

REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

E. KLEINMANN

Détermination simultanée de l'engagement réel de 450 machines

Revue de statistique appliquée, tome 3, n° 3 (1955), p. 11-21

http://www.numdam.org/item?id=RSA_1955__3_3_11_0

© Société française de statistique, 1955, 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/>

DÉTERMINATION SIMULTANÉE DE L'ENGAGEMENT RÉEL DE 450 MACHINES

par

E. KLEINMANN

*Ancien Elève de l'Ecole d'Application de l'I.N.S.E.E.
Service des Méthodes d'Organisation à la Régie Nationale des Usines Renault*

A l'échelle d'une entreprise, le problème se pose souvent d'obtenir des renseignements relatifs à des ensembles importants : hommes, machines, véhicules, matière, pièces...

Ces renseignements doivent être obtenus à l'aide de méthodes :

- Simples : (formation, diffusion);*
- Sûres : (décisions importantes);*
- Peu coûteuses (coût du renseignement).*

Toute méthode nouvelle doit donc autant que possible apporter une amélioration dans ces trois domaines.

La méthode décrite entre dans le cadre des méthodes de Recherche Opérationnelle, en tant que moyen d'information. Elle est fondée sur une étude réelle faite aux mois d'octobre et novembre 1954 dans un atelier de fabrication.

I. - LE PROBLÈME -

L'étude d'un projet réorganisant la structure d'un département de fabrication exige que l'on connaisse la charge de travail pour un programme donné.

Le projet prévoyant la création de familles de machines, les résultats doivent être donnés pour chaque machine.

Conditions

La diversité des types de pièces fabriquées sur chaque machine et des séries lancées, rend difficile, sinon impraticable, l'utilisation des gammes d'usinage pour déterminer l'engagement des machines (comptabilisation délicate, ne faisant pas intervenir les facteurs tels que les absences d'opérateur, les montages, les pannes, ...). Les résultats obtenus seraient de plus théoriques et leur précision difficile à évaluer.

- Pour éliminer l'influence des variations accidentelles, il serait intéressant d'obtenir des résultats portant sur une période suffisamment longue pour être représentative.

- La période d'étude doit être la même pour toutes les machines pour éliminer l'influence des variations de programme de fabrication.

II. - LA MÉTHODE D'ÉTUDE

La méthode utilisée pour résoudre ce problème est :

1'OBSERVATION PAR SONDAGE

EXEMPLE

Soit une machine dont le fonctionnement est schématisé sur la figure 1.

Les rectangles représentent les périodes de marche.

La méthode consiste à "sonder" l'activité de la machine à des dates au hasard pendant la période d'étude et à noter le résultat de chaque sondage (les flèches sur la figure 1). Après n observations, il est possible de déterminer la proportion p correspondant au caractère "succès" (machine active par exemple).

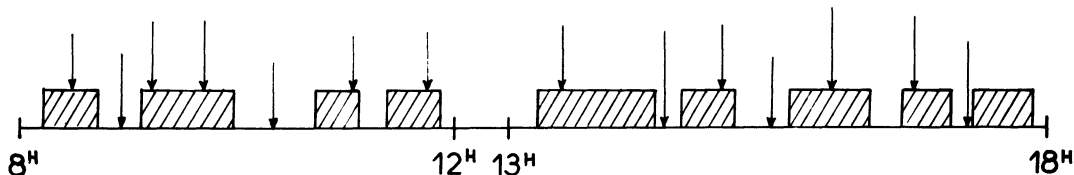


Fig.1

C'est le schéma d'un tirage exhaustif. Cependant, chaque observation étant quasi instantanée, il est possible d'appliquer les formules, plus simples, relatives à un tirage non exhaustif.

Précision

Ayant déterminé la proportion p d'apparitions du caractère "succès", il reste à chercher la signification de p .

Si l'on fait l'hypothèse d'une distribution aléatoire des arrêts, on se trouve dans les conditions d'une loi binomiale. Le nombre d'observations étant assez élevé (plusieurs centaines) et la valeur de p n'étant pas trop voisine de 0 ou 1, l'approximation normale est utilisable.

L'écart-type de p est donc :

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

et l'intervalle de confiance relatif à p :

$$p \pm t\sigma_p$$

La valeur de t adoptée pour ces études est 2, correspondant à un coefficient de confiance de 0,95 (il y a 95 chances sur 100 pour que la valeur exacte de p soit dans l'intervalle de confiance).

La précision de p sera le rapport du demi-intervalle de confiance à p , soit :

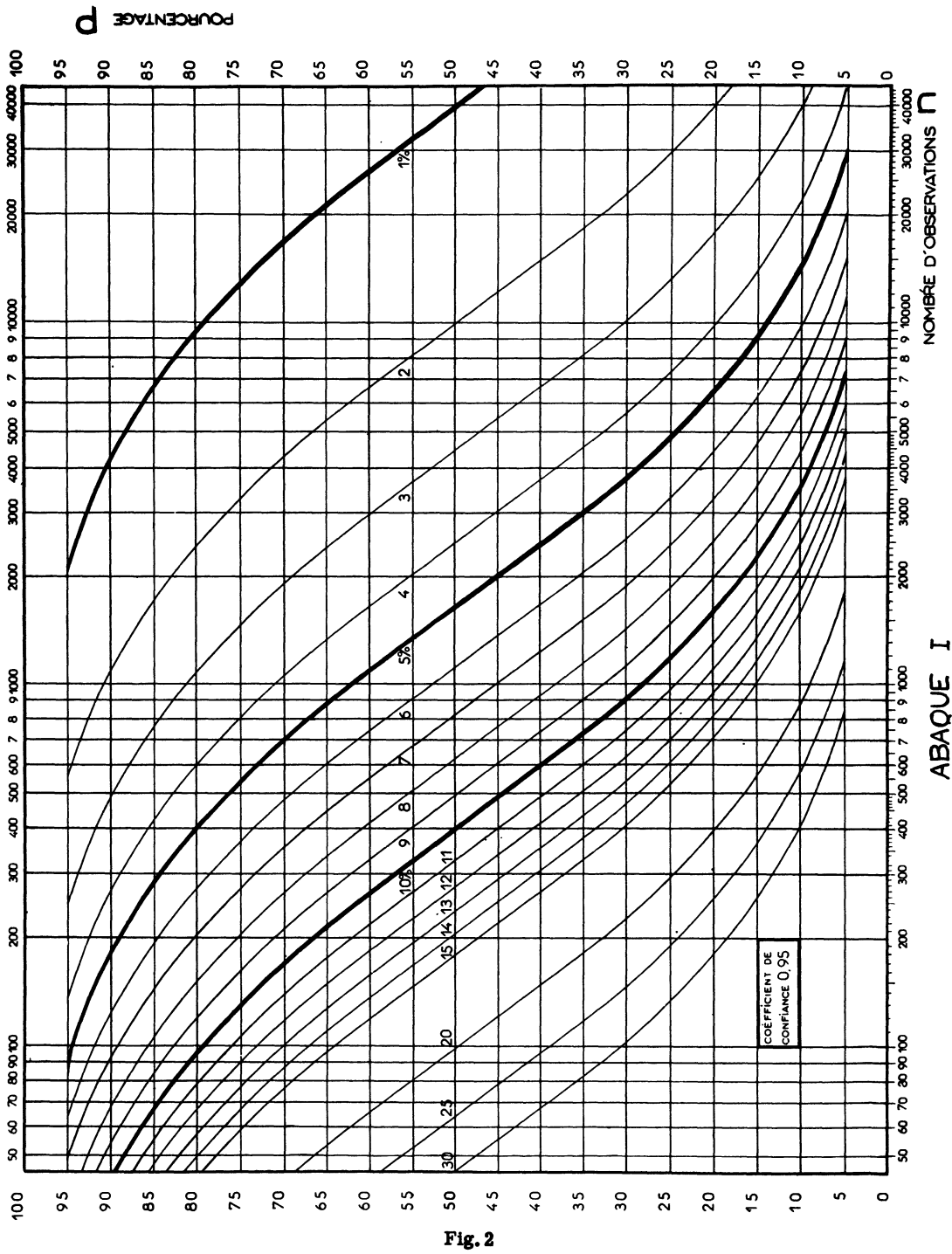
$$k = \frac{2\sigma}{p} \text{ pour un coefficient de confiance égal à } 0,95$$

d'où :

$$k = 2 \sqrt{\frac{1-p}{np}} \quad (1)$$

Pour permettre une diffusion et une utilisation faciles, l'équation (1) dépendant de trois paramètres a été mise sous forme d'abaque (figure 2) (*).

(*) - L'abaque de la Fig. 2 ainsi que celui de la Fig. 7 sont par conséquent utilisables pour d'autres études.



Où l'on peut lire directement la précision d'un résultat en fonction du nombre d'observations faites et du pourcentage trouvé.

Ceci est valable pour chaque machine. L'étude de l'ensemble se traduit par un circuit passant en revue les 450 machines à étudier. A la fin de l'étude on obtient un pourcentage d'engagement pour chaque machine.

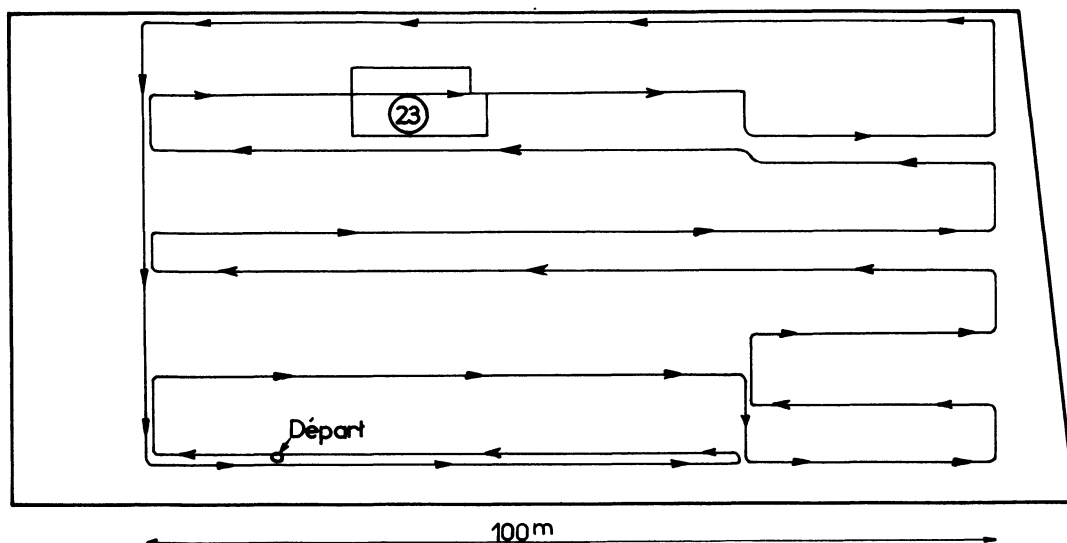


Fig. 3

III. - LE PLAN D'OBSERVATION

Observer simultanément 450 machines exige une étude rationnelle du plan d'observation.

1. Le circuit

Une implantation à jour des machines n'existant pas, la première étape consiste à repérer les machines et leur numéro d'immatriculation. Chaque machine est donc définie par :

- sa position sur le plan,
- une lettre (F fraiseuse, T tour, P4B perceuse 4 broches, ...)
- un numéro d'immatriculation,
- un numéro d'étude (voir paragraphe "Enregistrement des observations").

Le schéma des allées de passage et du circuit est donné sur la figure 3. Le circuit est donc fermé et sa longueur est de l'ordre de 800 m.

Des parcours d'essai ont permis d'évaluer le temps nécessaire à une observation, c'est-à-dire, pour noter l'état de chaque machine ; la durée de parcours est inférieure à 40 minutes.

2. Le nombre d'observations

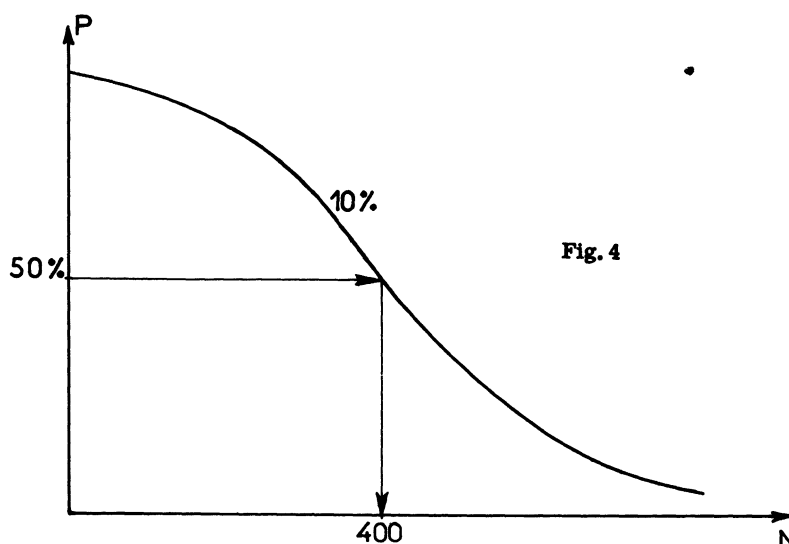
Le nombre d'observations nécessaires dépend :

- de la précision exigée,
- du pourcentage moyen d'activité.

Pour une étude de gestion telle que celle-ci, une précision moyenne de 10 % est jugée suffisante.

Par mesure de sécurité, l'activité globale est arbitrairement fixée à 50 %.

Ces deux paramètres permettent de déterminer par lecture directe de l'abaque de la figure 2 le nombre d'observations à prendre, la marche suivie étant celle de la figure 4.



3. Fréquences des observations

Pour des raisons d'organisation, de fatigue de l'observateur, la fréquence d'observation retenue est de 1 à l'heure.

L'étude portant sur la totalité des heures d'activité de l'Atelier, 400 observations correspondent à deux mois d'observations (200 heures de travail par mois). Cette période d'étude permet donc d'obtenir des résultats représentatifs éliminant les variations quotidiennes accidentelles.

4. Eléments observés

Trois éléments ont été retenus dans cette étude :

- 1 - la machine est en activité,
- 2 - la machine est en réglage, réparation ou montage (changement d'outils, mise au point, etc),
- 3 - la machine est arrêtée.

Par définition, l'engagement de la machine est la somme des éléments 1 et 2.

MACHINES MULTIBROCHES

Pour les perceuses multibroches, il est utile de connaître le pourcentage d'engagement avec une broche, 2 broches, 3 broches Pour les machines de ce type, par conséquent, il a aura autant de sous-ensembles à observer qu'il y a de broches. La somme des engagements partiels donne l'engagement global de la machine.

L'étude des broches des machines multibroches porte à 600 environ le nombre de postes à observer.

5. Enregistrement des observations

Chaque observation sonde successivement 600 postes. Cette opération est répétée 400 fois. L'enregistrement des observations a été réalisé sur matériel mécanographique.

Les documents utilisés sont des cartes MARK SENSING Standard (figure 5).

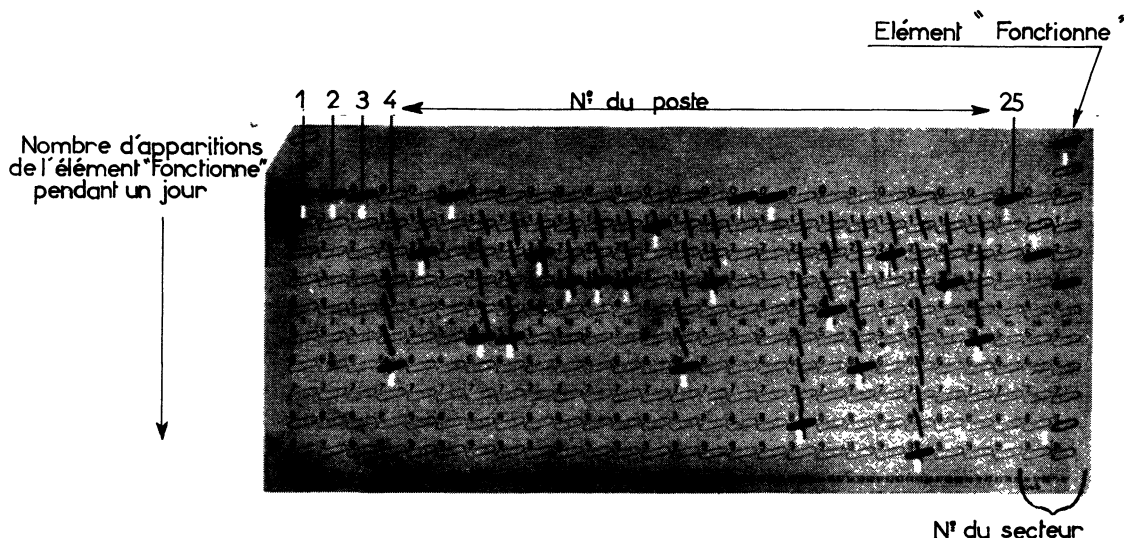


Fig. 5

25 colonnes sont utilisables pour enregistrer les observations faites sur chaque poste. Le circuit (figure 3) est donc divisé en une succession de secteurs comprenant au plus 25 postes. Le numéro du secteur est crayonné directement dans les colonnes 26 et 27 de la Carte Mark Sensing. Pour la facilité de l'observation, les secteurs sont définis à partir des allées et les numéros d'étude des machines correspondant aux colonnes de la carte MS disposés suivant le principe du schéma de la figure 6.

Le découpage de l'Atelier correspond à 30 secteurs.

Les numéros d'études sont peints préalablement sur chaque machine.

Il y a deux séries de 30 cartes, les cartes correspondant à l'élément "Fonctionne" et les cartes correspondant à l'élément "Réglage" (repérées en colonne 27 lignes 12 et 11).

En passant devant chaque poste, l'observateur note à l'instant précis de son passage la nouvelle situation.

EXEMPLE

La machine n° 7 est active : il ajoute une unité dans la colonne 7, en partant de la ligne 1 sur la carte "Fonctionne".

La machine n° 8 est en réglage : même processus sur la carte "Réglage".

La machine n° 9 est arrêtée : il ne note rien.

La multibroche 10-11-12 fonctionne avec deux broches : il ajoute 1 unité dans la colonne 11 de la carte "Fonctionne".

Il y a 9 lignes sur une carte, 9 heures de travail par jour et une observation à l'heure, donc 1 carte par secteur et par jour est suffisante pour l'élément "fonctionne" ; 1 carte "réglage" (élément plus rare) "dure" 5 jours.

La dernière observation avant le remplacement d'une carte par une carte vierge est crayonnée sur la dernière position repérée.

AVANTAGE DE L'ENREGISTREMENT SUR CARTES MECANOGRAPHIQUES

- Les documents existent et sont de manipulation commode. (L'observateur à deux piles de 30 cartes sur un montage simple, l'observation est facilitée).

- Après passage à la perforatrice automatique, les résultats sont ajoutés automatiquement et donnés sous forme de listing (risque d'erreur pratiquement nul).

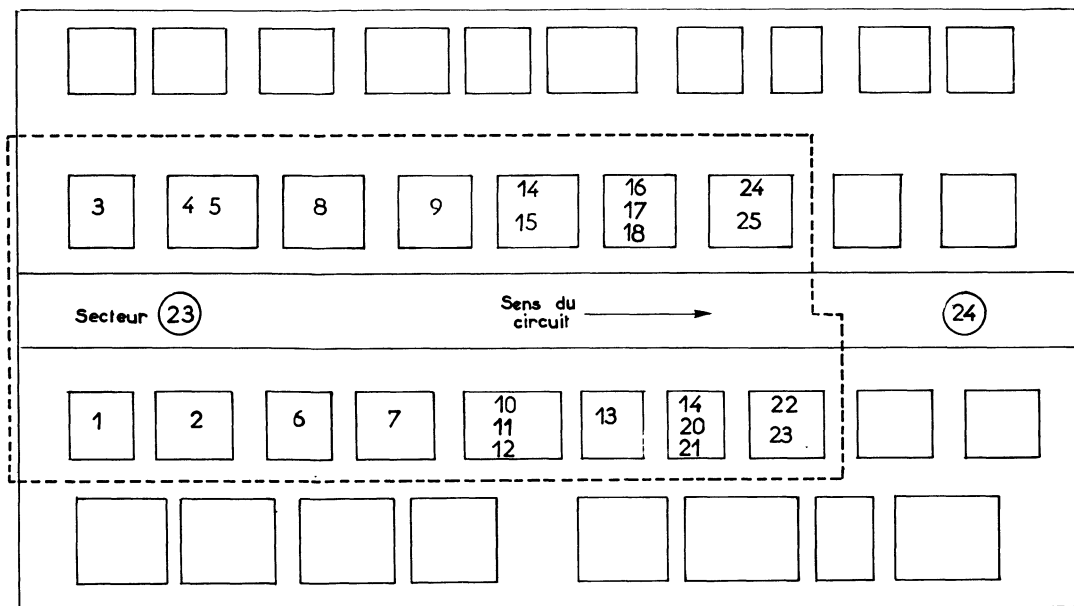


Fig. 6

6. Dates des observations

Le départ de l'observateur est aléatoire dans l'heure.

Il est déterminé à l'aide d'une table de nombres au hasard, avec la condition de laisser un intervalle de 35 minutes au moins entre deux observations consécutives. La dernière observation de la journée doit débiter au moins 35 minutes avant la fin.

Afin d'éviter une erreur systématique, due à la durée du parcours (les machines du secteur 1 ayant une plus grande probabilité d'être visitées le matin et inversement pour les machines du secteur 30 le soir) pour les observations des débuts et fins de période, le n° de secteur pris comme point de départ est lui-même tiré au hasard (le circuit est fermé).

Exemple : 8 heures 13 : Secteur de départ n° 21.

7. L'observateur

L'étude est menée entièrement par un seul agent technique, formé rapidement à la technique du sondage et connaissant bien l'atelier.

IV. - LE DÉMARRAGE DE L'ÉTUDE

La structure de la méthode met en relief un point important. Bien que les renseignements demandés soient purement techniques, en général un opérateur est associé à chaque machine, l'étude s'adresse donc à un groupe d'hommes. Cette différence par rapport aux méthodes classiques (chronométrage continu par exemple ou chaque machine est étudiée séparément) est à l'origine des réactions du groupe.

Réaction du groupe

D'autres facteurs, liés à la méthode même, s'ajoutent à l'aspect collectif de l'étude.

La méthode est nouvelle, elle entraîne donc naturellement une certaine curiosité.

Le procédé d'observation est discontinu et l'on saisit mal, à priori, la possibilité d'obtenir des mesures.

Psychologiquement, les 9 passages quotidiens laissent l'impression d'un passage bien plus fréquent.

Ces points expliquent les réactions qu'il est possible d'observer :

- modification du comportement normal de l'opérateur au moment du passage de l'observateur (arrêt ou reprise du travail).

- signalement de proche en proche de l'arrivée de l'observateur.

Dans les deux cas, l'observation n'est plus l'enregistrement d'une situation réelle mais d'une situation artificielle, les résultats sont faussés, ne sont plus représentatifs.

Information préliminaire

Pour éviter cette situation, il est donc nécessaire de prévenir le groupe pour gagner sa confiance. Une information préliminaire exposant :

- la nature de la méthode,
- les buts techniques de l'étude

est donc faite avant le début des observations, à la maîtrise, puis aux opérateurs (par petits groupes).

Début des observations

Les premières observations (2 à 3 jours) ne sont pas retenues dans les résultats. Elles ont pour but de familiariser l'observateur avec les machines, de dégager les difficultés et les points délicats d'observation.

Exemple : machine en réglage avec régleur allant chercher de l'outillage. Elles servent à stabiliser l'ambiance de travail.

V. - RÉSULTATS

A la fin des deux mois d'étude, des listings mécanographiques donnent par secteur et par n° de poste le nombre total d'observations correspondant à l'apparition des éléments "fonctionne" et "réglage" (par addition mécanographique des chiffres crayonnés sur les cartes MS).

Connaissant le nombre total d'observations prises, on calcule pour chaque poste les pourcentages correspondants et leur somme, c'est-à-dire l'engagement. Les calculs ne pouvant être effectués mécanographiquement, l'étude est stoppée après 400 observations pour les rendre plus aisés.

Précision

Pour chaque poste, l'abaque de la figure 2 permet de connaître la précision sur le % d'engagement calculé. L'abaque de la figure 7 permet de lire directement le demi-intervalle de confiance relatif aux résultats.

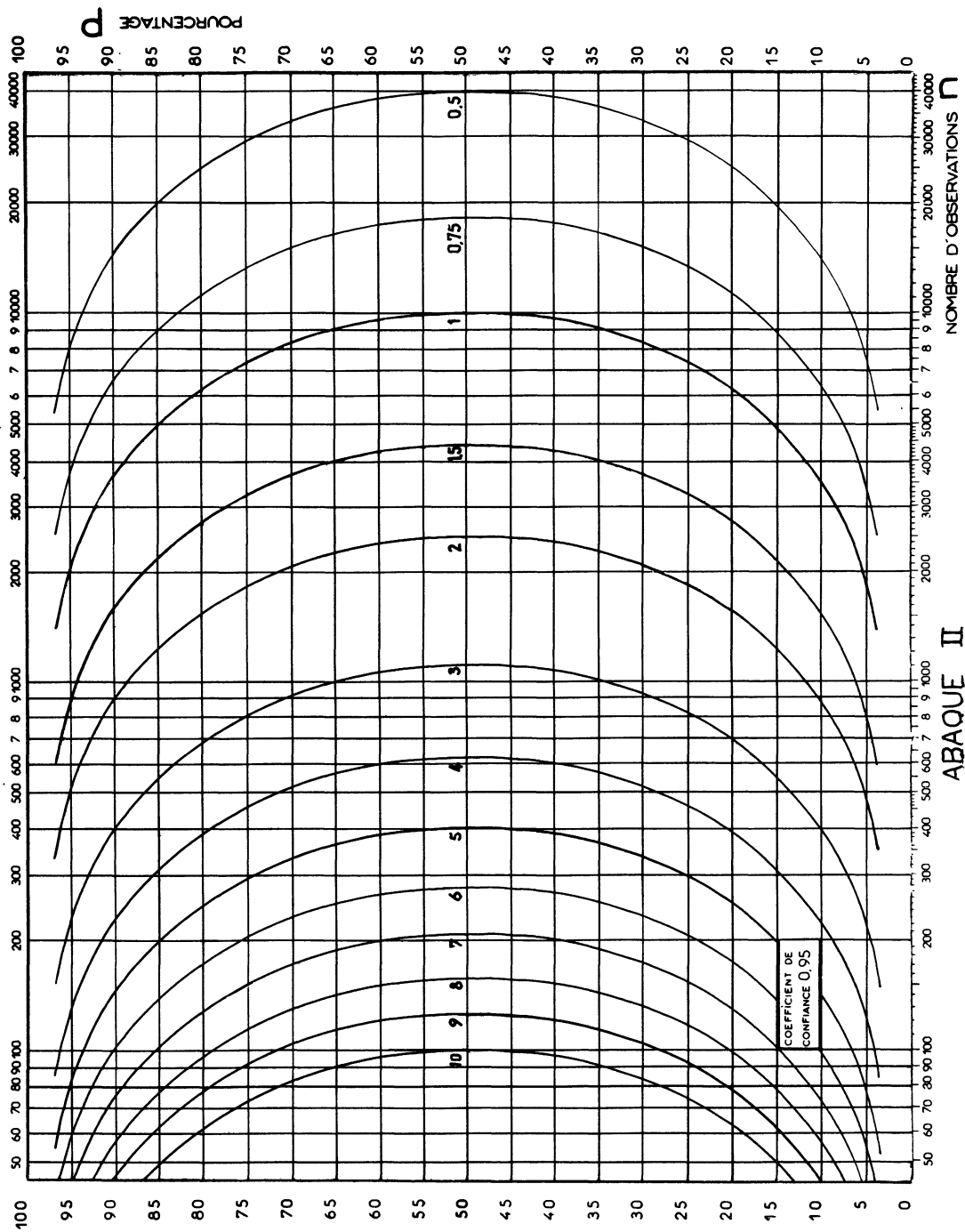


Fig. 7

EXEMPLE

Après 400 observations, l'engagement calculé pour une machine est de 66 %.

L'intervalle de confiance est donc :

$$66 \pm 4,8 \quad \text{soit} \quad 61,2 \text{ à } 70,8$$

Résultats relatifs à la technique de l'étude

1° - DUREE DU PARCOURS -

L'observateur se familiarisant :

- avec les machines,
- avec les procédés d'enregistrement

l'accoutumance s'est très vite traduite par la diminution importante du temps nécessaire pour parcourir le circuit et de la dispersion des durées (figure 8) (au bout de 3 jours la moyenne par jour passe de 30 mn à 22 mn).

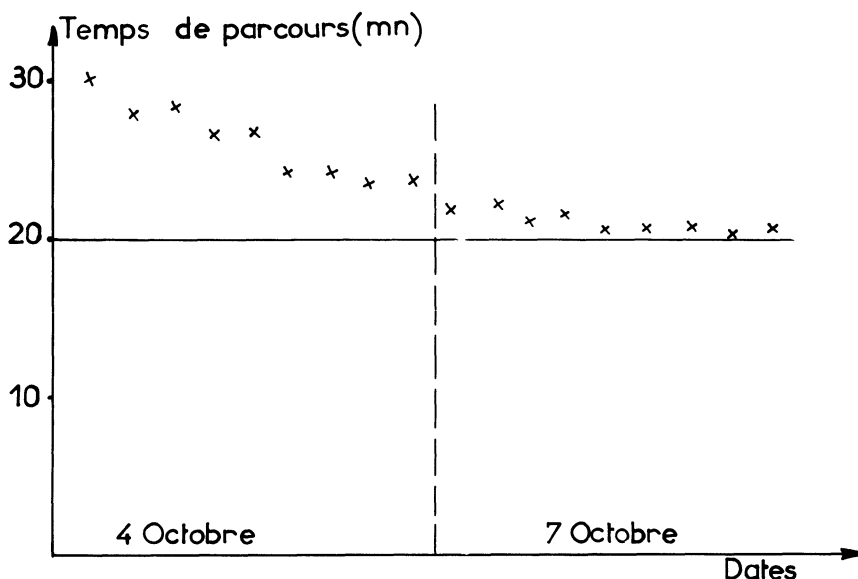


Fig. 8

2° - FATIGUE -

L'observateur parcourant le circuit une fois par heure est engagé seulement 20 mn sur 60. Il lui reste donc en moyenne plus de la moitié du temps pour d'autres travaux, tels que la préparation des cartes, la construction des graphiques ...

L'expérience montre à travers de nombreuses études par sondage, que le temps passé à l'observation (déplacement) ne doit pas excéder 50 % du temps total

- pour la fatigue de l'observateur,
- pour la possibilité de départs au hasard.

3° - EFFICACITE -

La dimension d'une étude par sondage peut être définie par le nombre d'observations prises multiplié par le nombre de postes observés. L'unité sera "l'observation machine".

La dimension de cette étude est donc :

$$600 \times 400 = 240.000 \text{ OM}$$

Il faut en moyenne 20 mn pour observer 600 postes. Le temps consacré à chaque poste, déplacement compris, est donc de :

3,3 centièmes de minute

Il y a eu 400 observations par poste. Le temps total consacré à chaque poste est donc de :

13 minutes 5 secondes

Cette durée répartie sur deux mois est la meilleure mesure de l'efficacité de la méthode.

VI. - CONCLUSION

Valeur de la méthode

Théoriquement, la méthode de sondage élémentaire utilisée passe sur des points délicats : on n'est pas assuré d'avoir des arrêts toujours aléatoires, il n'y a pas toujours indépendance entre le fonctionnement des machines.

Techniquement, la méthode est simple, normalisable.

A partir d'une certaine dimension, il est possible de déterminer à priori le plan et le coût d'une étude particulière. Les résultats sont donnés par machine, les interférences entre machines sont ainsi évitées. Enfin et surtout la méthode est adaptée aux besoins. Le paramètre est la précision désirée qui fixe le coût de l'étude.

Ces conditions font de la méthode de sondage un instrument très souple et particulièrement efficace dans des études de gestion portant sur un grand nombre de postes où l'on veut mesurer des caractéristiques semblables.

Elle est assurée d'une diffusion facile, la technique d'observation et des études du plan d'observation étant simple.

Elle peut être l'outil permettant le contrôle permanent d'un parc machines, donnant une information réelle et dynamique sur :

- l'engagement (possibilité de production)
- les réglages et montages (organisation)
- l'entretien et les réparations (qualités techniques).