Journal de la société statistique de Paris

Raymond Forest

Essai d'étude statistique sur les tests mentaux

Journal de la société statistique de Paris, tome 79 (1938), p. 206-223

<http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1938__79__206_0>

© Société de statistique de Paris, 1938, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Journal de la société statistique de Paris » (http://publications-sfds.math.cnrs.fr/index.php/J-SFdS) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (http://www.numdam.org/conditions). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

Numdam

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
http://www.numdam.org/

II

ESSAI D'ÉTUDE STATISTIQUE SUR LES TESTS MENTAUX

Thèse présentée à l'Institut de Statistique en Juin 1937 (1)

Communication faite à la Société de Statistique le 18 mai 1938

GÉNÉRALITÉS (2).

Dans cette étude, nous avons essayé d'appliquer les méthodes statistiques à un test collectif d'intelligence, non seulement dans l'examen des résultats, mais aussi dans l'estimation du travail. Disposant de peu de temps et de moyens réduits, nous avons choisi des tests collectifs s'appliquant à des enfants d'âge scolaire (méthode inférieure à celle des tests individuels mais d'un emploi beaucoup plus facile).

On peut considérer dans ces épreuves comme causes de dispersion à un âge déterminé :

1° la répartition naturelle des intelligences autour de la moyenne (variabilité du développement biologique, aptitudes individuelles, etc...);

2° la répartition des mesures d'une intelligence autour de la valeur exacte (erreurs expérimentales, fluctuations de l'intelligence dans le temps);

---

(1) Cette thèse est une application à un cas particulier des méthodes statistiques exposées dans les conférences de M. le professeur Darmois.

La partie pratique a été faite en collaboration avec Mme R. Forest, directrice d'école maternelle.

(2) Nous remercions vivement M. Séguin, inspecteur primaire, qui a bien voulu nous autoriser à faire ce travail dans une école de banlieue.

3° la valeur aléatoire du test utilisé (erreurs systématiques) : la notation qui en est l'expression doit être rationnelle.

Nous avons donc cherché en premier lieu une épreuve homogène qui ne soit pas une somme arbitraire de questions plus ou moins voisines, résultat d'un étalonnage préalable toujours discutable (dispersion supplémentaire). Il est bien évident qu'un jugement basé sur un grand nombre d'épreuves est préférable, mais encore faut-il que l'on mesure à coup sûr le même caractère et que l'on sache faire la moyenne pondérée des résultats. Il est indispensable que la notation ne laisse pas place à l'interprétation du correcteur et tienne compte des résultats dus au hasard. De plus, aucune acquisition scolaire (ni même l'influence du milieu, dans le vocabulaire par exemple) ne doit intervenir. Il faut pouvoir utiliser le test dans un intervalle d'âge étendu avec une sensibilité à peu près constante. Ces règles ne sont d'ailleurs que la traduction des principes qui guident le physicien dans ses recherches et restent à la base de toute mesure.

Nous avons voulu comparer notre épreuve à un test classique : le test P. V. du Dr Simon. Il présentait entre autres avantages ceux d'être : étalonné par l'auteur, d'une exécution facile, fréquemment utilisé, et même souvent critiqué.

Dans cet essai, nous nous sommes attachés aux principes : le travail de quelques mois ne peut prétendre aux résultats de longues années d'expérience et d'efforts constants. L'essai nous montrera :

1° si le test est à conserver;

2° si l'on doit y apporter éventuellement des modifications en vue d'une étude plus complète.

N'ayant pas l'intention de faire un travail de psychologie et n'ayant aucune théorie à défendre, nous nous sommes bornés aux conclusions purement mathématiques.

Un test de combinaisons.

Nature de l'épreuve. — On distribue à chaque enfant des disques de papier de six couleurs différentes (rouge, orange... violet), en tas séparés, et une feuille de papier divisée en 28 cases. On demande de former une seule fois toutes les combinaisons, sans répétition, des 6 couleurs 3 à 3 (la dimension d'une case permet de coller les 3 disques formant une combinaison). Les explications sont données aux enfants en un langage à leur portée, et répétées strictement dans chaque cas (quel que soit l'âge des enfants). On compte ensuite le nombre de réussites et le nombre de répétitions obtenus.

Notation. — Le test est noté, en dehors de toute appréciation du correcteur, par comparaison avec les résultats donnés par le hasard. Les 20 groupes possibles de 3 couleurs sont obtenus de la même façon que si l'on puisait dans une urne contenant 20 boules numérotées de 1 à 20 (en remettant la boule après chaque tirage). On considère un nombre de tirages égal au nombre de groupes de 3 couleurs réalisés par l'enfant; on peut calculer la probabilité de x combinaisons différentes pour n tirages au total. Il nous a paru rationnel de noter le test suivant la plus ou moins grande facilité avec laquelle on obtient le même résultat par tirage dans l'urne.

Calculons l'écart :

$$e = \frac{x - E_{[x]}^{(n)}}{\sigma_x^{(n)}}$$

$E_{[x]}^{(n)}$ et $\sigma_x^{(n)}$ désignant la moyenne et l'écart-type correspondant au nombre total n. Quelle que soit la valeur n considérée, la moyenne est o et l'écart-type 1 pour la variable aléatoire e : les résultats sont comparables pour toutes les épreuves. On prendra e comme note du test considéré.

Les calculs ont été effectués par une méthode de récurrence et des vérifications partielles ont été faites par calcul direct. Désignons par $P_x^{(n)}$ la probabilité de x réussites dans n tirages, et par $M_x^{(n)}$ le produit $P_x^{(n)}, x$.

Nous avons nécessairement : $1 \leqslant x \leqslant 20$.

On peut écrire, d'après le théorème des probabilités totales :

$$P_{x+1}^{(n+1)} = P_x^{(n)} \frac{20 - x}{20} + P_{x+1}^{(n)} \frac{x+1}{20}$$

ou encore :

$$P_{x+1}^{(n+1)} = P_x^{(n)} - \frac{M_x^{(n)}}{20} + \frac{M_{x+1}^{(n)}}{20}$$

On a déjà calculé $P_x^{(n)}$, $M_x^{(n)}$, $M_{x+1}^{(n)}$, il reste à effectuer les divisions par 20.

Ayant les valeurs P $\binom{n}{x}$ on en déduit facilement les écarts e.

Nous avons dressé un tableau des écarts, donc des notes; le nombre de réussites de 1 à 20 est porté verticalement, et le nombre des répétitions horizontalement (tableau I).

On peut établir de la même manière le tableau des probabilités correspondant à chaque cas.

Il y a lieu d'étudier soigneusement les *limites d'application* de l'épreuve. Une note du tableau n'a de sens que pour les enfants ayant compris le mécanisme du test. Il est impossible de noter correctement un travail inexistant et l'on ne peut évaluer l'intervalle qui sépare le niveau du sujet de celui de l'épreuve (les indications sont alors purement qualitatives). On distinguera deux groupes :

A) 3 et plus de 3 combinaisons différentes;

B) 2 combinaisons et moins.

On constate que, pour 2 combinaisons différentes seulement, il y a toujours séparation des 6 couleurs en 2 groupes de 3, répétés ou non un certain nombre de fois : ceci ne correspond pas à la compréhension complète du travail. L'examen des cas particuliers nous a conduit à de légères modifications dans la présentation (nous les indiquerons dans la suite).

Une liste numérotée des 20 combinaisons permet une correction rapide et l'on obtient ensuite la note par simple lecture.

RÉSULTAT DU TEST DE COMBINAISON.

L'étude a été faite sur 315 enfants de 4 à 15 ans groupés par année suivant la date de naissance. En raison de la population testée et de l'épreuve utilisée, nous avons extrait un tableau des résultats obtenus par les enfants de 6 à 13 ans (tableau II); au-dessus de 13 ans, les résultats sont moins nombreux et il se produit une sélection.

TABLEAU I

Notes du test de combinaisons.

Répétitions / Réussites	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
20	5,116	4,817	4,550	4,307	4,080	3,875	3,685	3,510	3,347														
19	4,724	4,402	4,110	3,847	3,606	3,381	3,176	2,986	2,809	2,644													
18	4,348	4,002	3,638	3,402	3,144	2,906	2,683	2,478	2,287	2,108	1,940												
17	3,990	3,617	2,281	2,975	2,695	2,441	2,205	1,984	1,779	1,587	1,407	1,236											
16	3,655	3,246	2,885	2,559	2,262	1,988	1,737	1,504	1,285	1,081	0,888	0,706	0,582										
15	3,322	2,894	2,502	2,154	1,838	1,548	1,281	1,034	0,804	0,587	0,383	0,189	0,005	—0,171									
14	3,011	2,543	2,133	1,758	1,422	1,116	0,835	0,574	0,331	0,103	—0,112	—0,316	—0,510	—0,6[illegible]	—0,875								
13	2,713	2,208	1,765	1,372	1,014	0,691	0,835	0,121	—0,133	—0,372	—0,598	—0,811	—1,014	—1,209	—1,397	—1.579							
12	2,430	1,883	1,406	0,986	0,611	—0,270	—0,041	—0,327	—0,592	—0,841	—1,075	—1,298	—1,509	—1,713	—1,909	—2,098	—2,283						
11	2,159	1,564	1,052	0,604	0,207	—0,150	—0,474	—0,772	—1,048	—1,306	—1,548	—1,779	—1,999	—2,208	—2,411	—2,607	—2,799	—2,986					
10	1,902	1,251	0,699	0,222	—0,198	—0,571	—0,911	—1,219	—1,504	—1,770	—2,019	—2,255	—2,482	—2,699	—2,907	—3,110	—3,307	—3,509	—3,690				
9	1,656	0,937	0,342	—0,167	—0,609	—1,000	—1,350	—1,673	—1,963	—2,235	—2,491	—2,732	—2,962	—3,185	—3,400	—3,605	—3,808	—4,006	—4,201	—4,394			
8	1,422	0,624	—0,024	—0,567	—1,034	—1,440	—1,802	—2,189	—2,434	—2,707	—2,967	—3,213	—3,446	—3,669	—3,888	—4,101	—4,304	—4,506	—4,705	—4,902	—5,097		
7	1,199	0,301	—0,408	—0,987	—1,476	—1,898	—2,270	—2,604	—2,908	—3,195	—3,451	—3,698	—3,985	—4,160	—4,376	—4,591	—4,801	—5,003	—5,205	—5,405	—5,603	—5,801	
6	0,987	—0,004	—0,821	—1,439	—1,950	—2,384	—2,763	—3,101	—3,406	—3,687	—3,956	—4,195	—4,480	—4,656	—4,873	—5,084	—5,294	—5,502	—5,701	—5,903	—6,104	—6,304	—6,505
5	0,785	—0,419	—1,282	—1 942	—2,471	—2,913	—3,294	—3,628	—3,931	—4,208	—4,466	—4,717	—4,939	—5,161	—5,377	—5,587	—5,791	—5,998	—6,203	—6,400	—6,602		
4	0,592	—0,866	—1,826	—2,523	—3,063	—3,503	—3,876	—4,202	—4,494	—4,762	—5,010	—5,244	—5,478	—5,684	—5,893	—6,098	—6,306	—6,498	—6,700				
3	0,408	—1,449	—2,517	—3,233	—3,763	—4,184	—4,535	—4,839	—5,111	—5,360	—5,592	—5,812	—6,023	—6,239	—6,428	—6,625							
2	0,229	—2,375	—3,491	—4,168	—4,639	—5,004	—5,306	—5,567	—5,802	—6,020													
1		—4,358	—5,124	—5,532	—5,819	—3,032	—6,247	—6,427															

TABLEAU II

Résultats du test de combinaisons.

AGES / CATÉGORIES	6 à 7	7 à 8	8 à 9	9 à 10	10 à 11	11 à 12	12 à 13	TOTAUX
< — 3			1	1	2			4
—3 à—2	1	3	3	2	2			11
—2 à—1	5	4	6	2	3	4		24
—1 à 0	5	8	5	11	10	7	5	51
0 à 1	5	5	8	6	8	11	4	47
1 à 2		1	5	11	4	4	9	34
2 à 3	1	1		1	3	6	9	21
3 à 4				1	2	5	5	13
4 à 5				1	1	2	2	6
TOTAUX.	17	22	28	36	35	39	34	211

Étude par groupes d'âges. — Pour chaque colonne, nous avons calculé la moyenne et l'écart-type suivant la formule classique : $\sigma = \sqrt{m_2 - m_1^2}$, ainsi que l'écart-type sur la moyenne et la médiane (tableau III).

TABLEAU III

Étude par groupes d'âges (test de combinaisons).

AGE	6 A 7 ANS	7 A 8 ANS	8 A 9 ANS	9 A 10 ANS	10 A 11 ANS	11 A 12 ANS	12 A 13 ANS	9 1/2 à 10/12 ANS	10 1/2 A 11 1/2 ANS
Nombre d'épreuves.	17	22	28	36	35	39	34	48	25
Moyenne	—0,441	—0,5	—0,393	0,3611	0,214	1,115	1,823	0,2292	0,78
Écart-type	1,162	1,243	1,398	1,601	1,845	1,704	1,510	1,497	1,887
Écart-type sur la moyenne.	0,290	0,271	0,269	0,271	0,317	0,277	0,262	0,218	0,385
Médiane	—0,5	—0,5	—0,2	0,333	0,125	0,773	1,889	0,1	0,5

Interprétation des résultats :

1° Jusqu'à 8 ans la moyenne reste constante (enfants ayant compris le travail) et elle est inférieure à la valeur probable (attraction de certains groupements de couleurs répétés plusieurs fois);

2° De 8 à 13 ans : accroissement sensible de la moyenne.

Écart à la loi de Gauss. — Pour un âge donné, la répartition se fait suivant une loi de Gauss. La méthode de K. Pearson nous a donné, par exemple :

Pour le groupe 9 1/2 à 10 1/2 ans : $\chi^2 = 3{,}56$ P = 0,185
Pour le groupe 10 1/2 à 11 1/2 ans : $\chi^2 = 1{,}32$ P = 0,52 (Tableau IV).

TABLEAU IV

Écarts à la loi de Gauss · groupe 10 1/2-11 1/2 ans.

$$\begin{cases} X = -1 & x_1 = -\dfrac{1{,}780}{2{,}6686} = -0{,}667 \\ \Theta_{(x_1)} = 0{,}65446 & P^{x_1}_{-\infty} = 0{,}17277 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X = 0 & x_2 = -\dfrac{0{,}78}{2{,}6686} = -0{,}292 \\ \Theta_{(x_2)} = 0{,}32035 & P^{x_2}_{x_1} = 0{,}16705 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X = 1 & x_3 = \dfrac{0{,}22}{2{,}6686} = 0{,}0824 \\ \Theta_{(x_3)} = 0{,}09288 & P^{x_3}_{x_2} = 0{,}20662 \end{cases}$$

$$\begin{cases} X = 2 & x_4 = \dfrac{2{,}22}{2{,}6686} = 0{,}832 \\ \Theta_{(x_4)} = 0{,}76[illegible]64 & P^{x_4}_{x_3} = 0{,}33388 \\ & P^{\infty}_{x_4} = 0{,}11968 \end{cases}$$

n_i	P_i	$\dfrac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
5	0,17277	0,10738
5	0,16705	0,16259
5	0,20662	0,00533
6	0,33388	0,71151
4	0,11968	0,33960
25	1.	1,32641

$\chi^2 = 1{,}3264$ $\qquad n' = 3$
$P = 0{,}52$

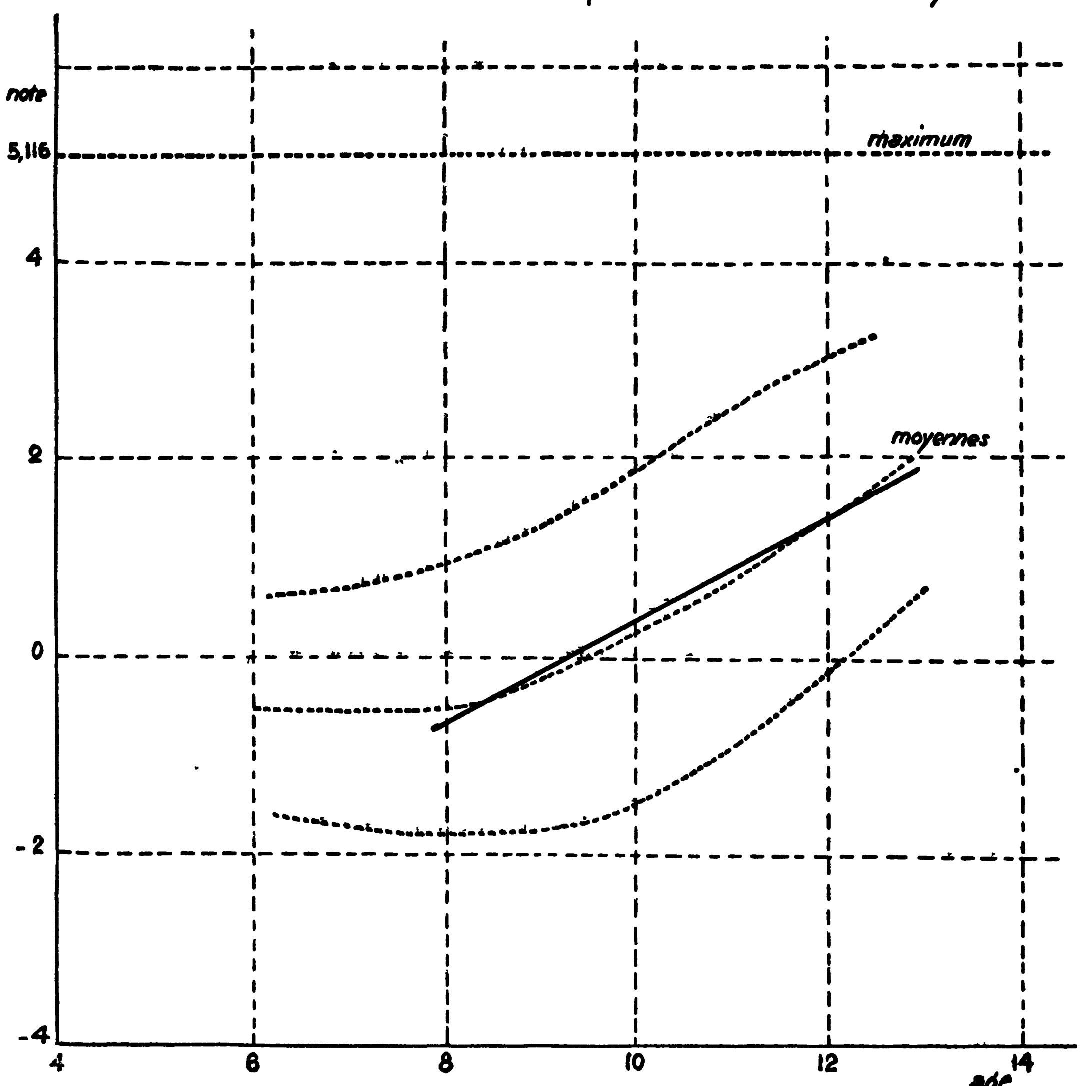
Nous nous proposons de vérifier avec plus de précision, sur un plus grand nombre de résultats, si la répartition suit exactement, à tous les âges, une loi de Gauss.

Représentation graphique. — L'ajustement d'une courbe aux moyennes par âges peut être linéaire. Avec des épreuves, classées par groupes de 6 mois, jusqu'à 16 ans on pourrait préciser la courbe des moyennes. Nous avons en outre tracé deux courbes parallèles à une distance de ± 1 écart-type (graphique n° 1).

Acquisition d'une note déterminée. — Les groupes d'enfants des différents âges peuvent représenter le développement dans le temps d'un même groupe initial (si la population est stable). On a fait l'étude et la représentation graphique des proportions d'enfants ayant acquis une note déterminée (graphique n° 2). Le graphique donne directement la médiane et les quartiles (valeurs rectifiées) pour tous les âges (par extrapolation). Pour les enfants n'ayant pas compris le travail, entre 4 et 7 ans, les fréquences correspondantes donnent une ligne d'allure très différente.

On remarquera sur ces courbes que la précision des indications de ce test collectif est parfois assez faible : ainsi (dans un cas défavorable) la note 0,7 reste normale entre 8 et 13 ans.

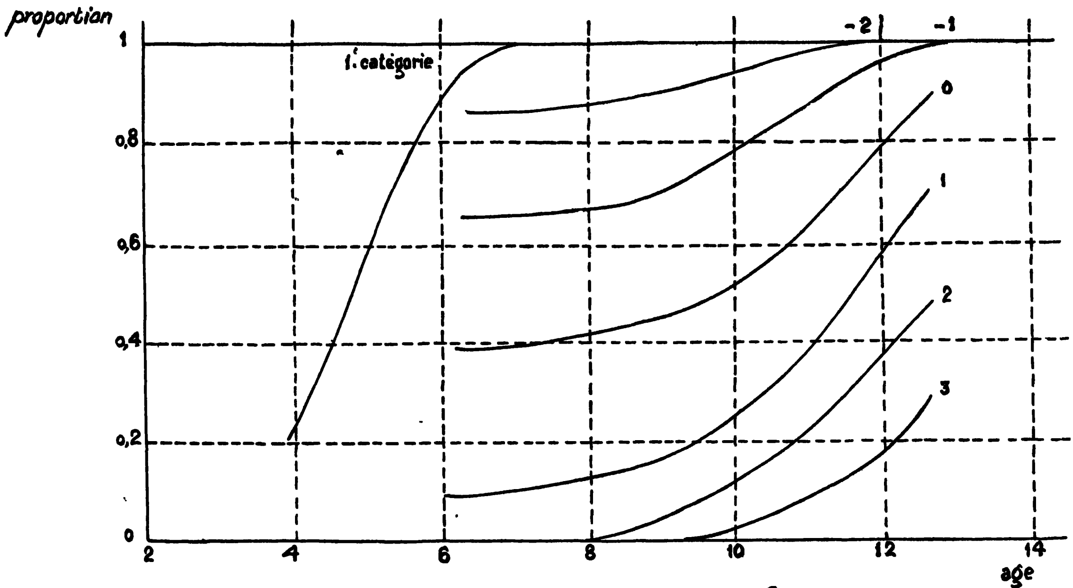
MOYENNES PAR GROUPES D'AGES
(test de combinaisons)



Graphique n° 1

Corrélation. — La corrélation entre l'âge et la note a été caractérisée au moyen de plusieurs coefficients (tableau V).

ACQUISITION D'UNE NOTE DONNÉE (test de combinaisons)



Graphique n° 2

TABLEAU V

Fréquences du test de combinaisons.

CATÉGORIES \ AGES	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	TOTAUX
< — 3.	0,00714	0,00556	0,01143			0,02413
— 3 à — 2.	0,02143	0,01111	0,01143			0,04397
— 2 à — 1.	0,04286	0,01111	0,01714	0,02051		0,09162
— 1 à 0	0,03572	0,06111	0,05714	0,03589	0,02942	0,21928
0 à 1.	0,05714	0,03333	0,04571	0,05642	0,02352	0,21612
1 à 2.	0,03571	0,061111	0,02286	0,02051	0,05294	0,19313
2 à 3.		0,00556	0,01714	0,03077	0,05294	0,10641
3 à 4.		0,00556	0,01143	0,02564	0,02942	0,07205
4 à 5.		0,00555	0,00572	0,01026	0,01176	0,03329
TOTAUX.	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1

Paramètres de régression :

coefficient de corrélation :

$$r = 0{,}413$$

droites de régression :

$$Y_1 = 0{,}624 + 0{,}518\,(X_1 - 10{,}5)$$
$$X_2 = 10{,}5 + 0{,}329\,(Y_2 - 0{,}624)$$

A titre d'indication on a calculé :

$$\sigma'_{r'} = \frac{1 - r'^2}{\sqrt{n}} = 0{,}063$$

(la répartition totale n'étant pas gaussienne, on n'obtient qu'une indication grossière pour $\sigma'_{r'}$).

Calcul de χ^2 :

En appliquant la méthode de Karl Pearson on a :

$$\chi^2 = \mathrm{N}\,\Sigma \frac{(p'_{i|j} - p'_{i|}\, p'_{|j})^2}{p'_{i|}\, p'_{|j}}$$

en groupant correctement les dernières lignes du tableau :

$$\chi^2 = 50{,}31 \qquad \text{avec } n = 17$$

On trouve dans les tables :

$$\mathrm{P} = 0{,}00002$$

ce qui indique l'existence d'une corrélation indiscutable.

On observe donc une liaison très nette entre l'âge et le résultat du test. Cette liaison est lâche mais reste bien constante (ce qui permet une estimation correcte du travail). Le test peut donc être utilisé avec intérêt pour les enfants de plus de 8 ans et, en modifiant la forme, on peut mettre au point une épreuve applicable au-dessous de 8 ans.

Résultat du test P. V.

Le test P. V. du Dr Simon a été fait par les enfants ayant plus de 7 ans. (Nous prions de se reporter aux explications de l'auteur pour la présentation et la notation.)

Nous conservons, comme pour le test de combinaisons, un tableau des résultats de 8 à 13 ans (tableau VI). Au-dessous de 8 ans, beaucoup d'enfants n'ont pas atteint un niveau *scolaire* suffisant : acquisition de la lecture et de l'écriture (remarquons que l'intelligence n'intervient pas exclusivement dans ces acquisitions).

Tableau VI

Résultats du test P. V.

Ages / Catégories	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	Totaux
< 21 (en fait : de 14 1/4 à 21). . .	2	1				3
21 1/4 à 28.	2	1				3
28 1/4 à 35.	6	2	1			9
35 1/4 à 42.	7	4	2	1		14
42 1/4 à 49.	3	6	3	2	2	16
49 1/4 à 56.	3	8	13	5	1	30
56 1/4 à 63.	4	9	7	16	15	51
63 1/4 à 70.	1	2	9	18	16	46
Totaux.	28	33	35	42	34	172

Étude par groupes d'âges. — Nous avons calculé la moyenne, l'écart-type la médiane pour chaque groupe d'âge (une année) (tableau VII).

TABLEAU VII

Étude par groupes d'âges (test P. V.).

AGE	8 A 9 ANS	9 A 10 ANS	10 A 11 ANS	11 A 12 ANS	12 A 13 ANS
Nombre d'épreuves	28	33	35	42	34
Moyenne	40,75	49,11	55,5	60,5	61,76
Écart-type	12,97	11,57	8,89	6,76	5,55
Écart-type sur la moyenne.	2,496	2,076	1,526	1,055	0,9675
Médiane	39	50,94	55,192	61,687	62,333

Dans chaque colonne la répartition est généralement éloignée d'une loi de Gauss. La méthode du χ^2, pour estimer cette différence, donne pour la première colonne (seule voisine d'une répartition normale) : $\chi^2 = 2{,}8119$ $n' = 3$ $P = 0{,}2$.

Représentation graphique. — L'ajustement d'une courbe aux moyennes par âges doit être parabolique (résultat d'une étude comparée de deux ajustements). On atteint rapidement le maximum : à partir de 11 ans la pente de la courbe — par suite la sensibilité — décroît très vite (graphique n° 3).

Acquisition d'une note déterminée. — On dresse, de la même manière que pour le test de combinaisons, les courbes des proportions d'enfants ayant acquis une note déterminée; ces courbes illustrent bien la variation de la sensibilité de l'épreuve (graphique n° 4).

Les courbes mettent en évidence la faible précision de l'épreuve : la note 57 reste normale de 9 ans à 12 ans 6 mois, la note 50 entre 8 et 11 ans.

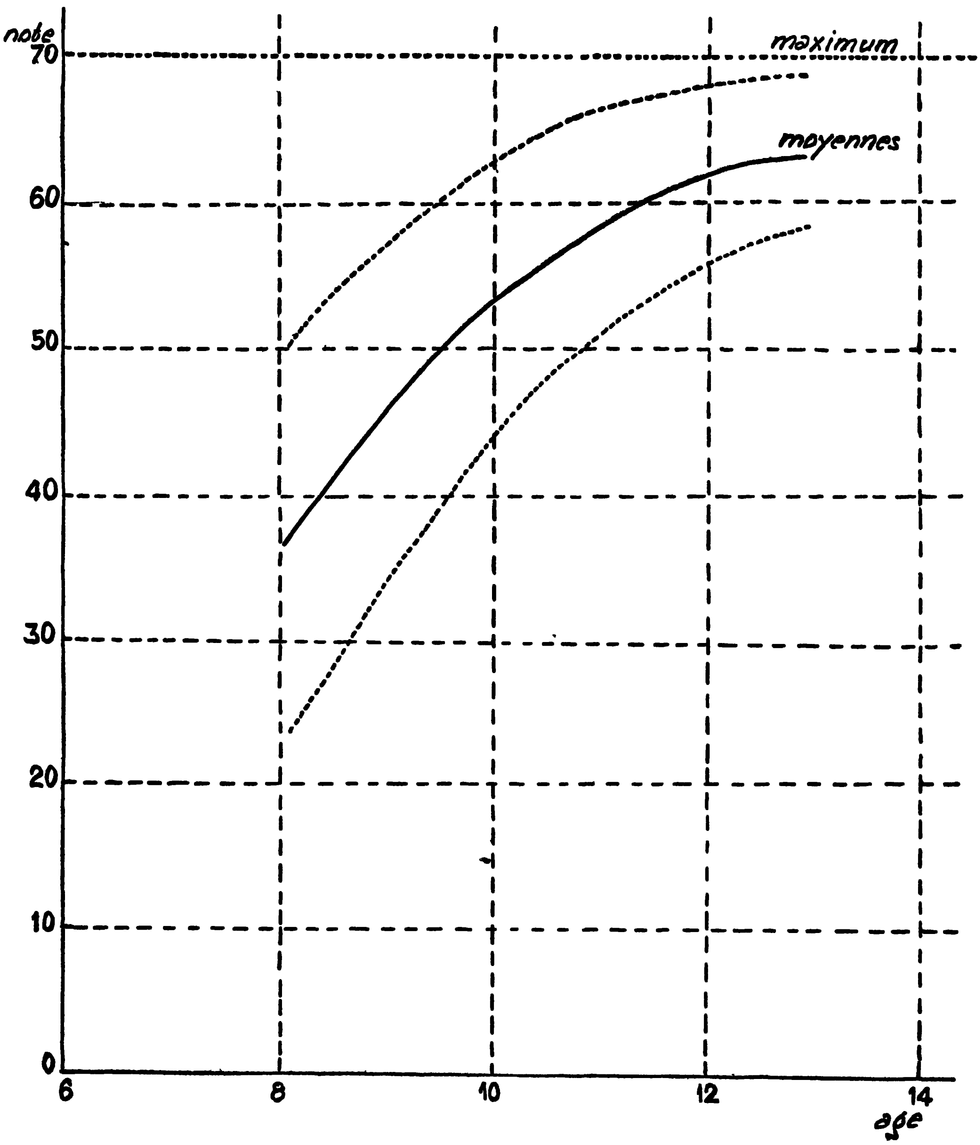
Corrélation. — Pour étudier la liaison entre l'âge et la note, on a calculé plusieurs coefficients (tableau VIII).

TABLEAU VIII

Fréquences du test P. V.

CATÉGORIES \ AGES	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	TOTAUX
$\leqslant$ 21 (en fait : de 14 1/4 à 21).	0,01428	0,00606				0,02034
21 1/4 à 28.	0,01428	0,00606				0,02034
28 1/4 à 35.	0,04286	0,01212	0,00572			0,06070
35 1/4 à 42.	0,05000	0,02424	0,01144	0,00476		0,09044
42 1/4 à 49.	0,02143	0,03636	0,01714	0,00952	0,01176	0,09621
49 1/4 à 56.	0,02143	0,04849	0,07428	0,02380	0,00588	0,17388
56 1/4 à 63.	0,02858	0,05455	0,04000	0,07620	0,08824	0,28757
93 1/4 à 70.	0,00714	0,01212	0,05142	0,08572	0,09412	0,25052
TOTAUX.	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	1

MOYENNES PAR GROUPES D'AGES (test P.V.)



Graphique n° 3

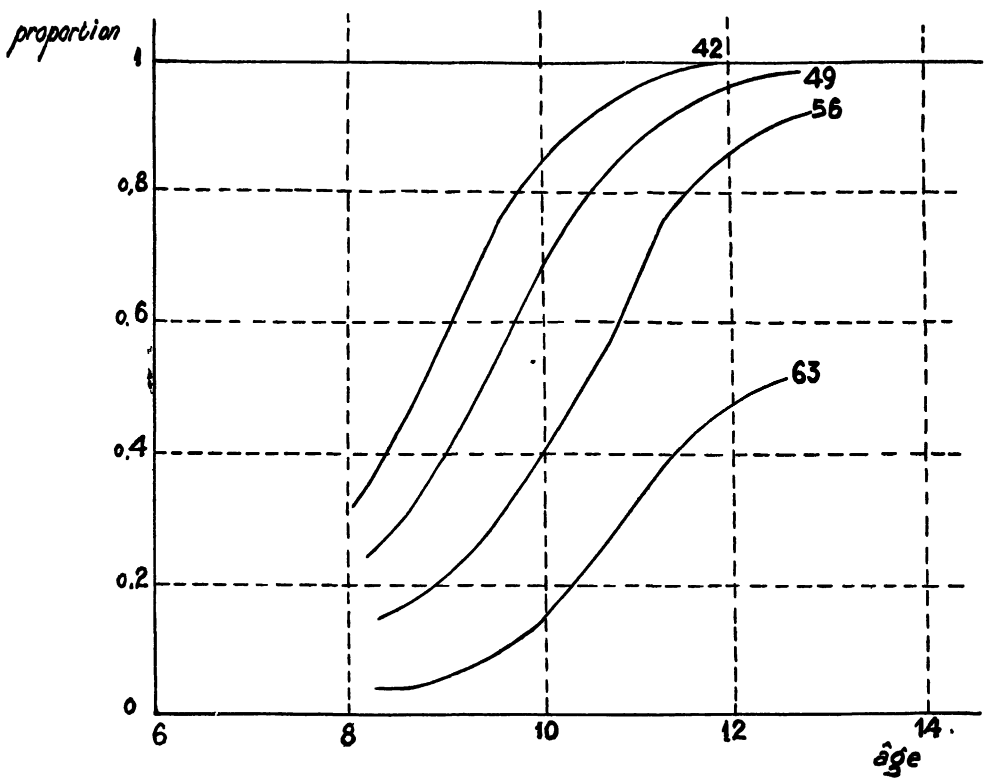
Paramètres de régression :
coefficient de corrélation :

$$r = 0{,}612$$

droites de régression :

$$Y_1 = 53{,}52 + 5{,}34\ (X_1 - 10{,}5)$$
$$X_2 = 10{,}5 + 0{,}070\ (Y_2 - 53{,}52)$$

ACQUISITION D'UNE NOTE DONNÉE (test P.V.)



Graphique n° 4

Calcul de χ^2 : on calcule :

$$\chi^2 = \Sigma \frac{(p_{ij} - p'_{i|}\, p_{|j})^2}{p'_{i|}\, p'_{|j}}$$

et l'on a, en rassemblant les premières lignes du tableau :

$$n = 17 \qquad \chi^2 = 77{,}82 \qquad P < 10^{-5}$$

résultat très satisfaisant.

On obtient une bonne liaison entre l'âge et la note.

Étant donné la nature de l'épreuve on est en droit de se demander quelle part revient aux acquisitions scolaires et quelle part à l'intelligence, d'autant plus que les enfants testés habitent la banlieue de Paris où la fréquentation scolaire est bonne. Enfin, nous avons vu que la répartition des notes, dans chaque colonne d'âge, est très variable et la sensibilité du test décroît rapidement, ce qui diminue la valeur des résultats obtenus.

COMPARAISON DES RÉSULTATS.

Corrélation des 2 épreuves. — Nous avons rassemblé 152 résultats dans un tableau sans tenir compte de l'âge, puis extrait un tableau partiel pour les enfants de 8 à 13 ans, comme il a été indiqué précédemment (tableau nº IX). Nous avons rectifié de manière à obtenir le même nombre d'enfants pour chaque âge. La répartition ne suit pas la loi de Gauss et l'étude ne peut être qu'approximative, mais fournit quelques renseignements intéressants.

TABLEAU IX

Corrélation du test P. V. et du test de combinaisons.

Combinaisons / P. V	<3	—3 à —2	—2 a 1	—1 à 0	0 à 1	1 a 2	2 à 3	3 a 4	4 a 5	TOTAUX
14 à 21	0,00952		0,00952							0,01904
21 1/4 a28				0,00952						0,00952
528 1/4 à 3			0,00714	0,00952	0,04197	0,00952				0,06815
35 1/4 à 42		0,00952	0,00952	0,06964	0,01479					0,10347
42 1/4 a 49			0,00526	0,00714	0,01151	0,03374	0,00607			0,06372
49 1/4 à 5	0,00625	0,00625	0,01678	0,04267	0,06103	0,05298				0,18596
55 1/4 a 66		0,03006	0,02491	0,05996	0,07078	0,04398	0,04112	0,03176	0,00526	0,30783
63 1/4 à 70				0,02970	0,02730	0,06276	0,05333	0,03844	0,03078	0,24231
TOTAUX.	0,01577	0,04583	0,07313	0,22815	0,22738	0,20298	0,10052	0,07020	0,03604	1

Coefficient de corrélation : $r = 0{,}452$.
Équations des droites de régression :

$$Y_1 = 53{,}79 + 3{,}165\ (X_1 - 0{,}68)$$
$$X_2 = 0{,}68 + 0{,}0647\ (Y_2 - 53{,}79)$$

On constate bien une liaison entre les 2 variables; toutefois r est peu élevé étant donné les grandeurs comparées. On apprécie une même grandeur, en principe, avec 2 épreuves différentes; les variables qui entrent en jeu ne sont probablement pas toutes les mêmes.

Corrélation des 3 variables (1). — Il nous a paru intéressant d'étudier rapidement la corrélation entre les trois variables suivantes : l'âge (1), le résultat des combinaisons (2), le résultat du P. V. (3). Nous relevons les résultats suivants :

$$r_{12,3} = 0{,}198$$
$$r_{13,2} = 0{,}528$$
$$r_{23,1} = 0{,}277$$

Le test P. V. est lié davantage avec l'âge qu'avec le test des combinaisons, il en est de même de ce dernier. On voit sur les 3 équations de régression l'importance des indications du test de combinaisons dans la liaison entre les deux autres variables.

Il y aurait lieu d'essayer d'appliquer dans une étude plus complète les

(1) Undy YULE, *An introduction to the théorie of statistics.*

théories de l'analyse des corrélations pour rechercher les facteurs communs aux 2 épreuves.

Comparaison des résultats groupés par classes. — Les moyennes du P. V. donnent rapidement des résultats très condensés, le test de combinaisons reste beaucoup plus longtemps instructif. On est tenté de voir dans le groupement des notes du P. V. une influence scolaire puisqu'on aperçoit, sur l'ensemble des tableaux, une corrélation beaucoup plus importante avec un minimum d'acquisitions scolaires qu'avec l'intelligence. (Les élèves sont répartis en classes fortes et classes faibles d'après les indications des maîtres.) Nous donnons à titre d'indication 3 tableaux (tableaux X, XI et XII).

TABLEAU X

Classe : 1re B.

COMBINAISONS

AGES / NOTES	9 à 9 1/2	9 1/2 à 10	10 à 10 1/2	10 1/2 à 11	11 à 11 1/2	11 1/2 à 12	12 à 12 1/2	12 /12 à 13	13 a 13 1/2	13 1/4 à 14	14 à 14 1/2	14 1/2 à 15	TOTAUX
0 et 1 combinaison. .													
2 combinaisons — erreur 4													
< —3													
— 3 à — 2										1			1
— 2 à — 1					1								1
— 1 à 0.							1	1	1	1			4
0 à 1						1			2				3
1 à 2						2	4			2	1		9
2 à 3						1	1		1	2	2		7
3 à 4									2	1	1		4
4 à 5							1						1
TOTAUX					1	4	7	1	6	7	4		30

Age moyen : 13 ans
Note moyenne : 1,50

Médiane : 1,666
Écart des notes extrêmes : 8

P. V.

AGES / NOTES	9 à 9 1/2	9 1/2 à 10	10 à 10 1/2	10 1/2 à 11	11 a 11 1/2	11 1/2 à 12	12 à 12 1/2	12 1/2 à 13	13 à 13 1/2	13 1/2 à 14	14 à 14 1/2	14 1/2 à 15	TOTAUX
0 à 7.													
7 à 14													
14 à 21													
21 à 28													
28 à 35													
35 à 42													
42 à 49													
49 à 56													
56 à 63					1		2			3	1		7
63 à 70						4	5	1	6	4	3		23
TOTAUX					1	4	7	1	6	7	4		30

Age moyen : 13 ans
Note moyenne : 64,83

Médiane : 65,43
Écart des notes extrêmes : 14

Classe de C. E. P. comprenant les élèves ayant déjà échoué à l'examen, les élèves moyens de 2e B (les meilleurs ayant passé le C. E. P.), les élèves de 2e A (classe faible). — La moyenne des intelligences doit apparaître assez faible.

TABLEAU XI

Classe : 2e B.

COMBINAISONS

NOTES \ AGES	9 à 9 1/2	9 1/2 à 10	10 à 10 1/2	10 1/2 à 11	11 à 11 1/2	11 1/2 a 12	12 a 12 1/2	12 1/2 à 13	13 à 13 1/2	13 1/2 a 14	14 à 14 1/2	14 1/2 à 15	TOTAUX
0 et 1 combinaison . .													
2 combinaisons erreur 4					1							1	2
< — 3													
— 3 à — 2													
— 2 à — 1													
— 1 à 0					1	1		1	1				4
0 à 1.						1		1			1		3
1 à 2.						2	1	1					4
2 à 3.					2	1	3	1	2				9
3 à 4.				1	1	4	1	1	1				9
4 à 6.					1	1			1				3
TOTAUX				1	6	10	5	5	5	0	1	1	34

Age moyen : 12 ans 2 mois
Note moyenne : 2,28

Médiane : 2,555
Écart des notes extrêmes : 6

NOTES \ AGES	9 à 9 1/2	9 1/2 à 10	10 à 10 1/2	10 1/2 à 11	11 à 11 1/2	11 1/2 à 12	12 à 12 1/2	12 1/2 a 13	13 A 13 1/2	13 1/2 à 14	14 à 14 1/2	14 1/2 à 15	TOTAUX
0 à 7													
7 à 14													
14 à 21													
21 à 28													
28 à 35													
35 à 42													
42 à 49													
49 à 56						1	1						2
56 à 63				1	2	3		6	2		1	1	16
63 à 70					3	7	3		4				17
TOTAUX				1	5	11	4	6	6	0	1	1	35

Age moyen : 12 ans 4 mois
Note moyenne : 62,5

Médiane : 62,78
Écart des notes extrêmes : 21

Classe forte : les bons élèves susceptibles de passer le C. E. P. y vont (afin de décharger la 1re B). Il s'y trouve aussi des enfants plus âgés retardés scolairement par un accident, une maladie.

Cette sélection doit fournir une moyenne très élevée.

TABLEAU XII

Classe : 3e A.

COMBINAISONS

AGES / NOTES	8 à 8 1/2	8 1/2 à 9	9 à 9 1/2	9 1/2 à 10	10 à 10 1/2	10 1/2 à 11	11 à 11 1/2	11 1/2 à 12	12 à 12 1/2	12 1/2 à 13	13 à 13 1/2	13 1/2 à 14	TOTAUX
0 et 1 combinaison. .													
2 combinaisons — erreur 4					1	1							2
< 3					1								1
— 3 à — 2				1	1								2
— 2 à — 1						1	1	1					3
— 1 à 0.				2	2		1						5
0 à 1.		1		3	1	1	1					1	8
1 à 2.				2									2
2 à 3.					1						1	1	3
3 à 4.						1							1
4 à 5.													
TOTAUX		1	0	8	7	4	3	1	0	0	1	2	27

Age moyen : 10 ans 6 mois
Note moyenne : 0,1

Médiane : 0,1875
Écart des notes extrêmes : 8

P. V.

AGES / NOTES	8 à 8 1/2	8 1/2 à 9	9 à 9 1/2	9 1/2 à 10	10 à 10 1/2	10 1/2 à 11	11 à 11 1/2	11 1/2 à 12	12 à 12 1/2	12 1/2 à 13	13 à 13 1/2	13 1/2 à 14	TOTAUX
0 à 7													
7 à 14													
14 à 21													
21 à 28													
28 à 35													
35 à 42													
42 à 49													
49 à 56				2	3		1	1				1	8
56 à 63		1		4	2	3	1						11
63 à 70				1	1	1	1				1	1	6
TOTAUX		1	0	7	6	4	3	1	0	0	1	2	25

Age moyen : 10 ans 5 mois
Note moyenne : 60

Médiane : 58,86
Écart des notes extrêmes : 21

Classe faible de cours moyen 1re année; les intelligences ne sont pas encore très développées.

DES CONCLUSIONS.

Sur le test de combinaisons :

Existence d'une corrélation : Il existe une corrélation importante entre la note du test et l'âge de l'enfant; l'épreuve est applicable, sous la forme actuelle, dans un grand intervalle d'âge : à partir de 8 ans jusqu'à plus de 14 ans.

Absence d'acquisitions scolaires : Il est inutile d'insister sur la non-intervention des acquisitions scolaires dans le test proposé. Le collage à exécuter est un travail que les enfants de 4 ans savent faire. Sans un test de questions, où la lecture et l'écriture jouent un grand rôle, interviennent de nombreux facteurs autres que l'intelligence. Suivant la population testée les réponses peuvent varier.

Notation : Nous avons signalé les inconvénients d'une notation laissant place à l'interprétation du correcteur. La juxtaposition d'épreuves n'est intéressante que si l'on sait, au moins approximativement, comment intervient le caractère mesuré, et si l'on peut en déduire une moyenne pondérée. Mais surtout cette notation doit tenir compte des résultats dus au hasard (autrement que par la répétition de questions semblables, ce qui augmente simplement les notes).

Analyse des résultats : On peut obtenir une corrélation importante pour un groupe déterminé, mais encore faut-il vérifier que cette corrélation provient bien de la grandeur que l'on veut étudier. L'analyse des corrélations peut donner de précieuses indications.

Sur les modifications à apporter au test.

Nous apporterons quelques modifications dans les explications pour supprimer, ou presque, les cas singuliers. Des essais avec 2 exemples de combinaisons judicieusement choisis ont donné des résultats satisfaisants. Il nous faut déterminer les limites d'application du test ainsi modifié, et la précision de ses indications.

Forme nouvelle : Nous nous proposons de faire effectuer le test suivant : combinaison de 5 couleurs 2 à 2 (sans exemple) ou, si cela est trop facile, 7 couleurs. Dans un intervalle d'âge où les 2 formes du test sont applicables nous pourrons les comparer et établir une liaison.

Sur les résultats statistiques.

Précision des résultats : L'erreur sur la moyenne pour chaque âge peut être améliorée en faisant un grand nombre d'épreuves, mais l'écart-type gardera une valeur élevée. Lorsque l'on veut utiliser un test, il ne suffit pas de donner la note moyenne à chaque âge, il est *indispensable* de savoir avec quelle précision l'estimation peut être faite.

Distribution en 2 catégories : Nous avons montré la nécessité de distinguer 2 catégories, la première devant, autant que possible, être évitée ou réduite à quelques cas exceptionnels dans les limites d'application de l'épreuve. Si, dans la forme actuelle, on tient compte de tous les résultats, on supprime la difficulté mais on n'obtient pas ainsi une estimation correcte. On aurait un résultat analogue en physique en mesurant une grandeur avec un appareil dont la sensibilité ne convient pas, la précision n'étant pas la même pour toute l'échelle.

En dehors d'une distribution sensiblement normale on observe des résultats d'enfants moins doués ou anormaux qui s'accumulent dans le deuxième groupe, sans distinction de niveau. C'est une des raisons qui nous a conduit à limiter à 8 ans l'application du test.

Notes moyennes : Lorsque pour chaque âge la distribution est normale et que pour l'ensemble des colonnes l'écart-type est constant on se trouve dans les meilleures conditions d'utilisation. On constate une limite d'application inférieure due au développement insuffisant de l'intelligence et à la sensibilité trop faible de l'épreuve. La moyenne ne tend pas vers zéro avec l'âge dans le cas de séparation en 2 catégories. La sensibilité doit rester aussi constante que possible dans l'intervalle d'âge où le test est utilisé.

Nous avons montré que les deux tests collectifs étudiés sont relativement peu précis. Mais peut-on espérer une épreuve tout à fait significative dans un intervalle d'âge étendu?

On peut tirer d'utiles indications des tests collectifs lorsque l'on connaît la valeur des mesures faites mais il ne faut pas en déduire systématiquement plus de résultats numériques qu'ils ne peuvent en donner.

Raymond Forest.