NORME INTERNATIONALE

ISO
8587

Première édition
1988-12-01

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION
МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

Analyse sensorielle — Méthodologie — Essai de classement par rangs

Sensory analysis — Methodology — Ranking

Numéro de référence
ISO 8587 : 1988 (F)

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 approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 8587 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 34, *Produits agricoles alimentaires.*

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

Analyse sensorielle — Méthodologie — Essai de classement par rangs

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit une méthode pour l'évaluation sensorielle d'échantillons pour essais et a pour objet de placer une série d'échantillons pour essais selon un certain ordre (rang).

La méthode permet d'apprécier des différences entre plusieurs échantillons en se basant sur l'intensité de propriétés isolées, de propriétés spécifiques ou de l'impression globale.

Elle est particulièrement recommandée pour réaliser un premier tri des échantillons pour essais (qui sera suivi de l'application d'autres méthodes d'essais) ou pour utiliser de manière fiable d'autres méthodes se situant au-dessus des capacités des sujets.

Entre autres choses, la méthode permet de déterminer les influences de différentes matières premières, de la production, de la fabrication, du traitement, de l'emballage et du stockage.

De plus, elle peut convenir pour l'entraînement des sujets.

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 de cette norme, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur cette 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 5492-1 : 1977, *Analyse sensorielle — Vocabulaire — Partie 1.*

ISO 5492-2 : 1978, *Analyse sensorielle — Vocabulaire — Partie 2.*

ISO 5492-3 : 1979, *Analyse sensorielle — Vocabulaire — Partie 3.*

ISO 5492-4 : 1981, *Analyse sensorielle — Vocabulaire — Partie 4.*

ISO 5492-5 : 1983, *Analyse sensorielle — Vocabulaire — Partie 5.*

ISO 5492-6 : 1985, *Analyse sensorielle — Vocabulaire — Partie 6.*

ISO 5495 : 1983, *Analyse sensorielle — Méthodologie — Essai de comparaison par paires.*

ISO 6658 : 1985, *Analyse sensorielle — Méthodologie — Guide général.*

ISO 8589 : —[1], *Analyse sensorielle — Guide pour l'implantation de locaux d'essai.*

3 Définitions

Pour les définitions des termes concernant l'analyse sensorielle, voir l'ISO 5492. Les définitions des termes statistiques sont en accord avec l'ISO 3534 : 1977, *Statistiques — Vocabulaire et symboles.*

4 Principe

Présentation simultanée aux sujets, de plusieurs échantillons dans un ordre aléatoire.

Rangement des échantillons selon un critère spécifié (par exemple, impression globale, propriété particulière ou caractéristique spécifique d'une propriété). Si un échantillon de référence est utilisé, il est placé anonymement parmi les autres échantillons.

Évaluation statistique des résultats d'essais.

5 Appareillage

L'appareillage doit être choisi par l'organisateur des essais, selon la nature du produit, le nombre d'échantillons, etc., et ne doit avoir aucune influence sur les résultats des essais.

Si un appareil normalisé répond aux besoins de l'essai, il doit être utilisé.

1) A publier.

6 Échantillonnage

Se reporter aux normes concernant l'échantillonnage en vue de l'analyse sensorielle du ou des produits à examiner.

La méthode d'échantillonnage doit tenir compte des objectifs de l'essai et, s'il n'existe pas de norme pour le produit concerné, doit faire l'objet d'un accord entre les différents contractants.

7 Conditions générales d'essais

7.1 Local

Pour l'implantation et les caractéristiques du local dans lequel les essais doivent être effectués, voir l'ISO 8589.

7.2 Sujets

7.2.1 Qualification

Pour les conditions auxquelles doivent répondre les sujets, voir l'ISO 6658.

Il est préférable que tous les sujets aient le même niveau de qualification, ce niveau étant choisi en fonction du but de l'essai (par exemple, sujets non entraînés, sujets qualifiés ou experts).

7.2.2 Nombre de sujets

Le nombre de sujets dépend du but de l'essai. En général, il est nécessaire de disposer *d'au moins* cinq sujets qualifiés. Pour l'analyse statistique des résultats, plus le nombre de sujets est grand, plus on a de chances de mettre en évidence des différences de classements entre les produits.

Tous les sujets doivent se trouver dans les mêmes conditions d'essais.

7.3 Discussion préliminaire

Les sujets doivent être informés du but de l'essai. Si nécessaire, une démonstration peut être organisée, basée sur l'essai de classement. Il est primordial dans cet essai que tous les sujets aient compris quel était le critère en essai. La discussion préliminaire ne doit pas influer sur les résultats de l'essai.

8 Préparation des échantillons pour essais

Selon le but de l'essai, spécifier, s'il y a lieu

— le type de préparation et la présentation de l'échantillon;

— le nombre d'échantillons;

— la température des échantillons (identique pour tous les échantillons dans un même essai);

— le masquage éventuel de certaines propriétés (par exemple, utilisation de lampes colorées pour l'élimination des effets de couleur, homogénéisation des échantillons pour l'élimination des effets de texture).

Pour chaque échantillon, la quantité de produit présentée au sujet doit être la même; celle-ci doit être suffisante pour lui permettre d'évaluer chacun des échantillons autant de fois qu'il le désire.

Le nombre d'échantillons à classer sera déterminé en fonction du niveau de difficulté de l'essai. (Par exemple, s'il faut évaluer des échantillons à flaveur intense, leur nombre devra être très limité; s'il s'agit, par contre, de classer en fonction du critère « couleur », le nombre d'échantillons pourra être plus important.)

Les récipients contenant les échantillons pour essais doivent être codés, de préférence en utilisant des nombres à trois chiffres. Le codage doit être différent pour chaque essai.

9 Mode opératoire

9.1 Présentation des échantillons

Les sujets ne doivent pas pouvoir tirer de conclusions sur la nature des échantillons à partir de la façon dont ils leur sont présentés. Par conséquent, les divers échantillons d'une série doivent être présentés de façon identique (même appareillage, mêmes récipients et mêmes quantités de produits).

9.2 Échantillons de référence

Des échantillons de référence peuvent être introduits. Dans ce cas, ces échantillons sont insérés de manière anonyme dans la série d'échantillons.

9.3 Technique de l'essai

Les sujets évaluent P échantillons présentés dans un ordre aléatoire et les placent selon un certain ordre en se limitant au critère qui leur a été précisé.

Une même série d'échantillons peut être présentée à chaque sujet une ou plusieurs fois avec des codes différents.

Selon ce qui leur a été spécifié par l'organisateur de l'essai, les sujets attribuent le rang « 1 » à l'échantillon présentant la plus forte ou la plus faible intensité dans la propriété étudiée (par exemple, dureté/mollesse, plus sucré/moins sucré). Les rangs 2 à P sont attribués aux autres échantillons en série.

On doit demander aux sujets d'éviter les classements ex-aequo, et leur dire que, même s'ils ne peuvent détecter de différences suffisantes entre deux échantillons, ils peuvent essayer de faire pour le mieux.

Cependant, s'ils ne peuvent différencier certains échantillons, ils doivent le noter sur le formulaire de réponse (voir 9.4) dans la partie réservée aux commentaires.

Il est recommandé aux sujets de procéder à un premier classement et de le vérifier ensuite par une nouvelle évaluation dans l'ordre croissant d'intensité. On ne doit considérer qu'une seule propriété. Si l'on veut obtenir un classement pour plusieurs propriétés, l'organisateur de l'essai doit organiser un essai séparé pour chaque propriété.

Les instructions spécifiques à certains produits doivent être indiquées (par exemple «remuer avant d'évaluer l'odeur»). Par ailleurs, dans le cas de stimulus gustatifs, les sujets peuvent être invités à utiliser des produits auxiliaires, tels que de l'eau, du thé léger ou du pain blanc, pour neutraliser les sensations entre les évaluations.

9.4 Formulaire de réponse

Les rangs attribués aux échantillons individuels doivent être enregistrés sur le formulaire de réponse. Un exemple de formulaire est donné en annexe B. En fonction du but de l'essai et des échantillons pour essais, il peut être nécessaire d'enregistrer d'autres informations.

10 Expression et interprétation des résultats

10.1 Synthèse des résultats

Rassembler, si nécessaire, dans un tableau de synthèse les résultats enregistrés sur les formulaires de réponse de chacun des sujets, ceci pour chaque essai et chaque propriété. Signaler les échantillons ex-aequo par un signe égal (voir tableau 1).

Tableau 1 — Synthèse des réponses fournies par les sujets

Sujet	Code des rangs			
	1er	2ème	3ème	4ème
1	A	B	C	D
2	B	= C	D	A
3	A	B	= C	= D
4	A	D	B	C
5	B	C	A	D

NOTE — Dans un souci de simplification, les lettres A, B, C, D ont été utilisées dans les tableaux 1 et 2. Dans le tableau 1, les lettres représentent les échantillons codés à l'aide de nombres à trois chiffres pris au hasard et présentés aux sujets. Dans le tableau 2, les lettres représentent les noms réels des échantillons.

10.2 Décodage des échantillons et calcul des sommes des rangs

Décoder les échantillons en inscrivant dans un tableau le rang de classement donné à chaque échantillon par chaque sujet, pour chaque essai et chaque propriété. Lorsqu'il y a des ex-aequo, inscrire le rang moyen (voir tableau 2). Calculer les sommes des rangs pour chaque échantillon en réalisant la somme des colonnes du tableau 2.

Par comparaison des sommes des rangs pour les échantillons, il est possible d'obtenir un état des différences entre les échantillons.

Tableau 2 — Décodage et calcul des sommes des rangs pour l'exemple donné dans le tableau 1

Sujet	Échantillons				Sommes des rangs
	A	B	C	D	
1	1	2	3	4	10
2	4	1,5	1,5	3	10
3	1	3	3	3	10
4	1	3	4	2	10
5	3	1	2	4	10
Sommes des rangs pour les échantillons	10	10,5	13,5	16	50

NOTE — Les totaux de lignes sont identiques et égaux à 0,5 $P(P+1)$.

10.3 Interprétation statistique

Parmi les nombreux tests figurant dans la littérature, les suivants ont été choisis:

— le test de Friedman[1)] qui, très généralement, donne le maximum de chances de mettre en évidence la reconnaissance par les sujets de différences entre les échantillons[2)], et

— le test de Page[3)], lorsqu'il existe un ordre prédéterminé des échantillons.

1) FRIEDMAN, M. The use of ranks to avoid the assumptions of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association*, 32 (1937) pp. 675-701.

2) Pour répondre à la question «Existe-t-il des différences de classement entre les échantillons?», d'autres techniques sont également disponibles:

- la technique proposée par Fisher, qui consiste simplement à réaliser une analyse de variance après une transformation préalable des rangs en notes,
- deux autres techniques qui sont basées sur la somme des rangs:
  - le test de Kramer (non recommandé): ce test, couramment utilisé dans la pratique ne s'avère meilleur que dans le cas où des échantillons, en très petit nombre, sont différents de tous les autres [de plus, il est prouvé que les tables les plus diffusées de ce test sont fausses (voir A.2)].
  - le test de la différence des extrêmes (également appelé «Wilcoxon multiple comparison method»).

3) PAGE, E.B. Ordered hypotheses for multiple treatments: a significance test for linear ranks. *Journal of the American Statistical Association*, 58 (1963) pp. 216-230.

10.3.1 Test de Friedman

10.3.1.1 Comparaison globale de tous les échantillons

Calculer la valeur de Friedman F, comme suit :

$$F = \frac{12}{JP\,(P + 1)}\,(R_1^2 + R_2^2 + \ldots + R_P^2) - 3J(P + 1)$$

où

J est le nombre de sujets;

P est le nombre d'échantillons (ou de produits);

$R_1, R_2, \ldots, R_P$ sont les sommes des rangs attribuées aux P échantillons pour les J sujets.

Comparer ensuite F aux valeurs critiques du tableau 3.

Si F est supérieur ou égal à la valeur critique correspondant au nombre de sujets, au nombre d'échantillons et au seuil de signification choisi de $\alpha = 0{,}05$ (seuil de 5 %) ou $\alpha = 0{,}01$ (seuil de 1 %), on peut conclure à une différence significative globale entre les échantillons.

Quand le nombre J de sujets augmente, on considère que F suit approximativement une loi de χ^2 à $(P - 1)$ degrés de liberté, [valeurs marquées d'un double astérisque (**) dans le tableau 3].

Tableau 3 — Valeurs critiques approximatives du test de Friedman (seuils de 0,05 et 0,01)

Nombre de sujets J	Nombre d'échantillons (ou de produits) P					
	3	4	5	3	4	5
	Seuil de signification $\alpha = 0{,}05$			Seuil de signification $\alpha = 0{,}01$		
2	—	6,00	7,60	—	—	8,00
3	6,00	7,00*	8,53	—	8,20*	10,13
4	6,50	7,50*	8,80	8,00	9,30*	11,00
5	6,40	7,80	8,96	8,40	9,96	11,52
6	6,33*	7,60	9,49**	9,00	10,20	13,28**
7	6,00*	7,62*	9,49**	8,85	10,37	13,28**
8	6,25	7,65	9,49**	9,00	10,35*	13,28**
9	6,22	7,81**	9,49**	8,66	11,34**	13,28**
10	6,20	7,81**	9,49**	8,60*	11,34**	13,28**
11	6,54	7,81**	9,49**	8,90*	11,34**	13,28**
12	6,16	7,81**	9,49**	8,66*	11,34**	13,28**
13	6,00	7,81**	9,49**	8,76*	11,34**	13,28**
14	6,14	7,81**	9,49**	9,00	11,34**	13,28**
15	6,40	7,81**	9,49**	8,93	11,34**	13,28**

NOTES

1 On pourrait tabuler le test de Friedman dans le cas $P = 2$. Cependant, dans ce cas, il suffit d'appliquer la loi binomiale (ou son approximation normale) sur le nombre de fois où l'un des deux échantillons est préféré à l'autre. Ceci ramène à l'essai de comparaison par paires «test bilatéral» (voir ISO 5495).

2 La quantité F ne peut prendre que des valeurs discontinues, cette discontinuité étant très accusée pour les petites valeurs de (J, P). Il en résulte qu'on ne peut pas obtenir des valeurs critiques correspondant exactement aux seuils 0,05 et 0,01 ; les valeurs marquées d'un astérisque (*) correspondent à des seuils très légèrement supérieurs à 0,05 et 0,01; les valeurs non marquées correspondent à des seuils réels inférieurs à 0,05 et 0,01.

3 Les valeurs marquées d'un double astérisque (**) sont les valeurs critiques obtenues à l'aide de l'approximation par la loi de χ^2.

Quand le nombre P de produits est supérieur à 5, on utilise également cette approximation; les valeurs de χ^2 à $(P - 1)$ degrés de liberté sont données dans le tableau 4.

Tableau 4 — Valeurs critiques de la loi du χ^2 (seuils de 0,05 et 0,01)

Nombre d'échantillons (ou de produits) P	Nombre de degrés de liberté du χ^2 $(\nu = P - 1)$	Seuil de signification α	
		$\alpha = 0{,}05$	$\alpha = 0{,}01$
3	2	5,99	9,21
4	3	7,81	11,34
5	4	9,49	13,28
6	5	11,07	15,09
7	6	12,59	16,81
8	7	14,07	18,47
9	8	15,51	20,09
10	9	16,92	21,67
11	10	18,31	23,21
12	11	19,67	24,72
13	12	21,03	26,22
14	13	22,36	27,69
15	14	23,68	29,14
16	15	25,00	30,58
17	16	26,30	32,00
18	17	27,59	33,41
19	18	28,87	34,80
20	19	30,14	36,19
21	20	31,41	37,57
22	21	32,67	38,93
23	22	33,92	40,29
24	23	35,17	41,64
25	24	36,41	42,98
26	25	37,65	44,31
27	26	38,88	45,64
28	27	40,11	46,96
29	28	41,34	48,28
30	29	42,56	49,59
31	30	43,77	50,89

NOTE — Lorsque, exceptionnellement, P est supérieur à 31, les valeurs critiques approximatives s'obtiennent par les formules suivantes :

— pour $\alpha = 0{,}05$: $P - 0{,}15 + 1{,}645\sqrt{2P - 3}$

— pour $\alpha = 0{,}01$: $P + 1{,}20 + 2{,}326\sqrt{2P - 3}$

10.3.1.2 Cas des ex-aequo

Dans le cas où un ou plusieurs classements comportent des ex-aequo, on peut remplacer F par

$$F' = \frac{F}{1 - \{E/[JP(P^2 - 1)]\}}$$

où E s'obtient de la façon suivante :

soient $n_1, n_2, \ldots, n_k$ le nombre d'ex-aequo dans chacun des groupes d'ex-aequo existant, on a :

$$E = (n_1^3 - n_1) + (n_2^3 - n_2) + \ldots + (n_k^3 - n_k)$$

Par exemple, dans le tableau 2 figurent deux groupes d'ex-aequo :

— le premier groupe provient du sujet 2 (les deux échantillons B et C sont ex-aequo, donc $n_1 = 2$),

— le deuxième groupe provient du sujet 3 (les trois échantillons B, C, D sont ex-aequo, donc $n_2 = 3$).

De ce fait :

$$E = (2^3 - 2) + (3^3 - 3)$$
$$= 6 + 24$$
$$= 30$$

Comme $J = 5$ et $P = 4$, effectuer le test, après avoir calculé F, en utilisant la valeur

$$F' = \frac{F}{1 - \{30/[5 \times 4(4^2 - 1)]\}} = 1{,}1\,F$$

Comparer ensuite F' aux valeurs critiques des tableaux 3 ou 4.

10.3.1.3 Comparaison de deux échantillons à la suite du test de Friedman

Les sommes des rangs de chaque échantillon peuvent permettre, dans le cas où une différence globale entre tous les échantillons a été statistiquement démontrée, d'identifier des différences significatives pour des couples d'échantillons.

Soient i, j deux échantillons, et R_i et R_j leurs sommes de rangs.

En utilisant une approximation normale, on peut décider que les deux échantillons sont différents si

$$|R_i - R_j| \geqslant 1{,}960 \sqrt{\frac{JP(P+1)}{6}} \quad \text{(au seuil de 0,05)}$$

$$|R_i - R_j| \geqslant 2{,}576 \sqrt{\frac{JP(P+1)}{6}} \quad \text{(au seuil de 0,01)}$$

On peut réaliser ce test sur les

$$\frac{P(P-1)}{2} \text{ couples d'échantillons}$$

L'ensemble de ces tests donne une indication utile sur l'ordre selon lequel on peut ranger hiérarchiquement les P échantillons, tout en notant que le risque global d'une conclusion incorrecte augmente très vite quand ces tests sont effectués simultanément.[1)]

10.3.2 Test d'un ordre prédéterminé sur les échantillons : Test de Page

Il peut arriver que les échantillons soient structurés par un ordre naturel induit, par exemple, par une caractéristique mesurable (des dosages, des températures, des temps de conservation différents, etc.). Si l'on veut tester l'effet de cette caractéristique, il est possible d'utiliser le test de Page, également basé sur les sommes de rangs et plus puissant, dans ce cas particulier, que le test de Friedman.

Si l'on appelle $r_1, r_2, \ldots, r_P$ les rangs moyens théoriques des P échantillons placés dans l'ordre prédéterminé, l'hypothèse nulle d'absence de différences entre les échantillons peut s'écrire :

$$H_0 : r_1 = r_2 = \ldots = r_P$$

L'hypothèse alternative se formule alors ainsi :

$$H_1 : r_1 \leqslant r_2 \leqslant \ldots \leqslant r_P$$

où l'une au moins des inégalités est stricte.

Pour tester cette hypothèse, on calcule

$$L = R_1 + 2R_2 + 3R_3 + \ldots + PR_P$$

et L est comparé aux valeurs critiques du tableau 5.

Si L est supérieur ou égal à la valeur critique correspondant au nombre de sujets, au nombre d'échantillons et au seuil choisi $\alpha = 0{,}05$ ou $\alpha = 0{,}01$, on admettra que le classement établi par les sujets correspond à l'ordre prédéterminé des échantillons.

Dans les cas non tabulés, calculer

$$L' = \frac{12\,L - 3\,JP(P+1)^2}{P(P+1)\sqrt{J(P-1)}}$$

quantité qui suit approximativement la loi normale centrée réduite.

L'hypothèse alternative est acceptée si

$L' \geqslant 1{,}645$ (au seuil 0,05)

 $L' \geqslant 2{,}326$ (au seuil de 0,01)

11 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes :

a) toutes les informations nécessaires à l'identification complète de l'échantillon (ou des échantillons) :

- nombre d'échantillons ;
- si des échantillons de référence ont été utilisés ;

b) les paramètres de l'essai ayant été retenus :

- nombre de sujets et leur qualification ;
- environnement de l'essai ;
- conditions matérielles ;

c) les résultats obtenus, ainsi que leur interprétation statistique ;

d) la référence à la présente Norme internationale ;

e) les écarts par rapport à la présente Norme internationale ;

f) le nom de la personne dirigeant l'essai ;

g) la date et l'heure de réalisation de l'essai.

1) On trouvera cette méthode, ainsi qu'une application particulière où l'un des échantillons est un échantillon de référence, dans *Nonparametric statistical methods* (Hollander et Wolfe, 1976. Wiley).

Tableau 5 — Valeurs critiques du test de Page

Nombre de sujets J	Nombre d'échantillons (ou de produits) P											
	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8
	Seuil de signification $\alpha = 0{,}05$						Seuil de signification $\alpha = 0{,}01$					
2	28	58	103	166	252	362	—	60	106	173	261	376
3	41	84	150	244	370	532	42	87	155	252	382	549
4	54	111	197	321	487	701	55	114	204	331	501	722
5	66	137	244	397	603	869	68	141	251	409	620	893
6	79	163	291	474	719	1 037	81	167	299	486	737	1 063
7	91	189	338	550	835	1 204	93	193	346	563	855	1 232
8	104	214	384	625	950	1 371	106	220	393	640	972	1 401
9	116	240	431	701	1 065	1 537	119	246	441	717	1 088	1 569
10	128	266	477	777	1 180	1 703	131	272	487	793	1 205	1 736
11	141	292	523	852	1 295	1 868	144	298	534	869	1 321	1 905
12	153	317	570	928	1 410	2 035	156	324	584	946	1 437	2 072
13	165	343*	615*	1 003*	1 525*	2 201*	169	350*	628*	1 022*	1 553*	2 240*
14	178	368*	661*	1 078*	1 639*	2 367*	181	376*	674*	1 098*	1 668*	2 407*
15	190	394*	707*	1 153*	1 754*	2 532*	194	402*	721*	1 174*	1 784*	2 574*
16	202	420*	754*	1 228*	1 868*	2 697*	206	427*	767*	1 249*	1 899*	2 740*
17	215	445*	800*	1 303*	1 982*	2 862*	218	453*	814*	1 325*	2 014*	2 907*
18	227	471*	846*	1 378*	2 097*	3 028*	231	479*	860*	1 401*	2 130*	3 073*
19	239	496*	891*	1 453*	2 217*	3 193*	243	505*	906*	1 476*	2 245*	3 240*
20	251	522*	937*	1 528*	2 325*	3 358*	256	531*	953*	1 552*	2 360*	3 406*

NOTES

1 On pourrait tabuler le test de Page dans le cas $P = 2$. Cependant, dans ce cas, il suffit d'appliquer la loi binomiale (ou son approximation normale) sur le nombre de fois où l'un des deux échantillons est préféré à l'autre. Ceci ramène à l'essai de comparaison par paires (« test unilatéral ») (voir ISO 5495).

2 Les valeurs marquées d'un astéristique (*) sont des valeurs critiques calculées à l'aide de l'approximation par la loi normale.

Annexe A
(normative)
Exemple pratique d'application

A.1 Les résultats de huit sujets ayant évalué une série d'échantillons sont regroupés dans le tableau A.1.

Le calcul de la valeur F du test de Friedman s'effectue ainsi :

Comme $J = 8$, $P = 5$, $R_1 = 17$, $R_2 = 31$, $R_3 = 32$, $R_4 = 23$, $R_5 = 17$,

$$F = \frac{12}{8 \times 5 \times (5 + 1)} (17^2 + 31^2 + 32^2 + 23^2 + 17^2) -$$
$$- 3 \times 8 \times (5 + 1)$$
$$= 10{,}60$$

Cette valeur de 10,60 est supérieure à celle qui est donnée dans le tableau 3 pour $J = 8$, $P = 5$ au seuil de signification de 0,05 (soit 9,49) ; on peut donc conclure avec un risque d'erreur au plus égal à 5 % que les cinq échantillons ont été reconnus comme différents. Si l'on avait choisi le seuil de signification de 0,01, où la valeur critique donnée dans le tableau 3 est 13,28, on aurait conclu, avec un risque d'erreur au plus égal à 1 %, qu'aucune différence entre les échantillons n'a été mise en évidence.

A.2 Par ailleurs, on peut décider que deux échantillons particuliers sont différents si la différence, en valeur absolue, de leurs sommes de rangs est supérieure à

$$1{,}96 \times \sqrt{\frac{8 \times 5 \times (5 + 1)}{6}} = 12{,}40 \text{ (au seuil de 0,05)}$$

ou à

$$2{,}576 \times \sqrt{\frac{8 \times 5 \times (5 + 1)}{6}} = 16{,}29 \text{ (au seuil de 0,01)}$$

Au seuil de 0,05, les différences entre A et B, A et C, E et B, E et C sont significatives, les écarts entre leurs sommes de rangs étant respectivement de

$$31 - 17 = 14$$

$$32 - 17 = 15$$

$$31 - 17 = 14$$

$$32 - 17 = 15$$

Aucun de ces couples d'échantillons ne présenterait de différence significative si l'on travaillait avec un risque d'erreur de 1 %.

Cette dernière analyse peut donner lieu à la présentation suivante :

A E D B C

La signification des traits est la suivante :

— deux échantillons qui ne sont pas soulignés par un trait continu sont différents (au seuil de 0,05 %) ;

— deux échantillons qui sont soulignés par un trait continu ne sont pas différents ;

— A et E non distingués sont classés de façon significative avant B et C, eux-mêmes non distingués ; on se trouve en présence de deux groupes, l'un comprenant A et E, et

Tableau A.1 — Exemple d'évaluation

Sujet	Échantillons				
	A	B	C	D	E
1	2	4	5	3	1
2	4	5	3	1	2
3	1	4	5	3	2
4	1	2	5	3	4
5	1	5	2	3	4
6	2	3	4	5	1
7	4	5	3	1	2
8	2	3	5	4	1
Sommes des rangs	17	31	32	23	17