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

Partie 430:

**Recommandations pour la conception
de la saisie gestuelle sans contact pour
la réduction du stress biomécanique**

Ergonomics of human-system interaction —

*Part 430: Recommendations for the design of non-touch gestural
input for the reduction of biomechanical stress*

[ISO/TS 9241-430:2021](https://standards.iso.org/iso/standards/catalog/standards/sist/f7f2b23d-a9a2-42c6-89ce-35b60ad0e797/iso-ts-9241-430-2021)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f7f2b23d-a9a2-42c6-89ce-35b60ad0e797/iso-ts-9241-430-2021>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TS 9241-430:2021](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f7f2b23d-a9a2-42c6-89ce-35b60ad0e797/iso-ts-9241-430-2021)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f7f2b23d-a9a2-42c6-89ce-35b60ad0e797/iso-ts-9241-430-2021>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2021

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	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	2
3 Termes et définitions	2
4 Sélection des gestes sans contact	3
4.1 Approche globale pour la sélection des gestes sans contact	3
4.2 Grands mouvements d'épaule et de coude	3
4.3 Emplacement optimal de la main par rapport au corps	3
4.4 Posture du poignet et de l'avant-bras	3
4.5 Confort des postures et mouvements des mains	3
4.5.1 Poing, doigts neutres et tendus	3
4.5.2 Postures des doigts adjacents asynchrones	4
4.5.3 Flexion ou extension et abduction ou adduction du pouce	4
4.5.4 Vitesse des mouvements des doigts et des mains et impact	4
4.5.5 Microgestes de la main	5
5 Évaluation des gestes sans contact	5
5.1 Généralités	5
5.2 Conception d'une étude en laboratoire	5
5.3 Sujets pour les études	5
5.4 Variables indépendantes	5
5.5 Exemples de technologies pour la capture des gestes	6
5.6 Variables dépendantes (mesures de résultats)	6
5.7 Exemples de tâches	7
5.8 Taille de la cible	9
5.9 Analyse, interprétation et consignation des données	9
Annexe A (informative) Exemple de questionnaire pour évaluer les mesures subjectives d'utilisabilité	11
Bibliographie	12

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: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html.

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.

Introduction

Les gestes des mains et des bras sans contact (par exemple mouvements en l'air) pour interagir avec des dispositifs informatiques apparaissent comme une forme utile d'entrée à la fois pour les applications destinées aux consommateurs et les applications commerciales.

Les gestes sans contact peuvent être particulièrement adaptés pour certaines tâches et certains équipements et environnements, tels que la technologie portable (par exemple dispositifs de visualisation sur casques, gants instrumentés), dans des lieux sales ou stériles (par exemple cuisines ou salles d'opération) ou pour des tâches pour lesquelles les deux mains sont aussi utilisées pour d'autres activités (par exemple le tri d'emballages).

Le présent document fournit des lignes directrices relatives à la conception et à la sélection des gestes des mains et des bras sans contact, et recommande des méthodes pour l'utilisabilité et l'évaluation ergonomique des gestes, afin d'éviter la fatigue et l'inconfort en cas de gestuelle prolongée.

L'ISO 9241-910 fournit un ensemble commun de termes, de définitions et de descriptions des différents concepts de base pour la conception et l'utilisation d'interactions tactiles ou haptiques. Elle donne également un aperçu de la gamme des applications, des objets, des attributs et des interactions tactiles ou haptiques.

L'ISO 9241-920 fournit des lignes directrices fondamentales (y compris des références aux normes pertinentes) pour la conception d'interactions tactiles ou haptiques.

L'ISO 9241-940 fournit des méthodes d'évaluation de l'interaction tactile ou haptique pour différents aspects de qualité de l'interaction, tels que les attributs des dispositifs haptiques, la conception d'un espace logique et l'utilisabilité.

L'ISO 9241-960 fournit des lignes directrices sur les gestes pour l'interaction tactile ou haptique. Elle explique la manière dont leurs caractéristiques doivent être décrites ainsi que les facteurs à prendre en compte lors de la définition des gestes.

De nombreux facteurs sont à prendre en compte pour la sélection des ensembles de gestes des mains et des bras sans contact pour l'interaction homme-système, notamment la tâche, le poste de travail, l'environnement, le langage naturel, la mémoire, les ensembles de gestes des mains avec contact existants, les limitations technologiques en matière de reconnaissance des gestes, l'utilisabilité, la préférence, la fatigue des bras et des épaules et d'autres facteurs ergonomiques. Le présent document fournit des lignes directrices concernant principalement l'utilisabilité, la préférence, la fatigue des bras et des épaules et les facteurs biomécaniques ou de kinésiologie. Le présent document recommande des méthodes pour évaluer ces facteurs sur la base de la fiabilité et de la validité des méthodes.

Ergonomie de l'interaction homme-système —

Partie 430:

Recommandations pour la conception de la saisie gestuelle sans contact pour la réduction du stress biomécanique

1 Domaine d'application

Le présent document fournit des lignes directrices relatives à la conception, à la sélection et à l'optimisation des gestes des mains et des bras sans contact pour l'interaction homme-système. Il traite de l'évaluation de l'utilisabilité et de la fatigue associée à différentes conceptions d'ensembles de gestes et fournit des recommandations pour les méthodes d'évaluation de la conception et de sélection des gestes. Le présent document fournit aussi des lignes directrices sur la documentation du procédé pour le choix des ensembles de gestes.

Le présent document s'applique aux gestes effectués par des humains. Il ne tient pas compte de la technologie pour détecter les gestes ou de la réponse du système lors de l'interprétation d'un geste. Les gestes des mains sans contact peuvent être utilisés pour l'entrée de données dans divers lieux, notamment le lieu de travail ou les lieux publics, et en cas d'utilisation de dispositifs à écrans fixes, mobiles, de réalité virtuelle, de réalité augmentée ou en mode mixte.

Les limitations du présent document sont notamment les suivantes:

- le domaine d'application est limité aux gestes sans contact et n'inclut pas les autres formes d'entrées. Par exemple, combiner le geste et la parole, le regard ou la position de la tête peut réduire les erreurs d'entrée; ces combinaisons ne sont pas prises en compte ici;
- le domaine d'application est limité aux gestes des bras, des mains et des doigts sans contact, qu'ils soient unilatéraux (une main) ou bilatéraux (deux mains);
- le domaine d'application suppose que toutes les contraintes technologiques sont surmontables. Par conséquent, il ne tient pas compte des limitations technologiques liées à l'interprétation de gestes ultra-rapides ni des gestes effectués par des personnes de couleur de peau différente ou portant des types de vêtements différents ou de couleurs différentes;
- le domaine d'application est limité aux tâches d'interface utilisateur à commandes et contrôles basés sur une interaction homme-ordinateur et il n'inclut pas les scénarios de jeux, bien que la traversée des menus de jeux et la navigation des éléments d'interface utilisateur entrent dans le domaine d'application;
- le domaine d'application n'inclut pas les tâches d'IHM pour lesquelles il existe une méthode d'entrée de données plus optimale évidente. Par exemple, l'entrée vocale est supérieure à l'entrée gestuelle pour saisir du texte;
- le domaine d'application inclut la réalité virtuelle (VR), la réalité augmentée (AR) et la réalité mixte (MR) et l'utilisation de dispositifs de visualisation sur casques (HMD);
- le domaine d'application n'inclut pas la découvrabilité des gestes, mais il inclut l'apprentissage et la mémorabilité des gestes. Il est supposé que la documentation produit et les didacticiels vont éduquer de façon appropriée les utilisateurs finaux sur les gestes qui sont possibles. Par conséquent, l'évaluation de la découvrabilité des gestes n'est pas un objectif primordial des recommandations fournies dans le présent document.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions 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 fatigue localisée

capacité réduite des muscles à générer une force, qui survient en cas d'activités répétées ou soutenues prolongées des mains et des bras

Note 1 à l'article: Elle peut être mesurée sous la forme d'une résistance réduite ou être perçue comme une faiblesse, un inconfort, une douleur, des tremblements ou un contrôle moteur altéré de la main ou du bras. Les symptômes peuvent se produire au moment où l'activité est réalisée ou des heures plus tard.

Note 2 à l'article: La fatigue considérée ici est aussi connue sous le nom de fatigue périphérique. La fatigue centrale (par exemple système nerveux central) n'est pas considérée.

3.2 structures et repères anatomiques de la main

terminologie couramment convenue pour les structures, régions ou surfaces des mains, qui facilite la description de l'emplacement de la main dans l'espace

Note 1 à l'article: Utiliser des termes anatomiques médicaux pour décrire les structures et repères anatomiques, par exemple surfaces palmaires, dorsales, radiales, cubitales; doigts (1 à 4 = index, majeur, annulaire, auriculaire); pouce; articulations des doigts et du pouce [articulation carpo-métacarpienne (CMC), articulation interphalangienne (IP), articulation interphalangienne proximale (PIP) et articulation interphalangienne distale (DIP)].

3.3 posture de l'articulation

position des articulations des membres supérieurs

Note 1 à l'article: Certaines postures d'articulations intéressantes sont: les doigts et le pouce en flexion/extension et abduction/adduction; le poignet en extension/flexion et inclinaison cubitale/radiale; l'avant-bras en pronation/supination; le coude en flexion/extension, et l'épaule en flexion/extension, abduction/adduction, rotation interne/externe et élévation.

Note 2 à l'article: Les termes utilisés pour décrire les postures des articulations peuvent être appliqués à la fois aux postures d'articulations statiques et aux mouvements des articulations. Une posture statique est décrite en degrés par rapport à un cadre de référence (voir l'ISO 9241-400 et la Référence [11]). Les directions des mouvements des articulations sont décrites en utilisant les mêmes termes.

3.4 posture optimale de l'articulation

posture de l'articulation dans laquelle les muscles sont dans l'état le moins sollicité

Note 1 à l'article: Généralement, les postures optimales des articulations sont des postures dans lesquelles les muscles qui contrôlent le mouvement de l'articulation sont dans leur état le moins sollicité. Cela peut également être désigné par le terme posture neutre, c'est-à-dire une position prise par les parties du corps lorsqu'il est relâché. Les postures optimales des articulations sont influencées par la posture des articulations adjacentes, la masse des segments corporels adjacents, la direction de la gravité par rapport aux postures des articulations et d'autres facteurs.

EXEMPLE Poignet (pour poignée de préhension): 20° d'extension, 0° à 15° d'inclinaison cubitale et diamètre de poignée de 3 cm à 5 cm; avant-bras: 0° à 60° de pronation; coude: 0° à 90° de flexion; épaule: 0° à 20° de flexion, 0° à 20° d'abduction et 0° à 60° de rotation interne.

3.5

microgeste de la main

mouvement ou posture des doigts et de la main qui n'impliquent pas de mouvement de l'épaule ni de mouvement du coude en flexion ou en extension

Note 1 à l'article: Les microgestes de la main peuvent aussi être appelés gestes des doigts. Les microgestes de la main peuvent inclure la pronation et la supination de l'avant-bras.

4 Sélection des gestes sans contact

4.1 Approche globale pour la sélection des gestes sans contact

Il convient de prendre en compte de nombreux facteurs dans la conception et la sélection des gestes des mains et des bras sans contact et en ce qui concerne leur affectation à des commandes. Ces facteurs incluent le langage naturel, la mémoire, la facilité à exécuter des gestes, l'expérience avant gestuelle et l'ergonomie. Cet article fournit des recommandations sur les facteurs ergonomiques pouvant influencer la fatigue localisée, le confort et la biomécanique. Les recommandations concernent les gestes qui seront répétés ou soutenus et qui peuvent donc conduire à une fatigue localisée. Les recommandations ne s'appliquent pas aux gestes qui sont rarement effectués.

4.2 Grands mouvements d'épaule et de coude

Les mouvements d'épaule et de coude au-delà de la plage de posture optimale sont inefficaces et fatigants s'ils sont réalisés de manière répétée. Ces mouvements impliquent de grands groupes musculaires et les demandes métaboliques sont souvent élevées. Le mouvement des épaules et des coudes dans leur plage optimale est efficace et confortable. Il est recommandé que les gestes évitent les grands mouvements d'épaule et de coude hors de leur plage optimale.

4.3 Emplacement optimal de la main par rapport au corps

L'emplacement des mains pendant la gestuelle sera déterminé par les postures de l'épaule et du coude. Si les articulations de l'épaule et du coude sont dans leur plage optimale, les mains seront situées dans un espace compris entre la taille et le thorax, entre les épaules et près du torse. Le fait d'éviter d'atteindre cette plage, en concevant des gestes pour que la posture de l'épaule soit située dans la plage optimale, va éviter la fatigue de l'épaule.

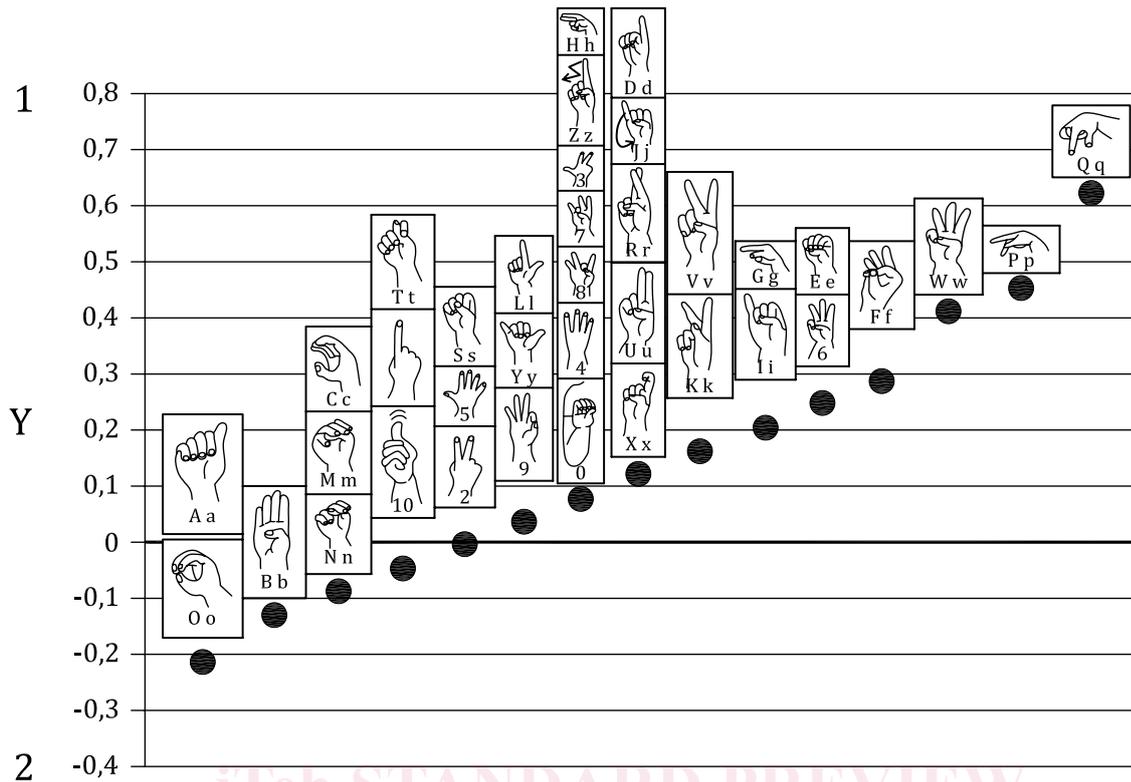
4.4 Posture du poignet et de l'avant-bras

Les gestes de la main confortables sont ceux dans lesquels les postures du poignet et de l'avant-bras sont dans leur plage optimale. La plage des postures des mains est décrite en référence aux structures et repères anatomiques de la main.

4.5 Confort des postures et mouvements des mains

4.5.1 Poing, doigts neutres et tendus

Éviter les postures extrêmes des mains, des doigts et du pouce pour les commandes qui seront répétées fréquemment. Les postures extrêmes des mains incluent un poing serré (toutes les articulations des doigts en flexion complète) et l'opposé du poing serré, une main ouverte ou à plat, ou la main ouverte avec les doigts largement écartés en abduction. Une posture confortable de la main correspond aux doigts légèrement recourbés en flexion. Un exemple de classement des postures des doigts de confortable à inconfortable est présenté à la [Figure 1](#).



Légende

- Y échelle d'inconfort
- 1 inconfortable
- 2 confortable

iteh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Figure 1 — Ordre de classement de 37 caractères alphanumériques selon le confort

[Source: Rempel et al. 2015^[21]. Reproduit avec l'autorisation du détenteur des droits d'auteur]

4.5.2 Postures des doigts adjacents asynchrones

Les tendons qui contrôlent les mouvements des doigts sont reliés ensemble, mais le degré de liaison varie largement d'une personne à l'autre. Cette liaison rend difficile, voire impossible pour certaines personnes, d'exécuter certaines postures des mains lorsque les doigts adjacents sont dans des postures très différentes ou asynchrones. Par conséquent, en général, les gestes des mains sont conçus de sorte que les doigts adjacents soient dans un degré similaire de flexion. Par exemple, un geste impliquant la flexion de l'auriculaire tandis que les autres doigts sont tendus est difficile à exécuter et sera évité (voir «W» à la [Figure 1](#)).

4.5.3 Flexion ou extension et abduction ou adduction du pouce

Les tendons du pouce sont souvent reliés aux tendons de l'index, il est donc difficile et inconfortable de fléchir le pouce en tendant l'index (voir K, U et V à la [Figure 1](#)). Les mouvements du pouce en flexion ou en extension sont plus faciles à réaliser que les mouvements du pouce en abduction ou en adduction.

4.5.4 Vitesse des mouvements des doigts et des mains et impact

Les mouvements rapides des doigts avec des mouvements asynchrones des doigts adjacents sont inconfortables. Les mouvements rapides des doigts qui sont confortables sont la flexion et l'extension de l'index, du majeur, de l'annulaire et de l'auriculaire ensemble. Les mouvements rapides qui impliquent l'impact d'une main frappant l'autre main ou une autre partie du corps ou une surface peuvent être inconfortables.

4.5.5 Microgestes de la main

Les microgestes de la main ou les gestes des doigts sont généralement moins fatigants que les grands gestes impliquant un mouvement de l'épaule. Les microgestes de la main sont des mouvements ou des postures des doigts et de la main qui ne requièrent pas de mouvements de l'épaule ou du coude. Ils peuvent être exécutés avec le bras près du torse ou les avant-bras reposant sur une surface (par exemple accoudoirs ou bureau) et, par conséquent, sont moins fatigants pour les muscles de l'épaule. Autre avantage des microgestes de la main, le fait qu'ils sont souvent moins visibles pour les autres et moins dérangeants sur un lieu de travail ou dans un lieu public.

5 Évaluation des gestes sans contact

5.1 Généralités

L'évaluation de l'ergonomie et de l'utilisabilité des gestes est généralement réalisée dans un laboratoire et suit des méthodes d'évaluation d'étude d'utilisabilité bien établies. Le but de ces études est généralement de comparer des ensembles de gestes à partir des résultats obtenus sur, par exemple, la productivité, les erreurs, la fatigue et l'activité musculaire, afin d'améliorer la conception des gestes pour l'IHM.

5.2 Conception d'une étude en laboratoire

Il convient que les facteurs à prendre en compte dans la conception des études d'utilisabilité et d'ergonomie en laboratoire portant sur la conception des gestes comprennent au moins:

- conception expérimentale pour un sujet (entièrement factorielle);
- type d'écran (par exemple moniteur, HMD, téléphone, montre; taille, résolution);
- environnement (température, humidité, bruit, poste de travail, siège);
- randomisation et équilibrage de l'ordre des variables indépendantes entre les participants;
- présentation randomisée des tâches ou des essais dans un bloc, selon le cas;
- ordre équilibré des blocs (c'est-à-dire types de tâches, taille de la cible) entre les participants, selon le cas.

5.3 Sujets pour les études

- Sélectionner les sujets pour l'étude en laboratoire afin de refléter la distribution de la population d'utilisateurs potentiels en termes d'âge, de sexe, d'anthropométrie, de latéralité, de culture et de race.
- Utiliser une taille d'échantillon adéquate pour détecter les changements attendus dans les mesures de résultats prévues.
- Sélectionner des sujets qui n'ont pas de blessure des membres supérieurs ou de limitations fonctionnelles pertinentes des membres supérieurs.
- Utiliser une éthique de recherche appropriée (notification des droits aux sujets; cycles de travail-repos-travail appropriés).

5.4 Variables indépendantes

- Ensembles de gestes, par exemple l'ensemble de gestes A par rapport à l'ensemble de gestes B.