

NORME
INTERNATIONALE

ISO
9283

Première édition
1990-12-15

Robots manipulateurs industriels — Critères de performance et méthodes d'essai correspondantes

Manipulating industrial robots — Performance criteria and related test methods



Numéro de référence
ISO 9283:1990(F)

Sommaire

	Page
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Définitions	1
4 Unités	2
5 Abréviations et symboles	2
5.1 Abréviations de base	2
5.2 Grandeurs	2
5.3 Indices	2
5.4 Autres symboles	3
6 Conditions d'essai des performances	3
6.1 Mise en place du robot	3
6.2 Conditions préalables à l'essai	3
6.3 Conditions d'environnement et conditions de fonctionnement	3
6.4 Principes de mesure des déplacements	3
6.5 Instrumentation	4
6.6 Charge à l'interface mécanique	4
6.7 Vitesses d'essai	5
6.8 Définitions des poses et des trajectoires d'essai	6
6.9 Nombre de cycles	10
6.10 Procédure d'essai	10
7 Caractéristiques de pose	10
7.1 Description générale	10
7.2 Exactitude et répétabilité de pose	12
7.3 Exactitude et répétabilité de distance (seulement applicable aux robots qui peuvent être programmés analytiquement.)	17

© ISO 1990

Droits de reproduction réservés. 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

7.4	Temps de stabilisation de pose	20
7.5	Dépassement de pose	21
7.6	Dérive des caractéristiques de pose	22
8	Caractéristiques de trajectoire	23
8.1	Généralités	23
8.2	Exactitude de trajectoire (AT)	23
8.3	Répétabilité de trajectoire (RT)	26
8.4	Erreurs de raccordement	26
8.5	Caractéristiques de vitesse de trajectoire	28
9	Temps de déplacement minimal	29
10	Complaisance (compliance) statique	31
11	Rapport d'essai	31
Annexe		
A	Exemple de rapport d'essai	32

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.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 9283 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 184, *Systèmes d'automatisation industrielle et intégration*.

L'annexe A de la présente Norme internationale est donnée uniquement à titre d'information.

Introduction

L'ISO 9283 fait partie d'une série de Normes internationales traitant des robots manipulateurs industriels. D'autres Normes internationales couvrent des sujets tels que sécurité, caractéristiques générales, systèmes de coordonnées, terminologie, interfaces mécaniques. Il convient de noter que ces Normes internationales sont en relation les unes avec les autres et également avec d'autres Normes internationales.

L'ISO 9283 est destinée à faciliter la compréhension entre fabricants et utilisateurs de robots et de cellules robotisées. Elle définit les caractéristiques de performance les plus importantes, décrit la façon de les spécifier et recommande la façon de les essayer. La présente Norme internationale indique également en annexe A, à titre d'exemple, la façon de noter les résultats d'essai. La présente Norme internationale fournit des méthodes d'essai pour les caractéristiques dont on considère qu'elles affectent de façon significative la performance du robot.

La présente Norme internationale ne préjuge pas du choix des essais à effectuer; c'est à l'utilisateur de ce document de choisir les caractéristiques de performance à essayer, en fonction de ses exigences propres.

Les essais décrits dans cette norme peuvent être effectués en totalité ou en partie, en fonction du type de robot et des spécifications.

Dans le futur, d'autres normes traiteront des essais liés à l'application et des essais de comparaison.

L'annexe A de la présente Norme internationale fournit une présentation recommandée du rapport d'essai comportant les informations minimales à indiquer et le résumé des résultats d'essai.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 9283:1990

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0e371820-b223-47f7-87a9-a03f1cc3256b/iso-9283-1990>

Robots manipulateurs industriels — Critères de performance et méthodes d'essai correspondantes

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit les caractéristiques de performance suivantes des robots manipulateurs industriels ainsi que les méthodes d'essai correspondantes:

- exactitude et répétabilité de pose unidirectionnelles;
- variation multidirectionnelle de l'exactitude de pose;
- exactitude et répétabilité de distance;
- temps de stabilisation de pose;
- dépassement de pose;
- dérive des caractéristiques de pose;
- exactitude et répétabilité de trajectoire;
- erreurs de raccordement;
- exactitude, répétabilité et fluctuation de vitesse de trajectoire;
- temps de déplacement minimal;
- complaisance (compliance) statique.

La présente Norme internationale ne spécifie pas les caractéristiques de performance à choisir, parmi celles énumérées ci-dessus, pour l'essai d'un robot particulier. Les essais décrits dans la présente Norme internationale sont principalement destinés à déterminer ou vérifier les caractéristiques d'un robot individuel, mais peuvent également être utilisés pour des essais de prototype, des essais de type ou des essais de réception.

1) À publier.

La présente Norme internationale s'applique à tous les robots manipulateurs industriels tels que définis dans l'ISO/TR 8373. Pour les besoins de la présente Norme, le terme «robot» signifie «robot manipulateur industriel».

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO/TR 8373:1988, *Robots manipulateurs industriels — Vocabulaire*.

ISO 9787:1990, *Robots manipulateurs industriels — Systèmes de coordonnées et mouvements*.

ISO 9946:—¹⁾, *Robots manipulateurs industriels — Présentation des caractéristiques*.

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions données dans l'ISO/TR 8373 et les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 nuage de points: Ensemble de poses atteintes, correspondant à la même pose commandée, utilisé pour calculer les caractéristiques d'exactitude et de répétabilité (représenté de façon schématique à la figure 6).

3.2 barycentre: Le barycentre d'un nuage de n points, définis par leurs coordonnées $(x_i - y_j - z_i)$, est le point dont les coordonnées sont les valeurs moyennes \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} , calculées par la formule donnée en 7.2.1.

4 Unités

Sauf spécification contraire, les unités sont les suivantes:

- longueurs en millimètres (mm)
- angles en radians ou degrés (rad) ou ($^{\circ}$)
- temps en secondes (s)
- masses en kilogrammes (kg)
- forces en newtons (N)
- vitesses en mètres par seconde, degrés par seconde ou radians par seconde (m/s), ($^{\circ}$ /s) ou (rad/s)

5 Abréviations et symboles

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les abréviations et symboles suivants s'appliquent.

5.1 Abréviations de base

A	Exactitude
R	Répétabilité
v	Variation
F	Fluctuation
d	Dérive
P	Pose
D	Distance
T	Trajectoire
V	Vitesse

5.2 Grandeurs

a, b, c	Orientation (coordonnées angulaires) autour des axes x, y, z
x, y, z	Coordonnées rectilignes le long des axes x, y, z
n	Nombre de cycles
m	Nombre de points de mesure le long de la trajectoire

S	Écart-type
D	Distance entre deux points
l	Distance entre pose atteinte et barycentre des poses atteintes
v	Vitesse de trajectoire
AP	Exactitude de pose unidirectionnelle
RP	Répétabilité de pose unidirectionnelle
vAP	Variation multidirectionnelle de l'exactitude de pose
AD	Exactitude de distance
RD	Répétabilité de distance
t	Temps de stabilisation de pose
dAP	Dérive de l'exactitude de pose
dRP	Dérive de la répétabilité de pose
AT	Exactitude de trajectoire
RT	Répétabilité de trajectoire
CR	Erreur d'arrondi
CO	Erreur de dépassement
SPL	Longueur de stabilisation de trajectoire
AV	Exactitude de vitesse de trajectoire
RV	Répétabilité de vitesse de trajectoire
FV	Fluctuation de vitesse de trajectoire

5.3 Indices

a, b, c	Indique une caractéristique d'orientation autour des axes x, y, z
x, y, z	Indique une caractéristique de positionnement le long des axes x, y, z
c	Commandé
i	Indique la $i^{\text{ème}}$ abscisse
j	Indique le $j^{\text{ème}}$ cycle
k	Indique la $k^{\text{ème}}$ direction
h	Indique la $h^{\text{ème}}$ direction
$1, 2, \dots$	Indique la pose n° 1, 2, ...
e	Sommet
g	Point à partir duquel le robot satisfait aux caractéristiques de trajectoire spécifiées

5.4 Autres symboles

C_1 à C_8 Sommets du cube d'essai

E_1 à E_4 Sommets de la trajectoire rectangulaire pour la mesure des caractéristiques de trajectoire

G Barycentre d'un nuage de poses atteintes

O_C Origine des coordonnées du système de mesure

NOTE 1 D'autres symboles sont expliqués dans les chapitres concernés.

6 Conditions d'essai des performances

6.1 Mise en place du robot

Le robot doit être mis en place conformément aux recommandations du fabricant.

6.2 Conditions préalables à l'essai

Le robot doit être complètement assemblé et opérationnel. Toutes les opérations de mise à niveau, les procédures d'alignement et les essais fonctionnels doivent être effectués de façon correcte.

Avant l'essai, les mouvements du robot doivent être limités à ceux nécessaires pour la mise au point des instruments de mesure.

À l'exception de l'essai de dérive des caractéristiques de pose, qui démarre à l'état froid, les essais doivent être précédés d'une opération de mise en condition appropriée, si une telle opération est spécifiée par le fabricant.

Si des conditions de réglage du robot, accessibles à l'utilisateur, peuvent influencer certaines des caractéristiques, la condition utilisée pour l'essai doit être notée dans le rapport d'essai, et maintenue constante au cours de l'essai.

6.3 Conditions d'environnement et conditions de fonctionnement

Les caractéristiques de performance, spécifiées par le fabricant et déterminées par les méthodes d'essai décrites dans la présente Norme internationale, ne sont valables que pour les conditions d'environnement et les conditions de fonctionnement indiquées par le fabricant.

6.3.1 Conditions de fonctionnement

Les conditions normales de fonctionnement à utiliser pour les essais doivent être celles spécifiées par le fabricant. Les conditions normales de fonctionnement comprennent, entre autres, les exigences

relatives à l'énergie électrique, hydraulique ou pneumatique, aux variations et perturbations de puissance, aux limites maximales de fonctionnement du point de vue de la sécurité (voir ISO 9946).

6.3.2 Conditions d'environnement

6.3.2.1 Généralités

Les conditions d'environnement à utiliser pour les essais doivent être celles spécifiées par le fabricant sous réserve des exigences de 6.3.2.2.

Les conditions d'environnement comprennent la température, l'humidité relative, les champs électromagnétiques et électrostatiques, les perturbations électromagnétiques, les pollutions atmosphériques, et les limites en altitude.

6.3.2.2 Température d'essai

Si la température ambiante de l'environnement d'essai peut être contrôlée, elle doit être maintenue à:

a) $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$; ou

b) $(\theta \pm 2) ^\circ\text{C}$;

où

1) $\theta ^\circ\text{C}$ est compris entre $5 ^\circ\text{C}$ et $40 ^\circ\text{C}$;

2) $\theta ^\circ\text{C}$ est la valeur spécifiée par le fabricant.

Toute valeur de température ambiante différente de $20 ^\circ\text{C}$ doit être notée dans le rapport d'essai.

Le robot et les instruments de mesure doivent être disposés dans l'environnement d'essai suffisamment longtemps (de préférence 1 nuit) de façon à être en équilibre thermique avant l'essai. Ils devraient être protégés des courants d'air et des radiations thermiques externes (par exemple lumière du soleil, dispositifs de chauffage).

6.4 Principes de mesure des déplacements

Les valeurs mesurées de position et d'orientation (coordonnées $x_j, y_j, z_j, a_j, b_j, c_j$) doivent être exprimées dans un système de coordonnées dont les axes sont parallèles à ceux du système de coordonnées de la base (voir ISO 9787).

La distance entre le point de mesure et le centre de l'interface mécanique doit être celle spécifiée par le fabricant. La position de ce point dans le système de coordonnées de l'interface mécanique (voir ISO 9787) devrait être notée (voir figure 5).

L'ordre des rotations utilisé pour calculer l'écart d'orientation devrait être soit des rotations autour

d'axes mobiles Z, Y', X'' soit des rotations autour d'axes fixes X, Y, Z .

Autant que possible, une méthode de mesure sans contact devrait être utilisée.

Si une partie de l'instrumentation de mesure est fixée au robot, sa masse et sa position doivent être prises en compte dans la charge d'essai.

Sauf spécification contraire, les mesures doivent être prises après stabilisation de la pose atteinte.

Pour les mesures des caractéristiques de trajectoire, la fréquence d'échantillonnage de l'équipement d'acquisition des données doit être suffisamment grande pour garantir l'obtention d'une représentation correcte de la grandeur mesurée.

6.5 Instrumentation

Les instruments de mesure utilisés pour les essais doivent être étalonnés et l'incertitude de mesure doit être estimée et notée dans le rapport d'essai.

Les paramètres suivants devraient être pris en compte: erreurs dues à l'instrumentation, incluant la justesse et la fidélité; erreurs systématiques dues à la méthode utilisée; erreurs dues à la méthode de calcul. Le rapport entre l'incertitude de mesure totale et la valeur de la caractéristique à vérifier ne doit pas excéder 25 %.

6.6 Charge à l'interface mécanique

Tous les essais doivent être réalisés à 100 % des conditions de charge nominale (masse, position du centre de gravité, moment d'inertie) en respectant les spécifications du fabricant.

Pour caractériser les robots dont les performances dépendent de la charge, des essais complémentaires facultatifs peuvent être effectués en réduisant la masse à 50 % de celle correspondant à la charge nominale, comme indiqué dans le tableau 1, ou à une autre valeur spécifiée par le fabricant.

La position du centre de gravité des charges d'essai doit être la même pour tous les essais.

Tableau 1 — Charges d'essai

Caractéristiques soumises à essai	Charge à utiliser	
	100 % de la charge nominale (X = obligatoire)	Masse réduite à 50 % de la masse correspondant à la charge nominale (O = facultatif)
Exactitude de pose et répétabilité de pose unidirectionnelles	X	O
Variation multidirectionnelle de l'exactitude de pose	X	O
Exactitude de distance et répétabilité de distance	X	—
Temps de stabilisation de pose	X	O
Dépassement de pose	X	O
Dérive des caractéristiques de pose	X	—
Exactitude et répétabilité de trajectoire	X	O
Erreur de raccordement	X	—
Caractéristiques de vitesse de trajectoire	X	O
Temps de déplacement minimal	X	O
Complaisance (compliance) statique	—	Voir article 10

6.7 Vitesses d'essai

Tous les essais des caractéristiques de pose doivent être réalisés à la vitesse maximale qui peut être atteinte entre les poses spécifiées, c'est-à-dire avec le sélecteur de vitesse réglé à 100 % dans chaque cas. Des essais complémentaires peuvent être faits en réduisant la vitesse à 50 % et/ou 10 %.

Pour les caractéristiques de trajectoire, les essais doivent être réalisés à 100 %, 50 % et 10 % de la

vitesse nominale de trajectoire, spécifiée par le fabricant pour chacune des caractéristiques soumises à essai (voir tableau 3). La spécification de vitesse doit être telle que le robot soit capable d'atteindre la vitesse de trajectoire sur au moins 50 % de la longueur de la trajectoire d'essai (sauf dans le cas des erreurs de raccordement) et que les caractéristiques de performance correspondantes soient assurées pendant cette période.

Un résumé des vitesses d'essai est donné au tableau 2 et au tableau 3.

Tableau 2 — Vitesses d'essai pour les caractéristiques de pose

Caractéristiques soumises à essai	Vitesse	
	100 % de la vitesse nominale (X = obligatoire)	Vitesse réduite à 50 % ou 10 % (O = facultatif)
Exactitude de pose et répétabilité de pose unidirectionnelles	X	O
Variation multidirectionnelle de l'exactitude de pose	X	O
Exactitude de distance et répétabilité de distance	X	O
Temps de stabilisation de pose	X	O
Dépassement de pose	X	O
Dérive des caractéristiques de pose	X	—
Temps de déplacement minimal	X	O

Tableau 3 — Vitesses d'essai pour les caractéristiques de trajectoire

Caractéristiques soumises à essai	Vitesse		
	100 % de la vitesse nominale de trajectoire (X = obligatoire)	50 % de la vitesse nominale de trajectoire (X = obligatoire)	10 % de la vitesse nominale de trajectoire (X = obligatoire)
Exactitude et répétabilité de trajectoire	X	X	X
Erreurs de raccordement	X	X	X
Caractéristiques de vitesse de trajectoire	X	X	X

6.8 Définitions des poses et des trajectoires d'essai

6.8.1 Objectif

Le présent paragraphe décrit la façon de répartir convenablement cinq positions de mesure sur un plan situé à l'intérieur d'un cube inscrit dans l'espace de travail. Il décrit également les trajectoires d'essai. Dans le cas de robots pour lesquels l'amplitude de mouvement le long d'un axe est faible par rapport aux autres, remplacer le cube par un parallélépipède rectangle.

6.8.2 Positionnement du cube dans l'espace de travail

Un seul cube, dont les sommets sont désignés C_1 à C_8 (voir figure 1) est positionné dans l'espace de travail en respectant les exigences suivantes:

- le cube doit être situé dans la portion de l'espace de travail susceptible d'être la plus utilisée;
- le cube doit avoir le plus grand volume possible, ses arêtes étant parallèles aux axes du système de coordonnées de la base.

Le rapport d'essai doit comporter un schéma montrant la position du cube utilisé dans l'espace de travail.

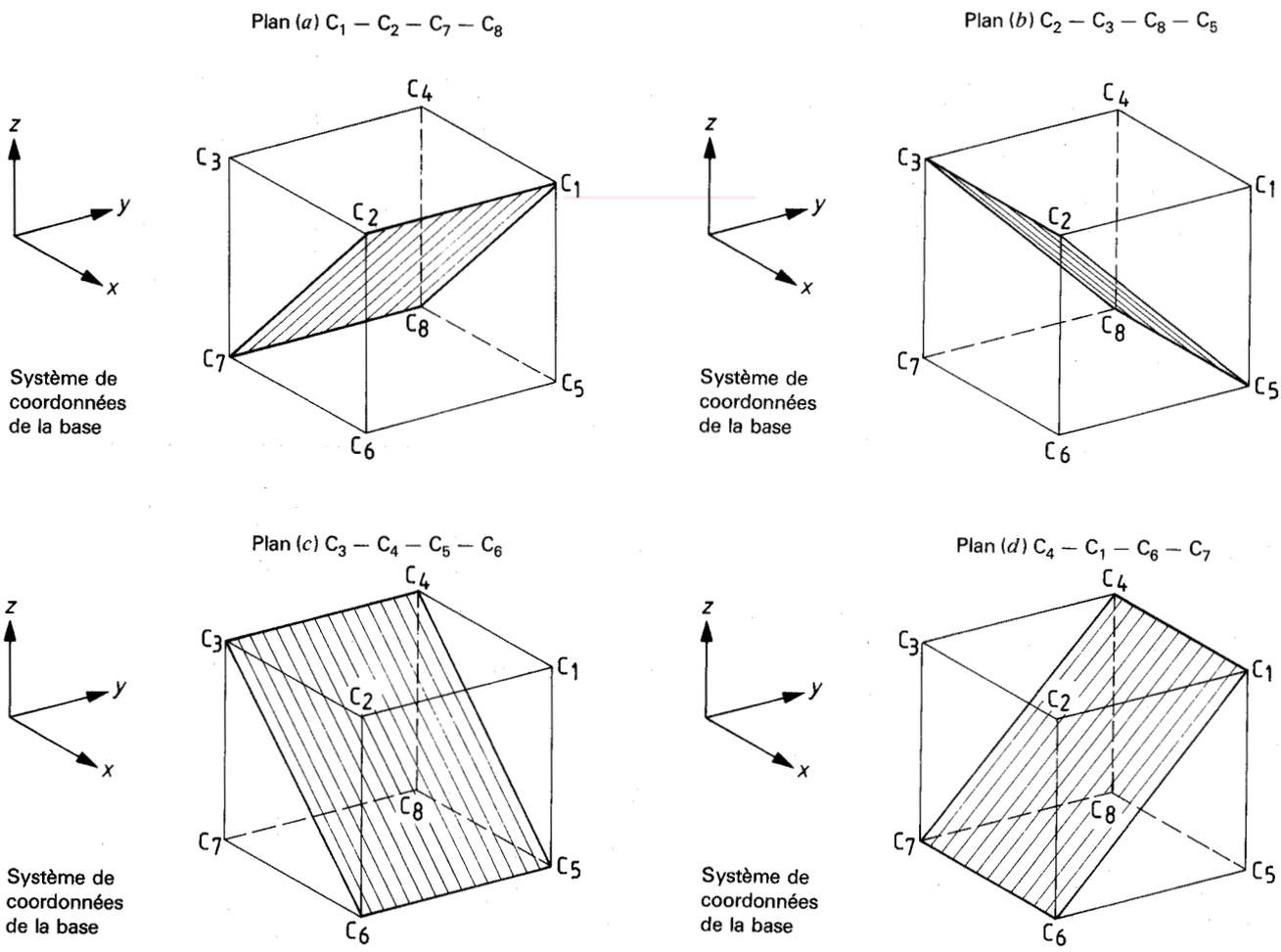


Figure 1 — Cube inscrit dans l'espace de travail

6.8.3 Définition des plans à utiliser

L'un des quatre plans suivants doit être utilisé pour les caractéristiques de pose; le plan à retenir est celui pour lequel le fabricant a garanti les caractéristiques dans sa fiche technique.

- a) $C_1 - C_2 - C_7 - C_8$
- b) $C_2 - C_3 - C_8 - C_5$
- c) $C_3 - C_4 - C_5 - C_6$
- d) $C_4 - C_1 - C_6 - C_7$

Le rapport d'essai doit spécifier le plan utilisé pour les essais.

6.8.4 Poses d'essai

Cinq points (P_1 à P_5) sont positionnés sur les diagonales du plan choisi. Ces points, avec les orientations spécifiées par le fabricant, constituent les poses d'essai sur lesquelles est amené le centre de l'interface mécanique au cours de l'essai. Les poses d'essai doivent être exprimées sous forme de coordonnées de la base et/ou de coordonnées articulaires suivant les spécifications du fabricant.

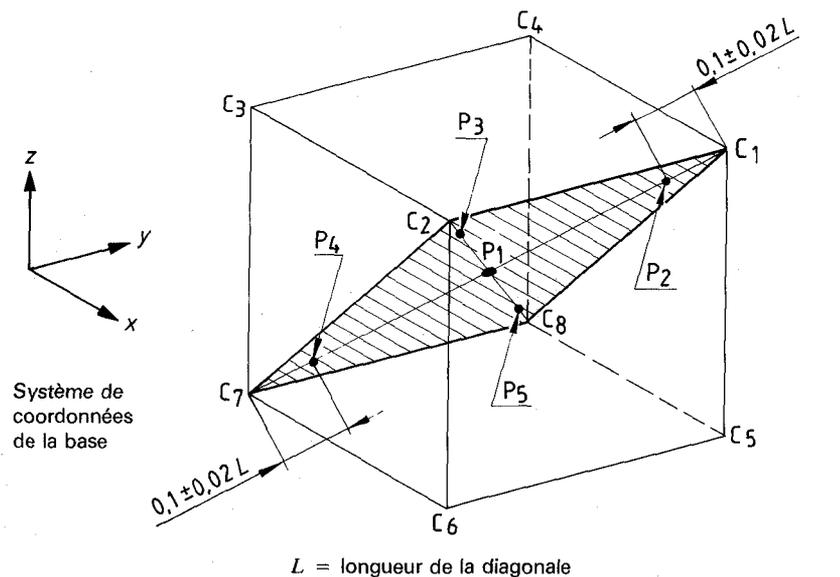
NOTE 2 L'expression en coordonnées de la base est recommandée.

La pose P_1 est située à l'intersection des diagonales et est le centre du cube. Les points P_2 à P_5 sont situés à une distance des sommets égale à $(10 \pm 2) \%$ de la longueur des diagonales (voir figure 2). En cas d'impossibilité, choisir le point le plus proche sur la diagonale et le noter dans le rapport d'essai.

Les poses à utiliser pour les caractéristiques de pose sont données au tableau 4.

Tableau 4 — Poses à utiliser pour les caractéristiques de pose

Caractéristiques soumises à essai	Poses				
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
Exactitude de pose et répétabilité de pose unidirectionnelles	X	X	X	X	X
Variation multidirectionnelle de l'exactitude de pose	X	X	—	X	—
Exactitude de distance et répétabilité de distance	—	X	—	X	—
Temps de stabilisation de pose	X	X	X	X	X
Dépassement de pose	X	X	X	X	X
Dérive des caractéristiques de pose	X	—	—	—	—



Exemple montrant le plan a) $C_1 - C_2 - C_7 - C_8$ et les poses $P_1 - P_2 - P_3 - P_4 - P_5$

Figure 2 — Poses à utiliser