

## 8. La taille de l'échantillon

L'essentiel de ce que nous avons dit au chapitre 14 sur l'étude par sondage, le degré de confiance et l'utilisation des tables de nombres tirés au hasard s'applique également à l'étude des temps. Toutefois, dans le cas présent, nous ne traitons plus de proportions mais nous recherchons la valeur du temps moyen représentatif pour chaque élément. Le problème consiste donc à déterminer, avec un degré de confiance et une marge d'erreur fixés à l'avance, la taille de l'échantillon, c'est-à-dire le nombre de lectures qui doivent être effectuées pour chaque élément.

Ici aussi, nous pouvons employer au choix la méthode statistique ou la méthode conventionnelle.

Avec la méthode statistique, nous devons tout d'abord procéder à un certain nombre ( $n'$ ) de lectures préliminaires. Cela fait, pour un degré de confiance de 95, 45 pour cent et une marge d'erreur de  $\pm 5$  pour cent, nous obtenons la formule suivante<sup>1</sup>:

$$n = \left( \frac{40 \sqrt{n' \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2}{\sum x}}}{\sum x} \right)^2$$

<sup>1</sup> La démonstration de cette formule sort du cadre de cet ouvrage. Le lecteur intéressé pourra se reporter à Raymond Mayer: *Production and operations management* (New York et Londres, McGraw-Hill, 3<sup>e</sup> édition, 1975), pp. 516-517.  
(Fin de la note à la page suivante)

où

- $n$  = taille de l'échantillon à déterminer  
 $n'$  = nombre de lectures effectuées lors de l'étude préliminaire  
 $x$  = valeur des lectures  
 $\Sigma$  = somme des valeurs.

Pour être plus clairs, prenons l'exemple suivant: supposons que nous ayons effectué cinq lectures pour un élément donné et que les durées mesurées soient respectivement de 7, 6, 7, 7 et 6 centièmes de minute. Nous pouvons maintenant calculer la somme de ces nombres ainsi que les carrés et la somme des carrés:

$x$	$x^2$
7	49
6	36
7	49
7	49
6	36
$\Sigma x = 33$	$\Sigma x^2 = 219$

$n' = 5$  lectures

En introduisant ces valeurs dans la formule précédente, nous obtenons la valeur de  $n$ :

$$n = \left( \frac{40 \sqrt{5 \times 219 - 33^2}}{33} \right)^2 = 8,81 \text{ ou } 9 \text{ lectures}$$

$40 \sqrt{\frac{5 \times 219 - 33 \times 33}{1095}} = 6 \sqrt{2,449 \times 40} = \frac{97,96}{33}$   
 $\rightarrow 2,968 \times 2,968 =$

Etant donné que  $n'$ , le nombre des lectures préliminaires que nous avons effectuées, est inférieur à 9, qui est la taille requise de l'échantillon, nous devons donc accroître notre échantillonnage. Mais nous ne pouvons pas en déduire qu'il nous faut simplement quatre observations supplémentaires. En effet, si nous additionnons les valeurs obtenues lors de ces quatre observations complémentaires, nous obtiendrons des valeurs différentes de  $x$  et de  $x^2$ , ce qui peut modifier la valeur de  $n$ . En fin de compte, nous pouvons fort bien constater qu'il faut encore accroître la taille de l'échantillon ou au contraire que l'échantillon était suffisant ou plus que suffisant.

Si nous choisissons un degré de confiance et une marge d'erreur différents, la formule change également. Toutefois, on choisit habituellement le coefficient de confiance de 95 ou 95,45 pour cent.

Si  $y$  est la marge d'erreur *relative*, ou précision, et  $k$  le nombre d'écart-types correspondant au degré de confiance recherché, la formule générale est:

$$n = \left( \frac{k \sqrt{n' \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{y \Sigma x} \right)^2$$

Pour un degré de confiance de 0,997 et une précision de  $\pm 10$  pour cent, on aurait:

$$n = \left( \frac{30 \sqrt{n' \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}}{y \Sigma x} \right)^2$$

Tableau 15. Nombre recommandé de cycles à observer lors d'une étude des temps

Durée maximum du cycle (en minutes)	0,10	0,25	0,50	0,75	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0	40,0	Plus de 40
Nombre recommandé de cycles à observer	200	100	60	40	30	20	15	10	8	5	3

Source: A. E. Shaw: «Stop-watch time study» dans H. B. Maynard (publié sous la direction de): *Industrial engineering handbook, op. cit.*  
Reproduit avec l'aimable autorisation de la McGraw-Hill Book Company.

La méthode statistique de détermination de la taille de l'échantillon n'est valable que dans la mesure où le sont aussi les hypothèses qui ont permis d'établir la formule ci-dessus — en d'autres termes, dans la mesure où les variations observées d'une lecture à une autre sont uniquement dues au hasard et ne proviennent pas de la volonté délibérée de l'exécutant. La méthode statistique peut se révéler d'un emploi fastidieux, étant donné qu'un cycle de travail se compose de plusieurs éléments. Comme la taille de l'échantillon varie selon les lectures effectuées pour chaque élément, il peut très bien arriver que, pour un même cycle de travail, la taille des échantillons diffère pour chaque élément, sauf, bien entendu, si tous les éléments ont approximativement la même durée moyenne. En conséquence, dans le cas d'un chronométrage cumulatif, nous pourrions être amenés à calculer la taille de l'échantillon sur la base de l'élément qui demande le plus grand échantillon.

Certains auteurs et certaines entreprises, comme General Electric, ont donc adopté une table qui fournit des nombres conventionnels de cycles à chronométrer, en fonction du nombre total de minutes que comporte chaque cycle (voir tableau 15).

D'autre part, il est très important que les lectures se poursuivent pendant un certain nombre de cycles afin que les éléments occasionnels (tels que la manutention de caisses de produits finis, le nettoyage périodique des machines et l'affûtage des outils) soient bien observés plusieurs fois.

Au cours de l'étude, on peut utiliser une table de nombres tirés au hasard (voir chap. 14) pour déterminer les moments auxquels il faut procéder aux lectures.

## 9. Mesurer chaque élément en temps : chronométrage

Lorsque les éléments ont été choisis et enregistrés, la mesure des temps peut commencer.

Si l'on utilise un chronomètre, on a le choix entre deux méthodes principales :

- Le chronométrage cumulatif, ou à la volée.
- Le chronométrage répétitif, ou avec retour à zéro.

Dans le chronométrage **cumulatif**, les aiguilles courent sans arrêt durant toute l'étude. Elles sont mises en marche au début du premier élément du premier cycle à chronométrer et ne s'arrêtent pas avant la fin de l'étude. A la fin de chaque élément, l'agent d'étude du travail enregistre le temps lu. Les divers temps élémentaires sont obtenus par soustractions successives après achèvement de l'étude. Cette