

L'enseignement des Mathématiques en section technique

## **STATISTIQUE ET TECHNOLOGIE**

**Un thème d'activités pour nos classes : Seconde, Troisième, Quatrième, ...**

Francis LABROUE  
Irem de Limoges  
Irem de Paris Nord

### **Introduction**

#### **La statistique descriptive dans les programmes de mathématiques**

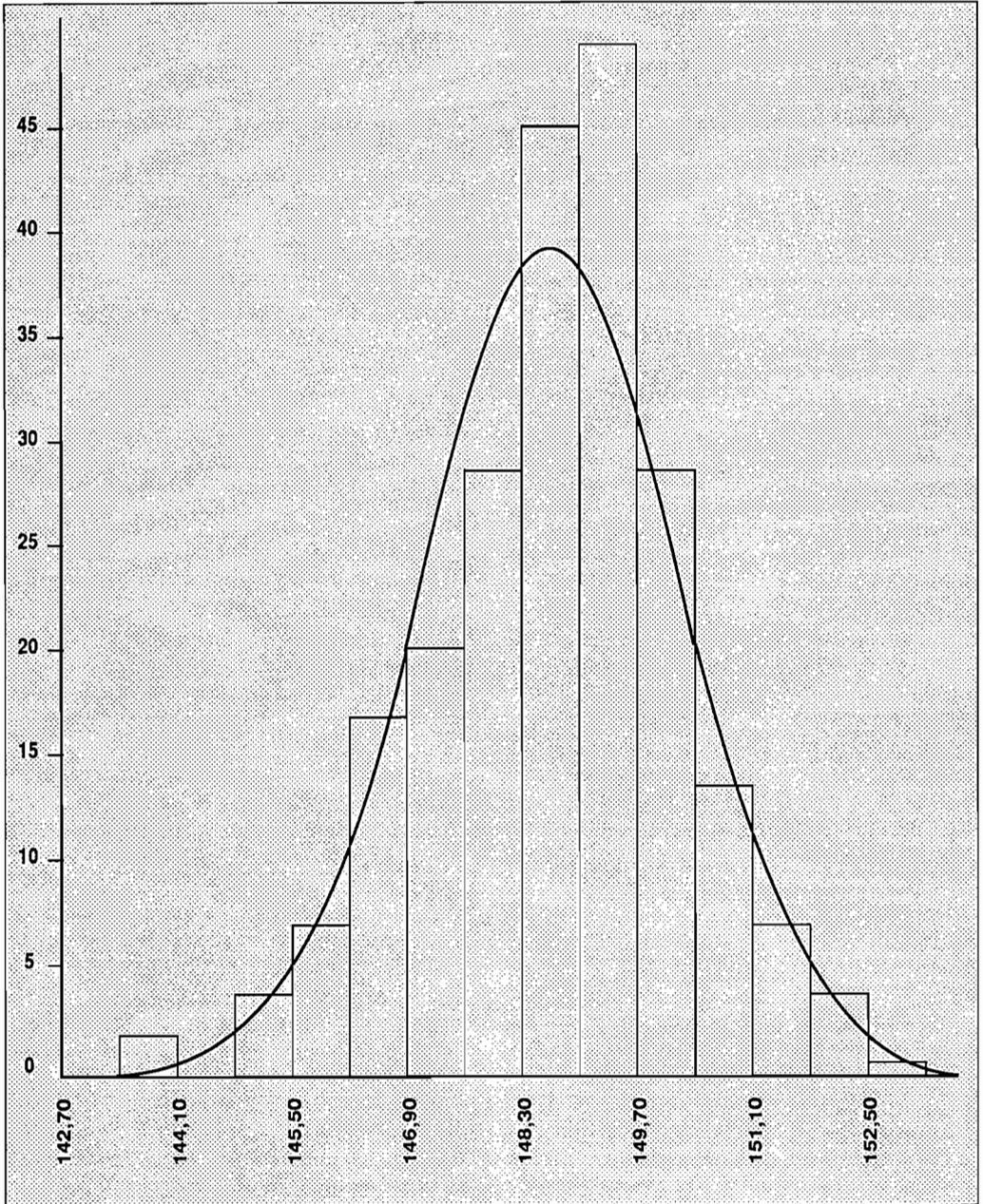
En France, ce n'est qu'en 1981 qu'un enseignement de statistique descriptive a été introduit, en mathématiques, dans la classe de seconde ; auparavant les notions d'effectif et de fréquence n'apparaissaient qu'en ... première ou dans des classes débouchant sur un BEP ou un CAP.

De 1986 à 1989 de nouveaux programmes ont été progressivement mis en place dans les quatre classes du collège avec, en particulier, une nouvelle rubrique intitulée « Organisation et gestion de données » dont « l'objectif essentiel est de gérer des situations concrètes à l'aide de tableaux, de diagrammes, de graphiques ».

A la rentrée 1990, le programme de seconde a été infléchi pour « assurer une bonne continuité avec le collège » : ainsi « on aboutit à une vue synthétique des séries statistiques à une variable, ce qui constitue un élément important pour l'ensemble des élèves ». Encore faut-il que les professeurs disposent d'une documentation appropriée !

#### **Un exemple d'intervention de la statistique dans l'industrie**

Cet article, tiré d'une brochure de l'IREM de Limoges publiée en octobre 1981, donne un exemple de situation, utilisable dans les classes, où l'outil statistique a permis d'une part de révéler des dysfonctionnements lors de la mise au point d'une machine et, d'autre part, de mesurer les progrès apportés par certaines modifications technologiques. Il



faut remarquer qu'un tel processus est habituel dans le domaine de la fabrication industrielle : dans une production en grande série, des machines usinent un très grand nombre de pièces et on effectue un contrôle de qualité pour déterminer si les pièces obtenues sont conformes à ce qu'on attendait.

Pour des raisons de temps, de coûts et aussi d'efficacité, toutes les pièces fabriquées ne sont pas soumises au contrôle ; on ne mesure les caractéristiques que de quelques dizaines de pièces prélevées au hasard et on peut alors, en mettant en œuvre des méthodes spécifiques à la statistique descriptive, fournir une information synthétique sur chacun des échantillons ainsi constitués : par exemple, calculer sa moyenne qui donne une tendance centrale, son écart-type qui précise la dispersion autour de celle-ci, ...

Ensuite, on peut en déduire des informations concernant l'ensemble des pièces produites à l'aide de la statistique inférentielle en utilisant le calcul des probabilités ; on peut alors prendre des décisions : par exemple, arrêter ou non la production pour procéder à un réglage de machine, mais ceci est au programme des ... sections de technicien supérieur et d'autres formations post-baccalauréat.

### Utilisation dans les classes

Une lecture détaillée des programmes conduit à utiliser les informations contenues dans cet article en seconde, en troisième et en quatrième sans oublier, ni deux classes créées plus récemment, les quatrième et troisième technologiques, ni les diverses classes des lycées professionnels

menant à un BEP, un CAP ou un baccalauréat professionnel.

Cet article fournit plusieurs séries de données suffisamment riches pour permettre d'entraîner les élèves à la démarche propre à la statistique descriptive comme le recommande le programme de seconde :

- lecture de données recueillies sur les individus d'une population ;
- choix des résumés (regroupements en classes, indicateurs, ...) à mettre en œuvre pour décrire cette population ;
- exécution des calculs à la machine (calculatrice, ordinateur) ;
- présentation des résultats (histogrammes, graphiques, ...) ;
- contrôle et analyse critique des résultats.

Naturellement, il convient de tenir compte des objectifs de chaque classe pour choisir, sans déborder du programme, quelques énoncés d'exercices à l'aide de certaines des séries statistiques données ci-dessous.

Ainsi, toute référence à une courbe de Gauss pourra être passée sous silence : ce n'est que pour repérer graphiquement la moyenne d'un échantillon et mettre en évidence certaines propriétés de celui-ci que chaque histogramme est accompagné de la courbe en cloche correspondant à la loi normale de même moyenne et de même écart-type que l'échantillon étudié.

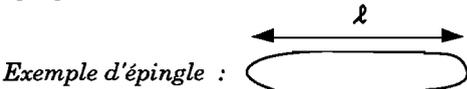
Il paraît cependant important de montrer concrètement comment peuvent être utilisés des résultats statistiques : ici, les diagrammes sont accompagnés d'une interprétation technologique et de propositions de modifications de la machine.

Enfin, en seconde, ce thème permet de montrer que la tendance centrale (moyenne, médiane, mode, ...) ne suffit pas à décrire une population ou un échantillon ; un second paramètre est nécessaire pour mesurer la dispersion. C'est lui qui définit les tolérances en usinage et l'étude ci-dessus montre combien il peut être difficile de la modifier.

Une telle activité en classe peut contribuer à rendre les élèves plus exigeants sur la valeur scientifique de certaines informations dites statistiques véhiculées par des médias. C'est peut-être aussi cela, l'ouverture de l'école sur la vie ...

**Description (sommaire) de la machine à former le fer à béton**

Dans la construction en béton armé, on utilise diverses formes standard pour confectionner des ferrailages : cadres, épingles, étriers, ...



La machine étudiée a pour fonction de fabriquer en un temps minimum un nombre donné de ces pièces de formes variées à partir d'un gros fil de fer à béton dont les caractéristiques (diamètre, rigidité, ...) peuvent prendre des valeurs diverses.

Le fil, stocké sous forme de gros rouleaux, est d'abord redressé dans le sens horizontal, puis vertical par deux jeux de cinq galets . Il est guidé en translation par coincement entre deux galets dont l'un est

entraîné en rotation ; la puissance est donnée par un circuit hydraulique.

Un codeur optique permet la mesure des longueurs par l'émission périodique de deux signaux décalés. Le fil est ensuite plié sur un plateau tournant dans un plan vertical à l'aide de galets. Un second codeur optique permet la mesure de l'angle de pliage. Enfin une cisaille coupe le fil avant que la pièce ne soit éjectée. La commande de la machine se fait par l'intermédiaire d'un microprocesseur - 6800 Motorola - ce qui permet en particulier :

- d'avoir en mémoire les programmes permettant de réaliser les pièces de formes les plus courantes,
- d'avoir en mémoire plusieurs programmes permettant de créer des pièces de forme quelconque en les définissant par une succession de longueurs de segments et d'angles de pliage,
- de pouvoir par la simple entrée d'un nombre au clavier de modifier la valeur de n'importe quel paramètre (longueur, angle, diamètre du fil, vitesse d'entraînement, définition du signal des codeurs optiques, etc.).

Une fois la machine réalisée, il a fallu tester ses possibilités, en particulier étudier la dispersion des pièces produites, sachant que pour l'épingle dessinée ci-dessus, de longueur  $l$  (en millimètres) il serait souhaitable d'obtenir 95 % des pièces produites dans l'intervalle

$$[l - 2,5 ; l + 2,5]$$

pour la construction traditionnelle, et

$$[l - 1 ; l + 1]$$

pour la construction préfabriquée (problèmes de soudure).

---

 STATISTIQUE ET  
 TECHNOLOGIE
 

---

*Première série de mesures*

147	147	146	146	150	150	148	149	157	147	147	147
146	147	146	147	151	151	148	146	150	149	149	151
146	150	148	146	152	151	150	150	151	148	147	153
147	146	147	149	148	152	152	149	148	147	153	154
146	148	151	146	151	148	157	146	147	146	151	150
149	150	149	148	153	151	150	154	147	148	147	146
146	146	145	147	148	145	146	149	147	149	146	148
148	146	149	145	147	147	147	153	151	148	148	150
148	146	147	148	149	146	153	145	157	148	149	146
146	147	145	147	152	154	148	147	148	150	153	145
146	148	147	145	148	150	155	148	148	146	152	147
148	148	147	146	148	149	149	148	148	146	148	151
145	147	145	148	148	151	147	146	147	145	151	146
147	148	149	147	146	149	152	147	153	147	147	148
147	155	149	145	147	146	151	147	151	148	147	147
149	147	152	153	148	148	148	146	148	146	146	148
154	148	152	145	147	149	145	145	147	146	150	151
155	146	147	146	155	149	149	147	145	152	146	147
149	147	148	153	146	148	146	147	149	150	154	156
148	148	155	151	149	146	149	148	155	149	145	147
149	150	148	151	149	146	151	147	149	145	147	151
150	146	153	147	151	147	150	144	147	148	147	148
145	150	147	154	154	148	146	149	148	150	152	147
149	147	148	150	150	148	152	148	145	153	147	147
147	146	153	148	150	145	146	148	146	147	148	148
149	151	150	152	155	147	145	153	146	146	148	146
150	153	147	153	145	147	147	146	149	146	148	152
147	156	155	147	154	148	148	150	147	149	155	146
149	152	146	148	150	151	146	145	148	152	150	150
152	149	153	154	148	148	146	146	153	148	148	149
150	147	147	147	151	146	149	155	147	148	146	145
151	153	147	147	148	146	152	150	148	148	146	147
148	147	146	149	146	152	148	147	152	149	150	150
145	148	148	146	153	150	150	150	147	150	148	148
147	148	148	150	148	152	147	146	152	147	145	148
151	148	149	148	147	152	148	156	148	147	150	149
148	152	146	146	147	151	148	148	146	147	147	150
150	155	150	146	146	146	151	148	150	152	149	153
146	150	145	145	148	150	146	150	145	149	150	147
148	146	147	149	146	147	151	145	153	150	147	150
146	145	150	158	146	148	145	150	150	151	150	148
147	149	155	146	150	150	141	157	146	146	149	147
152	147	147	148	149	149	146	149	150	150	150	149
150	146	146	145	148	148	152	148	148	156	152	145
146	146	148	148	147	158	149	147	150	147	148	147
147	147	154	149	147	146	151	151	158	153	148	148
150	151	151	147	154	150	149	153	146			

Le minimum est 141.

Le maximum est 158.

L'étendue est 17.

### Première série de mesures

Une première série de 561 mesures de  $\lambda$  a donné (en mm) les résultats donnés dans le tableau de la page précédente.

Pour classer ces données on a choisi l'étendue de chaque classe égale à 1 mm en raison de la précision de l'appareil de mesure utilisé.

### Constatations

- la dispersion est trop importante (environ deux fois trop),
- le diagramme est fortement dissymétrique (cf. p. 36) et si, dans la partie gauche, la dispersion semble faible, en revanche les résultats sont très étalés à droite.

### Interprétation technologique

Au cours de chacun des deux pliages nécessaires pour réaliser l'épingle, le fil est soumis à une forte tension et il a tendance à glisser entre les galets, augmentant de manière aléatoire la longueur  $\lambda$  de l'épingle. Une nouvelle mise en route de la machine a permis d'observer visuellement ce phénomène.

### Modifications technologiques proposées

Pour supprimer cet inconvénient on va ajouter à la machine un étai dont les mâchoires se fermeront et bloqueront ainsi le fil au cours de chaque pliage.

classe	effectif
[ 140,5 ; 141,5 [	1
[ 141,5 ; 142,5 [	0
[ 142,5 ; 143,5 [	0
[ 143,5 ; 144,5 [	1
[ 144,5 ; 145,5 [	34
[ 145,5 ; 146,5 [	86
[ 146,5 ; 147,5 [	102
[ 147,5 ; 148,5 [	104
[ 148,5 ; 149,5 [	54
[ 149,5 ; 150,5 [	61
[ 150,5 ; 151,5 [	34
[ 151,5 ; 152,5 [	27
[ 152,5 ; 153,5 [	23
[ 153,5 ; 154,5 [	11
[ 154,5 ; 155,5 [	12
[ 155,5 ; 156,5 [	4
[ 156,5 ; 157,5 [	4
[ 157,5 ; 158,5 [	3

Moyenne = 148,65  
Écart-type = 2,69

STATISTIQUE ET  
TECHNOLOGIE

*Diagramme de la première série de mesures.*

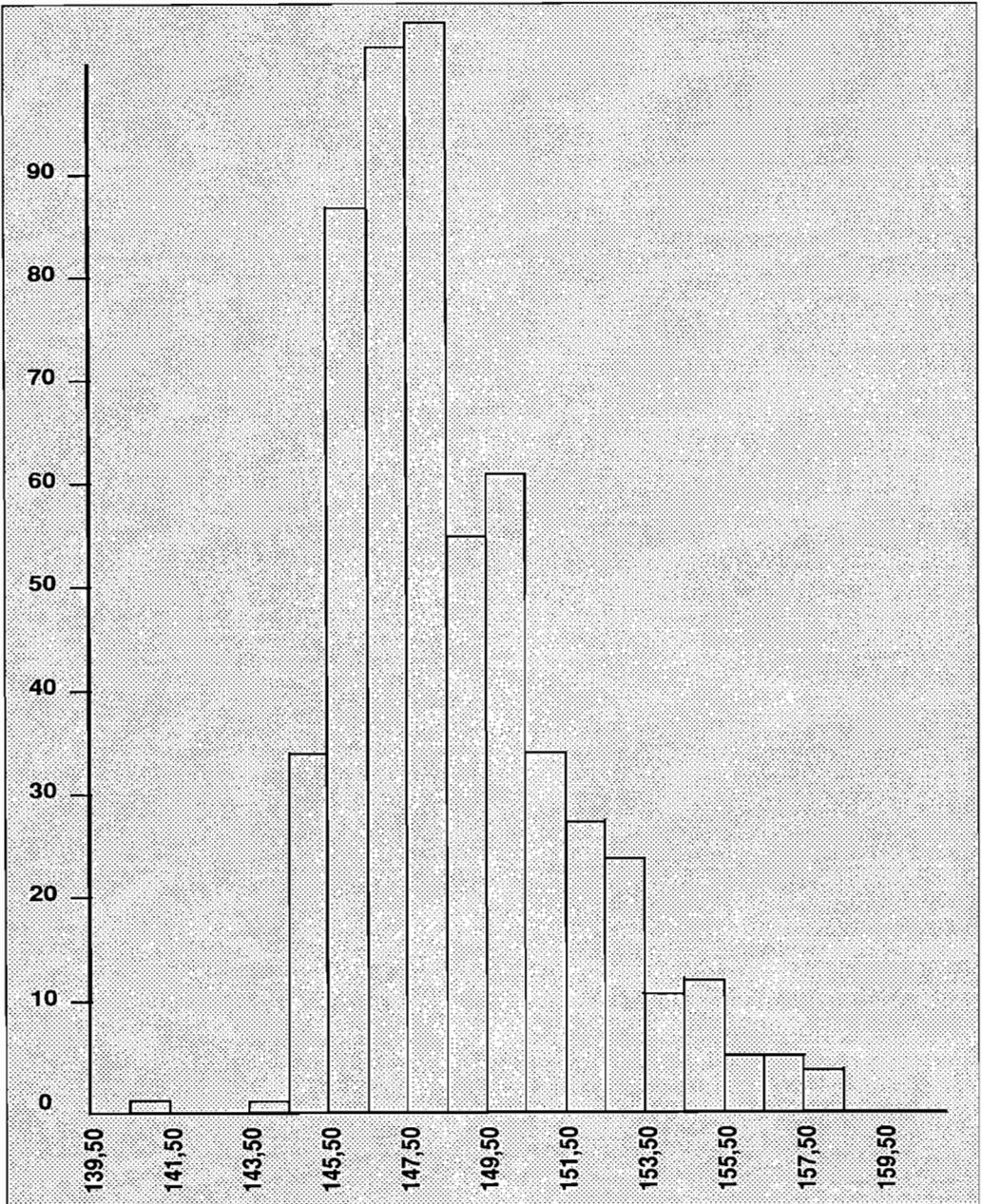
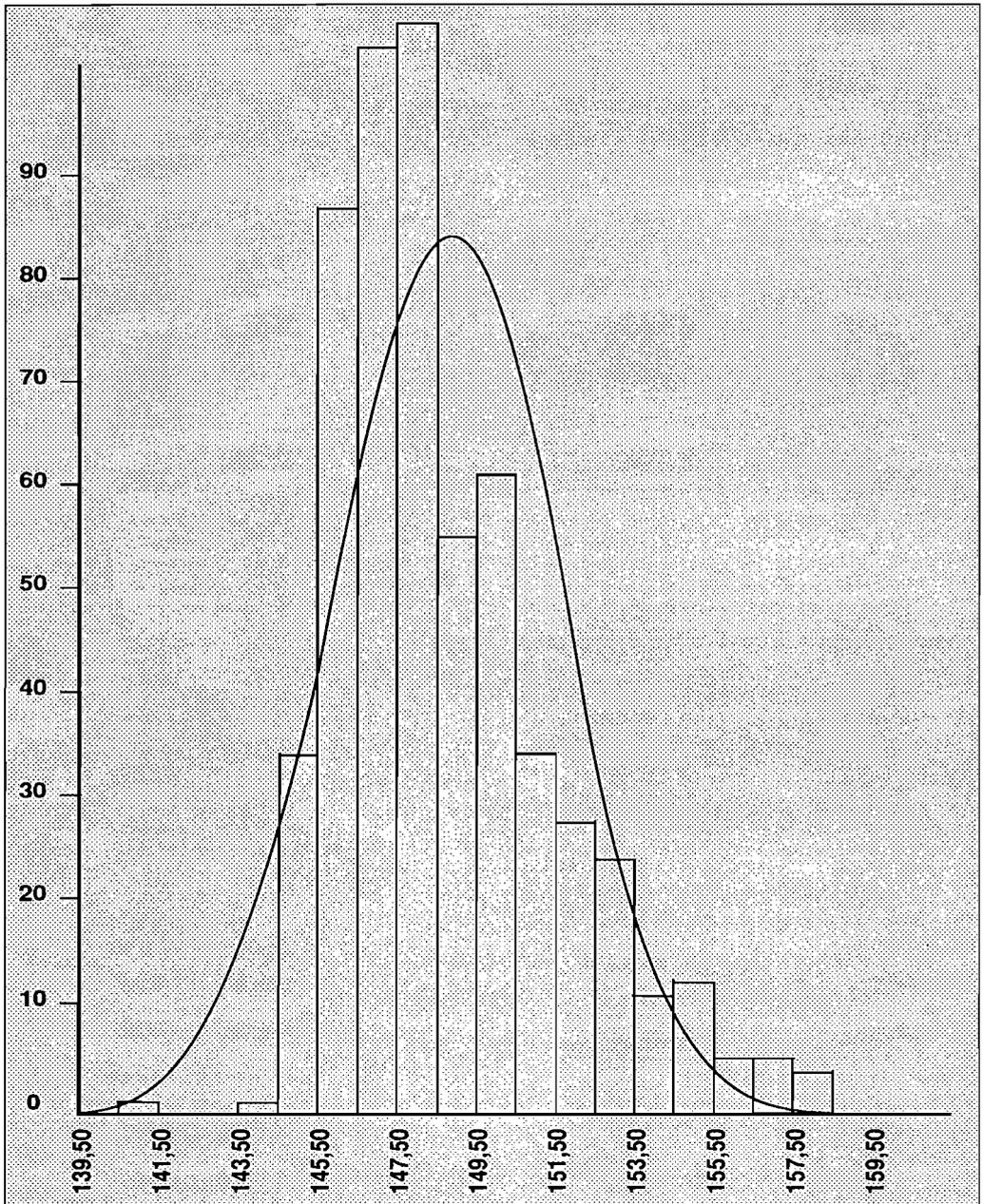


Diagramme de la première série de mesures et courbe de la loi normale correspondante.



## Deuxième série de mesures

En attendant la réalisation de l'étau, puisque tout pliage était proscrit, on a procédé à des mesures de longueurs linéaires : on a donc fabriqué 200 petits segments de fil dont on a mesuré la longueur à l'aide d'un pied à coulisse permettant d'apprécier le dixième de millimètre. On a obtenu 197 résultats, trois pièces ayant disparu à l'intérieur de la machine ( voir le tableau ci-contre ). La *moyenne* obtenue est de 48,77 mm ; l'*écart-type* est de 0,87 mm.

### Constatations

- les résultats semblent bons car la dispersion est faible,
- deux ou trois valeurs doivent être considérées comme « aberrantes ».

### Interprétation technologique

Le système de mesure des longueurs par le codeur optique semble donner satisfaction. On s'attendait à de plus mauvais résultats, en particulier à cause des erreurs de mesure dues à la présence de bavures de fer lors du cisaillement du fil.

Les valeurs « aberrantes » sont très difficiles à supprimer : des aléas technologiques surviennent presque toujours ; sans doute, le fil a dû patiner entre les galets au cours de son entraînement.

### Modification technologique proposée

Aucune modification à proposer, sous réserve que la fréquence d'apparition des pièces « aberrantes » reste très faible.

Deuxième série de mesures

48,4	48,4	48,9	49,4	49,3
48,8	47,9	49,1	49,3	48,7
48,7	48,2	48,1	49,3	49,0
48,9	49,3	49,4	48,4	48,4
48,4	48,6	48,4	49,2	47,8
48,3	48,8	47,4	48,9	48,3
49,2	47,3	49,5	48,5	42,6
48,3	48,3	48,8	49,5	49,5
49,0	48,0	49,0	49,7	48,4
48,6	48,0	49,3	48,2	48,5
49,2	47,9	48,1	48,0	48,1
48,2	49,1	49,0	48,9	49,5
48,7	49,2	49,4	49,0	49,2
48,9	48,4	49,4	48,6	49,5
48,3	48,9	49,0	47,9	49,0
48,4	48,2	49,0	48,5	48,6
49,1	49,4	49,0	49,3	48,7
47,4	50,0	49,2	47,9	49,2
48,5	49,1	49,3	48,2	47,9
49,3	48,6	48,8	48,5	49,4
48,7	49,0	49,4	47,8	49,5
49,0	48,9	48,7	48,9	48,5
49,2	48,1	48,3	49,4	48,7
48,7	48,4	49,4	42,1	49,1
48,5	49,3	49,8	49,4	48,4
49,3	48,3	48,5	48,2	49,5
49,4	48,7	49,1	48,5	49,3
48,9	49,0	48,6	49,1	48,9
48,1	49,6	48,4	48,8	49,5
49,4	48,9	48,8	48,6	48,2
48,1	48,5	48,8	47,9	49,3
50,0	49,2	48,6	49,3	48,9
48,6	48,4	48,8	49,4	48,6
49,3	48,4	49,3	48,5	49,9
48,9	49,5	49,5	48,9	48,7
48,5	49,1	48,2	48,1	49,7
49,1	48,4	45,8	48,4	47,8
49,0	49,5	49,3	48,4	49,2
49,7	49,2	49,1	49,2	48,0
48,1	40,3			

Le minimum est 42,1.

Le maximum est 50,0.

L'étendue est 7,9.

classe	effectif
[ 42,1 ; 42,5 [	1
[ 42,5 ; 42,9 [	1
[ 42,9 ; 43,3 [	0
[ 43,3 ; 43,7 [	0
[ 43,7 ; 44,1 [	0
[ 44,1 ; 44,5 [	0
[ 44,5 ; 44,9 [	0
[ 44,9 ; 45,3 [	0
[ 45,3 ; 45,7 [	0
[ 45,7 ; 46,1 [	1
[ 46,1 ; 46,5 [	0
[ 46,5 ; 46,9 [	0
[ 46,9 ; 47,3 [	0
[ 47,3 ; 47,7 [	3
[ 47,7 ; 48,1 [	13
[ 48,1 ; 48,5 [	42
[ 48,5 ; 48,9 [	40
[ 48,9 ; 49,3 [	49
[ 49,3 ; 49,7 [	40
[ 49,7 ; 50,1 [	7

### Importance de la variable temps

En réalité, les dix premières pièces produites ont été regroupées dans l'échantillon n° 1, les dix pièces suivantes dans l'échantillon n° 2, etc.

Vingt échantillons de taille 10 ont ainsi été obtenus. On a donc pu réaliser un *relevé chronologique* et sur la représentation graphique suivante (voir page 41), on a porté en abscisse le *numéro* des échantillons (fonction croissante du temps) et en ordonnée la *moyenne* des échantillons.

### Constatations

Si la dispersion est, au début, très faible, elle devient ensuite beaucoup plus importante : phénomène d'entonnoir.

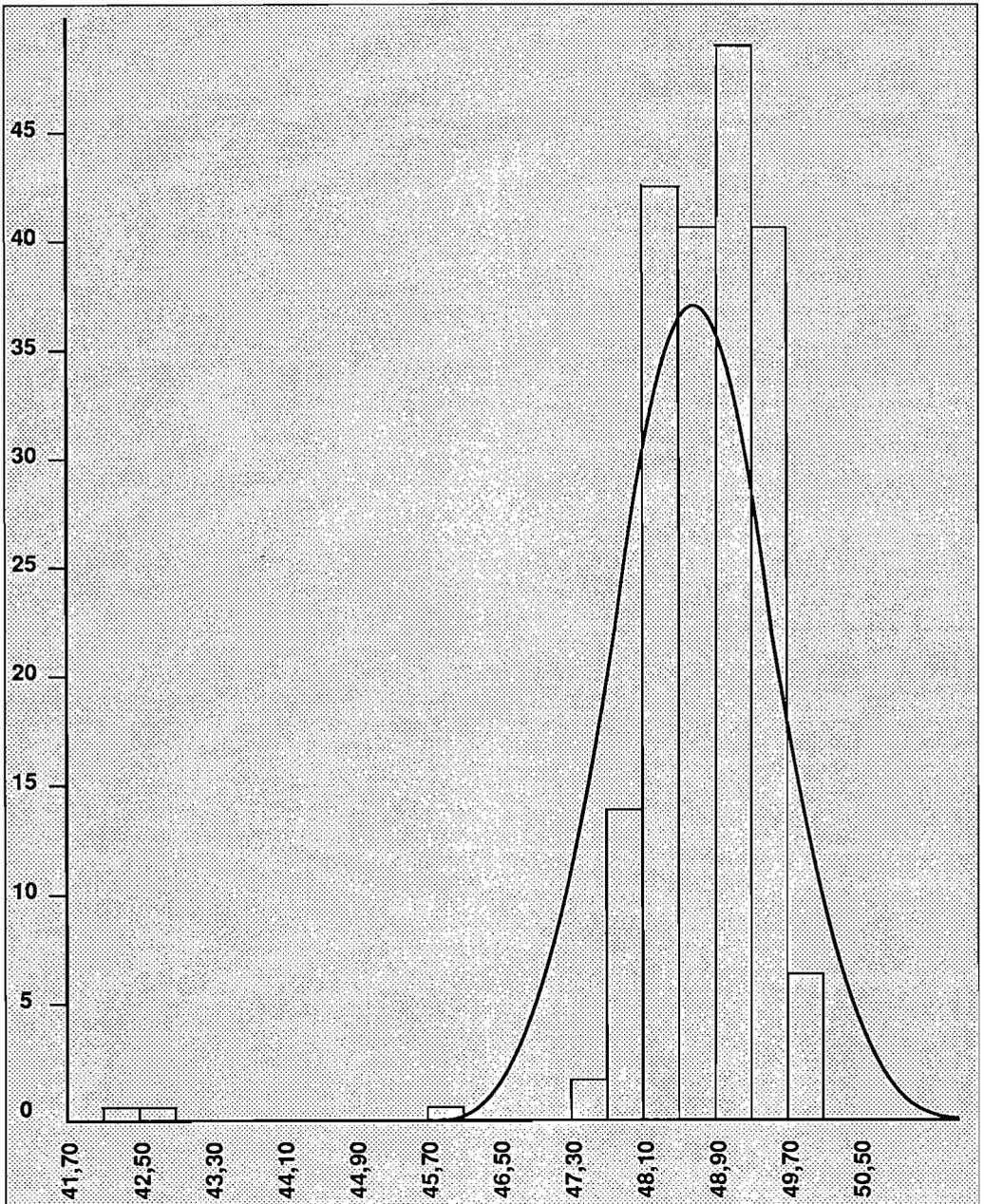
Il convient d'ailleurs de remarquer que, si les graduations de l'axe des ordonnées suggèrent une dispersion de l'ordre de quelques dixièmes de millimètres, il faut se garder de toute illusion car on s'intéresse ici à la *distribution d'échantillonnage de la moyenne*, dont l'écart-type, sous réserve de certaines hypothèses, est donné par la formule :

$$\sigma_e = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

où  $\sigma$  représente l'écart-type de la population et  $n$  la taille commune des échantillons (ici  $n = 10$ ).

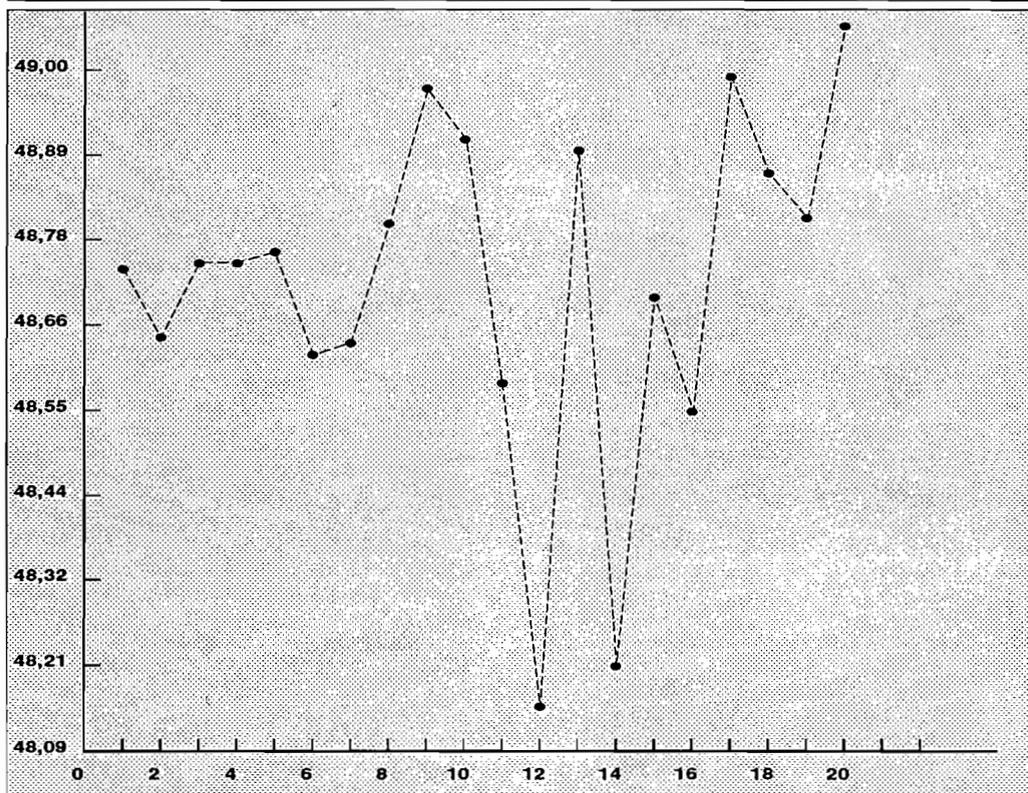
Naturellement les deux points « aberrants » correspondent aux deux échantillons contenant les pièces remarquées précédemment.

Diagramme de la deuxième série de mesures.



La deuxième série de mesures regroupée par « lots », dans l'ordre d'apparition.

<b>Lot numéro 1</b> Taille = 10 Moyenne = 48,73 Écart-type = 0,57	<b>Lot numéro 2</b> Taille = 10 Moyenne = 48,65 Écart-type = 0,40	<b>Lot numéro 3</b> Taille = 10 Moyenne = 48,74 Écart-type = 0,46	<b>Lot numéro 4</b> Taille = 10 Moyenne = 48,74 Écart-type = 0,43	<b>Lot numéro 5</b> Taille = 9 Moyenne = 48,76 Écart-type = 0,49
<b>Lot numéro 6</b> Taille = 10 Moyenne = 48,63 Écart-type = 0,42	<b>Lot numéro 7</b> Taille = 10 Moyenne = 48,64 Écart-type = 0,52	<b>Lot numéro 8</b> Taille = 10 Moyenne = 48,79 Écart-type = 0,58	<b>Lot numéro 9</b> Taille = 10 Moyenne = 48,97 Écart-type = 0,58	<b>Lot numéro 10</b> Taille = 10 Moyenne = 48,90 Écart-type = 0,49
<b>Lot numéro 11</b> Taille = 9 Moyenne = 48,60 Écart-type = 0,41	<b>Lot numéro 12</b> Taille = 10 Moyenne = 48,14 Écart-type = 1,92	<b>Lot numéro 13</b> Taille = 10 Moyenne = 48,89 Écart-type = 0,55	<b>Lot numéro 14</b> Taille = 10 Moyenne = 48,21 Écart-type = 2,10	<b>Lot numéro 15</b> Taille = 10 Moyenne = 48,65 Écart-type = 1,06
<b>Lot numéro 16</b> Taille = 10 Moyenne = 48,54 Écart-type = 0,71	<b>Lot numéro 17</b> Taille = 10 Moyenne = 48,97 Écart-type = 0,60	<b>Lot numéro 18</b> Taille = 9 Moyenne = 48,87 Écart-type = 0,50	<b>Lot numéro 19</b> Taille = 10 Moyenne = 48,79 Écart-type = 0,33	<b>Lot numéro 20</b> Taille = 10 Moyenne = 49,05 Écart-type = 0,58



Evolution chronologique de la moyenne dans le regroupement par lots.

**STATISTIQUE ET  
TECHNOLOGIE**

**Interprétation technologique**

L'arrêt de la course du fil est obtenu par compression d'un liquide lubrifiant. Au moment où les premières pièces ont été produites, la machine était froide et le lubrifiant avait une température voisine de 20° C.

Les compressions successives du lubrifiant ont créé son échauffement de plusieurs dizaines de degrés, faisant varier ses caractéristiques à la compression.

**Modifications technologiques  
proposées**

Après une étude plus poussée des variations de température, on va remplacer le lubrifiant utilisé par un autre dont les caractéristiques varieront moins dans l'intervalle de température observé.

**Troisième série de mesures**

Les mesures précédentes ont été réalisées avec une vitesse d'entraînement du fil de 1 700 mm/min. Or, pour fabriquer les pièces en un temps minimum, on a intérêt à augmenter cette vitesse.

On a donc repris le problème avec une vitesse plus grande, de 10 380 mm/min et on a obtenu les 200 résultats du tableau ci-contre.

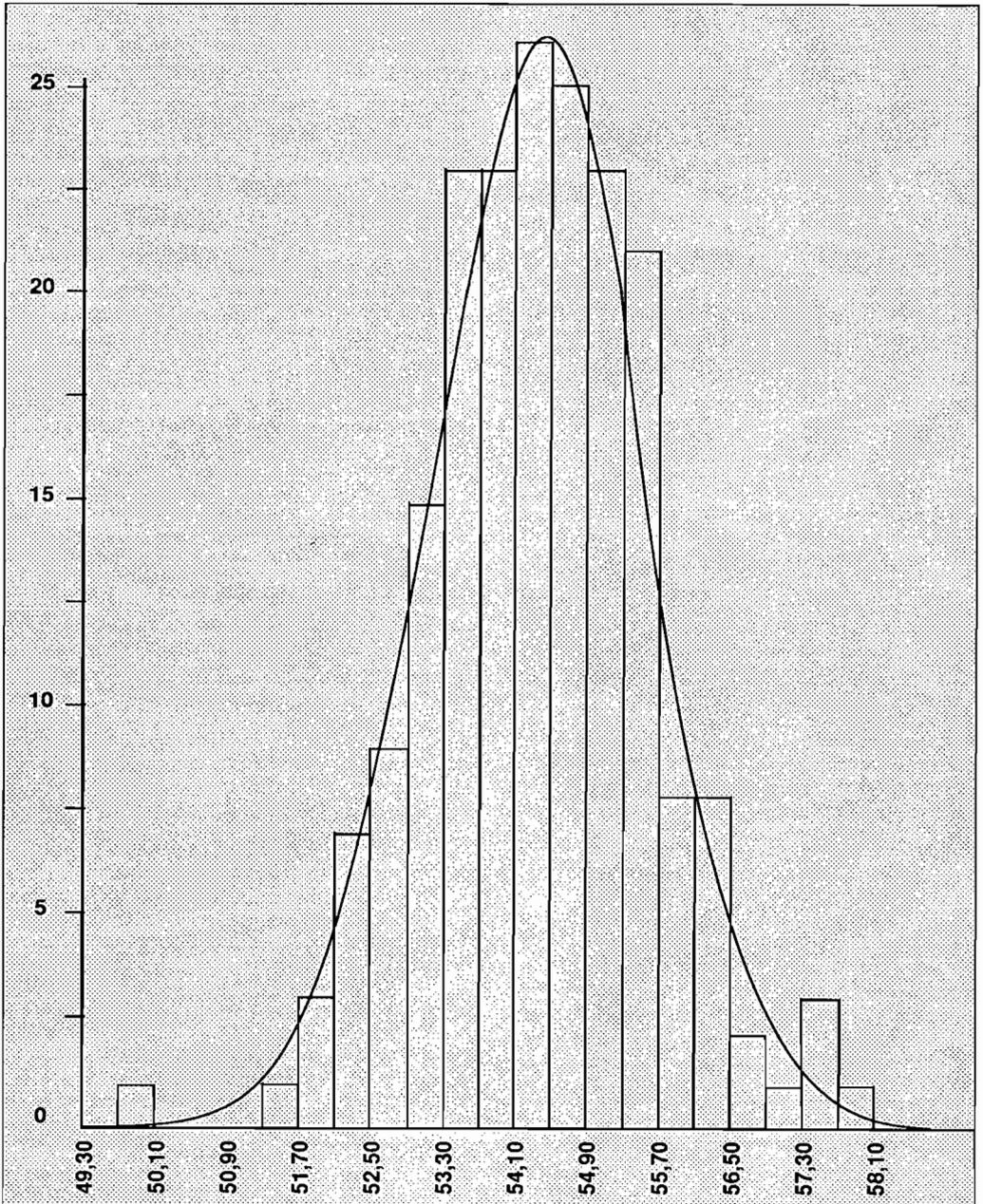
Pour cette troisième série de mesures, la *moyenne* obtenue est de 54,37 mm ; l'*écart-type* est de 1,22 mm (voir le diagramme de la page 43).

*Troisième série de mesures*

48,4	48,4	48,9	49,4	49,3
54,3	54,8	54,6	53,4	54,2
54,4	53,5	55,2	54,8	53,6
55,2	51,5	53,9	55,7	54,4
54,7	54,0	54,9	53,7	52,0
54,8	53,3	55,1	53,7	55,6
54,4	54,8	54,6	55,5	54,6
54,8	54,0	56,3	53,4	53,9
53,0	56,0	54,6	54,2	54,9
55,9	55,0	55,3	55,4	56,8
56,1	53,1	54,8	56,4	53,2
53,4	56,1	56,1	54,4	54,1
54,4	56,3	54,8	54,9	54,0
53,5	54,0	55,2	53,4	57,4
53,8	55,1	54,7	55,5	55,1
54,0	53,9	54,8	54,2	54,3
54,2	53,7	54,9	52,5	56,1
52,5	53,2	54,1	52,5	54,8
52,3	55,2	56,0	57,4	53,0
49,9	54,9	53,6	53,8	52,0
54,0	55,0	53,4	55,7	53,8
57,0	54,3	54,8	53,3	55,9
53,7	55,6	55,2	55,3	53,4
53,6	54,7	53,3	53,2	55,4
53,6	53,6	55,0	52,9	52,7
55,4	54,2	53,1	53,0	54,5
54,1	54,6	55,3	52,8	52,2
53,9	56,1	53,5	55,3	54,8
54,7	52,4	55,5	53,7	52,7
52,1	54,5	54,1	54,3	54,4
54,2	54,7	54,3	54,3	55,3
55,5	53,8	53,4	53,6	53,4
54,8	55,0	54,0	54,7	54,9
52,9	54,6	52,6	53,4	55,4
55,0	54,7	52,4	57,3	53,3
54,5	53,4	53,1	55,5	55,5
56,5	53,2	53,0	55,4	54,4
54,0	53,8	54,0	55,3	54,3
56,0	53,9	55,3	53,3	53,2
56,0	55,1	53,0	55,0	55,3
55,0	52,4	53,5	52,1	53,0

Le minimum est 49,9.  
Le maximum est 57,9.  
L'étendue est 8,0.

Diagramme de la troisième série de mesures.



### Constatations

- le diagramme est symétrique et très proche de la courbe de Gauss,
- la dispersion est trop importante : l'écart-type a augmenté de 50 % par rapport à la deuxième série de mesures.

### Interprétation technologique

A la fin de la mesure de la longueur par le codeur optique, lors du blocage du fil, celui-ci rebondit, modifiant ainsi de façon aléatoire la longueur de la pièce.

Une nouvelle mise en marche de la machine a permis d'observer visuellement ce phénomène.

### Modifications technologiques proposées

On va modifier le cycle du déroulement du fil en prévoyant que *le dernier centimètre sera toujours obtenu à vitesse lente*.

Ainsi on pourra à la fois gagner du temps en utilisant la vitesse rapide sur presque toute la longueur du segment de fil et éviter le phénomène de rebond en rendant l'arrêt du fil plus progressif.

### Quatrième série de mesures

La souplesse d'utilisation du microprocesseur a rendu possible la modification quasi-instantanée du programme de travail de la machine comme il est indiqué au paragraphe précédent.

Une quatrième série de 197 mesures a ainsi été réalisée dont on pourra observer

ci-contre le diagramme (le lecteur intéressé par des données plus complètes pourra se reporter à la version de cet article publiée par l'Irem de Limoges). Pour une *moyenne* de 51,13 mm, l'*écart-type* est cette fois de 0,88 mm. Le diagramme a conservé les qualités du précédent (symétrie, proximité de la courbe de Gauss) et la dispersion a nettement diminué, devenant voisine de celle de la deuxième série de mesures, lorsque la vitesse d'entraînement du fil était constamment faible.

On a donc réussi — sous réserve de certains tests — à améliorer les performances de vitesse de production de la machine, sans augmenter la dispersion.

### Cinquième série de mesures

L'analyse de la première série de mesures avait conduit à envisager l'adjonction à la machine d'un étai destiné à bloquer le fil lors de chaque pliage. Une fois cet étai réalisé et monté, on a procédé à une nouvelle série de 228 mesures (voir les résultats à la page 46).

Pour cette cinquième série de mesures quatre types de regroupement par classes ont été successivement proposés, de façon à étudier l'influence du choix des classes sur la forme du diagramme.

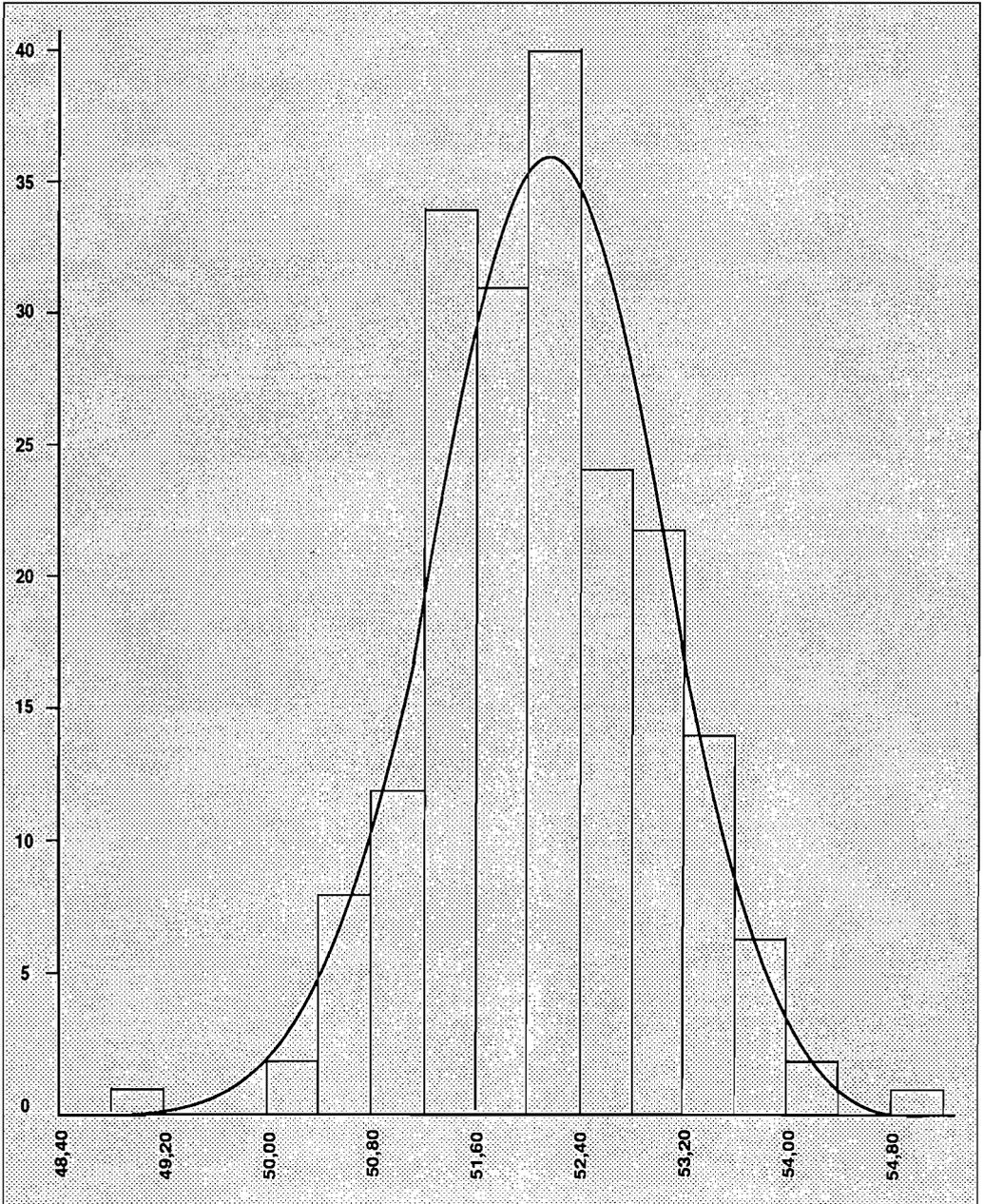
Dans le *premier classement*, chaque classe a pour amplitude 0,2 mm.

Dans le *deuxième classement*, chaque classe a pour amplitude 0,5 mm.

Dans le *troisième classement*, chaque classe a pour amplitude 0,7 mm.

Dans le *quatrième classement*, chaque

*Diagramme de la quatrième série de mesures.*



---

 STATISTIQUE ET  
 TECHNOLOGIE
 

---

## Cinquième série de mesures.

150.7	145.4	147.3	149.7	148.3
150.1	147.9	150.0	149.7	148.4
149.5	148.5	147.5	146.1	149.9
148.8	148.3	148.3	149.5	149.9
146.0	148.2	149.6	148.1	148.1
145.9	150.4	146.5	148.1	149.3
152.3	150.2	147.0	148.2	149.2
147.0	149.4	149.5	149.0	151.2
149.0	150.5	145.0	148.6	151.0
149.8	149.8	149.3	149.8	149.2
147.6	146.8	150.2	147.9	147.5
149.5	148.4	149.4	149.9	148.5
150.1	146.3	150.0	150.5	148.9
148.5	148.7	150.6	146.5	148.8
151.2	149.2	146.1	148.5	148.7
149.8	150.5	148.5	149.2	148.7
148.7	149.3	147.9	147.5	146.6
148.1	146.7	150.9	149.9	148.0
149.5	149.1	149.1	149.2	148.6
151.1	149.1	145.1	147.6	148.4
149.9	146.4	149.1	148.5	143.4
149.3	147.8	147.4	149.1	150.5
150.5	149.3	148.8	149.2	148.1
151.4	148.6	149.8	146.6	149.0
146.9	149.2	149.0	149.2	146.5
147.8	146.9	148.2	149.4	146.0
147.5	149.3	148.3	147.2	145.0
148.4	146.5	149.9	148.9	149.8
150.2	151.2	151.5	149.9	147.1
146.5	148.5	147.1	147.3	149.9
147.7	151.1	149.5	148.9	147.8
150.9	148.1	149.9	149.1	148.1
149.8	149.5	148.5	148.1	146.6
143.4	152.3	148.4	151.8	152.2
150.2	148.3	147.9	149.4	147.4
148.4	147.7	145.7	149.2	148.6
148.4	149.2	148.8	148.6	153.1
148.5	146.8	148.8	147.4	147.6
150.6	149.2	145.7	146.4	149.8
149.3	150.5	149.4	146.3	149.1
148.9	149.5	147.6	148.3	149.5
149.0	150.5	148.6	147.1	149.0
146.7	149.2	150.0	148.2	147.5
147.3	149.9	147.9	148.5	148.9
147.8	149.2	146.9	146.2	148.4
147.9	149.3	150.3		

Le minimum est 143,4. Le maximum est 153,1.  
 L'étendue est 9,7.

classe a pour amplitude 1 mm.

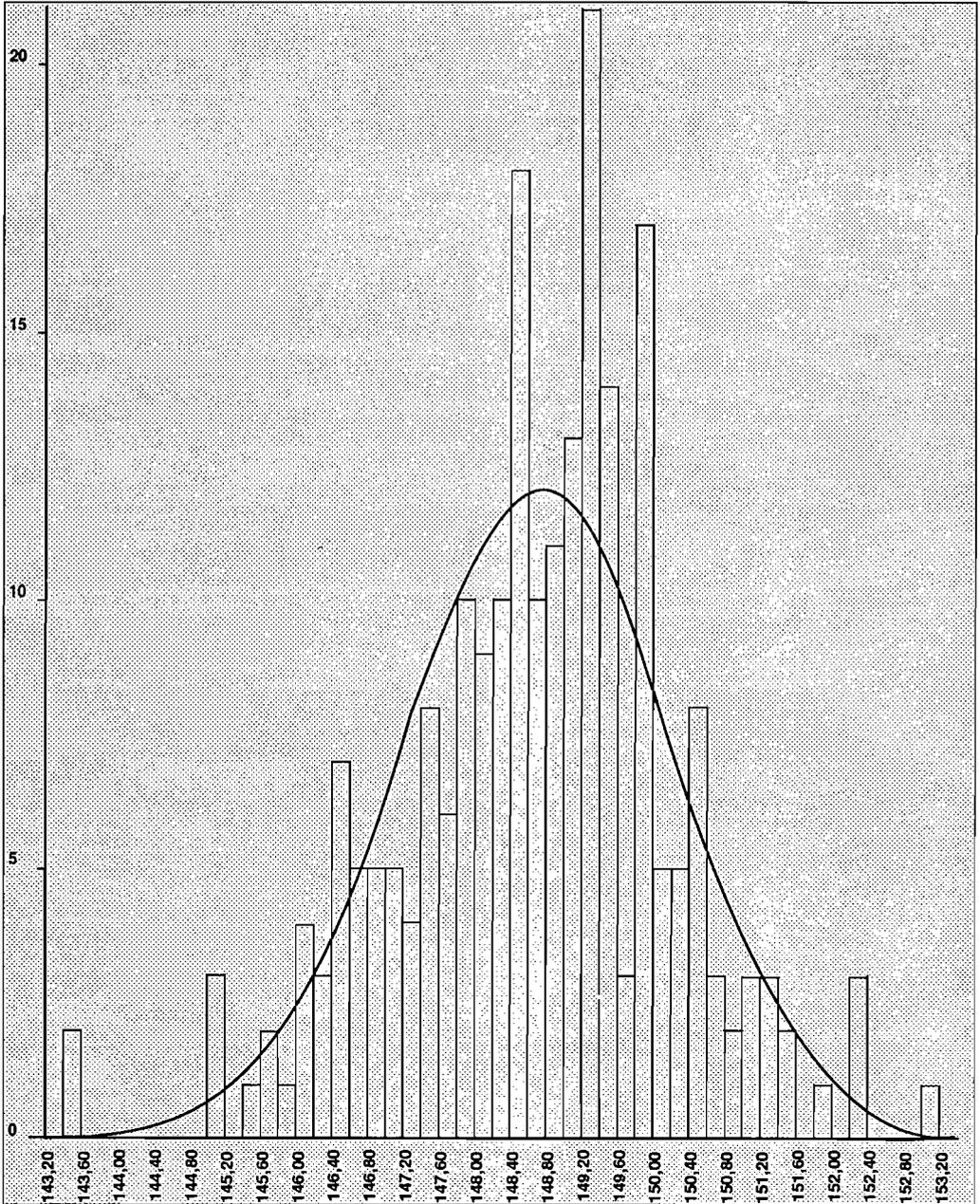
On trouvera les diagrammes correspondants aux pages 47, 48, 49 et 50 ; ils sont loin d'être identiques ( observer, par exemple, le premier et le dernier ! ).

Avec un grand nombre de classes, on peut penser perdre un minimum d'informations par rapport aux données brutes ; mais le diagramme correspondant ne comporte-t-il pas trop de renseignements dont certains, plus secondaires, peuvent masquer la tendance générale de la même série de mesures ?

L'essentiel est ici de comparer les résultats de cette cinquième série avec ceux de la première. Les diagrammes sont maintenant symétriques, proches d'une courbe de Gauss et la dispersion a sensiblement diminué.

La mise en service de l'étau a donc permis d'améliorer la qualité de la production de la machine.

Diagramme de la cinquième série de mesures ; classes de 0,2 mm.



---

**STATISTIQUE ET  
TECHNOLOGIE**

---

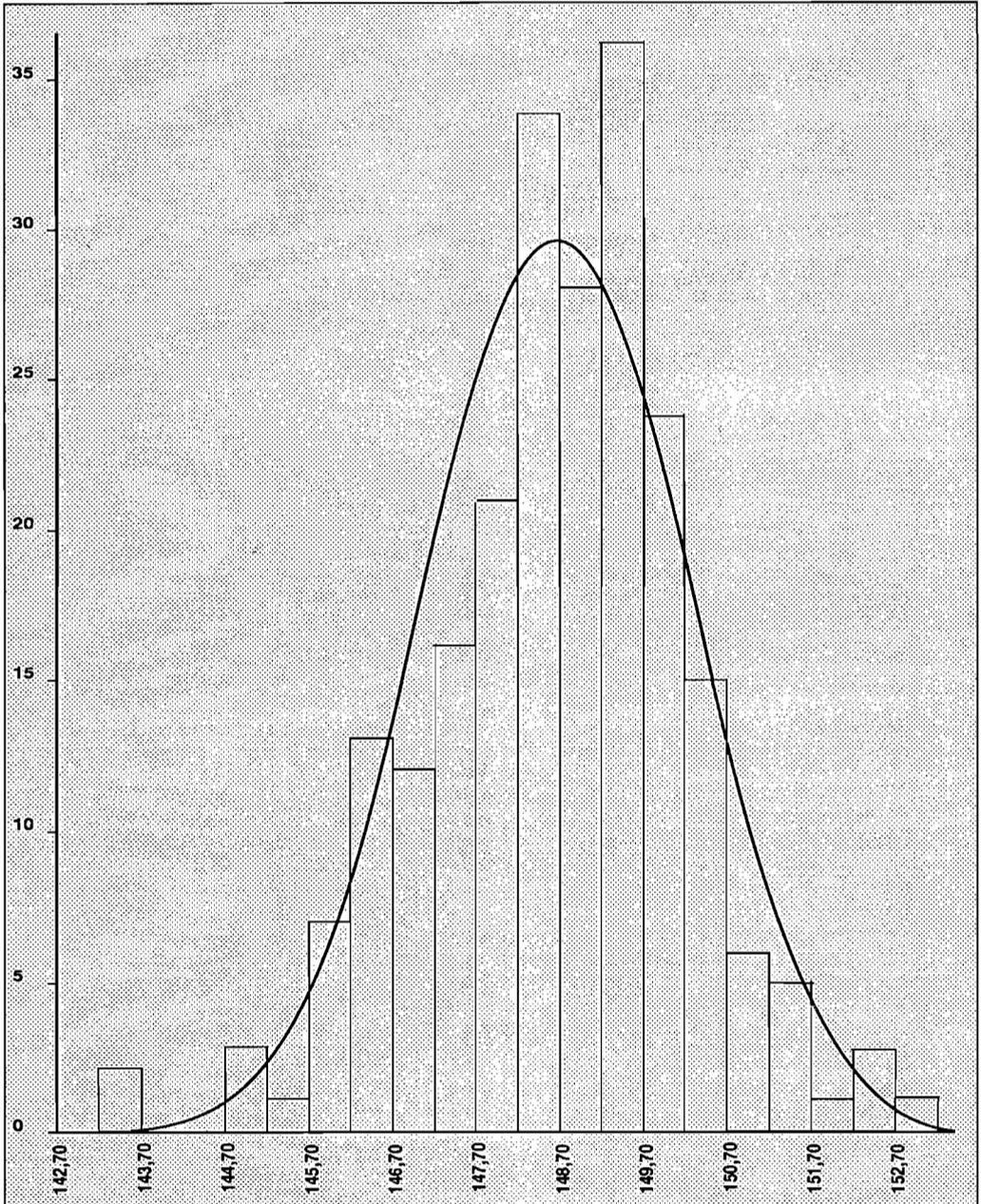
*Diagramme de la cinquième série de mesures ; classes de 0,5 mm.*

Diagramme de la cinquième série de mesures ; classes de 0,7 mm.

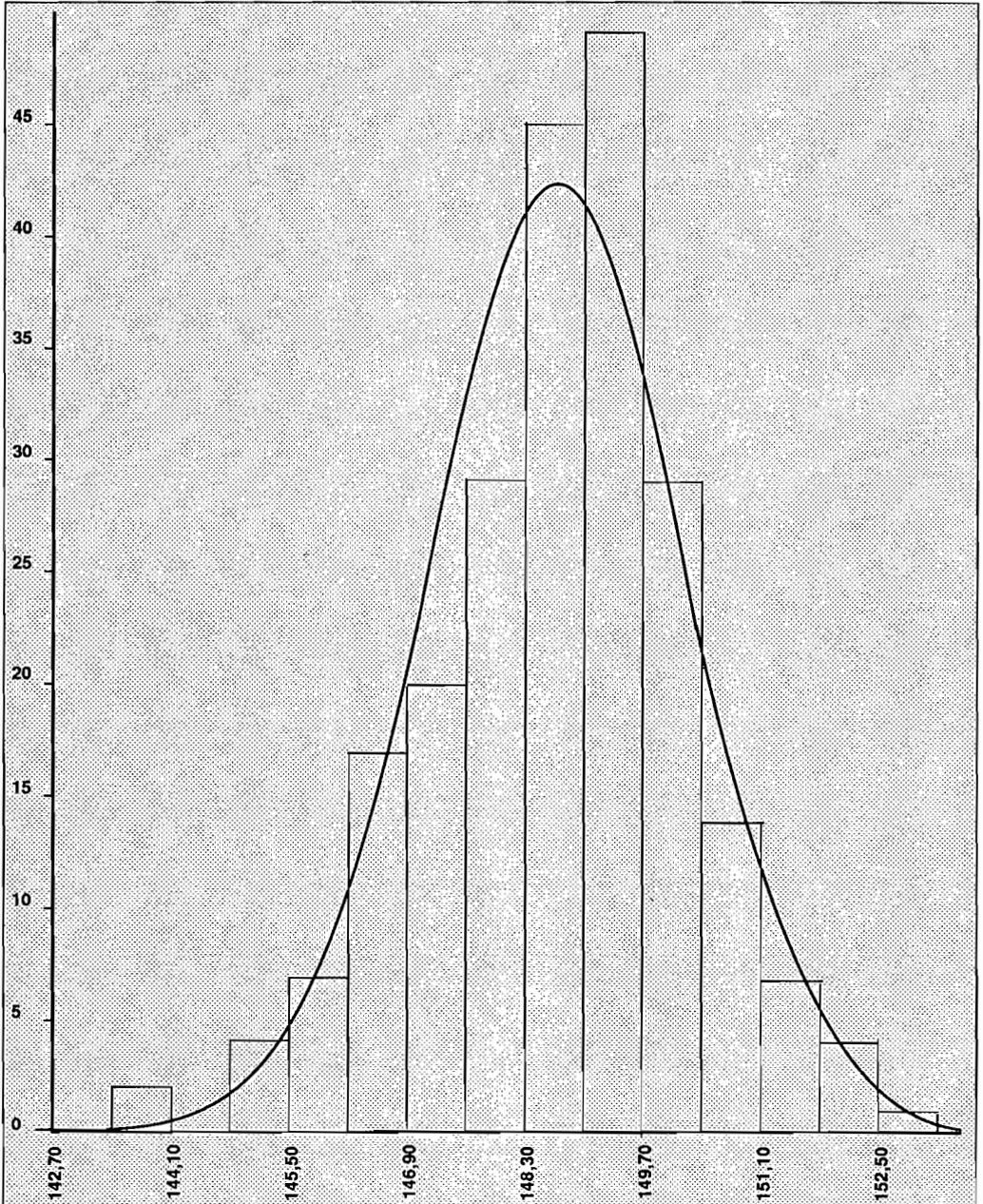


Diagramme de la cinquième série de mesures ; classes de 1 mm.

