J.M.J.   Louvain, 1932-33.

22-3

Les Méthodes Psycho-physiques.

Prof. A. Michotte.

Nous allons nous occuper d'une étude plus approfondie des méthodes psycho-physiques.

Elles ont pour but, comme toute méthode scientifique, d'établir des relations de dépendance entre certains phénomènes.

Toutes les recherches scientifiques ont pour but de trouver des lois empiriques; et ces lois empiriques s'expriment toutes par un rapport de séquence constante.

Cette séquence peut s'exprimer ainsi: Chaque fois que l'antécédent est donné, le conséquent tend à se produire.

Pareilles séquences peuvent présenter des différences.
Et tout d'abord au point de vue de l'Antécédent et du Conséquent.
L'Antécédent ou le Conséquent, et parfois tous les deux, peuvent avoir une simple valeur QUALITATIVE: être la constatation d'un fait.ex: Il pleut; je crois que cette couleur est rouge.
Il est possible d'établir une certaine séquence qualitative Ex: Le premier homme qui a laissé tomber une pierre a pu remarquer, que, chaque fois qu'il la lâchait, elle tombait.
De même, si je constate que de l'eau abandonnée dans une tasse, sèche, s'évapore, je constate une loi constante entre des faits qualitatifs.

Le fait peut de plus donner lieu à des appréciations QUANTITATIVES, et on peut établir des différences.
Dans certains cas, ce seront des différences d'ordination: il pleuvine, il pleut, il tombe une pluie torrentielle.

C'est là un ordre de grandeur sans valeur quantitative. De même classer à l'oeil des dessins, dire: j'étais bien ému: ce sont là des graduations équivalant à une ordination.

Nous pouvons avoir le cas ou l'antécédent et le conséquent ou bien l'antécédent ou le conséquent sont susceptibles de mesures proprement dites.
Exemple: la vitesse des corps en fonction de la durée des temps de chute; les lois exactes de la vaporation, l'eau à telle pression et à telle température se transforme en gaz avec telle rapidité.
Les autres types de fréquence correspondent à des stades

préscientifiques. Il en est ainsi de la physique naïve que nous avons connue avant nos études de physiques.

Donc avant de mesurer, nous n'avons que des mesures approchées. Il y a également des différences considérables, au point de vue de la constance de la séquence, et pas seulement au point de vue de sa nature.

Il y a des fréquences absolument constantes, telles les lois de la physique.

Chaque fois que j'augmente la différence de potentiel entre deux circuits électriques....

Mais dire que: un ciel nuageux annonce la pluie, ce n'est pas énoncer une loi constante, il y a une certaine contingence.

Pour préciser une loi comme celle-là, il faut savoir combien de fois le conséquent se produit quand l'antécédent est donné; quelle est la probabilité de voir apparaitre le conséquent quand l'antécédent est présent.

Autrement la loi nous est imparfaitement connue.

Donc, il y a des différences quant à la constance du lien qui existe entre l'antécédent et le conséquent.

Mais si la nébulosité du ciel n'est pas toujours un signe de pluie, ce n'est pas qu'il y ait une certaine indétermination dans les lois de la nature.

Cela tient à ce que les phénomènes dépendent de plusieurs facteurs et que nous n'en envisageons qu'un seul.

Ainsi pour la pluie la baisse barométrique n'est qu'une cause, il faut de plus dans l'air la présence de poussières plus ou moins grandes qui provoquent la condensation.

Lorsque nous envisageons la situation en psychologie, nous constatons que, malheureusement, les domaines dans lesquels nous pouvons établir des lois analogues à celles de la physique, sont très restreintes.

Et pour deux raisons:

a) D'abord parce que, pour une grande partie du domaine psychologique, les faits ne peuvent être établis que d'une façon qualitative.

b) Et deuxièmement parce que, toutes nos relations sont déterminées par un nombre si considérable de facteurs, que nous n'obtenons guère de séquence parfaitement constante.

Vous savez, par des études faites dans d'autres cours, combien on cherche à obtenir des résultats quantitatifs, par la méthode de construction d'échelles objectives notamment, et d'autre part, comment on tâche d'obtenir des résultats définis au point de vue constance, en utilisant les méthodes statistiques et en appliquant les procédés de la statistique.

Pour ce qui est de lois entre des facteurs appartenant à notre vie interne, la situation est encore beaucoup plus difficile.

En effet, rappelons-nous que la vie interne d'un individu distinct de nous-même nous échappe totalement.

Le contact que nous avons avec elle est indirect, par le langage, et nous ne pouvons pas espérer pouvoir reconstruire en nous-mêmes, grâce au langage, la vie interne d'un autre individu.

Cela est évident pour le domaine des sensations.

Par exemple lorsque quelqu'un affirme; "Je vois un papier blanc", je sais seulement que l'impression qu'il ressent, il a appris à lui donner le nom de "blanc", mais peut-être est-ce ce que j'appelle du rouge.

Impossible de savoir s'il a la même impression que moi: la similitude des termes du langage n'est nullement une garantie de la similitude des perceptions.

Il y a beaucoup de daltonistes qui emploient les noms de couleur d'une façon correcte.

Donc les mots ne donnent aucune garantie au point de vue qualitatif.

Et surtout quantitatif: lorsque quelqu'un dit: "J'ai très mal", peut être cela correspond-il à ce qu'un autre appellera " un peu mal".

Donc, lorsqu'on veut étudier la vie intérieure en se basant sur le langage, et c'est le seul moyen qu'on ait, on peut être en présence de faits qualitatifs semblables, mais nous n'en savons rien.

Quant à la quantité, cela doit nous laisser très sceptiques.

Aussi lorsqu'on veut, en psychologie établir des lois, on ne trouve qu'une seule base; la base d'analogie très vague.

Tout le monde sait que si l'on fait agir des rayons d'une certaine longueur d'onde sur l'oeil, la plupart des gens ont des sensations subjectives semblables, plus ou moins, abstraction faite des cas pathologiques.

Les seules raisons que nous ayons de la soupçonner, c'est l'analogie de la structure des individus d'une part, et une analogie dans la réaction des individus d'autre part.

Les rayons bleux, à courte longueur d'onde ont un effet différent des rayons rouges sur le tonus de l'oeil.

Les mêmes rayons produisent les mêmes réactions relatives: ce n'est qu'une analogie.

Il est certain que nous n'avons pas exactement la même impression en voyant la même couleur, non plus qu'en intendant le même son. Aussi, établir des lois est très difficile.

Les données du langage d'un individu, pour autant qu'elles désignent l'apparition d'un phénomène, n'ont qu'une valeur descriptive, elles ne peuvent avoir qu'une valeur heuristique, c'est à dire servir d'amorce pour des problèmes.

Quelqu'un raconte un fait et emploie les expressions suivantes: " J'ai consenti à tel arrangement, j'ai rejeté telle idée, j'ai accepté telle proposition."

Au point de vue du langage, cela veut dire quelque chose pour celui qui parle, mais rien ne garantit qu'il y ait identité entre ce qu'il dit et ce que nous comprenons.

Aussi la seule façon de procéder serait de faire ceci:

a) Je constate que, dans certains cas, des individus parlent d'intervention volontaire: "j'ai consenti, rejeté, etc...."Je suppose alors que lorsqu'ils parlent d'intervention volontaire, il se passe en eux quelque chose de différent de ce qui se passe lorsqu'ils disent avoir agi involontairement.

Encore y-at-il des nuances dans le sens du mot "volontaire" à différents moments de la vie.

b) En second lieu, je puis supposer que, lorsque différents individus disent avoir agi volontairement, il s'est passé quelque chose d'analogue, qu'il y a eu un fait qualitatif non mesurable dans leur vie intérieure.

Mais si j'en reste là, impossible d'établir une loi scientifique véritable.

Je devrai chercher si, lorsque l'individu me parle de ce phénomène, il n'y a pas eu de caractères constants qui se présentent comme caractéristiques de cet évènement.

Si je puis établir cela, je pourrai ultérieurement utiliser ces connaissances pour déterminer le phénomène en question.

Donc, les données introspectives seules d'abord sont qualitatives et ne peuvent donner lieu qu'à une certaine ordination très grossière; en second lieu, avant d'établir des lois même préscientifiques, il faut pouvoir contrôler des données par des manifestations extérieures du phénomène en question.

C'est le seul moyen d'assurer à ces lois une valeur universelle. Il faut toujours en revenir à un critère objectif, on ne peut établir des lois que par ce moyen.

Nous venons de parler de faits psychologiques assez élevés; venons-en à des données psychologiques plus mesurables.

Les méthodes psycho-physiques proprement dites.

1.- L'objet direct des méthodes psycho-physiques est de faire l'étude de la sensibilité individuelle, mais elles peuvent résoudre plusieurs autres questions: attention, mémoire, fatigue, coopération des excitants, etc.

2.- On subdivise les méthodes psychoèphysiques en quatre:

a) La Méthode d'Ajustement, dite également méthode de l'erreur moyenne.

b) La Méthode des Limites, dite également des variations minimales.

c) La Méthode des Excitations Constantes, dite également des cas vrais et des cas faux.

d) La Méthode dite des Graduations Moyennes ou des intervalles égaux.

3.- En réalité cette énumération ne dit pas grand'chose, parce que ces méthodes ne servent pas toutes au même objet;

a) La 2e et la 3e servent à la mesure des Seuils.

b) La 1re est utilisée à d'autres effets.

c) La 4e à des problèmes différents encore.

CHAPITRE I.- La Méthode d'Ajustement.

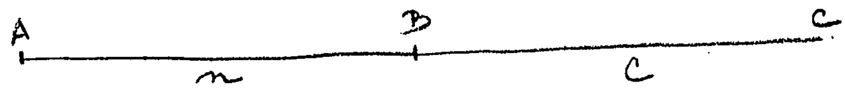
On demande dans ce cas à un sujet d'établir au moyen d'un dispositif technique qu'il a en mains, l'égalité subjective entre deux excitants ou deux groupes d'excitants ; et l'opération consiste à mesurer la grandeur de ces excitations après que le sujet à établi l'égalité.

Dans le cas de ces expériences donc, l'excitation constitue l'antécédent, le conséquent, c'est l'impression subjective d'égalité, phénomène purement qualitatif tandis que l'antécédent est quantitatif et mesurable.

Nous avons ici un cas mixte.

La question est de savoir en quel cas l'impression d'égalité se produit.

Faisons une expérience avec la règle de Galton et nous en prendrons les résultats quantitatifs.



A et B, curseurs fixes; A B constitue l'excitant normal.
C curseur mobile; B C constitue l'excitant de comparaison.

On peut réaliser l'expérience de deux manières:
a) en faisant l'ajustement de la grandeur de comparaison à la grandeur normale; N C.
b) dans le sens inverse: C N.

Dans les deux cas, on peut partir d'une grandeur de comparaison ou plus grande que l'excitant normal N C et C N
ou plus petite que l'excitant normal N C et C N

Nous obtenons ainsi quatre séries d'expériences et elles sont toutes nécessaires pour avoir des résultats qui signifient quelque chose.

De plus, il faut réaliser ces quatre expériences de façon à réaliser pour chaque cas les conditions qui pourraient faire varier les résultats, conditions que l'on appelle "erreurs variables" telles que l'influence de l'exercice et de la fatigue.

Il est clair que si l'on réalise d'affilée un grand nombre de fois les expériences N C et N C , les mesures qu'on obtiendrait pour C N et C N , si on les faisait tout de suite après pourraient être des nombres différents parce que le sujet est plus fatigué pour ces dernières que pour les premières.

Aussi les différents types d'expériences doivent-ils être réalisés alternativement, de façon qu'on puisse dire que chacun à été réalisé dans les mêmes conditions.

Voici les résultats obtenus l'an dernier pour quatre séries de 25 exercices. L'excitant normal était 400 mm.

Série N C 415, 433,435, 437, 430, 427, 415, 425, 438, 405 423, 434, 418, 419, 434, 428, 450, 421, 423, 412, 429, 417, 422, 425, 418.

Série N C : 369, 405, 407, 386, 416, 410, 389, 425, 388, 389, 401, 408, 392, 389, 394, 396, 403, 391, 388, 402, 410, 426, 413, 394, 396.

Série C N : 384, 365, 374, 372, 385, 381, 380, 372, 362, 379, 374, 383, 391, 409, 383, 391, 378, 393, 395, 380, 375, 389, 392, 391, 399.

Série C N : 357, 366, 371, 356, 369, 394, 363, 365, 374, 365, 366, 367, 350, 371, 361, 376, 377, 380, 381, 378, 385, 383, 389, 394,

Remarques:

a) La simple lecture de ces résultats amène à remarquer que les résultats obtenus sont variables et que l'excitant de comparaison ne correspond pas à l'excitant normal. Donc on commet en général des erreurs.

b) Mais il y a erreur seulement quand on compare les résultat objectifs, cette erreur n'a une valeur d'erreur seulement dans son rapport avec l'objet.

Au point de vue subjectif, il n'y a pas d'erreur. Ce qu'on a demandé au sujet c'est de donner une grandeur qui lui donnait " une impression d'égalité", or le sujet était honnête et toutes les mesures ci-dessus lui ont laissé l'impression d'être égales à l'excitant normal.

C'est en ce sens qu'il faut comprendre le mot "erreur".

c) L'impression d'égalité ne naît pas toujours de la même façon, tantôt c'est un excitant qui a donné l'impression d'égalité, tantôt plusieurs facteurs variables s'ajoutent aux conditions objectives pour déterminer l'impression.

Et les méthodes de mesure employée en psychologie ont essentiellement pour but de savoir quels sont précisément ces facteurs variables.

d) Evidemment, on peut employer ces méthodes au point de vue purement objectif; pour savoir, par exemple, si un ouvrier peut mesurer des longueurs égales.

Mais au point de vue psychologique, ce qui est intéressant, c'est de savoir quelles erreurs s'ajoutent aux conditions objectives pour déterminer notre impression. Et c'est pour cela que l'on fait ces séries de mesures.

La méthode la plus simple pour étudier ces résultats, c'est de les examiner sous forme de graphique, d'en faire une représentation dans l'espace, pour ainsi dire, en faisant un polygone de fréquence ou courbe de dispersion.

On portera en abcisse les longueurs de l'excitant de comparaison et en ordonnée les fréquences.

Mais ici il faut faire attention. Que signifie un ajustement à 369 mm? La seule chose déterminable c'est qu'il y a eu tant de cas compris entre telles limites 365 à 370,etc...Aussi on ne prend pas le nombre de cas où il y a eu des représentations, mais combien de fois on a eu des représentations en deça de telles limites. Ex: Combien de cas 365 à 369....

Bien entendu, nous avons pris ici une mesure absolument arbitraire: 5 mm; nous pourrions avoir pris 1 mm....; la représentation graphique serait correcte.

La seule question pratique, c'est de chercher une unité qui permette de faire voir la répartition; c'est un point de vue utilitaire: chercher par tâtonnement le genre de répartition qui sera le plus frappant et qui montrera mieux la tendance de la répartition.

En traçant les quatre polygones de fréquence, on peut constater:

a) Que la variabilité n'est pas indéfinie; elle est comprise entre certaines limites.

b) Que toutes les valeurs n'ont pas la même fréquence, certaines valeurs sont plus probables que les autres;

c) Que les courbes ainsi obtenues indiquent le résultat brut de l'exercice, elle montre les valeurs qui ont donné une impression d'égalité.

d) Que les courbes obtenues pour N C et N C sont peut-être assez différentes. Ceci permet de se rendre compte que le fait de commencer par un excitant de comparaison qui est plus petit ou plus grand que l'excitant normal, exerce déjà une influence sur les conditions objectives de l'impression d'égalité.

La simple comparaison des histogrammes permet d'obtenur grosso modo certaines indications sur les conditions qui agissent sur l'impression d'égalité.

Mais la courbe de fréquence ne borne pas son utilité à cette constatation.

La grande utilité d'une courbe de fréquence, c'est de voir dans quelle mesure la répartition d'un phénomène variable se fait suivant la loi de probabilité de Gauss, c'est à dire de voir si la variation du phénomène se fait purement au hasard, oui ou non.

Si oui, il n'y a aucun facteur qui contribue à cette impression d'égalité.

Et si nous savons cela, nous pourrons en tirer toutes les conséquences qui résultent de la loi de Gauss, notamment l'utilisation de l'Erreur probable.

Voilà la grande utilité de tracer des courbes de déviations.

Elles permettent de voir du premier coup d'oeil la grandeur de la variabilité, très grande en (a), plus petite ne (b).

Bref, la réalisation des polygones de fréquence nous permet de faire toutes sortes de constatations.

Si l'on obtient d'une manière certaine une courbe de dispersion qui ne répond pas à la courbe de Gauss, on peut être certain qu'il y a d'autres facteurs. Et si nos résultats nous amènent à des courbes comme celles-ci, on ne peut appliquer les méthodes de statistique qui découlent de la loi de Gauss, le calcul de l'erreur probable, par exemple.

J'ai dit:" si l'on obtient d'une manière certaine", en effet, on obtient presque toujours des courbes irrégulières quand on opère sur un petit nombre de cas, parce que en opérant sur de petits nombres, la répartition des résultats peut avoir une mauvaise distribution simplement par le fait du hasard.

C'est la même chose si l'on tire une bille d'un sac où il y a 50 billes noires et 50 blanches. La probabilité est de 0.5 puisqu'il y a 50% de blanches et 50% de noires.

Si l'on tire 100 fois, on arrivera peut-être à 60 noires et 40 blanches environ.

Mais si l'on tirait 100 000 fois, il est probable que l'on tirerait 50 000 noires et 50 000 blanches.

Il faut que les multiples facteurs qui agissent aient l'occasion de se présenter, et, plus il y en a, plus il faut de ces occasions, sinon il y a des chances que le résultat ne réponde pas à la probabilité.

Je suppose que cette expérience de la règle de Galton se fait selon la loi de Gauss (et elle se fait ainsi) si vous ne faites l'expérience que cent fois, la courbe de dispersion sera irrégulière, mais cela est dû au nombre insuffisant d'expériences: tous les facteurs n'ont pas eu l'occasion de manifester leur effet.

Il est important de savoir si l'irrégularité de la courbe est due à l'intervention de plusieurs facteurs spéciaux ou au petit nombre d'expériences.

On multiplie alors les expériences, et si un bon nombre de groupes de cent expériences amènent la même asymétrie, il y a bien des chances qu'elle soit due à des facteurs spéciaux.

Il faut alors chercher les causes qui la déterminent.

Voilà le rôle de ces courbes de fréquences. Mais ces courbes, quand il s'agit de comparer les résultats de différentes expériences, ne constituent qu'un moyen difficilement maniable.

Et de plus, elles ne permettent pas l'application directe des mesures quantitatives.

Pour y arriver on tâche de synthétiser les courbes et de les représenter sous forme numérique.

Cette représentation sous forme numérique comporte d'une part l'établissement de valeurs représentatives: mode, médian, moyenne arithmétique; et, en second lieu une mesure de variabilité.

Mais cette valeur représentative demande un mot d'explication

a) En effet, si vous vous reportez à la signification de l'expérience faite avec la règle de Galton, la courbe vous dira qu'une impression subjective de grandeur se produit dans des conditions différentes.

Il s'agit donc de conditions 1°variables; et 2° d'une grande variabilité.

b) Mais qu'est-ce que cela peut bien signifier de représenter cette grande variabilité par une moyenne? et que signifie cette moyenne?

Supposons qu'il y ait 200 ajustements et que leur moyenne soit 425.

Qu'est-ce que cela veut dire? Il serait absurde de dire que c'est la valeur qui donne l'impression d'égalité.

S'il s'agissait de mesures physiques (comme la mesure d'une table ou même du mètre étalon, avec des mesures un peu précises) le grand nombre de mesures arriverait à éliminer les erreurs, et la moyenne représenterait la grandeur véritable de "fait"

Mais ici il n'y a pas de grandeur véritable qui donne l'impression d'égalité.

Donc cette valeur représentative n'a pas le même sens que la moyenne dans les mesures physiques.

Nous étudions la possibilité d'obtenir une valeur représentative d'une grandeur variable et nous avons examiné le cas de la moyenne arithmétique.

Dans les mesures physiques, la question se pose fort simplement, car il y a là une grandeur vraie et invariable; par exemple, nous mesurons le mètre étalon.

Néanmoins, si je cherche à lire mes mesures avec une très grande précision, les résultats différeront entre eux, car il y a, toujours là un élément d'appréciation: ou bien il y aura coïncidence parfaite entre les deux bouts de la mesure et je devrai l'apprécier; ou bien je devrai évaluer la différence entre la ligne A de la graduation et le bout de la règle.

D'autre part, s'il n'y a pas coïncidence parfaite comme ici, nouvelle évaluation à faire A + 2/10, et donc il y a encore appréciation? Et, pour mille mesures, il y aura des différences et elles se répartiront selon une courbe de Gauss, c'est à dire que certaines valeurs seront plus fréquentes et que les valeurs extrêmes seront rares.

Dans les mesures physiques, cela va se produire invariablement, quelles que soient les mesures et les détours employés, car toujours il y a appréciation et doute.

On peut chercher à réduire la zone objective du doute.

Si, au lieu de mesurer une grandeur au moyen d'une échelle graduée au millimètre, j'ai une vis micrométrique. et que chaque tour de vis équivale à un centième de mm, au point de vue observation, il y a la même appréciation à faire.

Sans doute, la valeur sera plus précise puisque la graduation correspond à un centième de mm; mais la mesure ne sera pas plus précise, seulement les limites extrêmes correspondront à des valeurs objectives bien plus petites.

On peut les réduire à un millionnième...mais pour ce qui est de l'acte de mesure même, elle n'est pas plus précise, elle variera toujours, et toujours de la même manière.

C'est toujours l'évaluation d'un espace entre deux lignes et quelle que soit la précision des méthodes, il y a toujours variation due à l'observation comme telle.

Cette variabilité elle-même peut être due à des causes très multiples: pression sanguine qui dilate plus ou moins la rétine...

Or lorsqu'il s'agit de déterminer, parmi toutes ces mesures, quelle est la mesure vraie ou celle qui a le plus de chances de correspondre à la mesure vraie, on se trouve naturellement en présence d'un problème de probabilité et la moyenne n'est qu'une solution de ce problème de probabilité.

Or comment arrive-t-on à cette solution? On y arrive par la loi de Gauss et par la distribution normale étudiée par Gauss.

On peut arriver à comprendre très aisément l'idée fondamentale de la courbe de Gauss au moyen d'un exemple donné par un compatriote, M. Quételet.

Supposons qu'un phénomène A puisse être influencé par un certain nombre de facteurs,- prenons 7 facteurs pour préciser les idées - et supposons aussi que chacun de ces facteurs (a,b,c,d,e, f,g,) puisse agir soit en agrandissant soit en diminuant la grandeur A, et dans la même mesure.

Ces sept facteurs peuvent agir:

a) soit dans le sens positif (+): agrandir A et dans la même proportion.

b) soit dans le négatif (-): diminuer A et dans la même proportion.

D'autre part, ces facteurs peuvent se combiner de toutes les manières positives et négatives.

On peut avoir a positif et tous les autres négatifs:
b " " " " " "
c " " " " " "

On peut aussi avoir a et b positifs et les autres négatifs, etc....

Les effets de ces facteurs se mélangent au hasard: quelles seront les différentes valeurs que prendra la grandeur A?

Pour le savoir, il faut savoir quelles sont toutes les combinaisons possibles de ces facteurs et nous le pouvons par la méthode des permutations.

Parmi toutes ces combinaisons nous pouvons en imaginer une et une seule où tous les facteurs seront positifs, de même il n'y a qu'une combinaison où tous les facteurs seront négatifs.

Supposons un négatif et six positifs, il y aura ici sept combinaisons possibles: chacun des sept facteurs sera négatifs à son tour. De même, il y aura sept cas où l'on aura un positif et six négatifs.

Le calcul montre qu'il y a 21 combinaisons où nous aurons 5 positifs et 2 négatifs, ou bien 5 négatifs et 2 positifs.

Le calcul montre aussi qu'il y a 35 combinaisons où nous aurons soit 4 positifs et 3 négatifs, soit 3 positifs et 3 négatifs.

Si nous supposons A être un facteur égal à 10 et que chaque factegr ait pour effet d'ajouter une unité s'il est positif ou de retrancher une unité s'il est négatif. Quelle répercussion cela peut-il avoir sur cette grandeur A? →

N° de combinaisons	Sortes de combinaisons	Grandeurs de A.
1	7 + et 0 -	10+7=17
7	6 + " 1 -	10+5=15
21	5 + " 2 -	10+3=13
3 5	4 + " 3 -	10+1=11
35	3 + " 4 -	10-1= 9
21	2 + " 5 -	10-3= 7
7	1 + " 6 -	10-5= 5
1	0 + " 7 -	10-7= 3
-		
128cas		

Nous le voyons dans la dernière colonne.

De telle façon que, si la grandeur A varie sous l'influence de nombreux facteurs qui peuvent agir dans le sens positif ou dans le sens négatif, nous trouverons que certaines des valeurs de A seront très fréquentes, d'autres très peu.

A prend toutes les valeurs de 3 à 17, avec des fréquences différentes: 3 et 17 une fois sur 128... (11 et 9, 35 fois.)

Il est facile de voir que si nous portons les grandeurs en abscisse et les fréquences en ordonnée, nous aurons la courbe en cloche.

Par conséquent on peut arriver à montrer a priori que l'on peut obtenir la courbe en cloche avec des phénomènes variant sous l'influence de facteurs agissant au hasard.

Gauss est arrivé à faire la même démonstration par voie mathématique, d'une façon bien plus élevée, en partant de ces trois postulats:

a) Lorsqu'une grandeur est variable, toute grandeur de variation est possible a priori.

b) Ces variations sont supposées dues à un nombre considérable de facteurs qui peuvent donner lieu à toutes les combinaisons/ possibles,

possibles et qui peuvent agir soit dans un sens positif pour agrandir la valeur, soit dans un sens négatif pour la dimimuer;

c) Les variations de la grandeur sont d'autant moins probables qu'elles sont plus grandes.

Partant de ces trois postulats, Gauss a démontré a priori que, si on les admet, on devrait aboutir à une courbe en cloche, donc symétrique.

J'ajoute que cette loi peut être démontré expérimentalement d'une façon très simple, qui est classique.

Vous connaissez ces jeux d'enfant espèce de billard où l'on fait descendre des billes qui heurtent des clous placés en quiconque.

Si au lieu de billes on emploie un grand nombre de plombs qui s'écoulent d'un entonnoir, ils seront renvoyés d'après l'incidence avec laquelle ils toucheront les clous.

Ces incidences et les directions que prennent les plombs sont infiniment variées.

A la fin de l'expérience l'ensemble des plombs donnera une disposition qui aura la forme de cloche.

On constate la même chose chaque fois qu'un phénomène obéit seulement au hasard.

Si par exemple on tire sur un objet déterminé, les obus ne tombent pas tous au même endroit, et cela dépend d'une multitude de facteurs: température de l'obus, densité de l'air, direction du vent, la charge qui fait partir l'obus, etc....

Et si l'on étudie sur le terrain la répartition des endroits de chute, on constate qu'ils sont plus serrés autour du point visé et qu'ils se dispersent tout autour.

Et si l'on comptait sur une ligne horizontale A B les obus tombés et que l'on mesurât la distance entre les points de chute et l'objet visé, on obtiendrait aussi une dispersion d'après la courbe de Gauss, à supposer que le canon ne soit pas faussé.

Donc cette loi est établie a priori et se vérifie expérimentalement chaque fois qu'on laisse le hasard agir.

Par conséquent, nous avons le droit de conclure que, lorsque nous voyons un phénomène varier suivant cette loi, ce phénomène varie sous l'influence de causes fortuites.

Mais s'il en est ainsi, nous arrivons à cette conclusion que, dans les mesures dont nous parlions tout à l'heure, la MOYENNE ARITHMETIQUE DOIT NOUS REPRESENTER LA GRANDEUR RELLE DU PHENOMENE.

En effet, si nous avons une dispersion en cloche, c'est à dire symétrique, la symétrie même de la dispersion prouve qu'il y a autant de déviation dans le sens plus que dans le sens moins, et autant de même grandeur.

Pour plus de précision, disons qu'il y a autant de cas à droite et de même grandeur et avec la même fréquence qu'il y en a à gauche.

Donc si je prends la moyenne arithmétique je vais éliminer toutes ces variations, et il restera autant de fois la valeur A que cette valeur a été présente. Et pour avoir A, il suffit de diviser cette somme par le nombre de cas.

L'addition, en effet, revient à supprimer ces valeurs x qui représentent les altérations dues aux facteurs fortuits.

Nous aurons ainsi la justification de la Moyenne arithmétique, qui égale $\frac{m}{n}$

$$\begin{array}{l} a - 4x \\ a - 4x \\ a - 2x \\ a - \ \ x \\ a \\ a + \ \ x \\ a + 2x \\ a + 3x \\ \underline{a + 4x} \\ 9a \quad \text{Moy: } 9a-9 \end{array}$$

De ces considérations, nous pouvons tirer immédiatement l'une ou l'autre conclusion, et notamment celles-ci, qui sont très simples et qu'on perd souvent de vue dans la pratique.

a) La première, c'est que la Moyenne arithmétique ne signifie quelque chose que dans le cas où il y a dispersion normale.

(Si j'avais, en effet, un cas: a-4x qui ne fut pas compensé par un cas: a+4x, la somme serait 9a - 4x et la moyenne serait environ a - 0.45 x.)

b) La seconde conclusion, qui n'est que le développement ou un autre aspect de la première, c'est qu'il est absurde de prendre une moyenne de valeurs qui sont soumises à des variations systématiques, c'est à dire qui se produisent constamment dans un sens.

Je suppose que nous ayons à mesurer la vitesse avec laquelle un individu exécute un mouvement.

Nous le lui faisons exécuter une fois, puis 2, 10, 50 et même 100 fois. Suffira-t-il de prendre la moyenne de ces mesures?

Cela est absurde, car, sous l'influence de l'exercice et de la fatigue causée par l'exercice, le mouvement se fera plus lentemer et la moyenne sera en A et représentera seulement un moment de l'exercice.

C'est prendre la moyenne entre les objets disparates; des éléphants et des bouteilles.

Il faut atteindre un palier où l'expérience s'est stabilisée en une certaine mesure, autrement la Moyenne ne représente rien.

Prenons une erreur que l'on commet fréquemment dans la pratique.

Soit à déterminer la température à laquelle l'eau entre en ébullition.

Je fais une première expérience en mettant l'eau sous une pression de 1000 atmosphères. Puis d'autres avec 50, 40,30,20 etc atmosphères.

J'aurai chaque fois des températures différentes. La Moyenne de toutes ces différences ne signifie rien du tout: c'est encore comparer des éléphants à des bouteilles.

En pratique, cela joue un très grand rôle dans les mesures psychologiques parce qu'ici nous trouvons toujours des variations systématiques, ne fût-ce que celles qui résultent de l'exercice et de la fatigue.

Si on a des mesures du début de l'exercice et d'autres de la fin, la moyenne est du même genre que celle de la température à différentes pressions.

Il faut donc être prudent en utilisant des moyennes.

La moyenne est donc une valeur représentative dans le cas d'une mesure physique. Mais pourquoi utilise-t-on la moyenne dans les mesures PSYCHOLOGIQUES?

Tout d'abord, pourquoi mes mesures étaient-elles variables? Ce n'est pas à cause de mes instruments. Je dois supposer que cela est dû à une variation du MOI comme observateur.

D'autre part, si je vois que mes différences observées se répartissent suivant la courbe de Gauss, je puis dire

a) que j'ai commis des erreurs.

b) qu'elles ont été fortuites, les unes +, les autres -.

c) et que par conséquent, en prenant la Moyenne arithmétique, je pourrai éliminer les erreurs d'observation et que j'obtiendrai la valeur réelle de l'objet qu'il s'agissait de mesurer.

Mais dans un problème comme celui de l'utilisation de la règle de Galton, il ne s'agit plus d'un objet individuel à mesurer mais de voir à quoi correspondait mon impression d'égalité de deux grandeurs.

Et là nous pouvons supposer que CHAQUE MESURE EST EXACTE; ne s'agit plus ici d'erreurs d'observation (laissons de côté le erreurs possibles de l'expérimentateur); je puis affirmer que chaque mesure, à tel moment, m'a donné une impression d'égalité

Donc le problème n'est pas le même que pour la mesure de grandeurs objectives.

Ici, il s'agit d'un objet COLLECTIF, d'une collection de longueurs exactes qu'il faut représenter.

Pour les représenter, on peut introduire ici une fiction et se figurer la chose d'une manière semblable à celle des mesures objectives. On peut se dire, par exemple: "Il y a une grandeur qui donne l'impression d'égalité, mais, sous l'influence de facteurs fortuits, il peut se produire des déviations qui sont analogues aux erreurs constantes dans les autres mesures."

C'est là une pure fiction; mais elle se justifie par le fait que la répartition des faits collectifs est exactement la même que celle des autres faits.

Nous pourrons donc y utiliser la moyenne, mais en lui donnant un sens différent: c'est un CHIFFRE qui représente un objet collectif et non la mesure d'une grandeur fixe.

Reportons-nous un instant aux expériences dont nous avons eu les chiffres.

Nous y voyons que la moyenne N C est 412 et la moyenne C N est 377.

Nous obtenons donc deux moyennes différentes, et nous nous trouvons immédiatement en face de ce problème: "Quelle signification importe-t-il de donner à cette différence entre les moyennes

Ce problème est très important.

Cette différence résulte-t-elle bien réellement de la différence dans les conditions d'expérience?

Pour le savoir, il faut pouvoir affirmer que si je n'eusse pas changé les conditions d'expérience, il eût été impossible d'avoir des moyennes si différentes.

Il est évident en effet que pour affirmer que la différence vient du changement des conditions dans l'expérience, il faut être certain qu'il eût été impossible d'obtenir deux moyennes si différentes sans changer les conditions.

Or d'une part nous constatons sans difficulté que si nous reprenons plusieurs fois des mesures sans changer les conditions, les moyennes ne sont pas toujours identiquement les mêmes.

Et cela vient de ce que les mesures résultent en général d'un nombre trop limité de cas, et que, par conséquent, elles ne représentent pas toutes les combinaisons possibles des facteurs; un certain nombre seulement ont l'occasion d'intervenir.

Et, certaines fois, les facteurs favorables à un sens(positifs, par exemple) prédominant, d'autres fois, ce sont les facteurs favorables à l'autre sens.

De façon qu'il peut y avoir des variations qui dépendent de cette répartition des combinaisons.

Nous nous trouvons ici dans cette situation. Les expériences même faites dans les conditions extérieures les plus favorables possibles, donnent des moyennes différentes.

Cette influence est-elle due au nombre limité des cas ou aux conditions qui existent?

En d'autres mots, serait-il possible d'obtenir des différences si grandes si elles n'étaient dues qu'à la mauvaise répartition.

On ne peut répondre à cette question qu'en se basant sur le calcul des probabilités, sur la loi de Gauss.

Donc revenons à la courbe de Gauss.

COURBE DE GAUSS.

Je rappelle qu'elle est purement théorique et qu'elle repose sur trois postulats:

a) Lorsqu'un phénomène est variable, toute variation est possible, dans les deux sens (positif ou négatif)

b) Puisque les variations sont purement fortuites, il y a autant de chances qu'elles soient positives ou négatives.

c) Ces variations fortuites résultant de la combinaison d'une multiplicité de facteurs; elles auront d'autant plus de chances de se produire qu'elles sont plus faibles, et d'autant moins qu'elles seront plus grandes; c'est à dire que puisque toute variation est possible à priori, une variation infiniment grande est possible mais qu'elle est peu probable, et que la variation la plus probable sera la plus petite, c'est à dire la variation égale à 0, par rapport à la grandeur.

Le calcul amené Gauss à trouvé une formule exprimant la probabilité d'une variation d'une grandeur donnée et à déterminer les facteurs qui déterminent cette probabilité.

Il est arrivé ainsi à une formule célèbre dont il faut comprendre la signification. Elle exprime la Probabilité d'avoir une erreur ou variation entre 0 et x;

F : probabilité
h : un facteur spécial: l'INDICE DE PRECISION.
e : 2.72, la base des logarithmes naturels;
: intégrale ou sommation de toutes les fréquences correspondant aux différentes valeurs infiniment petites de l'abscisse;
dx : différentielle de x, i, e, les variations infiniment petites.

Dans cette formule, il n'y a en somme que trois inconnues F, h et x; tout le reste est connu.

Ces trois inconnues peuvent varier:
F, la probabilité, qui peut aller de 0 à 1 et qui est fonction de x;
x, la grandeur de la variabilité;
h, l'indice de précision.

En effet, la probabilité des variations d'une grandeur donnée n'est pas nécessairement toujours la même, cela dépend de la variabilite même du phénomène.

Pour représenter cela sous une forme imaginative, la même formule peut s'appliquer à un nombre infini de courbes.

Seulement dans certains cas, la variabilité du phénomène du phénomène est plus grand.

Nous avons une même moyenne qui correspond au pied de la perpendiculaire, mais, dans chaque cas les valeurs les plus rapprochées de la moyenne sont les plus nombreuses.

Ce qui est différent c'est donc l'amplitude de la variabilité: c'est cette valeur qui correspond à h.

Plus h est grand, et plus grande est la probabilité d'avoir une erreur dans telle limite, plus grand sera le nombre de variations comprises.

Donc cette formule exprime la probabilité de variation d'une grandeur déterminée en fonction d'un indice de précision h.

Et nous pouvons comprendre que connaissant deux facteurs, nous pouvons calculer le troisième.

1° Connaissant la probabilité et la variation d'une grandeur donnée, nous pouvons calculer h, ou l'indice de précision et avoir une mesure de la variabilité;

2° Si nous connaissons une grandeur de variation et la valeur h, nous pouvons calculer la probabilité de cette grandeur de variation.

3° Enfin, connaissant h et une probabilité quelconque, nous pouvons calculer la grandeur de variation correspondante.

Ce sont des calcules de cette sorte que l'on fait en statistique psychologique au moyen des calculs du sigma.

En effet l'indice de précision correspond comme concept et dans sa nature au sigma ou à l'écart probable.

Il n'a pas la grandeur de mais il joue le même rôle.

Cela revient à dire que si nous connaissons la probabilité d'une certaine variation, nous pouvons en déduire l'écart probable et si nous connaissons l'écart probable, nous pouvons déterminer quelle sera la probabilité des différents écarts par rapport à la moyenne.

Revenons à l'examen de la courbe.

Elle exprime simplement une loi de probabilité, elle indique la probabilité de Variation d'une grandeur qui correspond à ce qu'on appelle la Moyenne, lorsqu'elle se fait suivant les trois postulats d'où est parti Gauss.

La surface incluse entre les lignes extrêmes de la courbe,i,e, entre la ligne courbe et l'abscisse représente tous les cas, 100% ou une probabilité de 1.

Et la probabilité correspondant à une franction de l'abscisse sera représentée par la surface correspondante de la courbe par rapport à la surface totale.

La probabilité de la variation d'une grandeur de O à X est donc représentée par la surface hachurée rapportée à la surface totale.

Mais quel est le sens de cette courbe, et pourquoi emploie-t-~~oil~~ des intégrales?

C'est qu'on ne peut répondre à cette question:" Quelle est la probabilité d'un écart déterminé, par exemple égal à x"

Et pourquoi? Parce que le nombre des possibilités est infini, il y a une infinité de possibilités de variations, et que par conséquent, a priori chaque variation individuelle est infiniment peu probable.

La seule chose que nous puissions dire par le raisonnement a priori, c'est qu'elle est la probabilité d'avoir une variation comprise entre telles limites, entre telle et telle grandeur, parce qu'alors seulement cette probabilité s'exprime par une

surface, qui est évidemment une partie de la surface totale.
Mais la variation d'un point déterminé de l'abscisse n'est pas en rapport avec la surface; c'est une ligne.

Donc on ne peut résoudre le problème d'avoir la probabilité d'une variation entre 0 et x que par l'intégration, qui signifie la somme de toutes les surfaces infiniment petites correspondant à des variations infiniment petites de l'abscisse.
Voilà la façon dont on peut utiliser la courbe de Gauss.

Revenons maintenant au problème qui nous occupe(voir p.14)

La différence que nous avons constatée entre nos moyennes (expériences avec la règles de Galton) répond-elle réellement aux différentes conditions d'expériences ou est-elle due simplement au hasard?

Supposons la deuxième moyenne 377, et supposons aussi que le phénomène se répartit suivant la courbe de Gauss (et nous toute raison de le supposer).
Quelle chance ya t-il que j'aie une valeur correspondante à 412, ou plutôt car cette dernière formule n'est pas exacte que j'aie une valeur plus petite ou plus grande que 412?

Pour pouvoir répondre à cette question, il faut évidemment que je connaissance l'allure exacte de cette surface, c'est à dire la variabilité; la surface est-elle très élevée ou aplatie?

Le problème d'avoir une variation de 0 à x ne peut être résolu que si je connais h, l'indice de précision, qui donne la forme de la courbe.

Il faut donc calculer d'abord la forme de la courben i, e, une valeur correspondante à h. Cette valeur, c'est l'écart probable, qui vaut environ les 2/3 exactement 0.6745 d'une autre valeur qu'on appelle sigma ou écart étalon.

Et l'on part de l'écart étalon, précisément parce qu'il est facile à calculer. Il est égale à la racine carrée de la sommation des carrés des résidus sur le nombre des valeurs.

L'écart étalon et l'écart probable ne sont pas la même chose que h, ce sont des valeurs qui entrent dans d'autres formules. h ne donnerait pas le même chiffre, mais ils jouent le même rôle.

Il est très facile de calculer le sigma. En fait le calcul peut etre long mais il est d'une simplicité enfantine?

		Résidus	R2	
12		2	4	
11		1	1	
10	Moyenne	0	0	10
9		1	1	
8		2	4	

$$\sqrt{\frac{\Sigma r^2}{n}} = \sqrt{\frac{10}{5}}$$

On se sert beaucoup de l'écart étalon et surtout de l'erreur probable, qui est plus frappante.

En effet, le calcul montre que lorsqu'on prend le 0.6745 de , On obtient une variation qui suivant la formule de Gauss divise exactement la surface en deux parties égales, c'est à dire représentant la moitié des cas.

C'est une question de déduction et non de fait, d'observation. L'écart probable est un chiffre rationnel obtenu en partant d'une valeur facile à calculer.

On peut définir l'écart probable: une valeur qui a autant de chances d'être dépassée que de ne pas être atteinte.

Il y a autant de chances que les variations soient plus petites que l'écart probable qu'il y a de chances qu'elles soient plus grandes.

Et il est facile de comprendre maintenant que cet écart probable correspond évidemment à la forme de la courbe: plus la courbe sera élevée et plus l'écart probable sera rapprochée de la moyenne.

Donc la forme de la courbe est adéquatement déterminée lorsqu'on connait l'Erreur probable.

Ainsi l'Erreur ou l'Ecart probable joue exactement le même rôle que l'indice de précision :h.

Nous sommes arrivés aux notions suivantes au sujet de la courbe de Gauss:

1- Nous connaissons la signification de la Moyenne;

2- Nous savons ce qu'indique la surface de probabilité incluse dans la courbe.

3- Nous savons que cette surface est adéquatement déterminée par l'écart probable.

Et si maintenant, en partant des expériences de Gauss, nous calculons l'Ecart probable et la moyenne, il nous sera facile de construire une véritable courbe théorique, et non plus simplement un histogramme.

Ces deux chiffres suffisent puisque nous avons deux variables correspondant à P et à h.

Après avoir parlé de la question de la moyenne, nous avons fait un détour pour étudier la loi de Gauss, et nous avons vu que dans la formule (page 16) il n'y avait que trois inconnues:

P : la probabilité d'avoir une variation donnée.

x : la grandeur de cette variation.

h : l'indice de précision.

Nous avons vu aussi, par des résultats expérimentaux, que l'on peut arriver à connaître deux de ces facteurs.

On peut démontrer aussi que l'écart probable est égal à environ les deux tiers (exactement 0.6745) de la racine carrée de la moyenne des carrés des résidus.

Tout ceci est établi a priori.

Lorsque nous faisons des mesures, nous pouvons donc calculer la valeur de cette erreur probable, puisque nous pouvons calculer les résidus.

Cela étant, en possession de cette valeur, nous pourrons déterminer exactement la courbe de dispersion que nous avons.

Par exemple, dans les expériences faites avec la règle de Galton, nous connaissons la moyenne 412, nous pouvons calculer les résidus de chaque grandeur puis l'écart probable.

Je place la moyenne 412, je détermine la distance de l'écart probable de part et d'autre et je sais qu'à cette mesure correspond la moitié de la surface de la courbe.

Or il n'y a qu'un seul moyen de dessiner la courbe pour que la surface hachurée corresponde à la moitié des cas.

De telle façon que, connaissant l'écart probable, et la probabilité qui est 0.5, je puis en déduire x.

La courbe est adéquatement déterminée: je puis la dessiner.

Une fois la valeur de h connue, nous pouvons calculer la probabilité correspondant à n'importe quel écart. Il suffit de faire varier dans la formule la valeur de x.

Calculer la probabilité correspond ici à calculer la partie de la surface correspondante.

En se basant sur ce genre de raisonnement, on peut déterminer par le calcul un nombre suffisant de points de la courbe pour pouvoir la dessiner.

La moyenne est nécessaire pour donner la position de l'échelle. Mais la moyenne et d'écart probable suffisent pour calculer la probabilité de n'importe quel écart de la moyenne.

(Le cours de statistique psychologique donne les moyens pratiques pour faire ce travail).

En pratique, quelle est la portée de la connaissance de cette erreur probable? Que peut-on en tierer?

(Remarquons en passant que le mot "Erreur" a été employée surtout parce que ces calculs servaient à mesurer des erreurs d'observations, mais "erreurs" et "écart" sont aussi mal trouvés l'un que l'autre, puisque ces mots désignent des longueurs d'abscisse.)

1- Une première utilisation consiste précisément à tracer la courbe de dispersion idéale qui correspond au phénomène que l'on étudie.

Je suppose que nous ayons obtenu des résultats expérimentaux et que nous ayons tracé un histogramme

En lui-même, c'est une simple représentation graphique, matérielle des résultats obtenus.

On peut chercher à voir dans quelle mesure cette courbe empirique correspond avec la courbe idéale.

Puisque nous avons la Moyenne et l'Ecart probable(ou l'Ecart étalon), étant à même de calculer les probabilités, nous pouvons tracer la courbe idéale, nous pouvons voir jusqu'à quel point elle coïncide avec l'histogramme réel et s'il n'y a pas de différences très sensibles comme ab et cd....

On peut par là calculer si ce sont des différences dont il faut tenir compte ou pas, des différences significatives ou non, si elles résultent simplement du hasard, de causes fortuites que l'on peut négliger.

Si elles sont tellement grandes qu'elles ne puissent être attribuées au hasard, cela nous montre que les résultats ne coïncident pas avec la courbe de Gauss, il faudra en conclure que, dans les études ultérieures, nous n'avons pas le droit d'appliquer les conséquences de la courbe de Gauss.

(Cela poserait aussi la question de savoir pourquoi la répartition n'est pas normale; autre objet de recherches).

Voici donc une première utilisation de l'écart probable.

II- Je puis me servir des résultats d'une autre manière. Je constate que si un écart par rapport à la moyenne est égal à l'écart probable (c.à.d. la moitié de la surface de la courbe) sa probabilité sera de 0.5 ou de 1 chance sur 2, ou probabilité de 1 contre 1. Pour 2 E P , de 1 à 5.6, etc....

Ecart = E.P.	Probabilités
2E.P.	1 : 1
3	1 : 5.6
4	1 : 23
5	1 : 143
	1 : 1342

Pour comprendre le sens de cette affirmation reportons-nous à la courbe. Si j'ai trouvé un écart égal à l'écart probable, au cours de mes recherches expérimentales, je puis dire que si je refais les recherches dans les m conditions j'aurai une chance sur 2 que le résultat soit compris dans les limites de l'écart probable (50% des cas.

En d'autres termes. Supposons une moyenne de 412 et un écart probable de + 10 et de - 10.

Cela signifie que, si je refais une fois l'expérience dans les mêmes conditions, il y a une chance sur 2 pour que la nouvelle mesure soit comprise 412+ 10 ou 422 et 412-10 ou 402. Et si je refais un grand nombre de mesures, la moitié des mesures seront comprises entre 422 et 402.

Maintenant supposons que l'on prenne deux fois l'erreur probable: 412 + 2 fois 10 : 432 et 412 - 2 fois 10 : 392

Je sais que mes mesures se feront 5.6 fois en dedans de ces limites pour une fois en dehors.

Or quand nous atteignons un écart correspondant à 5 fois l'écart probable, il n'y a plus qu'une chance contre 1342 que les mesures soient en dehors de ces limites.

Par conséquent j'aurai déjà une certitude presque absolue que des variations aussi grandes ne se produiront pratiquement jamais.

Revenons aux mesures trouvées de fait: 412 et 377, soit une différence de 35.

Si l'écart probable avait une valeur de 10(environ un tiers de ma différence, je n'aurais qu'une chance sur 23 que cette différence soit due au hasard.

Donc, dans un cas sur 24, je pourrai avoir une pareille différence par le simple jeu normal du hasard.

Si mon écart était de 7 unités, ma différence étant 35 ou 5 fois plus grande, cet écart ne pourrait se rencontrer sous l'influence de combinaisons fortuites que dans 1 cas sur 1343.

Il suffira alors de faire deux mesures pour avoir la certitude qu'il est impossible que cette différence soit due à des conjonctures fortuites; elle est due à certains facteurs spéciaux.

Donc, dans les expériences N C et C N il doit y avoir un facteur spécial qui expliquerait la différence.

Donc, la connaissance de l'Erreur probable:

1) Permet de construire la courbe idéale et de la comparer à l'histogramme ou la courbe réelle.

2) Permet de savoir si une différence est l'effet du hasard ou d'un facteur spécial.

En réalité, lorsqu'on compare ainsi une différence entre deux mesures 412 et 377, il y a nécessairement deux valeurs de sigma, l'une correspondant à 412, l'autre à 377; et les deux valeurs moyennes sont variables soit dans un sens soit dans l'autre et la différence des mesures dépend de la conjoncture qu'on va rencontrer

De telle façon que, lorsqu'on a affaire à des différences entre des mesures, il ne suffit pas de calculer la variabilité de chacune des mesures; il faut calculer aussi la variabilité de la différence et elle répond à la racine carrée de la somme des carrés des deux mesures de variabilité.

Ainsi si* le sigma de 412, et le sigma de 377, on aura de la différence =

Strictement parlant, on ne peut être assuré que la différence entre deux mesures est significative que si elle est égale à au moins 4 fois le sigma de la différence ou à 5 fois l'écart probable

Revenons à ce que nous disions tout à l'heure. Nous avons obtenu nos deux moyennes (412 et 377) au moyen d'un nombre quelconque d'expériences et nous avons calculé le sigma individuel.

Ce sigma s'appelle sigma individuel, de même que l'écart probable qu'on en tire.

Cela veut dire que si, après avoir fait ces expériences, je refais une seule mesure ultérieure du même phénomène, il y a une chance sur deux qu'elle soit comprise entre 422 et 402.

Cette mesure de variabilité ne permet de prévoir l'avenir. Je puis prophétiser la grandeur qu'aura la mesure individuelle que j'aurai(à la condition, que les premières expériences aient été assez nombreuses pour signifier quelque chose: 25 à 30 expériences est un minimum).

Mais remarquons bien que, dans la formule pour établir la moyenne, la valeur du sigma individuel ne changera pas sensiblement, quel que soit le nombre des expériences que l'on fasse.

En effet, si en devient plus grand les résidus ou la valeur de R2 augmente avec chaque expérience, donc le numérateur de notre fraction augmente en ~~m~~ temps que le dénominateur.

La valeur du sigma est indépendante du nombre des expériences du moment qu'on en a suffisamment pour qu'il signifie quelque chose.

On peut se demander: A quoi sert alors de multiplier les expériences?

A priori, il est évident que, plus nous augmentons le nombre des expériences, plus il y a de chances que le chiffre de notre moyenne se rapproche de la grandeur réelle (s'il y en a une).

On démontre théoriquement que la précision consiste en ceci:
Si, au lieu de prendre une moyenne et de la comparer à une mesure ultérieure isolée, je compare la première moyenne à une deuxième moyenne faite dans les mêmes conditions, cette deuxième moyenne variera dans une mesure beaucoup plus petite que les mesures isolées; et cela dans une mesure qui n'est pas proportionnelle au nombre de cas, mais à la racine carrée de ce nombre; c'est à dire que nous obtenons alors.

La valeur de ma variabilité de la moyenne va diminuer proportionnellement à la racine carrée du nombre de cas.

Ceci est essentiel pour comparer le rôle des moyennes.

Supposons, par exemple M : 412 et E.P. : $\mp$ 10 obtenues avec 100 mesures. Conclusion : si je fais une seule mesure, la moyenne sera entre 422 et 402.

Mais si je fais une autre série de 100 mesures, l'err. probable de la moyenne sera égale à

Ceci revient à dire que si ayant pris la moyenne de 100 mesures je prend, dans des conditions identiques une autre moyenne de 100 mesures, dans la moitié des cas, cette nouvelle moyenne sera comprise entre 412 + 1 ou 413 et 412 - 1 ou 411.

Comme on le voit je puis prédire avec plus de certitude et de précision quelle sera la valeur de cette nouvelle moyenne.

Le sigma individuel me dit dans quelle mesure variera une nouvelle mesure isolée;

Si je le multiplie par $\sqrt{\overline{}}_{n}$ j'aurai dans quel écart variera la nouvelle moyenne.

Donc lorsqu'on compare les différences entre les moyennes, il faut les comparer à la mesure de variabilité de la moyenne et non à la mesure de variabilité individuelle.

Il faut se rendre bien compte de ce que l'on cherche:

On peut chercher à savoir si une différence entre deux moyennes est significative: alors c'est le sigma de la moyenne qu'il faut chercher.

Dans d'autres cas, on peut avoir à utiliser le sigma individuel Je constate, par exemple, dans une série de mesures, des mesures fort aberrantes. Et je veux savoir si ces différences sont dues au hasard, je comparerai la différence entre ces mesures individuelles à la variabilité individuelle, et la différence pour être significative doit être 5 fois plus grande que l'écart probable.

Nous avons vu que la Variabilité joue un rôle considérable dans la courbe de Gauss et qu'elle se marque par l'écart étalon.

Nous avons vu aussi que la connaissance de cet écart étalon permet de résoudre certains problèmes:

1- Calculer la courbe théorique qui s'applique le mieux aux résultats;

2- Se rendre compte de la valeur de la différence obtenue, savoir si elle est l'effet du hasard ou si elle est due à la différence dans les conditions.

Je dois ajouter à ce propos que, lorsque la différence n'est pas significative, cela ne veut pas dire que la différence des conditions n'a pas agi.

Je suppose, par exemple, que nous ayons obtenu dans certaines conditions:

pour A une valeur moyenne de 100,
pour B une valeur moyenne de 110,

et qu'en calculant le sigma des moyennes nous obtenons $P_M = \pm 10$

je puis conclure que je ne sais pas si la différence des conditions a une signification; mais je suis incapable de conclure et de démontrer qu'elle en a une.

Si la différence égale trois ou quatre fois l'écart étalon, en sait qu'il est impossible qu'elle soit l'effet du hasard, la différence est significative. Mais si elle n'est pas aussi grande, elle peut être l'effet du hasard ou d'autre chose.

Il se peut que la différence dans les conditions amène une différence de ce genre.

Donc,

Une différence significative donne la certitude pratique que les conditions de l'expérience ont été différentes;

Une différence non significative ne démontre rien.

Nous avons vu la différence entre le sigma individuel ( ) et le sigma des moyennes (P_M) Et nous avons montré qu'il faut tenir compte de cette distinction.

Voilà donc deux utilisations du sigma:

construire la courbe théorique;

apprécier la valeur de la différence entre 2 moyennes;

Mais le sigma permet de résoudre un troisième problème:

Le sigma permet de déterminer le nombre d'expériences qu'il faudrait réaliser pour rendre une différence significative, à supposer que la variabilité restât la même.

Voici le problème posé d'une manière concrète, j'ai fais des expériences dans les conditions A et B.

J'ai trouvé dans les conditions A une moyenne de 100.

J'ai trouvé dans les conditions B une moyenne de 105.

et cela en faisant un petit nombre d'expériences, trente par exemple (il faut au moins ce nombre).

Je suppose qu'en calculant l'écart étalon, je trouve Pi= ± 20 (Ici le sigma (20) est sensiblement plus grand que la différence (5) entre les moyennes 100 et 105, ce qui arrive souvent).

Si j'en reste à ces 30 expériences, je puis me demander quel doit être le sigma des moyennes. Il m'est donné par la formule:

$$P_M = \frac{Pi}{\sqrt{n}} = \frac{Pi}{\sqrt{30}} = \frac{\pm 20}{5.5} = \pm 3.5 \text{ environ.}$$

L'écart étalon des moyennes obtenues par 30 expériences sera de 3.5, or la différence entre les moyennes n'est que 5, donc cette différence n'est pas significative.

Je voudrais tout de même savoir s'il y a une véritable différence. Puis-je le savoir en augmentant le nombre des expériences?

Evidemment oui, pourvu que mon Pi, ne change pas trop de valeur en augmentant le nombres des expériences. Ce sigma a été trouvé avec 30 expériences, peut-être variera-t-il avec 1500.

(Normalement, le Pi une fois trouvé avec 30 expériences ne devrait plus changer; en effet; puisque la formule est $Pi = \sqrt{\frac{\Sigma r^2}{n}}$, il est clair que la valeur r² (carré des résidus ou des différences individuelles de chaque valeur avec la moyenne) augmente en même temps que n).

Mais lorsqu'on a fait très peu d'expériences, le P_i peut avoir une valeur moins bonne due à différents facteurs.

Supposons que ce ne soit pas le cas.

Dans ces conditions pour obtenir un P_M qui me fasse apparaitre cette différence (105-100) comme significative, il faudra que le n'ait que la valeur de 1, la différence 5 étant alors 5 fois la valeur du sigma.

Or je puis savoir combien d'expériences il me faudra faire pour avoir un P_M qui ne soit pas plus grand que 1; car je sais que $P_M = \frac{Pi}{\sqrt{n}}$

Notre sigma individuel étant $\pm$ 20, pour obtenir un P_M égal à 1, il faudra que $\sqrt{n} = 20$ $P_M = \frac{\pm 20}{\sqrt{n}}$ il faut $\sqrt{n} = 20$ d'où $n = 400$.

Donc, il me faudra 400 mesures, et si, dans ces conditions le Pi ne change pas, j'aurai une différence significative.

Mais on objectera: "Alors on peut arriver à rendre toutes les différences de moyennes significatives pourvu qu'on fasse un plus ou moins grand nombre d'expériences/"

On ne le peut qu'à deux conditions:

1° Il faut qu'en multipliant les expériences, on garde la différence entre les nouvelles moyennes;

2° Il faut aussi garder la même valeur du sigma individuel.

Or ces deux conditions ne se trouvent réalisées que si l'on a eu la chance, dans les trente premières expériences d'obtenir un bon équilibre entre les déviations positives et négatives.

La moyenne ne restera la même que si l'on a obtenu, avec les 30 expériences, une moyenne qui correspond à la moyenne véritable, avec autant de variations positives et négatives.

Si c'est le cas, j'arriverai à montrer que la différence est significative parce qu'elle a correspondu à la réalité et que le Pi correspond bien à la mesure de la variation.

Quoi qu'il en soit, lorsqu'on a trouvé sur un petit nombre de cas une différence de ce genre, on peut prévoir le nombre d'expériences à faire.

Voilà donc trois problèmes à résoudre avec la connaissance de la variabilité.

Nous pouvons savoir maintenant si la différence entre nos mesures N C et C N était l'effet du hasard ou si elle dépendait des conditions.

Mais d'abord, il faut attirer l'attention sur une autre façon de traiter le même problème.

Tout au début de ces leçons, nous avons vu comment tracer u héstogramme. On porte les valeurs en abscisse et les fréquences en ordonnée.

Il est d'ailleurs illusoire de vouloir représenter les valeurs individuelles. On utilise chaque fois un certain écart: de 370 à 375, de 375 à 380 etc...par exemple, et on porte en ordonnée le nombre de cas.

Mais il existe une autre méthode de représentation graphique que l'on utilise couramment.

Elle présente quantité d'avantages pratiques dans certains cas.

Elle consiste à renverser la disposition précédente, en ordonnée on porte les différentes valeurs possibles des mesures, en abscisse, le nombre de cas.

Supposons pour concrétiser que nous réalisons le graphique suivant:

Ayant fait les mesures N O, nous les plaçons d'abord par ordre de grandeur de la plus petite à la plus grande.

Supposons que nous ayons fait 50 expériences et divisions l'abscisse en 50 parties

Au point de l'abscisse correspondant à chaque expérience, faisons passer une ordonnée correspondant à la longueur des mesures de N O par exemple 360, 370, 380,385...

L'obtiendrai une courbe en ogive; c'est l'ogive de Galton.

Si on pouvait mettre côte à côte sur un plan tous les hommes d'un pays par ordre de grandeur depuis le plus petit jusqu'au plus grand, et qu'on traça une ligne par le sommet des crânes, on obtiendrait cette ogive de Galton.

(Elle correspond à la courbe de Gauss. On y remarque en effet une montée rapide, puis une autre plus lente, puis de nouveau une montée rapide).

Mais en notant ainsi chacune des mesures en abscisse on n'obtient qu'une courbe grossière où se voient des sauts et des plateaux

Aussi comme dans l'histogramme, on a été amené à grouper les valeurs.

On divise l'abscisse en 100 parties; quant à l'ordonnée, on la gradue comme pour les histogrammes: 360-370,370-380,etc..en groupes de même valeur

Supposons que les dix premières mesures soient comprises entre 360 et 370, la surface du rectangle A les représentera, de C B,C;D...représenteraient les mesures suivantes, si les valeurs 10 à 20, 20 à 30, etc..étaient exactement contenues dans les groupes 370-380,390-400....respectivement.

La diagonale de ces rectangles représenterait la répartition.

Mais les mesures ne sont pas groupées aussi régulièrement. Nous pouvons avoir parfois le groupement ci-contre:

Lorsqu'on utilise cette figure, on prend comme valeur représentative une autre valeur que la Moyenne; et c'est précisément pour trouver cette valeur -- le Médian -- que l'on construit ainsi cette courbe.

Le Médian est la valeur exactement au centre de toutes les mesures rangées par ordre de grandeur.

La place du Médian est donnée par la formule n + 1

Si nous avons les mesures:51,52,53,54,55,55,56, le médian sera au 9 - 2 ou au rang 4.5 Sa valeur sera donc 53.5

Cette formule indique uniquement le rang du médian et non sa valeur.

Il n'est pas difficile de s'apercevoir que si l"on a affaire à une dispersion normale, le médian correspond avec la moyenne, en effet on a alors autant de cas plus petits que la moyenne et autant de cas plus grands.

D'autre part, le médian présente un avantage considérable sur la moyenne arithmétique: c'est d'être beaucoup moins influencé par les valeurs extrêmes.

Cela peut être intéressant pour beaucoup de mesures en psychologie. Car il arrive souvent dans ces mesures que certains facteurs donnent des mesures extrêmes et qui sont sporadiques.

Supposons que nous prenions des mesures d'acuité auditive et que nous calculions le temps de réaction.

Si un carillon sonne à un moment donné, l'expérience faite alors donnera un temps de réaction beaucoup plus long. Et il n'y aura guère de rencontre fortuites qui raccourciront dans la même proportion le temps de réaction; il n'y aura donc pas de compensation.

Ces quelques valeurs extrêmes peuvent faire monter la moyenne arithmétique. Ainsi j'ai les mesures 51,51,52,53,54,55,55,56. La moyenne arithmétique est 53.4 Si j'ajoute une mesure 70, la moyenne devient 497 + 9 = 55.2.

La moyenne a monté de deux points, encore n'y-a-t-il qu'une seule valeur extrême.

Le médian, au contraire, n'est presque pas affecté par les valeurs extrêmes. Car les valeurs groupées autour de la moyenne(au centre) en vertu de la loi de Gauss sont toutes très voisines. L'addition de valeurs exceptionnelles n'aboutit qu'à déplacer de 1,2... rangs et donc change peu la valeur du médian.

Par exemple, dans la première série de mesures, le médian est 53.5 quand j'y ajoute la valeur 70, le médian devient 54.

D'autre part, l'ensemble des résultats ayant comme valeur représentative le médian, on mesure la variabilité par une autre mesure, l'espace semi-interquartile; c'est à dire que l'on divise les mesures ordonnées par ordre croissant en quarts ou quartiles.

Si on a 99 mesures, le premier quartile ou quartile inférieur, représenté par $(n + 1) - 4 = (99 + 1) - 4 = 25$, est la 25e mesure en partant de la plus petite.

Le quartile supérieur est la 25e mesure en partant de la plus grande.

La différence entre ces 2 quartiles s'appelle l'espace interquartile.

Il comprend les deux quarts situés de part et d'autre du médian; par conséquent, la moitié des mesures.

Et pour avoir une valeur comparable à la valeur numérique de l'écart probable, on prend l'espace semi-interquartile $(A + B) - 2$.

Pour préciser, prenons les mesures de tout à l'heure: 51,51 52,53,54,55,56,70 9 mesures.
$Q_1 = (9 + 1) : 4 = 2.5$ rang. Valeur : 51.5.
$Q_3 = 0(9 + 1) : 4 \times 3 = 7.5$ rang. Valeur: 55.5.
Espace interquartile $= Q_3 - Q_1 = 55.5 - 51.5 = 4$
Espace semi-interquartile $= (Q_3 + Q_1) - 2 = 4 - 2 = 2.$

Dans le cas d'une distribution normale, cet espace semi-interquartile est identiquement la même valeur que l'écart probable et il comprend précisément la moitié 50% des valeurs.

L'avantage de l'espace semi-interquartile sur l'erreur probable est le $\hat{m}$ que celui du médian sur la moyenne arithmétique.

C'est à dire que l'espace semi-interquartile est bien moins influencé que l'erreir probable par les valeurs exceptionnelles, bien qu'en principe ce soit la même chose.

Ajoutons une règle pratique:

Nos deux mesures de variabilité n'ont de sens que par rapport à la valeur représentative correspondante.

Par conséquent, si on a calculé une moyenne arithmétique, on ne peut dire: "Pour varier, cette fois-ci, je vais la qualifier par l'espace semi-interquartile". Cela n'aurait pas de sens.

Il n'y aurait pas de sens non plus à prendre comme valeur représentative le médian et comme mesure de variabilité, l'écart probable. Donc.

L'espace semi-interquartile va de pair avec le médian.

Le sigma ou écart probable va de pair avec la moyenne arith.

Un dernier mot à propos de cette façon de tracer la courbe.

On peut la diviser en quartiles pr prendre une idées de la variabilité. D'autre part, au point de vue statistique, elles ont l'avantage de pouvoir être divisées en tranches de dixièmes ou en centièmes du nombre de mesures.

Et alors on obtient ce qu'on appelle respectivement des Déciles et des Percentiles. Après ces notions, nous allons revenir aux mesures psycho-physiques.

Dans mes mesures par les méthodes d'ajustement, nous avons trouvé deux moyennes différentes: 412 mm pour N C et 377 mm pour C N, soit une différence de 35mm, avec un excitant normal de 400 mm.

Je suppose que nous ayons obtenu la variabilité véritable; ce qui n'est pas vrai parce que nous avons fait un trop petit nombre d'expériences, mais supposons-le.

Nous pouvons alors calculer les ERREURS BRUTES d'ajustement en prenant la différence de l'excitant normal avec les moyenn.obtenues.

Dans le premier cas, nous avons:

Erreur brute = (412 - 400) $\pm$ correspondant;

E_b = 1 2 $\pm$, il y a eu sous-estimation de l'excitant de comparaison.

Dans le deuxième cas:

E_b = (377 - 400) $\pm$ = - 23 $\pm$; il y a eu surestimation de l'excitant de comparaison.

Supposons aussi qu'ayant trouvé ces résultats, nous ayons un avec une différence significative. Quelle conclusion peut-on tirer?

a) Dans la situation N C = 412, mon excitant de comparaison doit être plus grand que l'excitant normal pour paraitre égal au sujet de l'expérience, puisqu'il estime en moyenne une longueur de 412, comme égale à 400; donc l'excitant de comparaison (412) est sousestimé, ou regardé comme valant 400 seulement.

b) Dans le deuxième (C N = 377), il y a surestimation de l'excitant de comparaison, puisqu'on estime en moyenne une longueur de 377 comme égale à 400.

(Ces termes de sous-estimation et de surestimation donnent lieu à des confusions permanentes).

Cela étant, comme entre les deux séries d'expériences il n'y a qu'une seule différence: le changement de position des excitants, si je trouve toujours ces différences - et de fait elles se présentent toujours -je dois en conclure que la position influence les résultats.

Et de fait on peut s'apercevoir assez aisément ici que la différence d'estimation se fait toujours dans le même sens.

En réalité, dans le premier cas,(N C = 412), j'ai une sous-estimation de l'excitant de comparaison, et l'excitant placé à gauche est surestimé par rapport à celui de droite.

Dans le deuxième cas (N C = 377), c'est de nouveau l'excitant de gauche qui est surestimé.

Donc une grandeur qui est placée dans la partie gauche de mon champ visuel est surestimé par rapport à celle qui se trouve dans la partie droite.

Il y a donc une erreur. La position influence l'estimation de la grandeur. On appelle cela une erreur constante.

Erreur constante ne veut pas dire: erreur qui a toujours la même grandeur, mais une erreur qui tend à agir toujours dans le même sens.

On l'appelle souvent aussi "erreur systématique" ou "tendance systématique".

Si je veux savoir la grandeur de cette erreur systématique, comment pourrai-je la mesurer?

On peut y arriver de la manière suivante:

Nous allons mesurer deux fois les erreurs brutes, une fois en N C et une fois en C N.

Evidemment, nous ne savons pas du tout, a priori, quelles sont les composants de cette erreur brute.

L'examen des résultats ici nous montrera évidemment une erreur due à la position, et nous pouvons poser $E_b = B$.

Mais pratiquement il y a d'autres tendances (ou erreurs) constantes que celles-là, appelons-les x et nous avons: $E_b = P + x$

x peut avoir la valeur 0.

Donc, dans N C j'obtiens $E_{b1} = P + x$.
dans C N j'obtiens $E_{b2} = P + x$.

Dans le deuxième cas, j'ai renversé les conditions d'expérience par conséquent l'erreur due à la position va avoir des effets opposés à ceux de la fois précédente, Si je surestime ce qui est à gauche ce qui était favorable avec N C devient défavorable avec C N donc l'erreur de position va être de signe contraire, l'autre va rester inchangée.

Si maintenant j'additionne ces deux équations, j'aurai:
$E_{b1} + E_{b2} = 2x$

Et par conséquent, x égalera la moitié des erreurs brutes la position, ou encore, c'est un facteur constant dont on a supprimé l'influence de la position.

Maintenant, si au lieu d'additionner les équations, je les soustrais, j'obtiens

$$E_{b1} - E_{b2} = 2\ P\ ,\ \text{d'où}\ P = \underline{E_{b1} - E_{b2}}$$

On arrive ainsi à ces deux règles extraordinairemmnt simples:

a) Quand on prend la moitié de la somme des erreurs brutes obtenues dans des conditions diamétralement opposées, on ELIMINE l'erreur de position.

b) Quand on prend la moitié de la différence entre des erreurs brutes obtenues dans des conditions opposées, on obtient la mesure de l'erreur constante de position.

Appliquons cela maintenant à nos mesures. Ici les erreurs brutes sont: + 12 (412-400) et -23 (377 - 400)

x égale (12 + - 23) : 2 = 5.5

Donc à supposer que nos moyennes soient réellement significatives il y a eu, en dehors de la position, un facteur qui a agi dans les deux positions de telle façon que mon excitation a été surestimée, puisque j'ai une erreur résiduelle de - 5.5.

Quel peut être ce facteur? C'est évidemment matière à recherche. Mais il est sur que le fait que l'excitant de comparaison varie de position, influence dans un certain sens les résultats.

L'autre opération consiste à prendre la moitié de la différence

P = (+12 - 23) : 2 = 35 : 2 = 17.5 : erreur due à la Position.

Donc, sur cette longueur de 400mm, j'aurai une surestimation de 17.5 mm de l'excitant gauche par rapport à l'excitant droit provenant de la position dans l'espace.

17.5 est la valeur absolue de surestimation, la valeur relative serait 17.5 sur 400 environ 1/25

Et ceci suppose que les autres erreurs sont compensées.

Or l'on sait qu'il y a trois espèces d'erreurs:

a) Les erreurs FORTUITES, dues au hasard , et qui se compensent sur un grand nombre de cas.
b) Les erreurs VARIABLES, qui sont des influences progressives telles que celles de la fatigue et de l'exercice.
   On ne peut les éliminer, mais on peut compenser leurs effets en faisant les différentes espèces d'expériences aux mêmes stades de fatigue ou d'exercice.
c) Les erreurs SYSTEMATIQUES, qui agissent dans des sens déterminés.

Mais il faut bien comprendre le facteur P, dû à la position, et les facteurs x non dus à la position.

Je suppose qu'on demande de mesurer l'illusion de Müller-Lyer
Les flèches tendent à faire surestimer "a"
On demande de tracer en c une ligne de la même longueur que a.

Si je fais cela un certain nombre de fois, je vais éliminer les erreurs fortuites et j'aurai les Eb d'ajustement.

Supposons que ce soit + 25, c'est plus petit que a de 25 mm.

Cette erreur de 25 mm , mesure-t-elle l'influence des prolongements de a?

Absolument pas, puisque cette erreur brute peut avoir et a de fait- plusieurs composantes. En effet, en dehors de tout prolongement, il y a déjà une surestimation de l'excitant placé à gauche.

Donc il faut que j'élimine d'abord l'erreur résultant du fait que l'excitant est à gauche (En somme j'ai fais la série N C, il faut que je fasse la série C N).

Je ferai donc tracer des prolongements de "a" dans le sens opposé.

J'obtiendrai, mettons, une différence de -10.
Alors pour obtenir la valeur de mon illusion, je dois éliminer maintenant l'erreur P, en prenant la demi-somme des erreurs brutes:
(+25 + -10) : 2 = +7.5 (composantes du facteur x).

La moitié de la différence des deux erreurs donne l'erreur de position: (25 - 10) : 2 = 35 : 2 = 17.5

Il est absolument indispensable d'éliminer chaque fois les erreurs constantes de position.

Et ici, il faut prendre position dans un sens très général. Non pas seulement dans le sens de gauche ou droite, haut ou bas, mais dans le sens de renversement des conditions.

On a fait par exemple des mesures de contrastes avec deux champs de lumière, champ sombre a et champ éclairé b. Si d'abord on a pris b comme excitant normal, et a comme excitant de comparaison, on renversera les conditions en prenant a comme excitant normal et b comme excitant de comparaison.

Et l'on aura l'erreur pure, abstraction faite de l'erreur de position.

Le but de la méthode d'ajustement est donc de déterminer la valeur des influences constantes des tendances (erreurs) systématiques.

Sous ce rapport, elle peut être appliquée à quantité de problèmes, dont un problème intéressant est celui des équivalents.

Le problème des équivalents a pour but de déterminer les différences de sensibilité aux différents endroits du corps ou entre des modes différents de sensibilité.

a) Par exemple, si je veux savoir de quelle façon je perçois l'espace sur le poignet et sur le doigt, je puis appliquer au moyen d'un compas une certaine distance sur le poignet et voir quelle distance me donne l'impression d'être égale à la première sur le doigt.

Mais ici encore renversons les conditions prenant d'abord l'excitant normal sur le doigt et l'excitant de comparaison sur le poignet, par exemple; puis l'excitant normal sur le poignet et l'excitant de comparaison sur le doigt, car le différence peut provenir du sens (de la direction) de succession des excitants.

b) Si je veux comparer mon appréciation visuelle de l'espace, avec l'appréciation kinesthésique de l'espace, je puis regarder une ligne de 4 cm. par exemple, à 2 mètres de moi, puis un écran sous le menton, tracer de la main une ligne de même longueur.

Pendant cette dernière réaction je percevrai la longueur comme une sensation kinesthésique.

Ici encore, il faudra renverser les conditions, sinon mes valeurs seront entachées d'erreur de position.

Je pourrai, par exemple, tracer d'abord des lignes de longueur déterminée entre des règlettes cachées sous un écran, puis essayer de règler une longueur visuelle de m longueur.

Donc la méthode d'ajustement permet de résoudre tous les problèmes où il faut établir une égalité subjective et de mesurer les influences constantes.

Cette méthode psycho-physique ne sert donc pas à la mesure de la sensibilité dans le sens de mesure du Seuil.

Tout au plus y a-t-il une certaine correspondance entre la grandeur du seuil et la variabilité des ajustements.

Un exemple le fera facilement comprendre.

On mesure la sensibilité d'une personne pour la troisième dimension au moyen de deux tiges à mettre dans le même plan.

Il s'agit bien de méthode d'ajustement puisqu'il faut établir égalité, et il y aura des erreurs.

Les erreurs d'ajustements n'ont rien à voir avec le seuil, elles peuvent aller de pair avec une sensibilité très fine.

Il peut arriver que la finesse avec laquelle je percevrai les positions des règlettes soit très grande, bien que je commette une erreur systématique de 30 cm.

Un autre individu dont les erreurs fortuites oscillent dans un écart de 10 cm, pourra avoir une sensibilité moins fine.

L'erreur systématique est due à quelque chose d'absolument différent de la finesse mesurée par le seuil.

Mais s'il n"y a aucune corrélation entre la valeur des erreurs systématiques et la finesse mesurée par le seuil, il y a une corrélation entre cette finesse du seuil et la variabilité.

Plus la sensibilité est fine et moins les ajustements sont variables. Donc la variabilité mesurée par le sigma ou l'écart probable est en rapport avec le seuil.

Cependant cela n'est pas identique, car l'écart probable ou la valeur du sigma n'est qu'un des facteurs qui déterminent la variabilité des ajustements. Il n'y a pas d'égalité ni de correspondance absolue entre ces deux choses.

Cela est facile à comprendre. Prenons la règle de Galton. Je dois mesurer le point où s'arrête le curseur, mais cela n'est pas exclusivement déterminé par ma sensibilité. Il y a, par exemple, la dureté des mouvements, du maniement et d'autres conditions matérielles.

CHAPITRE II.- La Méthode des Limites.

La détermination du Seuil.

"Le seuil absolu est l'excitant tout juste perceptible"(Fechner)

Cette définition suppose une appréciation subjective de l'impression, car c'est le sujet qui doit déterminer cela. Elle ne rime à rien, car dans certains cas un excitant égal à zéro peut paraitre avoir été perçu.

Par exemple, lorsque dans la recherche du seuil, on donne un grand nombre d'excitants faibles, dans certains cas le sujet croit percevoir alors qu'il n'y a pas d'excitant. L'observateur peut dire que le sujet se trompe, mais, au point de vue subjectif, il y a eu une impression.

Au point de vue objectif, il n'y a pas d'excitant tellement faible qu'il ne déclanche pas une impression subjective.

Donc au point de vue purement objectif, cela n'a pas de sens de dire:" l'excitant le plus faible qui soit perceptible."

La notion du seuil n'a été précisée que beaucoup plus tard par G.E. Müller, qui a introduit cette notion:" le seuil doit être considéré au point de vue mathématique comme une grandeur variable".

Donc la seule définition qu'on puisse donner du seuil est une définition statistique.

"Le seuil est un excitant qui a autant de chances d'être perçu que de ne pas être perçu."

"Et le seuil différentiel est la différence d'excitant qui a autant de chances d'être perçue que de ne pas être perçue".

On exprime la même notion en disant que "le seuil est aux limites de la perception".

On a critiqué au point de vue statistique cette fixation de Müller à 50%, et la raison est bien facile à comprendre. En effet, qu'un sujet sans rien sentir du tout, réponde au hasard:" J'ai senti, je n'ai pas senti, il aura quand même 50% de bonnes réponses.

C'est pourquoi on utilise plutôt un autre percentage,75%

Cela dit, comment arriver à déterminer le seuil?

La première méthode, la plus simple apparemment, est la méthode des LIMITES que Wundt qui le premier l'a employée, a appelée la METHODE DES VARIATIONS MINIMALES.§

L'autre s'appelle la méthode des EXCITANTS CONSTANTS, alors que Fechner, son auteur, lui avait donné le nom de méthode des CAS VRAIS ET DES CAS FAUX.

Commençons par la Méthode des LIMITES.

Mais avant, signalons que ces deux méthodes diffèrent avant tout par la façon de faire les expériences.

Pendant longtemps, on a utilisé des méthodes de calcul différentes. En réalité, le procédé opératoire n'a rien d'essentiel.

La différence essentielle est la différence psychologique dans la façon de procéder.

Le procédé opératoire dans la méthode des limites, le procédé le plus obvie consiste à donner des séries progressives et c'est ce caractère progressif qui caractérise cette méthode, c'est à dire que l'on fait agir des excitants progressivement plus faibles ou progressivement plus forts.

Et cela peut se faire de deux façons.

On peut commencer par donner un excitant nettement perceptible et diminuer progressivement l'énergie physique de l'excitant.

Par ces échelons progressifs on déterminera le moment où le sujet cesse de percevoir.

Si alors, on fait agir sur le sujet un excitant beaucoup plus faible et qu'on augmente l'excitant progressivement, il arrivera un moment où le sujet recommencera à percevoir.

On obtient ainsi deux limites, et la limite de la perception sera comprise entre ces deux points.

Les deux limites ne coïncideront pas en général, et cela se comprend: le sujet ne se trouve pas dans la même situation dans les deux cas.

Dans le premier cas, il avait perçu tout d'abord; c'est le contraire dans le deuxième cas. N'étant pas dans la même situation psycho-physique, il y a une erreur constante qui agit.

Le point intermédiaire, la moyenne entre ces deux limites est la limite idéale de la perception à ce moment-là.

Si l'on recommence l'expérience on voit que ce point limite ne reste pas toujours le m. Il varie sous l'influence des mêmes facteurs que nous avons appris à connaitre précédemment, et que nous avons appelés " erreurs fortuites", "erreurs variables" (dues à la fatigue, à l'exercice), erreurs constantes" (dues à tous les facteurs qui agissent à un moment donné).

Et si vous tracez une courbe de dispersion des valeurs que vous avez obtenues, vous aurez la courbe de Gauss.

Il suffira de mettre en abscisses les valeurs de votre échelle objective et en ordonnées à chaque point de l'échelle la fréquence, c'est à dire le nombre de fois que le sujet a cessé de percevoir avec cet excitant.

De même on trace la courbe de fréquence des cas où le sujet a commencé de percevoir.

Les calculs sont simples. Il suffit de prendre la valeur moyenne pour éliminer les erreurs fortuites et de prendre aussi une mesure de variabilité.

Au point de vue pratique, il y a quelques principes à appliquer

1-Il faut commencer les expériences par des expériences de tâtonnement de façon à connaitre environ le niveau où comm. le seuil.

Et c'est assez difficile. Il faut tâtonner assez longtemps avant de découvrir la zone où se trouve le seuil.

2-Il faut aussi constituer la série des excitants qu'on va appliquer au sujet. Ici encore il faut tenir compte des certains principes:

a) Que les séries aboutissent toujours à des perceptions nettes La série décroissante, par exemple, doit commencer par des excitants suffisants pour être perçus nettement, la série ascendante se terminera aussi par des perceptions nettes.

Cela n'est pas facile car il y a souvent une zone assez considérable où le sujet n'est pas certain s'il a perçu ou non.

b) Les séries ne doivent pas être trop longues, sinon on aboutit à un résultat lamentable qui est d'ennuyer le sujet. Or un sujet ennuyé est souvent un sujet ennuyeux qui répond d'une manière générale ou stéréotypée.

Sept ou huit échelons, c'est généralement le nombre d'excitants à adopter.

c) Quant à la grandeur des échelons, quels principes à suivre? Doivent-ils être équidistants ou non?

C'est une question assez délicate. Si les échelons sont équidistants au point de vue physique, ils ne le seront pas au point de vue psychologique, du moins dans le domaine des intensités, car il y a à tenir compte de la loi de Weber.

On a proposé que les échelons entre les excitants plus forts soient plus grands.

Objectivement, il semble préférable de prendre des excitants inégaux, mais au point de vue mathématique, il faut des échelons égaux, qui correspondent à cette mesure phys. de l'énergie d'un excit

En général, on prend donc des excitants égaux. (Cependant il est parfois utile de prendre les premiers et deuxième inégaux pour partir d'une impression très nette.)

d) Si on admet des échelons égaux, quelle sera leur grandeur?

Si les différences sont trop petites, les résultats seront embrouillés, par la fréquence de jugements semblables trop nombreux.

Si les différences sont trop grandes, le seuil déterminé n'aura aucune précision, car la moyenne obtenue sera formidable, par exemple, le bruit d'une bille, et le bruit d'un coup de canon.

En pratique voici le fil conducteur:

Les excitants du début doivent être nettement perceptibles:

Il ne faut pas plus de sept ou huit échelons.

3-Cela posé, il y a encore une règle.

Dans les expériences de ce genre, il y a toujours certaines chances que le sujet réponde d'une manière stéréotypée. Il faut avoir un ressort pour maintenir l'attention du sujet en éveil.

On avertit le sujet qu'on distribuera au cours de l'exercice des expériences attrapes, où il n'y aura pas d'excitant donné après le signal' Dès lors, s'il ne veut pas faire rire de lui, il faut qu'il soit sur le qui-vive.

Nous devons étudier la dépendance de l'impression de grandeur d'après la grandeur des prolongements.

On dit il n'y a qu'à donner a un sujet une ligne avec prolongement et lui demander de donner une longueur égale. La différence donnera l'influence des prolongements.

Cela est inexact car l'erreur que j'aurai de fait en traçant une ligne subjectivement égale ne sera pas due aux prolongements seulement, mais aussi en partie au fait que l'un des excitants est à gauche l'autre à droite.

Il faut donc complèter par une seconde expérience inverse et en prenant la moyenne des ajustements j'élimine de l'erreur brute le facteur position et c'est la valeur de l'erreur restante qui me servira l'influence des prolongements.

Dans certains cas il pourrait se faire que l'influence de la position soit tellement forte que l'on ait des résultats tout à fait contraires. Les différents facteurs constants peuvent donc superposer leurs effets et le résultat final correspond "grosso modo" à leur Σ algébrique: un facteur en plus contrebalance un facteur en moins.

On les appelle erreurs constantes cela veut dire qu'il y a une tendance constante dans un sens déterminé (parce que dans l'expérience de M.L.: à surestimer la ligne à prolongements extérieurs) mais cela ne veut pas dire qu'elles ont une grandeur constante. On surestime toujours du même côté mais pas toujours dans la même mesure.

On peut utiliser la méthode d'ajustement.
- Pour déterminer la sensibilité de 2 organes ou de 2 parties d'un même chez un individu déterminé.
- Pour mesurer les erreurs constantes.

Mais elle ne permet pas de comparer la sensibilité d'un individu à celle d'un autre. Pour comparer la sensibilité chez des individus différents il faut des méthodes indirectes.

B.- <u>Comparaison de la sensibilité d'individus différents: la mesure des seuils.</u>

La notion des seuils correspond à celle des limites de la sensibilité.

I.- <u>Seuil Absolu.</u>

a) <u>Définition.</u>

Il est la valeur de l'excitant qui se trouve à la limite inférieure de la sensibilité c'est à dire il est la valeur d'excitant qui a autant de chance d'être perçue que de ne l'être pas (étant appliquée beaucoup de fois).

Le reste est facile à comprendre. On prépare un tableau à colonne (comme ci-contre.)

On inscrit le résultat des perceptions du sujet,

On trouve le seuil absolu en déterminant le point où les jugements du sujet ont commencé à varier.

Si c'est 4 pour la série descendante et 5 pour la série ascendante, le seuil est à la moyenne 4.5

Les cas du Seuil Différentiel:

En principe, la situation est la même, sauf que l'on donne deux excitants: l'excitant normal et l'excitant de comparaison - et qu'il s'agit de savoir si les sujets ont perçu la différence ou non.

Toutefois certains points viennent compliquer ce cas:

Le fait qu'il y a différents seuils différentiels; il y a un seuil différentiel indéfini et un seuil différentiel qualitatif. C'est à dire que, lorsqu'on perçoit la différence entre deux excitants, cette différence n'est pas toujours qualitativement déterminée.

Par exemple, si on prend le seuil différentiel pour l'intensité du son, lorsque la différence commence à être marquée, il arrive que des sujets perçoivent très bien la différence de force sans pouvoir déterminer dans quel sens elle se fait.

De même un seuil qualitatif pour du rouge plus ou moins mélangé de jaune, des sujets noteront une différence entre deux teintes mais ne sauront pas dire dans quel sens elle se fait.

De même encore si une tige tourne autour d'un pivot, dès que la rotation est rapide on ne sait plus dans quel sens elle se fait.

Il y a toujours une zone indéterminée, puis la différence devient définie.

Il faut donc prendre garde que le sujet soit prévenu de ce qu'on veut savoir.

Seconde difficulté: Une différence tout à fait intéressante vient des ERREURS CONSTANTES.

Pour bien comprendre ces erreurs, il faut signaler que dans la mesure du seuil différentiel, il y a lieu de distinguer deux seuils différentiels, le seuil supérieur et le seuil inférieur.

Supposons deux excitants: un excitant normal de 100 et un excitant de comparaison.

Je puis chercher à trouver:

la différence en plus tout juste perceptible,

ou la différence en moins tout juste perceptible?

c'est à dire le seuil différentiel de renforcement ou d'affaiblissement. Le seuil moyen sera la moyenne entre ces deux seuils.

La raison suivante va nous faire comprendre comment les erreurs constantes vicient les résultats.

Supposons qu'il s'agit de déterminer le seuil différentiel pour l'intensité des sons et que, lorsque je fais entendre successivement 2 sons, il y ait une erreur constante rendant le deuxième son apparemment plus fort, donc erreur constante qui renforce subjectivement le second son.

Je fais la série N C (donnant d'abord l'excitant N : 100, puis l'excitant de comparaison).

Celui-ci étant le second me paraitra de ce chef plus fort que s'il était le premier

Je pourrai avoir (a) ci-contre.

Je croirai que le sujet perçoit finement, son seuil étant inférieur à un.

(a)	(b)
N C	C N
108	110
105	108
104	
101	
100 =	

Mais si je renverse les conditions (C N ou b) l'excitant normal arrivant en second lieu va paraitre renforcé, et il va falloir un excitant de comparaison plus élevé(108 peut être) pour qu'il paraisse égal à 100. J'obtiendrai donc un seuil 9 ou 10 fois plus.

Or il est clair que le renversement des conditions ne change pas la sensibilité du sujet.

Donc les erreurs constantes peuvent vicier les résultats.

On peut éliminer l'influence de la position en prenant la moyenne des deux seuils.

Ce qui arrive pour le seuil supérieur se vérifie également, mais dans le sens opposé pour le seuil inférieur, c'est à dire qu'àvec N C on aura apparemment un seuil inférieur énorme en comparaison du seuil supérieur et inversement.

Donc il peut y avoir une dissymétrie complète avec les procédés N C et C N.

Les choses vont fréquemment si loin que le seuil supérieur peut être inférieur à l'excitant normal; avec excitant normal: 100 le seuil supérieur pour l'excitant de comparaison peut être 98 par suite des erreurs constantes.

Ces résultats paradoxaux créent des difficultés.

Il y a un moyen d'y parer, c'est d'employer la METHODE DES SERIES CONTINUES.

L'excitant normal étant 100, on cherche par tâtonnement des excitants de comparaison dont les premiers soient nettement plus forts et les derniers nettement plus faibles que 100.

avec cette série étendue, on arrive aux résultats cherchés.

Dans les deux cas, on constate la présence d'une zone d'indifférence entre les résultats plus grands et plus petits.

Elle correspond à la somme des 2 seuils supérieur et inférieur.

En prenant la moitié de la différence entre les 2 seuils, on aura le seuil moyen:

N C =(102 - 99):2 = 1.5   C N = (101 - 97):2 = 2.

On constate donc une série allant du certainement plus grand au certainement plus petit et on détermine les seuils.

Il faut faire au moins quatre de ces doubles séries pour éliminer les erreurs constantes.

(A remarquer que la zone d'indifférence se déplace).

Il n'y aura donc aucune différence provenant des erreurs constantes en suivant la méthode exposée ci-dessus.

Mais ici comme dans le cas du seuil absolu, les points que l'on prend en considération sont les points du premier changement de jugement dans le sens de la progression 102 et 99 pour N C.

On est souvent tenté de s'arrêter à un 2e ou à un 3e changement, car il y a des cas barôques mais le principe de la méthode est de s'arrêter au premier changement (c'est là le seuil) caractéristique précis, car puisque le sujet qui a dit 102, 101 = 100, 99 = ÿ est revenu après un premier jugement, c'est donc que 100 était une erreur fortuite, et la méthode élimine les erreurs fortuites en prenant la moyenne.

Ne pas s'arrêter au premier changement caractéristique mais prendre un 2e ou 3e comme seuil sous prétexte de séries baroques, c'est ouvrir la porte à tous les arbitraires.

Le principe est que la limite est variable d'un moment à l'au

On détermine donc E_s (valeur de l'excitant supérieur et E_m (valeur de l'excitant moyen).

E_s le point où le jugement a commencé à changer à la limite la +fo
E_i " " " " " " " " " " " "fa

On a alors (C N—N C)
( )
($E_s - E_s$) et le seuil moyen = la moitié de la
($E_i - E_i$) différence: $M = \underline{E_s - E_i}$

c'est à dire la moitié de la zone d'indifférence.

Autre chose. On peut supposer les 2 seuils égaux, et il n'y a pas de raison pour qu'ils ne le soient pas. (La loi de Wundt suppose une légère différence).

Si l'on prend la position moyenne on a la grandeur d'évaluatio
$\underline{E_s - E_i}$
= V.E. c'est la valeur qui doit donner l'impression d'égalité avec l'excitant normal. Elle est à égale distance entre le point le plus fort et le point le plus faible et correspond à l'évaluation subjective d'égalité.

En fait la différence entre ce point et l'excitant normal donne l'erreur constante d'appréciation de l'excitant: V.E.-N=E.C.
(102 - 97):2 = 98.5 Je trouve ainsi le point qui, subjectivement est égal à l'excitant normal.

CHAPITRE III.- La Méthode des Excitants Constants.

La différence essentielle entre la méthode des EXCITANT CONSTANTS et celle des LIMITES réside dans la façon de procéder.

La méthode des Limites modifie constamment l'excitant jusqu'à ce qu'on obtienne un jugement d'une certaine catégorie: "Je sens - Je ne sens pas ".

Dans la méthode des Excitants Constants, au contraire, en principe, les excitants sont fixés, et ce que l'on cherche à déterminer ce sont les catégories de jugements portés sur des excitants prése

Ces deux façons de procéder ont été appelées: Méthode de Recherche des excitants et Méthode de recherche des Jugements.

La méthode de recherche des excitants est dite aussi méthode des Limites, la méthode des recherches des Jugements est dite méthode des Excitants Constants.

La différence au point de vue spychologique, c'est que dans l méthode des excitants constants, on donne la valeur des excitants sans ordre défini, pêle-mêle, de façon à éliminer l'influence que peut avoir une attente dirigée d'une manière déterminée.

Bien entendu, si cette façon de procéder pêle-mêle supprime l'influence de l'attente dirigée, il est d'autres influences qu'el ne peut supprimer: étonnement, surprise.

Ce que nous devons étudier, c'est la façon de procéder.

Tout d'abord, il est clair que cette méthode peut servir à la détermination des deux seuils: seuil absolu, seuil différentiel.

d'autre part, beaucoup de principes connus s'appliquent ici:

- Commencer par des expériences de tâtonnements pour trouver la région approximative du seuil;
- Constituer la série des excitants de façon qu'elles aboutissent à des perceptions nettes;
- Nécessité de répartir uniformément les erreurs variables.

Il n'est pas nécessaire de répéter tout cela. Abordons immédiatement l'essentiel de la méthode elle-même.

Pour ne pas perdre de temps prenons immédiatement la mesure du seuil différentiel: le cas le plus compliqué.

On constitue donc des couples d'excitants: normal et de comparaison.

Supposons qu'il s'agisse de déterminer le seuil différentiel à la pesanteur, en soulevant des poids et prenons comme excitant normal 100 grammes, comme excitants de comparaison: 108,104,100,96 92,88,84.

Chaque couple sera présenté un grand nombre de fois: (100 fois au moins ou mieux) 500 fois.

Et ici l'essentiel de la méthode est de présenter les couple pêle-mêle.

Et pour assurer une répartition fortuite, on tire au sort, e général, l'ordre de succession des excitants qu'on va présenter.

Par exemple, chaque couple d'excitants pourra correspondre à un jeton de Loto, et sera présenté chaque fois que ce jeton sorti ra du ~~[illegible]~~ sac.

Puisqu'il s'agit de comparer des excitants au hasard et qu'il peut arriver que le même couple se suive deux ou trois fois de su il est essentiel à la méthode de les donner un grand nombre de fo

Le fait de les présenter pêle-mêle donne tous les ordres de successions possibles.

Voilà le point de vue de la réalisation des expériences elle mêmes.

La question qui doit nous arrêter principalement est celle de l'utilisation des résultats. Comment peut-on les utiliser?

D'après ce que nous savons de la variabilité du seuil, nous devons nous rendre compte que, sur un grand nombre de cas, nous de vons trouver pour chaque couple quel qu'il soit, des jugements différents: jugements plus petits, plus grands, égaux ou douteux.

Les jugements douteux, soit dit entre parenthèse sont ordinai rement répartie dans les cas d'égalité, ou encore on a proposé de les répar ir également dans les jugements extrêmes. Il n'y a pas grand inconvénient, attendu que les couples que nous utilisons ne donnent jamais de différences très grandes) on ne demande pas de différencier 100 grammes et 50 grammes.

En réalité, étant donné la variabilité du seuil, nous aurons pour tous les groupes des résultats des trois espèces, si nous faisons un grand nombre d'expériences.

Alors si nous portons en abscisse, les différents excitants de comparaison, utilisés, et en ordonnée la fréquence avec laquelle ils se sont présentés comme plus grand, plus petit ou égal, nous pourrons tracer les trois courbes: des cas plus petits, des cas plus grands, des cas égaux.

Je tracerai d'abord, par exemple, la courbe des cas plus petits c'est à dire des cas où l'excitant de comparaison a été jugé plus faible que l'excitant normal.

Supposons que 500 expériences de chaque sorte ont été faites.

Je trouverai évidemment un grand nombre de cas où 84 grammes (qui est de fait beaucoup plus léger que 100 grammes) aura été jugé plus petit.

Lorsque l'excitant sera 92 ou 96 la fréquence sera moindre; elle sera assez rare pour 104 et 108. Et nous aurons la courbe "a"
Plaçons la courbe des jugements plus grands.
Ils seront plus rares pour les excitants notablement inférie 84,88.....et plus fréquents pour les excitants notablement supérieurs et nous aurons la courbe inverse "a".

Enfin les jugements d'égalité seront relativement plus faibl aux extrémités et plus nombreux au centre: courbe "a".

Pour la détermination du seuil, la présence de ces trois cas a produit d'énormes difficultés et des discussions sans fin. On discutait sur la façon de déterminer le seuil avec ces 3 cas.
Les choses se sont heureusement simplifiées aujourd'hui. On ne s'occupe plus guère en général de ces trois cas.
En effet on peut définir le seuil différentiel supérieur en disant que c'est la limite de la perception du plus fort.
Par conséquent, on prend la valeur des excitants correspondar à 50% des jugements "plus petits".

Ces discussions sur les trois cas n'ont qu'un intérêt rétrospectif maintenant.
Elles se sont développées parce qu'au début on croyait trouve dans le seuil une valeur absolue.
Or non seulement la valeur du seuil est constamment variable, mais il n'y a pas en réalité de valeur de seuil; cela dépend de la façon dont la valeur est présentée et dont elle est constituée.

Le seuil est une valeur simplement relative. C'est ainsi que l'on cherchera le seuil d'un individu à l'état de fatigue, de concentration, d'attention ou de distraction pour voir s'il y a un différence de seuil dans ces états.

Avant de quitter les trois cas, remarquons que le sommet de la courbe des cas d'égalité correspond au point d'égalité subjective.

De telle façon que par cette méthode nous pouvons résoudre le même problème que par la méthode d'Ajustement.
En nous basant simplement sur la fréquence des cas d'égalité nous pouvons obtenir le cas d'égalité subjective.

Envisageons maintenant la mesure du seuil dans le sens indiqué

Le seuil supérieur,(nous l'avons vu, est la limite de la perception du plus fort, et les perceptions du plus fort donne la courbe en S.)
Mais comment le déterminer? Il y a plusieurs méthodes que nous allons passer en revue.

Voyons d'abord les différents jugements obtenus de fait avec les excitants que nous avons choisis.

Pour l'excitant 108, 94% des jugements l'ont jugé plus grand que l'excitant normal 100; pour 104, 89% etc...et 84, 0.2%

Dans ces conditions, nous cherchons l'excitant correspondant au seuil. Or d'après Müller il doit correspondre à 50% Il est donc compris entre 104 (89% des cas) et 100 (41% des cas).

E.N. = 100 gr.	
108 -	94%
104 -	89%
100 -	41%
96 -	22%
92 -	8%
88 -	2%
84 -	0.2%

Tel est le problème. Quelle est la manière de le résoudre?

1x - Méthode très simple d'INTERPOLATION.

Si je suppose que la partie de la courbe entre 100 et 104 est droite, i.e. que dans cette zone l'augmentation des jugements plus grands est proportionnelle à l'augmentation des excitants de comparaison, je pourrai trouver l'excitant qui correspond à 50% par une simple proportion qui constituera mon interpolation.

En réalité la portion de la courbe à ce niveau n'est pas une ligne droite; mais on peut l'admettre si on n'envisage qu'un toute petite portion de cette courbe.

Par exemple, si l'excitant 100 donnait 46 jugements, et l'excitant 104, 52 jugements, entre ces deux excitants il n'y aurait qu'une petite portion de la courbe.

Mais avec un écart de 89 à 41, une interpolation ne signifierait rien du tout.

Dans tous les cas, on peut toujours inerpoler par voie graphique. Si on a bien dessiné la courbe, l'abscisse correspondante donne la valeur du seuil.

Cette interprétation graphique suppose des données suffisantes.

Maintenant envisageons le calcul.

Supposons qu'entre les ordonnées 100 et 104, il y ait simple proportionnalité entre l'augmentation des jugements et celle des excitants.

Menons le point idéal qui correspond à 50% et traçons a d.

Nous avons deux triangles semblables a b c et c d e.

Ecrivons: $\dfrac{a\ b}{c\ d} = \dfrac{c\ b}{e\ d}$

Que signifient ces différents symboles?

a b: fréquence des jugements: 89% - 50%
c d: fréquence des jugements: 50% - 41%

Appelons Grand N, le pourcentage des jugements.

Appelons grand A le nombre de jugements correspondants au point 104, alors A B = N_A - 50.

Appelons grand B le nombre de jugements correspondant au point 41; alors cd = 50 - N_B

Nous pouvons maintenant écrire la formule classique de l'interpolation entre A et B.

Le proportion: $\frac{ab}{cd} = \frac{cb}{cd}$ devient $\frac{N_A - 50}{50 - N_B} = \frac{A - Seuil}{Seuil - B}$

Remarquons:

1° Que nous n'avons ainsi qu'une valeur approchée du seuil, car nous avons supposer simple proportionnalité, ce qui n'est pas.

2° Que la valeur n'est tirée que de deux pourcentages.

3° Que nous n'avons pas directement de mesure de la variabilité du seuil, ce qui est naturellement indispensable.

On peut remédier à ces défectuosités dans une certaine mesure, et de la manière suivante.

On calcule de la même manière, par interpolation, la valeur du seuil en partant des autres couples d'excitant, et l'on prend la moyenne des différents résultats.

De cette façon, toutes les valeurs entrent en ligne de compte.

Ensuite, on peut déterminer par la méthode d'interpolation les valeurs correspondant aux quartiles supérieurs et inférieur. c'est à dire respectivement les excitants qui donnent 75% des jugements plus grands et 25% des jugements plus grands.

Et l'espace semi-interquartile sera une mesure de variabilité.

II- Méthode par la COURBE DE GAUSS,

Tout d'abord, remarquons que longtemps on s'est appliqué pour trouver la valeur du seuil à prendre la courbe de Gauss, car la courbe en S est en réalité une courbe de Gauss.

En effet si, au lieu de noter en ordonnée les pourcentages des jugements correspondant à chaque excitation, on prend l'augmentation des pourcentages pour chaque excitant, on obtient une courbe de Gauss.

Car au début, les pourcentages augmentent lentement, puis plus rapidement, enfin plus lentement encore.

De telle façon que si on représente graphiquement l'augmentation du pourcentage des jugements, on obtient une courbe de Gauss et on peut ainsi calculer la variabilité du seuil.

On a appliqué cela un certain temps, mais les calculs étaient trop longs et on a cherché une méthode plus simple.

111.- Méthode de SPEARMAN.

Cette méthode plus simple est celle de Spearman basée sur la moyenne arithmétique et qui est à l'abri de toute critique.

Le seuil est une grandeur variable.

Partant de cette idée, demandons-nous: "Dans quel cas formulons-nous le jugement plus grand pour l'excitant de comparaison?"

Chaque fois évidemment, que le seuil aura été, au moment de l'appréciation des excitants, inférieur à la différence entre l'excitant normal et l'excitaaton de comparaison.

Ainsi, je compare E N : 100 et E C : 84; et j'estime 84 plus grand que 100; c'est que à ce moment-là, mon seuil différentiel au lieu de s'arrêter à 84 doit descendre plus bas, à 82 par exemple, qui me donnerait l'impression d'égalité avec 100.

Par conséquent, dans le tableau: 84 = 0.2% , 88 = 2% signifient que, dans 0.2% des cas le seuil supérieur a été plus petit que 84, et que, dans 2% des cas, le seuil supérieur a été plus petit que 88.

Mais comme nous avons opéré 500 fois avec l'excitant 88, nous pouvons supposer toutes les combinaisons possibles, et nous dirons que le seuil a été compris entre 84 et 88 dans 1.8% des cas, (2 - 0.2), dans 0?2% des cas, le seuil étant inférieur à 84.

En nous appuyant sur un raisonnement analogue nous pouvons récrire le tableau ci-devant comme suit:

				Centrage	
84 = 0.2%	84	dans	0.2	ou 0.2% des cas	82
88 = 2.%	De 84 à 88	-	2 -0.2	- 1.8% des cas	86
92 = 8%	De 88 à 92	-	8 - 2	- 6% des cas	90
96 = 22%	De 92 à 96	-	22 - 8	-14% des cas	94
100= 41%	De 96 à 100	-	41 - 22	-19% des cas	98
104= 89%	De 100 à 104	-	89 - 41	- 48% des cas	102
108= 94%	De 104 à 108	-	94 - 89	- 5% des cas	106
	108	-	100 - 94	- 6% des cas	110

Cela étant, nous avons la fréquence avec laquelle le seuil momentané est compris entre telles limites de l'excitant.

Pour obtenir la moyenne de ces valeurs il faut faire le CENTRAGE que l'on trouve en prenant le point milieu de l'intervalle de classe.

Il reste la difficulté des queues de la courbe, un certain nombre de cas petits que 84 ou bien plus grands que 108.

Où centrer ces cas? Nous ne savons si les valeurs du premier groupe allaient de 84 à 83 ou de 84 à 50....de même si le dernier groupe allait à 109 ou à 150....

On prend arbitrairement les 2 grandeurs à chaque extrémité, obtenant ainsi 82 et 110.

Cela est justifié à condition que la fréquence de ces cas extrêmes soit en réalité très petite, de telle façon que l'on puisse considérer que la courbe a rejoint l'abscisse.

Mais on ne pourrait appliquer la Méthode dans le cas contraire comme le montre la courbe.

Cela est facile à comprendre: les fréquences extrêmes sont trop fortes.

Quand on a ainsi établi le point milieu de chaque intervalle, on fait les produits et on prend la moyenne de la somme de ces produits.

82 x 0.2 =
86 x 1.8 =
90 x 14 =
etc....

Cette méthode extrêmement simple — et qui peut s'appliquer dès qu'on a une échelle suffisante d'excitants — permet d'obtenir une valeur du seuil par la simple moyenne arithmétique.

Le calcul de l'écart probable par la méthode classique se fait ensuite facilement.

Mais le point névralgique de cette méthode est le point limite de la courbe.