

# REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

H. C. TIPPETT

## **Quelques plans d'expérience réalisés dans l'industrie textile**

*Revue de statistique appliquée*, tome 11, n° 1 (1963), p. 77-86

[http://www.numdam.org/item?id=RSA\\_1963\\_\\_11\\_1\\_77\\_0](http://www.numdam.org/item?id=RSA_1963__11_1_77_0)

© Société française de statistique, 1963, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « *Revue de statistique appliquée* » (<http://www.sfds.asso.fr/publicat/rsa.htm>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

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

# QUELQUES PLANS D'EXPÉRIENCE RÉALISÉS DANS L'INDUSTRIE TEXTILE (1)

H.C. TIPPETT

Il est de nos jours communément admis que la planification des expériences fait intervenir beaucoup plus d'éléments qu'il n'apparaît dans la littérature statistique : répétitions - "confounding" - analyse de la variance - plans factoriels, etc. Celui qui organise l'expérience, et qui est souvent un statisticien, doit tenir compte de l'ensemble des conditions expérimentales, et cela implique des considérations de nature extra-statistique. Celles-ci n'ont pas encore été érigées en un système susceptible de s'apprendre dans un livre, de telle sorte que l'ingénieur chargé des études doit, dans une certaine mesure, s'appuyer sur sa propre expérience et sur celles des autres chercheurs. Sans doute bon nombre de ces considérations seront un jour systématisées, mais jusque là il est profitable d'étudier des comptes-rendus de cas particuliers d'essai, pour tirer des enseignements de l'expérience d'autrui.

C'est en contribution à de telles études, que je me propose de décrire deux groupes importants d'essais réalisés dans l'industrie textile Britannique.

## LE CONTEXTE TECHNIQUE -

Tout d'abord, permettez-moi de décrire les conditions techniques relatives au premier groupe d'essais.

Le tissu est tissé en pièces de grande longueur (environ 100 mètres), la largeur pouvant varier de moins d'un mètre à plusieurs mètres (rarement plus de trois mètres), suivant l'usage auquel il est destiné.

Le fil longitudinal s'appelle "fil de chaîne", le fil transversal est le "fil de trame". Le fil de chaîne est amené au métier à tisser sous forme de nappe composée de plusieurs milliers de fils de mille yards de longueur enroulés parallèlement sur un cylindre. Cette nappe constitue la "chaîne".

Lorsque les fils constituant la chaîne se déroulent côte à côte sur le métier à tisser, le fil de trame est disposé en travers, tantôt au-dessus de certains fils de chaîne, tantôt au-dessous d'autres fils de chaîne : cette opération est le propre du tissage et elle produit le tissu.

-----  
(1) Communication présentée au Séminaire sur les applications industrielles de la Statistique - Paris - Septembre 1961.

Pendant le tissage, des fils de chaîne se rompent parfois et, l'une des préoccupations du technicien est de réduire le "taux de rupture" des fils. Un taux de rupture élevé - spécialement pour des fils de chaîne - augmente les difficultés et le coût du travail, diminue le rendement et amoindrit la qualité du tissu.

Afin de réduire le taux de rupture des fils de chaîne, on passe ces derniers, avant le tissage, dans un bain de colle : cette opération s'appelle "l'encollage". Le bain d'encollage se compose principalement d'amidon liquide (ou autre adhésif) qui, lorsqu'il sèche, laisse sur le fil un revêtement destiné à le protéger au cours de son passage sur le métier à tisser.

Un lot de 10 à 20 chaînes, provenant d'une même livraison de fil, est encollé quotidiennement avec un unique bain d'encollage.

Les essais qui vont être décrits ont pour objet de déterminer la formule de colle la mieux adaptée à un fil donné. Par l'expérience acquise (d'une façon non systématique) au long des années, et aussi par des essais systématiques (parfois insuffisamment élaborés du point de vue statistique), on connaît de nombreuses propriétés concernant les mérites des différentes colles pour divers genres de fils de chaîne.

Mais des essais sont encore nécessaires afin de déterminer :

- les meilleures conditions pour certaines filatures, compte-tenu de leurs particularités ;
- les bains d'encollage convenant à des fils de chaîne de fibres nouvelles qui apparaissent de temps en temps.

Des essais d'encollage et de tissage sont réalisés dans les ateliers de l'Institut Shirley, où les conditions peuvent être bien contrôlées, où une surveillance étroite est assurée, et où l'on n'a pas à tenir compte des exigences de la production. Ces essais font partie d'un programme de recherches et les résultats ne sont pas jugés en fonction de leurs applications pratiques immédiates, mais pour leur contribution au progrès des connaissances générales.

Les essais qui vont être décrits sont de nature différente. Ils sont réalisés dans des filatures et ont dû être effectués sans perturber la production : les résultats ont pour but de donner à la direction des enseignements immédiats.

## LES FACTEURS -

La question posée à l'expérimentateur est souvent énoncée de façon très vague ; par exemple :

- "Quelle est la meilleure composition de colle pour tel fil de chaîne ?".
- "Est-ce que ce nouveau composant de bain d'encollage donne de meilleurs résultats que celui actuellement utilisé ?".

Il convient de poser le problème sous une forme plus précise. Une première étape consiste à dresser la liste des données variables ou "facteurs" dont le rôle peut être important. Ainsi nous mettrons sur cette liste :

- les composants du bain d'encollage,
- la quantité d'apprêt (colle) sur les fils de chaîne,

- l'humidité relative de la salle de tissage,
- le réglage du métier à tisser,
- les particularités du tissu,
- la qualité du fil.

Parmi tous ces facteurs, seuls les deux premiers relèvent apparemment de la question principale, mais tous cependant doivent être pris en considération. On sait que l'humidité relative de la salle de tissage agit sur le taux de rupture des fils de chaîne et, il est possible que la meilleure formule de colle soit remise en question pour une humidité relative différente, ou - en langage statistique - qu'il existe une interaction entre la composition de la colle et l'humidité relative.

De même, il est possible que le type de colle présente une interaction avec le réglage du métier à tisser (facteur complexe comprenant la tension du fil de chaîne, le calage des éléments mécaniques du cycle de tissage, etc.), avec les particularités du tissu (nature et finesse du fil, espacement entre les fils, procédé de tissage) et enfin, avec la qualité du fil.

Tout facteur susceptible de présenter des interactions avec les facteurs les plus importants devrait être considéré, mais, si cela est fait consciencieusement, la liste de tous ces facteurs risque d'être d'une longueur rédhibitoire. C'est pourquoi il convient de la réduire à des dimensions raisonnables ; la liste ci-dessus n'est pas exhaustive, mais elle contient les facteurs essentiels et sa longueur est suffisante pour les besoins de notre exposé.

Ensuite il faut choisir les facteurs à inclure dans l'essai, car on pourrait être conduit à un nombre pratiquement irréalisable de traitements - en appelant ainsi les combinaisons de variantes des facteurs expérimentalement réalisés. Chaque fil de chaîne conduit à une observation sur laquelle peut être déterminée la valeur d'un type d'encollage, mais évidemment avec une grande marge d'erreur, de sorte qu'il faut soumettre plusieurs fils de chaîne au même traitement.

Si l'on considère que seulement 10 à 20 "chaînes" peuvent être quotidiennement encollées, on voit que les traitements ne peuvent pas être très nombreux. Les composants de la colle et leurs proportions respectives ont une importante interaction et doivent être inclus dans l'essai. Les autres facteurs sont généralement exclus de l'essai, bien que l'on puisse en tenir compte dans une série d'essais.

#### SPECIFICATION DES FACTEURS INCLUS -

L'étape suivante consiste à spécifier les facteurs inclus. Les composants d'un bain d'encollage sont généralement des adhésifs (par exemple de l'amidon naturel ou modifié, de l'alcool polyvinylique, ou une combinaison de deux ou plusieurs de ces corps), et un lubrifiant (souvent du suif), la proportion entre le lubrifiant et l'adhésif étant définie. Là nous trouvons un grand nombre de possibilités quant aux variables et l'on doit opérer une sélection. Une expérience généralement utile consiste à comparer deux adhésifs, le lubrifiant étant considéré comme une variable exclue, que l'on conserve constante en nature et en proportion.

Des essais réalisés à l'Institut Shirley ont montré que si, pour une certaine colle, le taux de rupture des fils de chaîne est porté en ordonnées, les quantités de colle figurant en abscisses, les points s'ordonnent suivant

une courbe légèrement convexe vers l'axe des quantités. Il existe donc une quantité optimale de colle, et il s'agit de déterminer le taux de rupture correspondant pour chaque type de colle. L'intervalle entre les quantités extrêmes figurant dans l'essai devra contenir la quantité optimale. Si des essais antérieurs (par exemple, dans d'autres filatures) ont eu lieu avec des fils quelque peu similaires, ainsi qu'avec des tissus et des colles semblables, un intervalle étroit de variation pour les quantités de colle est suffisant ; dans le cas contraire, la série devra être suffisamment étendue pour qu'à ses extrémités les fils aient des taux de rupture élevés. Il y a une limite que les directeurs de filatures tolèrent, c'est pourquoi le choix doit être fait avec soin.

La quantité de colle déposée sur les fils de chaîne ne peut être contrôlée avec une grande précision ; elle doit donc être déterminée ultérieurement par analyse. Ceci relève alors de l'analyse des résultats.

#### FACTEURS EXCLUS -

Que doit-on faire d'un facteur exclu ? En gros, on peut, soit lui assigner un niveau constant jugé optimum, qui peut être différent pour chaque niveau des facteurs inclus (si nous avons l'information nécessaire), soit lui permettre de varier plus ou moins au hasard, en s'en remettant à l'analyse finale pour l'évaluation des erreurs résultantes.

Dans ses grandes lignes, l'essai devrait s'adapter aux conditions de la filature en ce qui concerne les facteurs exclus ; alors les résultats peuvent être appliqués avec confiance au procédé de production de la filature. Mais des difficultés surgissent.

Par exemple, si l'humidité relative n'est pas contrôlée : elle varie avec la saison et, un essai effectué en été, peut ne plus être valable pour la production en hiver.

La proportion de lubrifiant du bain d'encollage est une variable exclue, et l'état actuel des connaissances est tel que le technicien décidera de la maintenir constante. Mais que signifie "constante" ? - Est-ce une proportion par rapport au poids d'adhésif ou par rapport au poids du fil de chaîne ? - Est-ce le premier ou le second des tableaux suivants ?

Fil	100	100	100	100
Adhésif	5	10	15	20
Lubrifiant	1	2	3	4
Fil	100	100	100	100
Adhésif	5	10	15	20
Lubrifiant	2	2	2	2

En fait, le premier tableau est choisi.

Les réglages des métiers à tisser affectent considérablement le taux de rupture des fils de chaîne, mais il n'est pas possible de les spécifier et de les contrôler avec exactitude dans la filature. Bien que l'on emploie de plus en plus des métiers à tisser construits avec une haute précision, des jauges et autres instruments de mesure, ainsi que des dispositifs d'auto-

régulation, le réglage des métiers à tisser tient encore beaucoup de l'art. Chaque régleur a des opinions différentes sur ce qui est le plus adéquat, et les métiers à tisser varient. Cependant, puisque cela constitue le cadre dans lequel les résultats devront être appliqués, il est normal que de telles variations interviennent dans l'essai.

On sait que le contremaître s'occupant d'un métier à tisser fait un réglage particulier pour un type de fil donné, afin de réduire au minimum le taux de rupture des fils de chaîne ; dans la mesure où son appréciation est juste, il réalisera des réglages optimaux pour chaque sorte de fil. C'est une bonne attitude à prendre, à condition que le contremaître n'accorde pas davantage de soin aux fils qui font l'objet de l'essai qu'aux fils de la production courante. Une des conséquences de cette façon de faire est de réduire l'effet des variations de l'encollage ; elle est différente de celle adoptée dans les travaux de l'institut de recherches, où les réglages sont contrôlés à des niveaux constants.

Il est utile de garder constantes les particularités du tissu et, généralement, de se servir d'une même qualité de fil au cours d'un même essai. Dans une série d'essais, différentes qualités de fil peuvent être utilisées.

#### LES OBSERVATIONS -

L'élément le plus important qui entre en ligne de compte pour l'évaluation du meilleur "bain d'encollage" a déjà été mentionné - c'est le taux de rupture du fil de chaîne. Mais d'autres éléments interviennent.

Les composants de la colle diffèrent considérablement en prix, et il est possible qu'une colle coûteuse, donnant le plus bas taux de rupture, ne conduise pas au coût total le plus faible. Il s'agit là d'une éventualité peu probable, mais dans d'autres domaines le prix de revient pourrait être déterminant !

Ultérieurement, l'apprêt (colle) doit souvent être enlevé du tissu terminé, et différents produits se distinguent par leur aptitude à cette opération. Les conclusions doivent être basées sur une vue d'ensemble de la situation et les observations doivent être faites en fonction de cet ensemble.

Il est conseillé aussi de faire des observations secondaires au cours de l'essai. Tout incident qui survient pendant le processus de fabrication doit être noté ; les concentrations du bain d'encollage doivent être vérifiées périodiquement ; les métiers à tisser, les tisserands y compris les contremaîtres, le fil de chaîne particulier dont ils s'occupent, doivent aussi être notés. Il est encore conseillé de diviser la période de tissage pour chaque fil de chaîne - qui peut s'étendre sur plusieurs semaines - en sous-périodes et d'enregistrer séparément les ruptures pour chacune de celles-ci. De telles observations permettent d'identifier les irrégularités exceptionnelles, qui risqueraient de fausser les conclusions.

Cette information additionnelle peut souvent fournir d'utiles compléments à la connaissance. Par exemple, lors de certains essais effectués dans le passé, les causes de rupture de fils de chaîne et leurs positions ont été enregistrées. L'information était de peu d'intérêt à l'époque, mais elle s'est révélée très utile au cours de recherches ultérieures.

Les ruptures de fils de chaîne surviennent, dans le temps, approximativement "au hasard"<sup>(1)</sup> et l'on peut être tenté de transformer la variable utilisée pour l'analyse statistique en travaillant, par exemple, avec

$$\sqrt{\text{taux moyen de rupture en chaîne.}}$$

Je doute de la validité de ce procédé, notamment pour la raison que c'est le "taux moyen de rupture" - et non sa racine carrée - qui apparaît dans les formules mises en jeu pour le calcul du prix de revient et de la charge du personnel affecté à ce travail.

#### LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET L'ANALYSE -

Il est utile et conseillé de réaliser un essai sur une série de 10 à 20 "chaînes" encollées au cours d'une journée et provenant d'un même stock de fil. Si les résultats ne sont pas assez précis, l'expérience peut être répétée sur une ou plusieurs autres séries de "chaînes" à volonté.

Le changement de bain dans la machine à encoller demande un temps appréciable, de sorte que toutes les "chaînes" pour chaque composant doivent être encollées à la suite, par exemple 5 à 10 chaînes pour chacun des deux composants que l'on compare.

Les différentes quantités s'obtiennent en diluant la colle dans la machine à encoller. Certaines dilutions se produisent d'une façon incontrôlée, de sorte qu'en pratique les quantités de colle seront réparties inégalement sur toute la série des 5 à 10 chaînes : il n'y aura pas systématiquement telle quantité de colle sur 2 ou 3 "chaînes", puis telle autre quantité sur les 2 ou 3 chaînes suivantes, etc.

Les 10 à 20 chaînes prendront plusieurs semaines pour être tissées. Du point de vue statistique, il serait utile qu'elles puissent être tissées sur un nombre limité de métiers à tisser suivant un plan préétabli, afin que l'"effet" des variations de métiers, qui est considérable, puisse être éliminé des comparaisons. Cela entraînerait une interférence inadmissible avec la production courante de la filature, et en pratique les chaînes sont assignées au hasard aux métiers qui se trouvent disponibles.

La majeure partie de la variance d'erreur dans une expérience provient du tissage, et pour une grande part, son influence a pu être chiffrée<sup>(2)</sup> ; il est connu qu'une expérience de l'ampleur indiquée peut conduire à des résultats utiles, particulièrement si elle peut être répétée, comme il est souhaitable.

L'analyse des résultats n'est généralement pas très élaborée. Il est bon de porter sur un croquis le taux de rupture du fil en fonction de la quantité de colle. Exceptionnellement une courbe standard peut être discernée. Si on le désire, deux paraboles peuvent être ajustées, une pour chaque composition du bain d'encollage, et les écarts des points par rapport à leur parabole respective peuvent être utilisés pour estimer une variance d'erreur, à partir de laquelle la signification statistique de la différence entre les deux

-----  
(1) Suivant la loi de Poisson (N. d. T)

(2) Voir : Experimental Technique for Mill Investigation of Sizing and Weaving" par E. Bradbury et H. Hacking, Journ. Text. Inst. 1949 - 40, p. 532.

paraboles peut être testée. Ceci est rarement profitable (si ce n'est pour apprendre la statistique). Généralement les points sont éparpillés sans alignement évident, sauf peut être avec des valeurs élevées du taux de rupture pour les quantités extrêmes, si l'intervalle entre celles-ci est important. Alors les valeurs élevées peuvent être omises, non parce qu'elles sont élevées, mais parce que les quantités de colle sont extrêmes. A partir des éléments qui restent, on peut calculer une moyenne permettant de comparer les compositions des divers bains. Si on le désire un test t peut être effectué.

Ainsi l'analyse statistique orthodoxe ne joue pas un très grand rôle lorsqu'il s'agit de tirer les conclusions. L'aide principale est apportée par un jugement de bon sens sur les résultats, ainsi que par une modification périodique des procédés de filature, comme conséquence des essais successifs. Il se peut qu'à un certain moment, le procédé ne soit pas idéal, mais il sera raisonnablement bon et tendra progressivement à être meilleur. Ceci évidemment est l'idée générale de la méthode "evolutionary operation" du Dr. Box.

#### UN ESSAI DANS UNE FILATURE -

Mon second exemple diffère du premier en ce sens qu'il ne concerne pas l'une des nombreuses expériences destinées à fournir à la direction des données opérationnelles. Il s'agit d'un essai destiné à fournir une information technique d'intérêt général.

L'expérience concerne le passage aux bancs(1) à broches, et plus particulièrement aux bancs en gros, qui est une opération intermédiaire du processus de filature. Une des pièces mécaniques du banc à broches est l'ailette. Un nouveau type d'ailettes ayant été mis au point, on souhaitait faire une comparaison avec le type d'ailettes habituellement utilisés. Un facteur de l'essai était évidemment le type d'ailette (nouveau modèle et modèle habituel).

D'autres facteurs furent considérés : il fut décidé que la torsion fournie à la mèche(2) durant le passage au banc était un facteur à retenir. Des expériences antérieures suggéraient de prendre pour cette torsion (exprimée en tours par pouce) trois niveaux :

ailette ordinaire :	1,69 (A)	1,78 (B)	1,90 (C)
ailette spéciale :	1,63 (D)	1,69 (E)	1,78 (F)

Ces 6 "traitements" furent référencés de A à F.

On devait tenir compte des conditions expérimentales suivantes : un banc à broches possède environ 200 broches, chacune munie d'une ailette (qui est une partie de la broche). Le banc entier doit avoir au cours d'un essai le même type d'ailette sur toutes ses broches et doit travailler avec

-----  
(1) "banc", synonyme de "métier à filer". Suivant les stades de la petite préparation en filature on utilise le "banc en gros", le "banc intermédiaire", le "banc fin" (N. d. T.).

(2) "mèche", elle est constituée de fibres de coton parallélisées antérieurement par les "cardes" ; elle a grossièrement la forme d'un cylindre de quelques centimètres de diamètre et n'a qu'une très faible torsion ce qui la rend très fragile (N. d. T.).



une torsion maintenue constante. Chacun des essais - dont l'ensemble constitue l'expérience - dure une "levée"(1).

Les bancs à broches, du fait des variations dans le temps

- de la matière première utilisée et
- de leur réglage,

introduisent d'importantes erreurs dans les résultats, et un plan d'expérience en carré latin, comme indiqué ci-dessous, s'avéra particulièrement indiqué.

Levée N°		1	2	3	4	5	6
Banc N°	1	F	E	B	A	C	D
	2	A	F	D	C	B	E
	3	D	C	E	F	A	B
	4	B	A	C	D	E	F
	5	C	B	F	E	D	A
	6	E	D	A	B	F	C

En accord avec ce tableau, il y avait 6 bancs à broches utilisés, une levée étant filée sur chacun plus ou moins simultanément, et ceci devait être répété pour 6 levées.

L'inconvénient de ce dispositif est que 6 bancs auraient dû être utilisés pour produire la même qualité de mêche sans interruption durant le temps nécessaire à l'exécution de 6 levées. La direction de la filature ne put s'engager à respecter ce plan et on dut plutôt adopter un plan d'expérience par "blocs au hasard" (ou "blocs randomisés"), plan dans lequel chaque banc (métier) constituait un bloc indépendant, à l'intérieur duquel levée et traitement étaient répartis au hasard. Dans ces conditions, si, au cours de l'expérience, la qualité du coton filé venait à se modifier, ou si quelque incident survenait sur un ou plusieurs métiers, les blocs correspondants pouvaient être abandonnés sans compromettre l'ensemble de l'étude. Des métiers complémentaires (blocs) pouvaient aussi être incorporés à tout moment durant l'expérience.

S'il est facile de modifier la torsion sur un métier, changer les ailettes des 200 broches prend un temps non négligeable et cela fait baisser le rendement. C'est pourquoi il sembla préférable de modifier l'organisation intérieure des blocs de façon à réduire au strict minimum les changements d'ailettes. On arriva ainsi au schéma ci-dessous où un seul changement d'ailettes par bloc fut envisagé :

Bloc (métier) N°	1	E	D	F	B	A	C
-	2	A	C	B	D	E	F
-	3	A	B	C	E	F	D
etc.							etc.

(1) "levée", temps que mettent pour se vider les bobines alimentant les broches du banc (N. d. T.).

Cette disposition est connue des agronomes sous le nom de "split-plot". Elle entraîne en moyenne  $1 \frac{1}{2}$  changement d'ailettes par bloc (en supposant les ailettes ordinaires déjà en place) ; en comparaison avec les 3 changements nécessités par le dispositif en "blocs randomisés", cela représente un gain de 45 minutes de production, par métier et par semaine. Ce gain ne fut pas jugé compenser la complication supplémentaire d'une disposition en "split-plot"; aussi adopta-t-on finalement le plan par "blocs randomisés".

La dimension de l'essai fut calculée en gros, à partir de l'erreur standard que les techniciens peuvent tolérer dans l'évaluation du taux moyen de rupture du fil (qui est la variable retenue pour apprécier les influences des facteurs "torsion" et "métiers"), et de quelques estimations approchées de la variance d'erreur probable. Ce calcul conduisit à 56 blocs, ce qui aurait exigé un essai trop important et trop long pour une réalisation commode, et on se limita à 13 blocs dont les résultats furent analysés.

La variance d'erreur s'avéra moins importante que prévu, et les diverses influences purent être évaluées avec une précision satisfaisante.

Voici les taux moyens de ruptures obtenus (nombres moyens de ruptures ramenés à 100 livres de mêche) :

Torsion	1,63	1,69	1,78	1,90
Ailettes ordinaires		10,8	9,3	7,2
Ailettes spéciales	8,8	7,1	5,7	

L'analyse statistique<sup>(1)</sup> montra que ces résultats pouvaient être ajustés à une fonction linéaire liant le taux de rupture à la torsion, la pente des droites étant sensiblement la même, mais le niveau de la droite étant plus élevé pour les ailettes ordinaires.

## CONCLUSION -

Il est possible que certains lecteurs soient un peu déçus en constatant que les méthodes statistiques tiennent aussi peu de place dans mon exposé. Mais il est de fait que les nombreux statisticiens, chargés de l'organisation des expériences dans l'industrie, consacrent plus de temps à des thèmes techniques qu'à l'analyse statistique proprement dite.

De plus, des plans simples sont souvent préférables aux plans compliqués, même s'ils sont statistiquement moins efficaces. Ils sont plus faciles à réaliser dans l'agitation de la vie d'une usine, et leurs résultats sont plus facilement accessibles au technicien et au directeur. Cette dernière considération est importante car les résultats ne doivent pas seulement être établis correctement, mais ils doivent être intelligibles et utilisables pour les non-statisticiens.

(1) Voir "Planning an Experiment in a Cotton Spinning Mill" R.E. Peake, Appl. Statist. 1953, 3, 184.

Cependant, la formation acquise par l'étude statistique des plans d'expérience est très utile pour analyser les conditions techniques de l'expérience, et pour que le plan d'essai et l'interprétation des résultats, même s'ils sont simples, restent corrects.