



LA BANQUE ROYALE DU CANADA

BULLETIN MENSUEL

SIÈGE SOCIAL, MONTRÉAL, FÉVRIER 1955

Degrés de tolérance

LA PRÉCISION est aussi nécessaire de nos jours dans les affaires et la vie privée qu'elle l'a été dès l'origine dans la mécanique. C'est un problème d'organisation de la plus grande importance dans la fabrication industrielle.

La précision est une mesure de la tolérance permise entre les pièces d'une machine ou dans les actions humaines. Être précis, c'est se conformer à une norme, c'est être juste, franc et exact.

Être précis n'a rien d'avalissant. Presque toutes les grandes découvertes scientifiques et tous les grands progrès commerciaux sont la récompense de mesures précises et d'une laborieuse assiduité dans la vérification des calculs. Dans nos affaires quotidiennes, il vaut beaucoup mieux faire un calcul approximatif que marcher au hasard.

L'astronomie, la physique et la chimie, ainsi que l'architecture, reposent sur des mesures minutieuses effectuées au moyen d'ingénieux instruments et rattachées à des principes établis. Il en est de même de l'automobile, de la machine d'atelier, du briquet et de tous les gros et petits appareils mécaniques dont nous faisons un usage journalier. Le millième d'un pouce n'est guère visible à l'œil nu, mais il prend une grande importance dans la vie moderne.

Les premiers constructeurs de machines, comme Watt, recherchèrent la précision parce qu'ils se rendaient compte que le bon fonctionnement de leurs machines en dépendait. Eli Whitney y ajouta une autre raison: il désirait que les pièces fussent interchangeables. Manquer de précision de nos jours, c'est être un fardeau pour la société, car, a dit Solomon, l'homme négligent est le frère du destructeur.

La fabrication des marchandises nécessaires aux besoins de la population croissante du monde a fait d'énormes progrès ces dernières années. Notre édifice social s'effondrerait dans un abîme de stagnation et de paupérisme sans nos usines et les presses d'imprimerie; sans les navires, les avions et les chemins de fer; sans le télégraphe, le téléphone, la radio et le

radar; sans l'électricité et l'électronique, qui servent pour ainsi dire d'ossature à notre civilisation.

Tout cela demande de la précision. Nous adhérons à de rigides devis de matériaux et d'exécution; nous essayons les machines pour trouver la dimension et le genre qui font le mieux notre affaire. La précision est la clé de la fabrication en série et rend possible la standardisation des pièces de manière à pouvoir les fabriquer, les assembler et en faire des objets d'usage commode et pratique.

Un article de journal disait en novembre qu'un gros manufacturier de moteurs d'avions emploie plus de 4,000 sous-entrepreneurs pour fabriquer les 8,854 pièces d'un nouveau moteur à réaction.

Dans les premières années de l'automobile, il y avait au moins 800 différents genres de rondelles de blocage et 1,600 grosseurs de tubes d'acier; aujourd'hui, il y a 16 sortes de rondelles et 17 grosseurs de tubes d'acier. Ce n'est pas seulement l'assemblage d'une automobile, mais la simplification des pièces et la précision de la manufacture, qui sont des triomphes de mécanique et de production.

Dextérité manuelle

Nous ignorons à quelle époque dans l'évolution de l'industrie l'homme, de plus en plus conscient de sa dextérité, a commencé à mesurer son ouvrage comme nous l'entendons de nos jours. Il lui a d'abord fallu se procurer les choses nécessaires à son existence avant d'apprendre à en fabriquer. La nature lui fournissait ce dont il avait besoin et il avait comme armes des pierres et des massues. La nécessité et l'art de la reproduction remontent probablement à celui de nos ancêtres qui devint plus habile à la chasse en faisant toutes ses flèches pareilles.

Le travail de précision exige l'adoption de procédés ou de modèles standardisés au lieu de méthodes arbitraires ou fantaisistes, mais cela ne veut pas dire que le souci du travail soigné n'existe plus. Quand les hommes eurent appris à mesurer avec précision, ils constatèrent que les dimensions étaient capables de

remplacer l'art. En apprenant à mesurer exactement, les ouvriers inexpérimentés sont devenus habiles et cela a rendu possible la fabrication en série qui a amélioré les conditions d'existence pour tout le monde.

La précision dépend des étalons de mesure, et les étalons de production dépendent de la précision du travail. Il est nécessaire qu'un étalon soit établi par une autorité compétente ou adopté d'un commun accord. Il faut qu'il soit permanent, capable d'être exactement reproduit et utilisable en pratique. Il doit être soumis à des épreuves sévères et pouvoir se prêter à définition.

Les étalons de certains produits comme l'or, l'argent, les drogues et les aliments sont fixés par la loi. D'autres produits comme les tissus, les appareils électriques, etc., sont régis par des codes industriels, ou soumis à des règlements adoptés par les associations professionnelles. Quand nous achetons une chaudière à vapeur conforme aux règlements du code des chaudières nous savons à quelle pression elle peut résister et ce que nous pouvons en attendre.

Petites tolérances

Il faut très peu de chose pour faire une grande différence. Les atomes n'en existent pas moins pour être invisibles à l'oeil nu. Il est essentiel que les pièces d'un réfrigérateur soient précises à quelques millièmes près. Un bulletin de General Motors publié en 1952 disait qu'un millième de pouce de trop dans le gicleur d'un carburateur pouvait faire perdre un mille de distance ou davantage par gallon d'essence. Le plongeur est adapté au cylindre de l'injecteur d'un moteur Diesel avec une précision de vingt-cinq millièmes de pouce, ce qui équivaut au cent-vingtième de l'épaisseur d'un cheveu.

Le Dr Percival Gurrey, professeur honoraire du Collège universitaire de la Côte d'Or, parlait l'an dernier au cours d'une conférence à Toronto, des balances de précision de la chimie analytique dont les délicats plateaux sont capables de peser l'empreinte des pattes de mouches; elles peuvent même peser un point imprimé sur cette page.

Quand nous passons de la précision dans l'infiniment petit à la précision dans l'infiniment grand, nous apercevons d'égales merveilles. La géométrie démontre que si le calcul du rapport de la circonférence d'un cercle à son diamètre est poussé à 35 décimales, le résultat exprime toute la circonférence de l'univers visible sans erreur plus grande que la plus petite distance visible au plus puissant microscope.

La gravitation est un des grands mystères. La force centrifuge de la terre dans son orbite casserait un câble d'acier d'un diamètre de 5,000 milles, et cependant Newton, dans son expérience avec des pendules à lentilles de bois et d'or, ne trouva qu'une différence d'un millième dans la durée de l'oscillation. En 1922, un

autre expérimentateur poussa la précision à six milliardièmes.

Travail journalier

Le savant dans son laboratoire ou l'astronome dans son observatoire peuvent passer des jours et des semaines à faire un seul calcul de précision, mais c'est une autre affaire quand un ouvrier inexpérimenté est obligé de mesurer des centaines de pièces à l'heure avec la précision d'un ressort de montre.

Pour bien s'acquitter de sa tâche, il faut que l'ouvrier ait des instruments avec lesquels il ne peut pas se tromper. Quand il décide si l'arbre coudé d'un moteur est de la dimension voulue, il ne se sert pas d'un micromètre. Les chiffres ne lui disent rien. Il n'a qu'à s'assurer si l'arbre est trop gros ou trop petit. L'écart entre les dimensions est appelé tolérance.

Les machines et les outils qui fabriquent les pièces sont ajustés de manière à les couper ou les meuler dans certaines limites. Plus la limite est fine, plus la fabrication devient coûteuse, de sorte que les tolérances ou marges doivent être calculées selon le genre d'article. Il n'est pas nécessaire d'être aussi précis pour les pièces d'une grosse machine que pour celles d'un petit mécanisme ou d'un petit instrument. L'arbre coudé peut avoir une tolérance de plus ou moins 1/10,000, ce qui veut dire qu'il peut être plus gros ou plus petit qu'un dix millième de la norme.

Pour déterminer si une pièce fait l'affaire, l'ouvrier se sert d'un calibre de tolérance. Pour mesurer l'extérieur d'une tige d'acier, par exemple, il se sert d'un calibre fait de deux paires de mâchoires, chacune avec deux surfaces de mesure. Deux de ces surfaces sont disposées à part à une distance égale à la plus grande limite de la pièce, avec la distance de l'autre égale à la moindre limite. Un arbre est acceptable quand il passe entre les surfaces des mâchoires de la grande limite sans passer entre les mâchoires de la moindre. De la même façon, l'ouvrier mesure l'intérieur d'une pièce au moyen de deux chevilles cylindriques représentant la grande et la moindre limite du trou.

Mesure

Pour établir les normes, nous avons besoin de mesures. Quelques-unes nous viennent de l'antiquité et font encore notre affaire; nous y en avons ajouté d'autres avec des perfectionnements pour répondre à nos besoins.

La coudée du temps de Noé était de la longueur de l'avant-bras, depuis le coude jusqu'au bout du doigt du milieu. Le yard des années suivantes (encore en usage pour les calculs approximatifs) était la distance du bout des doigts à la pointe du nez.

Nous avons constaté au cours des ans que la longueur du yard importe peu. Ce qui compte vraiment est de s'entendre sur ce que nous appelons un yard. Tous les

bras ne sont pas de la même longueur; ce qu'il nous faut, c'est une mesure précise.

Le roi Edouard 1er, au 13e siècle, eut la bonne idée d'ordonner qu'une barre de fer servirait de mesure permanente dans son royaume. Les Français prirent plus tard pour base la dimension supposée constante de la terre et, à l'époque de Newton, les Anglais choisirent comme normes de précision les oscillations d'un pendule.

Le système métrique ne fut pas, comme on le dit parfois, une invention du 18e siècle. Il fut proposé par Mauton de Lyon en 1670, mais c'est l'Assemblée constituante de 1793 qui en décréta l'usage. Le mètre est la dix millionième partie de la distance entre le pôle nord et l'équateur, mesurée en ligne droite sur la surface de la terre en passant par Paris. Le grand mathématicien Laplace appela le système métrique "la grande et sublime idée d'assurer éternellement l'uniformité si souhaitable dans les poids et les mesures sur une base acceptable pour tous les peuples de la terre."

Quelques années plus tard, des philosophes naturalistes assemblés à Paris soutinrent qu'il serait impossible de reproduire le mètre si une collision avec une comète venait à modifier la forme ou la dimension de la terre. Sir Humphry Davy proposa comme norme naturelle le diamètre d'un tube capillaire de verre dans lequel l'eau monterait à la hauteur exacte du diamètre. Jacques Babinet suggéra qu'une longueur d'onde lumineuse dans le vide vaudrait encore mieux et, grâce aux travaux de savants anglais, hollandais et allemands, et du Dr A. A. Michelson de l'Université de Chicago et de son collègue le professeur E. W. Morley, c'est le plan qui fut communément adopté.

Les mesures de longueur les plus précises sont effectuées au moyen d'ondes lumineuses qui mesurent des distances impossibles à distinguer avec les plus puissants microscopes. Dans le *Scientific Monthly* de janvier 1949 le chef de la section spectroscopique du Bureau des Standards des Etats-Unis dit ceci: "Quoiqu'une onde de lumière verte (mercure 198) ne mesure que 1/50,000 de pouce, elle peut être reproduite à 1/100,000,000 près, et on peut mesurer les distances au moyen d'ondes lumineuses avec la même précision."

Il y a loin de la coudée de Noé au mètre de 1793 et au rayon lumineux d'aujourd'hui. Nous ne pourrions pas nous servir utilement des anciens étalons de mesure et de précision. Nous devons nous habituer aux nouvelles conditions d'existence et tenir compte de la tolérance applicable à notre métier.

Précision dans les affaires

Le succès d'une entreprise dépend de la précision avec laquelle on mesure les comptes et les statistiques. Il y a peu de tolérance permise entre ce qui "fait"

ou "ne fait pas" l'affaire, entre "succès" et "faillite", même dans la plus grande entreprise industrielle.

Il y a quelques années, les maisons de commerce avaient l'habitude de recueillir un tas de chiffres et de données dans l'idée de les analyser plus tard quand on serait moins occupé. Il est probable qu'elles distribuèrent encore à leurs employés les formules à cet effet imprimées à l'époque et que celles-ci sont encore remplies et classées.

Mais un nouvel esprit règne aujourd'hui dans les affaires et la plupart des chefs de service s'occupent de voir à ce que les renseignements recueillis dans leur compagnie aient un but bien défini. Ils savent que plus ils sont capables de faire des comparaisons mieux ils sont en mesure d'agir intelligemment. En effet, ce n'est pas au moyen de quelques petites analyses qu'on établit de bonnes normes qui permettront d'arriver à des conclusions précises au lieu de pures conjectures.

Les moyennes basées sur de petites analyses sont le plus souvent trompeuses. M. J. Moroney dit dans son livre *Facts from Figures*: On peut facilement calculer des moyennes à dix-neuf décimales. Une fois terminé, le calcul paraît très précis. Il est facile et dangereux de penser que la précision de notre arithmétique est équivalente à la précision de notre connaissance du problème à l'étude. Nous souffrons d'illusions de précision. Quand quelqu'un attrape cette maladie, il est perdu ainsi que tous ceux dont le bien-être dépend de ses conclusions."

Prenez les indices, par exemple. La mode exige que les maisons financières ou les gouvernements publient au moins un indice. Les indices sont un genre spécial de moyennes indiquant le niveau d'une certaine chose à une certaine date par rapport au niveau de la période qui sert de base à l'indice.

Mais il faut faire attention en interprétant un indice. Même si ses chiffres sont absolument exacts, quelque événement extraordinaire ou des conditions exceptionnelles peuvent modifier l'une des périodes comparées ou même les deux, ce qui produit un changement qui ne reflète pas la tendance normale. Les commerces saisonniers ne peuvent pas plus comparer l'indice de leurs ventes d'été avec celles d'hiver que comparer les ventes de cravates avec celles de glacières.

Le "coût de la vie" est si étroitement rattaché aux "conditions d'existence" qu'un indice préparé pour les familles ayant un revenu de \$4,000 ne s'applique pas le moins du monde aux achats de la femme dont le mari gagne \$15,000 par an.

Pour juger avec précision n'importe quelle donnée, il faut être bien renseigné: il est aussi important de connaître la cause d'un événement que d'apprendre ce qui est arrivé. Il ne faut pas exagérer la valeur des mesures et des normes ou des mathématiques, mais

même les simples particuliers ne sauraient les négliger. Saint Thomas d'Aquin a dit avec à propos: "L'ange perçoit la vérité par la seule appréhension, tandis que l'homme n'arrive à connaître une vérité simple que par l'enchaînement de données multiples", et le sage Platon a fait remarquer qu'on doit être capable de voir exactement la vérité pour juger à quelle distance on en est quand on se livre à la tromperie.

Besoin de vigilance

Quel que soit le soin apporté au choix des données et de leur classification, il arrive un moment où il faut les analyser et en tirer des conclusions. C'est une grande erreur de croire que la précision de longs calculs mathématiques puisse rendre notre jugement infailible. Il faut de la méthode dans le triage des données et de la réflexion pour appliquer les résultats de l'analyse aux nouvelles idées et aux nouvelles situations.

Plus d'une idée qui paraît évidente à première vue se révèle souvent fautive quand on l'étudie minutieusement et sans parti pris. Les hommes d'affaire savent bien que les apparences sont souvent trompeuses. Ils hésitent à croire ce qu'ils aimeraient être vrai. Ils s'habituent à douter, à critiquer et à être prudents, pour s'assurer que ce qu'ils prennent pour base de leur décision n'est pas seulement précis sous le rapport des chiffres mais exact eu égard à toutes les circonstances.

Pilate avait raison de demander: "Qu'est-ce que la vérité", car nous ne sommes pas encore tombés d'accord sur la manière de nous conduire. Nous nous permettons une certaine latitude, plus ou moins de précision dans la vérité, selon notre milieu commercial, social ou autre.

Langage précis

Il est impossible de séparer la précision dans les idées, les plans et les mathématiques, de la précision du langage. Le seul lien entre les ingénieurs qui préparent les plans et ceux qui les exécutent, est le bleu qui contient les dimensions et les devis; le langage est le seul moyen de communication des idées.

Prenons donc soin dans notre langage, écrit ou parlé, non seulement de ne pas faire de fautes de grammaire, mais surtout de ne pas exprimer des idées confuses. Donner à une personne un nom qui n'est pas le sien, se tromper d'une semaine ou de quelques années dans une date, soutenir que ce qui n'est pas noir doit par conséquent être blanc, faire une erreur d'un sou dans une addition, tout cela n'est pas seulement de l'à peu près, mais compte pour zéro dans l'échelle de la précision.

Les propositions générales doivent être analysées pour en trouver le vrai sens. "Les affaires vont bien" en est un exemple et ne signifie pas du tout la même chose que: "notre chiffre d'affaires cette année-ci dépasse de 15 pour cent celui de l'an dernier." La croyance, si généralement répandue, qu'il fait "complètement nuit" dans l'Arctique en hiver, a été

démentie par des observations scientifiques à Point-Barrow montrant que, quoique le soleil ne monte pas au-dessus de l'horizon pendant environ deux mois, il fait clair pendant plusieurs heures chaque jour.

Le premier principe de précision est de connaître les faits, le deuxième d'apprendre à les interpréter, le troisième de formuler un jugement ou d'admettre qu'il n'y a pas assez de faits à l'appui et qu'il vaut mieux suspendre tout jugement. Dans tout cela, la tolérance joue le rôle décisif: combien faut-il permettre de latitude entre la précision absolue et une précision passable? Comment savons-nous que notre interprétation est la seule précise? Sommes-nous certains de la justesse du jugement que nous sommes sur le point de formuler?

Degrés de tolérance

On peut comparer l'amour de la précision ou la tendance à user d'une grande tolérance, à une drogue qui, administrée par un bon médecin, peut faire beaucoup de bien, mais dont l'abus est dangereux ou fatal. Il faut user de la précision comme d'un outil. Si on lui laissait prendre le dessus, nous risquerions de passer notre temps à des détails insignifiants et à chercher à perfectionner toutes les mesures, depuis les propriétés du monde physique aux oeuvres de nos hommes de génie.

La Loi de 1951 sur les poids et mesures du Canada, tout en décrétant des peines pour les infractions à certains règlements, permet sagement une certaine latitude qu'elle appelle "le degré d'erreur qui peut être toléré dans les poids, les mesures, les balances et les instruments de mesure."

La tolérance dans la vie sociale et commerciale de tous les jours s'applique seulement aux choses essentielles et laisse de côté ce qui n'est pas important. La prudence consiste à savoir reconnaître la différence. Dans la plupart des ménages, il suffit de juger les choses "à peu près". Dans le domaine de la géologie nous sommes contents d'estimer l'âge des roches à un million d'années près. Dans celui de la spectroscopie, on emploie comme mesures ce qu'on appelle des "angstroms" dont la longueur est de moins de quatre milliardièmes de pouce.

C'est aux hommes d'affaire de trouver leur propre niveau de précision déterminé par la nature de leur produit, leurs normes individuelles, et la qualité de leurs employés et de leurs associés.

De même que la précision de mesure peut servir comme mesure du progrès matériel de l'humanité, elle peut servir de facteur dans le succès d'une entreprise. La précision est un excellent principe industriel quand elle tient compte de la tolérance à permettre dans certains cas à cause des limites de la capacité humaine ou mécanique, et de la tolérance que l'on peut permettre dans d'autres cas lorsque le ralentissement des commandes rend le travail moins assidu sans nuire à la qualité du produit.