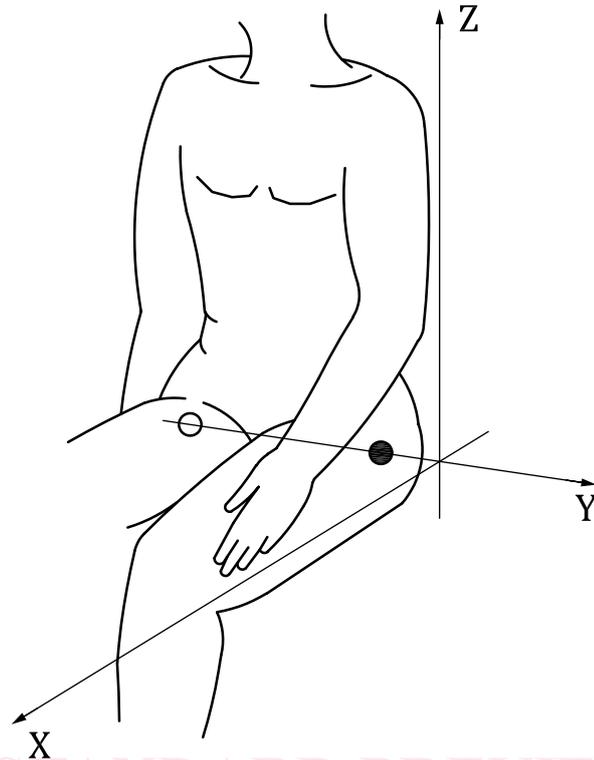
Un système de coordonnées polaires extérieur représente un système de coordonnées approprié. Il est constitué de vecteurs unitaires orthogonaux x , y et z . Le vecteur x correspond à l'axe longitudinal (avant/arrière) par rapport au pelvis, y est latéral, sur le côté gauche du pelvis, et z correspond à l'axe vertical par rapport au pelvis (voir [Figure 4](#)). Pour les personnes assises droites, le vecteur z est dans le sens opposé à la force de gravité. L'axe des y du système de coordonnées est parallèle à l'axe Y du pelvis, défini par la ligne qui relie les grands trochanters. Ce système de coordonnées est la base de toutes les variables qui concernent les mouvements de la colonne vertébrale décrits à [l'Article 7](#).

NOTE 1 La ligne qui relie les grands trochanters n'est pas obligatoirement l'axe de rotation du pelvis, ce qui est acceptable pour les niveaux de précision du présent document.

Si l'orientation du pelvis ne correspond pas à l'orientation du siège, le système de coordonnées tourne avec le pelvis. Cela peut arriver, par exemple, lorsque le conducteur se penche par la fenêtre ou effectue une longue marche arrière. Le système de coordonnées peut alors être transformé de telle manière que le nouvel axe des y du système de coordonnées transformé soit à nouveau parallèle à l'axe Y du pelvis et que l'angle entre l'ancien et le nouvel axe des z soit minimal. En cas de rotation axiale de la colonne vertébrale, l'origine est définie au niveau du pelvis.

NOTE 2 Dans ce cas, le système de coordonnées transformé ne correspond pas au système de coordonnées de la personne assise dans la norme de mesurage des vibrations transmises à l'ensemble du corps (voir ISO 2631-1^[1]). Les deux systèmes de coordonnées peuvent être associés l'un à l'autre par une transformation unitaire.

NOTE 3 Très souvent, des transformations supplémentaires sont nécessaires lorsque le système de coordonnées du siège ne correspond pas au système de coordonnées du véhicule.



NOTE L'axe des Y est parallèle à la ligne qui relie les grands trochanters (cercles).

Figure 4 — Système de coordonnées cartésiennes pour une personne assise

ISO/TR 10687:2022

7 Caractérisation des postures

7.1 Généralités

Il est important que la présentation des grandeurs déterminées soit accompagnée d'une indication claire des conventions utilisées.

Pour caractériser une posture, les grandeurs présentées dans le présent article peuvent être déterminées. Pour les informations relatives aux postures, par exemple les angles des segments corporels, voir 7.2; pour les autres informations qu'il est possible de recueillir pour décrire l'environnement ergonomique, par exemple la présence ou non d'accoudoirs ou de dossiers, voir 7.3.

7.2 Informations relatives aux postures

Quatre types de degrés de liberté décrivent la posture (voir Figure 5):

- l'inclinaison, la flexion, la rotation et la torsion;
- l'inclinaison [voir Figure 5 b)] correspond à la modification d'un angle par rapport à l'angle postural de référence [posture neutre, angle nul (0°), [voir Figure 5 a)];
- la flexion [voir Figure 5 c)] correspond à la différence entre deux inclinaisons (inclinaison supérieure moins inclinaison inférieure);
- la torsion [voir Figure 5 d)] correspond à la différence entre deux rotations par rapport à un axe (rotation supérieure moins rotation inférieure).