SOMMAIRE

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION 4

2 TABLE DES SYMBOLES 4

3 RÉFÉRENCES 4

4 RECHERCHE ET ÉLIMINATION DES VALEURS ABERRANTES 4

4.1 TEST DE NORMALITÉ 5

4.2 RECHERCHE DES VALEURS ABERRANTES 5

4.2.1 Test de Dixon 5

4.2.2 Test de Grubbs 6

4.2.3 Test Z-MAD 6

4.3 CONCLUSION DES TESTS 6

5 CARACTÉRISATION DE LA DISTRIBUTION DES RÉSULTATS 7

6 ÉVALUATION DES PERFORMANCES 7

6.1 ECART RELATIF 8

6.2 SCORE Z ET SCORE Z' 8

6.2.1 Score z 8

6.2.2 Score z' 8

6.3 ECART NORMALISÉ En ET SCORE ZÊTA ζ 9

6.3.1 Ecart normalisé 9

6.3.2 Score zêta 9

6.4 REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES SCORES COMBINÉS 10

ANNEXES 11

ANNEXE 1. TABLE DE DIXON POUR LES NIVEAUX DE RISQUE A : 5 % ET 1 % 11

ANNEXE 2. TABLE DE GRUBBS POUR LES NIVEAUX DE RISQUES DE 5 ET 1 % 11

ANNEXE 3. TABLE DE CHI-DEUX $\chi 2$, VALEURS CRITIQUES 11

ASNR Ce document est la propriété de l'ASNR et ne peut pas être communiqué ou reproduit sans son autorisation

1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

Ce document décrit les modalités de traitement des résultats des participants aux essais d'aptitude réalisés par l'ASNR. Elle définit les principales étapes du processus d'évaluation des performances des laboratoires :

- étude analytique des résultats des participants, pour détecter des erreurs grossières,
- étude de la normalité de la distribution des résultats des participants,
- recherche et élimination des valeurs qui peuvent être considérées comme aberrantes à la suite de l'application des tests statistiques,
- détermination des caractéristiques de la distribution (moyenne, écart-type, …), dont certaines seront calculées après l'éventuelle élimination des valeurs aberrantes,
- évaluation des performances des participants au travers des tests de performances.

2 TABLE DES SYMBOLES

$\tilde{m}$: médiane

$u_{x_{lab}}$: incertitude type sur le résultat des participants

$u_{x_{pt}}$: incertitude type de la valeur assignée

$U_{x_{lab}}$: incertitude élargie sur le résultat des participants

$U_{x_{pt}}$: incertitude élargie de la valeur assignée

x_{lab} : résultat des participants

x_{pt} : valeur assignée

σ_{pt} : écart-type d'aptitude sans prise en compte les valeurs aberrantes.

3 RÉFÉRENCES

- Norme NF ISO 13528 Méthodes statistiques utilisées dans les essais d'aptitudes par comparaisons interlaboratoires.
- Norme NF EN ISO/CEI 17043 : Evaluation de la conformité : Exigences générales concernant les essais d'aptitude.

4 RECHERCHE ET ÉLIMINATION DES VALEURS ABERRANTES

D'après la norme NF EN ISO/CEI 17043, une valeur aberrante est un élément d'un ensemble de valeurs qui est incohérent avec les autres éléments de cet ensemble.

L'évaluation des performances des laboratoires est réalisée à partir de données cohérentes. La présence de valeurs individuelles incohérentes avec les autres peut modifier les évaluations.

Préalablement à l'examen statistique, il convient de réaliser une étude rapide des données afin d'identifier les erreurs grossières. Si les origines de ces erreurs (ex : erreur de calcul, erreur d'écriture...) sont facilement explicables, il convient de les remplacer par les valeurs modifiées transmises par le laboratoire concerné.

ASNR Ce document est la propriété de l'ASNR et ne peut pas être communiqué ou reproduit sans son autorisation

4.1 TEST DE NORMALITÉ

Les tests décrits dans l'instruction **SAME-VES/CIL/INS/005** sont effectués pour évaluer la normalité de la distribution des résultats des participants. Un écart prononcé de la normalité peut suggérer l'éventuelle présence de valeur aberrante ou une distribution bimodale des résultats des participants. La normalité démontrée ou non-démontrée de la distribution des résultats conditionnera l'applicabilité de certains tests statistiques, utilisés pour la recherche des valeurs aberrantes.

4.2 RECHERCHE DES VALEURS ABERRANTES

La recherche des valeurs aberrantes est effectuée pour déterminer l'écart-type inter-laboratoire. Plusieurs tests statistiques de recherche de valeurs aberrantes peuvent être utilisés par le coordonnateur. Les tests ne sont qu'un outil d'aide à la décision. Dans ce chapitre, trois exemples de tests mis en œuvre dans STATGRAPHICS sont décrits.

4.2.1 Test de Dixon

Les tests de DIXON permettent de détecter d'éventuelles valeurs aberrantes aux extrémités de la distribution, pour des populations comprises entre 4 et 30 participants. Ils déterminent si elles sont cohérentes avec l'ensemble des autres valeurs.

Ces tests supposent la normalité de la distribution étudiée. Si la normalité est clairement rejetée, il ne faut pas tenir compte des tests de GRUBBS et DIXON.

Principe des tests :

Soit *n* valeurs classées par ordre croissant de $x_1, x_2, \ldots, x_n$. On calcule :

Pour le test à 1 point extrême ($n \leq 10$) :

$$r = \frac{x_2 - x_1}{x_{n-1} - x_1}$$, pour tester x_1

$$r = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_2}$$, pour tester x_n

Pour le test à 2 points extrêmes ($n > 10$) :

$$r = \frac{x_3 - x_1}{x_{n-1} - x_1}$$, pour tester x_1

$$r = \frac{x_n - x_{n-2}}{x_n - x_2}$$, pour tester x_n

Pour le test à 1 point extrême de chaque côté :

$$r = \max\left[\frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}, \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1}\right]$$

Les valeurs des tests de *DIXON (r)* sont ensuite comparées aux valeurs critiques de la table de Dixon pour les niveaux de risque α : 5 % et 1 %.

- Si r est supérieur à la valeur critique au risque de 1 %, la valeur testée est considérée comme valeur aberrante.
- Si r est inférieur à la valeur critique au risque de 1 % et supérieur à la valeur critique au risque de 5 %, la valeur testée est suspecte.
- Si r est inférieur à la valeur critique au risque de 5 %, la valeur testée est acceptée.

ASNR Ce document est la propriété de l'ASNR et ne peut pas être communiqué ou reproduit sans son autorisation

4.2.2 Test de Grubbs

Le test de Grubbs appliqué à une valeur permet de détecter d'éventuelles valeurs aberrantes aux extrémités de la distribution, pour des populations supérieures ou égales à 3, afin de déterminer si elles sont incohérentes avec l'ensemble des autres valeurs.

Principe du test :

Soit *n* valeurs classées par ordre croissant de $x_1, x_2, \ldots, x_n$. On calcule :

$$G_p = \frac{\overline{\bar{x}-x_1}}{s} \text{ pour tester } x_1,$$

$$G_p = \frac{x_1-\bar{\bar{x}}}{s} \text{ pour tester } x_n$$

Avec s l'écart type interlaboratoires.

$$s = \sqrt{\frac{\overline{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}}{n-1}}$$

Les valeurs de G_p sont ensuite comparées aux valeurs critiques de la table de Grubbs pour les niveaux de risques de 5 % et 1 %.

- Si G_p est supérieur à la valeur critique au risque de 1 %, la valeur est alors considérée comme valeur aberrante.
- Si G_p est inférieur à la valeur critique au risque de 5 %, le résultat est accepté.

4.2.3 Test Z-MAD

Le test du Z-MAD permet de détecter d'éventuelles valeurs aberrantes aux extrémités de la distribution, pour des populations supérieures ou égales à 3. Il détermine si elles sont cohérentes avec l'ensemble des autres valeurs.

Principe du test :

Chaque valeur de la population est standardisée suivant la formule :

$$Z - MAD_i = \frac{0{,}6745\ (x_i - \bar{x})}{MAD}$$

Avec :

$\bar{x}$ = médiane de l'échantillon

$$MAD = M\acute{e}diane\left\{|x_i - \bar{x}|\right\}$$

Les valeurs pour lesquelles le Z-MAD est supérieur à 3,5 sont considérées comme valeur aberrante par ce test.

4.3 CONCLUSION DES TESTS

Une valeur est déclarée aberrante si elle est rejetée par au moins 2 tests statistiques décrits ci-dessus. Dans ce cas, elle n'est pas prise en compte dans les calculs (moyenne et écart-type).

Si elle n'est déclarée aberrante que par un seul test ou qu'elle est considérée suspecte par un ou l'ensemble des tests, la décision de sa prise en compte dans les calculs appartient au coordonnateur.

ASNR Ce document est la propriété de l'ASNR et ne peut pas être communiqué ou reproduit sans son autorisation

5 CARACTÉRISATION DE LA DISTRIBUTION DES RÉSULTATS

Les données ci-dessous sont estimées et communiquées pour information aux participants :

Données générales :

- *n* : nombre de laboratoires ayant fourni un résultat (en tenant compte des laboratoires ayant fournis des valeurs aberrantes) ;
- *p* : nombre de laboratoires ayant fourni un résultat (sans tenir compte des laboratoires ayant fournis des valeurs aberrantes).

Données issues de la statistique de tendance centrale :

- moyennes des valeurs (calculées sans la/les valeurs aberrantes) :

$$\overline{x} = \frac{\sum_{j=1}^{p} x_i}{p}$$

- médiane $\tilde{m}$: valeur correspondant au centre des *n* valeurs triées par ordre croissant (calculée avec les éventuelles valeurs aberrantes) ;
- moyenne robuste : calculée avec l'algorithme A, avec les éventuelles valeurs aberrantes (cf. NF EN ISO 13528, annexe C) ;
- écart-type interlaboratoires (calculé sans les éventuelles valeurs aberrantes) :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{p} (x_i - \overline{x})^2}{p-1}}$$

- valeurs minimales et maximales de la population étudiée : $x_{i,min}$ et $x_{i,max}$;
- Intervalle de confiance de l'écart-type interlaboratoires :

$$\left[\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{p} (x_i - \overline{x})^2}{\aleph^2_{1-\frac{\alpha}{2}}}} ; \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{p} (x_i - \overline{x})^2}{\aleph^2_{\frac{\alpha}{2}}}} \right]$$

Remarque : la détermination de l'écart-type et de son intervalle de confiance nécessite de vérifier au préalable la normalité de la distribution des résultats.

Ici $\aleph^2$ (Chi-Deux) est la valeur de la table du Chi-Deux pour (*p*-1) degrés de liberté et pour le niveau de probabilité 1-α (risque α à l'appréciation du coordonnateur). Ici α = 5 % ou 1 %.

6 ÉVALUATION DES PERFORMANCES

Les résultats de chaque laboratoire sont évalués individuellement à l'aide d'un ou de plusieurs critères figurant dans la liste ci-dessous :

- écart relatif du résultat du laboratoire par rapport à la valeur assignée de l'ASNR ;
- score « z » ;
- score « z' » ;
- écart normalisé E_n ;
- zêta score.

Ces critères ainsi que les seuils d'acceptabilité associés ont été validés par le prescripteur. Le score z et l'écart normalisé ne sont cependant pas exploités pour les rapports émis sous accréditation.

ASNR Ce document est la propriété de l'ASNR et ne peut pas être communiqué ou reproduit sans son autorisation

6.1 ÉCART RELATIF

La performance d'un laboratoire se juge en premier lieu au moyen de l'écart relatif (E_r exprimé en % entre la valeur du laboratoire participant (x_p) et la valeur assignée (x_{pt})) :

$$E_r = \frac{x_p - x_{pt}}{x_{pt}} \times 100$$

Ce critère ne tient pas compte des incertitudes associées à la valeur assignée et au résultat rendu par le laboratoire participant, ni des caractéristiques collectives de la distribution des résultats des participants. Les critères appliqués à l'écart relatif dépendent de plusieurs paramètres (complexité de la mesure, …). Dans le cadre des essais d'aptitude ASNR, ils sont établis en accord avec le prescripteur.

Les critères généralement appliqués à l'écart relatif sont :

- Si $|E_r| \leq 15$ %, la performance est satisfaisante ;
- si 15 % < $|E_r| \leq 20$ %, la performance est discutable ;
- si $|E_r| > 20$ %, la performance est insatisfaisante.

6.2 SCORE Z ET SCORE Z'

Ces deux scores sont utilisés pour mesurer l'écart entre la valeur du participant à la valeur assignée normalisé par rapport à l'écart-type d'aptitude (σ_{pt}).

6.2.1 Score z

Dans le cas du score z, on ne prend pas en compte l'incertitude associée à la valeur assignée dans la définition du score. Son utilisation s'applique préférentiellement lorsque les résultats des participants sont décrits par une loi normale avec une moyenne égale à la valeur assignée x_{pt} et un écart type σ_{pt} (cf norme ISO 13528 – 9.4.2).

$$z = \frac{x_{lab} - x_{pt}}{\sigma_{pt}}$$

6.2.2 Score z'

Dans le cas du score z', on prend en compte de l'incertitude associée à la valeur assignée $u_{x_{pt}}$, de telle sorte que si celle-ci est trop grande par rapport au critère d'évaluation de performance, on évite le risque qu'un participant ne reçoive des signaux d'avertissement en raison d'une inexactitude dans la détermination de la valeur assignée et non pas pour une raison quelconque liée au participant lui-même.

$$z' = \frac{x_{lab} - x_{pt}}{\sqrt{\sigma_{pt}^2 + u_{x_{pt}}^2}}$$

La norme NF EN ISO 17043 considère les critères suivants pour le score z et le score z' :

- si $|z| \leq 2{,}0$; $|z'| \leq 2{,}0$: la performance est satisfaisante ;
- si $2{,}0 < |z| < 3{,}0$; $2{,}0 < |z'| < 3{,}0$: la performance génère un signal d'avertissement ;
- si $|z| \geq 3{,}0$; $|z'| \geq 3{,}0$: la performance est insatisfaisante.

Il est généralement considéré que le score z et le score z' ne constituent pas une caractéristique fiable de la performance des participants pour les populations de résultats inférieure ou égale à 12 après élimination des valeurs aberrantes (cf. NF EN ISO 13528 - ANNEXE - D.1.3.1).

ASNR Ce document est la propriété de l'ASNR et ne peut pas être communiqué ou reproduit sans son autorisation

6.3 ÉCART NORMALISÉ E_n ET SCORE ZÊTA ζ

Ces deux critères sont décrits dans les normes NF EN ISO/CEI 17043 et NF ISO 13528. Ils permettent de vérifier si la valeur rendue par un participant est compatible avec la valeur assignée, en tenant compte des incertitudes associées à la valeur assignée et au résultat du laboratoire participant.

6.3.1 Écart normalisé

Dans le cas de l'écart normalisé, les incertitudes $U_{x_{lab}}$ et $U_{x_{pt}}$ sont exprimées avec un facteur d'élargissement k égal à 2.

$$E_n = \frac{x_{lab} - x_{pt}}{\sqrt{(U_{x_{lab}})^2 + \left(U_{x_{pt}}\right)^2}}$$

La norme NF EN ISO/CEI 17043 considère généralement que lorsque $|E_n| \leq 1{,}0$, la performance est satisfaisante, dans le cas contraire ($|E_n| > 1{,}0$), elle ne l'est pas. Les critères d'acceptabilité mis en œuvre par l'ASNR intègrent également une valeur limite de 1,3 correspondant à une performance non satisfaisante.

Les critères appliqués au test E_n sont :

- $|E_n| \leq 1{,}0$: la performance est satisfaisante ;
- si $1{,}0 < |E_n| \leq 1{,}3$: la performance est discutable ;
- si $|E_n| > 1{,}3$: la performance est insatisfaisante.

Comme tous les tests qui prennent en compte l'estimation de l'incertitude de mesure rapportées par les participants, ce test n'est significatif que si les estimations d'incertitudes sont déterminées d'une manière cohérente par tous les participants.

Afin de limiter ces effets, on ne tient compte de l'incertitude rendue par le laboratoire participant que si elle est inférieure à deux fois l'écart-type d'aptitude hors valeurs aberrantes (σ_{pt}) comme décrit ci-dessous :

- si $x_{lab} \leq 2 \cdot \sigma_{pt}$, alors :

$$E_n = \frac{x_{lab} - x_{pt}}{\sqrt{(U_{x_{lab}})^2 + \left(U_{x_{pt}}\right)^2}}$$

- si $x_{lab} > 2 \cdot \sigma_{pt}$, alors :

$$E_n = \frac{x_{lab} - x_{pt}}{\sqrt{\left(U_{x_{lab}}\right)^2 + \sigma_{pt}^2}}$$

6.3.2 Score zêta

Dans le cas du score zêta, les incertitudes u_{x_p} et $u_{x_{pt}}$ sont exprimées avec un facteur d'élargissement k égal à 1.

$$\zeta = \frac{x_{lab} - x_{pt}}{\sqrt{(u_{x_{lab}})^2 + (u_{x_{pt}})^2}}$$

Le score zêta présente l'avantage de pouvoir être utilisé conjointement avec le score z ou le score z' afin d'apporter une aide à l'analyse conjointe de la justesse et de l'incertitude des laboratoires.

ASNR Ce document est la propriété de l'ASNR et ne peut pas être communiqué ou reproduit sans son autorisation

La norme NF EN ISO 17043 considère les critères suivants pour le score zêta :

- si $|\zeta| \leq 2{,}0$, la performance est satisfaisante ;
- si $2{,}0 < |\zeta| < 3{,}0$, la performance génère un signal d'avertissement ;
- si $|\zeta| \geq 3{,}0$, la performance est insatisfaisante.

6.4 REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES SCORES COMBINÉS

Les scores zêta peuvent être utilisés conjointement avec les scores z ou z' comme une aide pour améliorer les performances des participants. En effet, l'interprétation des scores au moyen de graphiques permet une analyse conjointe de la justesse et de l'incertitude du laboratoire (sous-estimation ou surestimation).

Le graphique Orthogonal Plot présenté dans la Figure 1 permet ce type d'analyse. Chaque laboratoire est positionné dans un graphique à deux dimensions présentant le score z ou z' en abscisse et le zêta score en ordonnée.

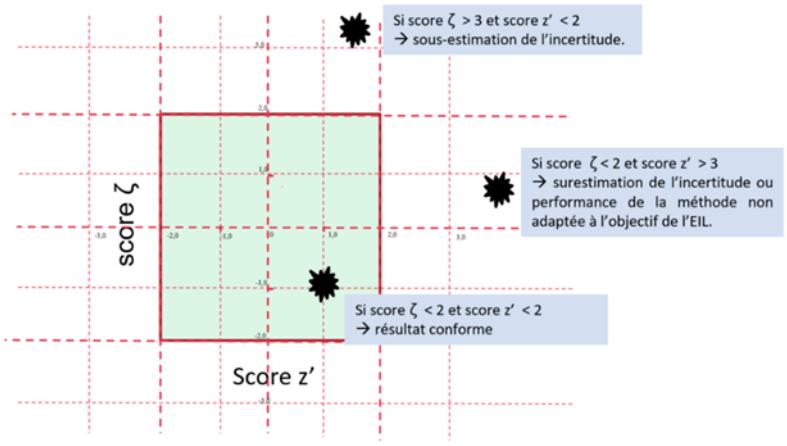


Figure 1. Exemple d'analyse combinée du score zêta et du score z' au moyen de l'orthogonal plot

ASNR Ce document est la propriété de l'ASNR et ne peut pas être communiqué ou reproduit sans son autorisation

ANNEXES

ANNEXE 1. TABLE DE DIXON POUR LES NIVEAUX DE RISQUE A : 5 % ET 1 %

ANNEXE 2. TABLE DE GRUBBS POUR LES NIVEAUX DE RISQUES DE 5 ET 1 %

ANNEXE 3. TABLE DE CHI-DEUX $\aleph^2$, VALEURS CRITIQUES

ASNR Ce document est la propriété de l'ASNR et ne peut pas être communiqué ou reproduit sans son autorisation

Annexe 1. Table de Dixon pour les niveaux de risque α : 5 % et 1 %[1]

n \ α	0,01	0,05
3	0,988	0,941
4	0,889	0,765
5	0,780	0,642
6	0,698	0,560
7	0,637	0,507
8	0,590	0,468
9	0,555	0,437
10	0,527	0,412
11	0,745	0,637
12	0,704	0,600
13	0,670	0,570
14	0,641	0,546
15	0,616	0,525
16	0,595	0,507
17	0,577	0,490
18	0,561	0,475
19	0,547	0,462
20	0,535	0,450
21	0,524	0,440
22	0,514	0,430
23	0,505	0,421
24	0,497	0,413
25	0,489	0,406
26	0,486	0,399
27	0,475	0,393
28	0,469	0,387
29	0,463	0,381
30	0,457	0,376

[1] *http://r2math.ensfea.fr/wp-content/uploads/sites/8/2013/06/22-7-dixon.pdf*

ASNR Ce document est la propriété de l'ASNR et ne peut pas être communiqué ou reproduit sans son autorisation

Annexe 2. Table de Grubbs pour les niveaux de risques de 5 et 1 %. [2]

TABLE I

Table of Critical Values for T (One-Sided Test of T_1 or T_n) when the Standard Deviation is Calculated from the Same Sample

Number of Observations n	Upper .1% Significance Level	Upper .5% Significance Level	Upper 1% Significance Level	Upper 2.5% Significance Level	Upper 5% Significance Level	Upper 10% Significance Level
3	1.155	1.155	1.155	1.155	1.153	1.148
4	1.499	1.496	1.492	1.481	1.463	1.425
5	1.780	1.764	1.749	1.715	1.672	1.602
6	2.011	1.973	1.944	1.887	1.822	1.729
7	2.201	2.139	2.097	2.020	1.938	1.828
8	2.358	2.274	2.221	2.126	2.032	1.909
9	2.492	2.387	2.323	2.215	2.110	1.977
10	2.606	2.482	2.410	2.290	2.176	2.036
11	2.705	2.564	2.485	2.355	2.234	2.088
12	2.791	2.636	2.550	2.412	2.285	2.134
13	2.867	2.699	2.607	2.462	2.331	2.175
14	2.935	2.755	2.659	2.507	2.371	2.213
15	2.997	2.806	2.705	2.549	2.409	2.247
16	3.052	2.852	2.747	2.585	2.443	2.279
17	3.103	2.894	2.785	2.620	2.475	2.309
18	3.149	2.932	2.821	2.651	2.504	2.335
19	3.191	2.968	2.854	2.681	2.532	2.361
20	3.230	3.001	2.884	2.709	2.557	2.385
21	3.266	3.031	2.912	2.733	2.580	2.408
22	3.300	3.060	2.939	2.758	2.603	2.429
23	3.332	3.087	2.963	2.781	2.624	2.448
24	3.362	3.112	2.987	2.802	2.644	2.467
25	3.389	3.135	3.009	2.822	2.663	2.486
26	3.415	3.157	3.029	2.841	2.681	2.502
27	3.440	3.178	3.049	2.859	2.698	2.519
28	3.464	3.199	3.068	2.876	2.714	2.534
29	3.486	3.218	3.085	2.893	2.730	2.549
30	3.507	3.236	3.103	2.908	2.745	2.563
31	3.528	3.253	3.119	2.924	2.759	2.577
32	3.546	3.270	3.135	2.938	2.773	2.591
33	3.565	3.286	3.150	2.952	2.786	2.604
34	3.582	3.301	3.164	2.965	2.799	2.616
35	3.599	3.316	3.178	2.979	2.811	2.628
36	3.616	3.330	3.191	2.991	2.823	2.639
37	3.631	3.343	3.204	3.003	2.835	2.650
38	3.646	3.356	3.216	3.014	2.846	2.661
39	3.660	3.369	3.228	3.025	2.857	2.671
40	3.673	3.381	3.240	3.036	2.866	2.682
41	3.687	3.393	3.251	3.046	2.877	2.692
42	3.700	3.404	3.261	3.057	2.887	2.700
43	3.712	3.415	3.271	3.067	2.896	2.710
44	3.724	3.425	3.282	3.075	2.905	2.719
45	3.736	3.435	3.292	3.085	2.914	2.727
46	3.747	3.445	3.302	3.094	2.923	2.736
47	3.757	3.455	3.310	3.103	2.931	2.744
48	3.768	3.464	3.319	3.111	2.940	2.753
49	3.779	3.474	3.329	3.120	2.948	2.760
50	3.789	3.483	3.336	3.128	2.956	2.768

[2] *Frank E. Grubbs and Glenn Beck, "Extension of Sample Sizes and Percentage Points for Significance Tests of Outlying Observations", Technometrics, 14(4), 847-854 (1972)*

ASNR Ce document est la propriété de l'ASNR et ne peut pas être communiqué ou reproduit sans son autorisation

TABLE I (*Continued*)

Table of Critical Values for T (One-Sided Test of T_1 or T_n) when the Standard Deviation is Calculated from the Same Sample

Number of Observations n	Upper .1% Significance Level	Upper .5% Significance Level	Upper 1% Significance Level	Upper 2.5% Significance Level	Upper 5% Significance Level	Upper 10% Significance Level
51	3.798	3.491	3.345	3.136	2.964	2.775
52	3.808	3.500	3.353	3.143	2.971	2.783
53	3.816	3.507	3.361	3.151	2.978	2.790
54	3.825	3.516	3.368	3.158	2.986	2.798
55	3.834	3.524	3.376	3.166	2.992	2.804
56	3.842	3.531	3.383	3.172	3.000	2.811
57	3.851	3.539	3.391	3.180	3.006	2.818
58	3.858	3.546	3.397	3.186	3.013	2.824
59	3.867	3.553	3.405	3.193	3.019	2.831
60	3.874	3.560	3.411	3.199	3.025	2.837
61	3.882	3.566	3.418	3.205	3.032	2.842
62	3.889	3.573	3.424	3.212	3.037	2.849
63	3.896	3.579	3.430	3.218	3.044	2.854
64	3.903	3.586	3.437	3.224	3.049	2.860
65	3.910	3.592	3.442	3.230	3.055	2.866
66	3.917	3.598	3.449	3.235	3.061	2.871
67	3.923	3.605	3.454	3.241	3.066	2.877
68	3.930	3.610	3.460	3.246	3.071	2.883
69	3.936	3.617	3.466	3.252	3.076	2.888
70	3.942	3.622	3.471	3.257	3.082	2.893
71	3.948	3.627	3.476	3.262	3.087	2.897
72	3.954	3.633	3.482	3.267	3.092	2.903
73	3.960	3.638	3.487	3.272	3.098	2.908
74	3.965	3.643	3.492	3.278	3.102	2.912
75	3.971	3.648	3.496	3.282	3.107	2.917
76	3.977	3.654	3.502	3.287	3.111	2.922
77	3.982	3.658	3.507	3.291	3.117	2.927
78	3.987	3.663	3.511	3.297	3.121	2.931
79	3.992	3.669	3.516	3.301	3.125	2.935
80	3.998	3.673	3.521	3.305	3.130	2.940
81	4.002	3.677	3.525	3.309	3.134	2.945
82	4.007	3.682	3.529	3.315	3.139	2.949
83	4.012	3.687	3.534	3.319	3.143	2.953
84	4.017	3.691	3.539	3.323	3.147	2.957
85	4.021	3.695	3.543	3.327	3.151	2.961
86	4.026	3.699	3.547	3.331	3.155	2.966
87	4.031	3.704	3.551	3.335	3.160	2.970
88	4.035	3.708	3.555	3.339	3.163	2.973
89	4.039	3.712	3.559	3.343	3.167	2.977
90	4.044	3.716	3.563	3.347	3.171	2.981
91	4.049	3.720	3.567	3.350	3.174	2.984
92	4.053	3.725	3.570	3.355	3.179	2.989
93	4.057	3.728	3.575	3.358	3.182	2.993
94	4.060	3.732	3.579	3.362	3.186	2.996
95	4.064	3.736	3.582	3.365	3.189	3.000
96	4.069	3.739	3.586	3.369	3.193	3.003
97	4.073	3.744	3.589	3.372	3.196	3.006
98	4.076	3.747	3.593	3.377	3.201	3.011
99	4.080	3.750	3.597	3.380	3.204	3.014
100	4.084	3.754	3.600	3.383	3.207	3.017

ASNR Ce document est la propriété de l'ASNR et ne peut pas être communiqué ou reproduit sans son autorisation

Annexe 3. Table de Chi-Deux $(\aleph^2)$, valeurs critiques

Pour (p-1) degrés de liberté et pour le niveau de probabilité 1-α.

Tableau 1 : Table de Chi-Deux ($\aleph^2$) [3]

	Niveau de signification, α :		
Degrées de liberté	5%	1%	0.1%
1	3.841	6.635	10.828
2	5.991	9.210	13.816
3	7.815	11.345	16.266
4	9.488	13.277	18.467
5	11.070	15.086	20.515
6	12.592	16.812	22.458
7	14.067	18.475	24.322
8	15.507	20.090	26.124
9	16.919	21.666	27.877
10	18.307	23.209	29.588

[3] *https://home.ubalt.edu/ntsbarsh/business-stat/StatistialTables.pdf*

ASNR Ce document est la propriété de l'ASNR et ne peut pas être communiqué ou reproduit sans son autorisation