

LES AMÉRICAINS ET LEUR COMBAT

Les anciens étalons de mesure, qui furent jadis plus que suffisants pour l'époque, sont maintenant irrémédiablement distancés, à l'âge de l'espace qui demande une précision infiniment plus grande dans la mesure.

QUAND les Russes placèrent Spoutnik I sur son orbite en 1957, ils surprirent les Américains dont le programme spatial n'en était qu'à son tout début ; ce fut un véritable choc pour la nation américaine tout entière et la réaction amère fut qu'il n'y avait là rien de sensationnel.

Les Soviétiques continuèrent à lancer des satellites de plus en plus importants, et à distancer de plus en plus les Américains dans leur course à l'espace ; l'excuse invoquée par les Etats-Unis fut facile : les fusées étaient grandes, capables de contenir de grandes charges, mais rien de plus. Quand le premier homme fut envoyé dans l'espace, suivi d'un homme qui fut placé sur orbite pendant vingt-quatre heures, les Américains qui se refusaient à croire cela ronchonnaient que les Russes avaient beaucoup de « muscles » de missile et qu'ils ne faisaient que les exhiber.

Mais en août dernier, quand l'U.R.S.S. a lancé, à un jour d'intervalle, deux satellites distincts avec des hommes dedans et que les cosmonautes ont voyagé autour de la Terre si près l'un de l'autre qu'ils pouvaient se voir ou communiquer entre eux, même les plus durs furent obligés de se rendre à l'évidence et de reconnaître qu'il y avait autre chose que des « muscles » dans les réalisations russes.

En remontant au premier Spoutnik, les Américains les plus modérés reconnurent qu'il ne suffisait pas seulement de puissance pour mettre un satellite artificiel sur un orbite ; la puissance doit être contrôlée et cela dans des limites très étroites.

Les savants qui disaient cela avaient vu les Américains faire déjà la même erreur. En 1949, quand la Russie fit exploser sa première bombe atomique, l'explication en avait été que les savants russes avaient volé les secrets américains. Même avec tous les renseignements procurés par les espions, les Russes n'auraient pas pu faire une bombe atomique, puis une bombe à hydrogène, à moins de pouvoir mesurer certaines choses de façon ultra-précise.

Vue sous un certain angle, la guerre froide est une guerre de mesures, lutte menée pour obtenir une adresse et une précision de plus en plus grandes.

Pendant des dizaines d'années aux Etats-Unis, le National Bureau of Standards, gardien traditionnel des mesures étalons, eut toute la précision désirable. Il pouvait mesurer des choses avec beaucoup plus de précision que n'en demandaient les besoins

techniques de l'Amérique ou de tout autre pays.

Pendant la seconde guerre mondiale, les productions de précision et l'électronique firent un grand pas en avant, les responsables des étalons étaient là aidant l'industrie. Après la guerre, alors que le budget du Bureau était réduit et que la recherche des mesures presque stagnante, les demandes de précision faites par l'industrie se précipitaient.

Spoutnik fut la révélation qui ouvrit les yeux des Américains. Les Russes étaient évidemment capables de mesurer avec une grande précision les poussées d'une fusée d'un million de livres, alors que les Américains pouvaient mesurer de façon précise un maximum de 11 000 livres seulement.

Pour une poussée d'un million de livres, alors que les Américains ne la possédaient pas, ils pouvaient mesurer à 0,5 %, soit une erreur de poussée de 5 000 livres. Pourtant, une erreur de poussée de 1 500 livres suffirait à faire dévier une fusée lunaire ou interplanétaire de son but.

Pour aller sur Mars, Vénus ou encore plus loin, les fusées doivent avoir une précision dans la poussée de l'ordre de 0.001 %.

Ce sont les constructeurs de fusées, en fait, qui se sont plaints les premiers de ce qu'un manque de précision menaçait les projets pour l'espace. Pour la première fois dans l'histoire de la nation américaine, la technologie dépassait le calibrage. Des précisions pour de nouvelles idées amenèrent des tolérances plus proches mesurables avec précision.

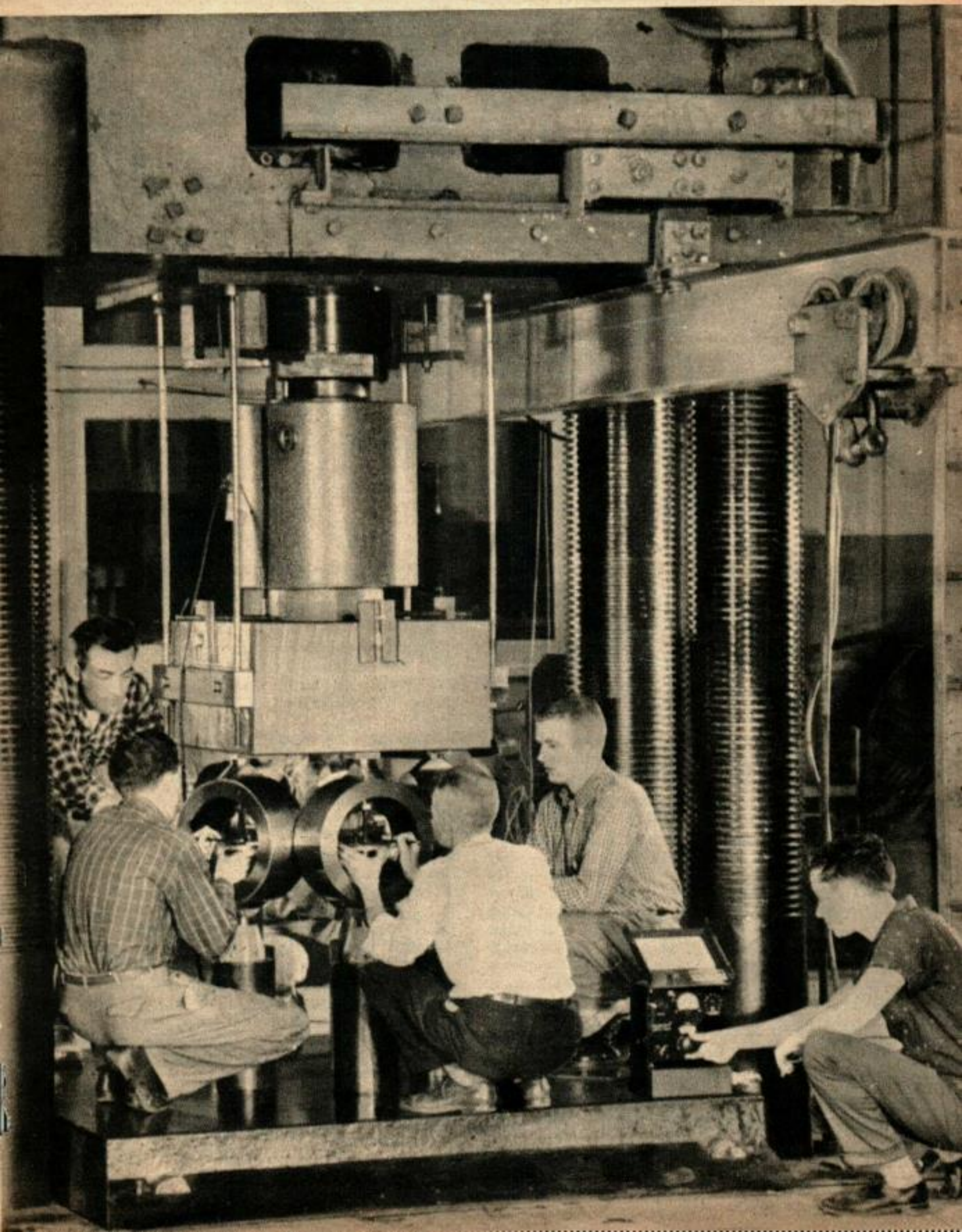
Il semble que nous visions la Lune avec un fusil à pierre, disait un membre de l'Aerospace Industries Association ; un autre ajoutait que les mesures courantes employées pour un cheval ou pour une voiture, par exemple, ne conviennent pas aux travaux spatiaux.

Le manque de précision coûte de l'argent. Un fabricant d'appareils pour les systèmes de guidage inertiel compte au gouvernement 400 F par objet en valant 4 en réalité. La raison de cette différence est bien simple : les appareils ne peuvent être mesurés avec la tolérance demandée du millième de millimètre. Aussi les appareils sont-ils d'abord dégrossis, puis adaptés. Ceux qui vont le mieux sont acceptés, les autres refusés.

En 1961, les membres de l'Aerospace Industries Association se sont réunis pour mettre en commun leurs problèmes de me-

PASSIONNÉ POUR LES MESURES

Une nouvelle cellule pour déterminer les charges au National Bureau of Standards permet les essais des moteurs de fusée avec des poussées allant jusqu'à 500 000 livres.



sures. La conférence fut un jalon sur leur route. Jusque-là les fabricants d'engins spatiaux avaient peur de parler de leurs problèmes, et surtout de perdre leurs importants contrats avec le Gouvernement pour les missiles et les avions. Mais tous les gens de l'industrie ont les mêmes problèmes.

Prenez le cas d'un fabricant de tubes de puissance pour les radars ; il se plaint de ce que « les méthodes de mesure des puissances de pointe ne soient pas suffisamment précises ».

Que s'est-il passé ? « En conclusion, on demande de faire plus de dessin. On perd du temps à la revérification de la production et dans la recherche et le développement. Des tubes d'un prix élevé qui peut aller de 150 et 200 F sont rejetés sans raison ; mais si le tube accepté ne marchait pas parfaitement, il faudrait supprimer un équipement de radar construit autour de ce tube et d'une valeur de 500 000 F

Un autre fabricant ajoute que sur les 10 000 pièces inspectées tous les mois, il y en a jusqu'à 30 % à éliminer. Mais toutefois, le plus grand problème reste le suivant : il n'est pas absolument sûr que les pièces acceptées remplissent toutes les conditions.

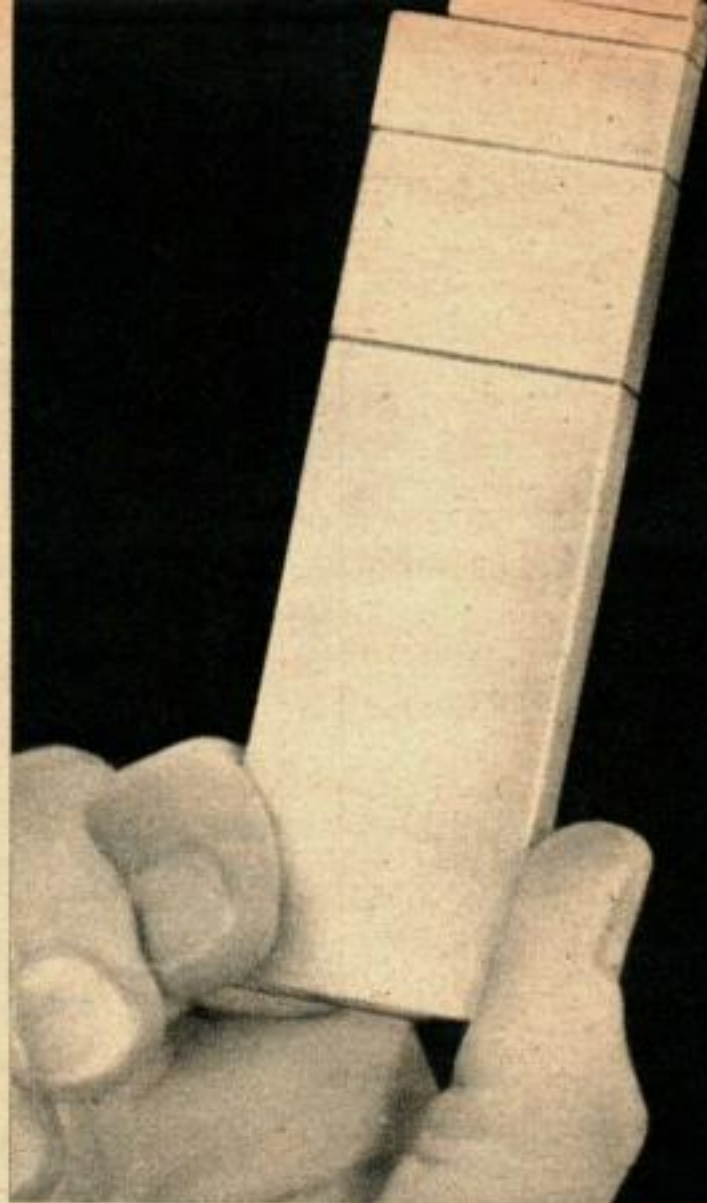
Il y a eu aussi le contrat de 250 000 000 de F pour la mise au point d'un vaisseau spatial pour l'atterrissage sur la Lune. Le projet entier fut en grand danger parce qu'on doutait que son électronique pût être réalisée avec assez de précision pour renvoyer à la Terre une image de télévision sans déformation.

Le manque de mesures a fait ressortir une vieille évidence : l'industrie américaine repose sur les mesures. Tout le secret de la production massive de pièces interchangeables — qui rendait possible les chaînes de montage — était qu'un boulon fabriqué à Chicago allait sur un cylindre bloc de Detroit, ou qu'un tube à vide du New Jersey possédait des qualités mécaniques et électroniques convenant à un châssis de Los Angeles.

La science qui donne à l'industrie ses idées, repose sur les mesures, elle aussi.

Pour s'assurer que tous ses instruments de mesure étaient synchronisés, chaque grand fabricant, pendant des années, eut ses propres étalons. Pour calibrer un calibre micrométrique de 25 mm, il gardait une jauge de 25 mm. La jauge utilisée pour l'unité devait être juste à .003 près, dirons-nous. Cette jauge était régulièrement comparée à la jauge conservée au siège de la compagnie, précise à .001. Très souvent cette base était vérifiée avec un étalon de 25 mm précis à .0003 près. Tous les deux ou trois ans, l'étalon de la maison était emmené à Washington et vérifié avec celui du National Bureau of Standards, qui a une précision de .0001. Ce bureau calibrait ainsi quelque 6 000 jauges par an.

Cette échelle de précision était bonne jadis, mais aujourd'hui l'étalon doit avoir



une précision de .0001 environ. Ce qui signifie que l'étalon du National Bureau of Standards doit être précis au .000002.

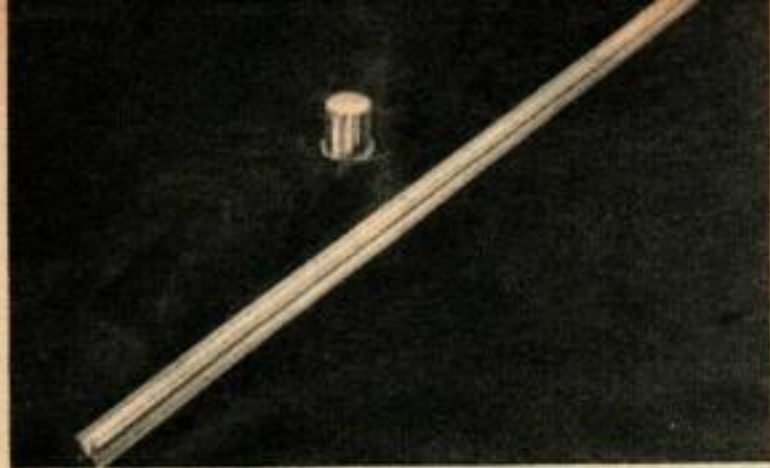
La révolution dans les besoins de mesures a amené une révolution des instruments de mesure.

Prenez la longueur, par exemple. Pendant plus de soixante-dix ans, deux lignes sur une barre de platine iridié ont défini le mètre. Régulièrement, le mètre national américain, si bien gardé, était envoyé par avion à Paris où il était comparé à l'étalon international du mètre.

Aujourd'hui, la longueur standard est la longueur d'onde inaltérable de la lumière rouge orangée du crypton-86. Le mètre est maintenant 1 650 763,73 longueurs d'onde du crypton-86. La longueur se mesure désormais plus précisément qu'elle ne l'a jamais été ; en outre, le standard national américain n'a plus besoin d'être comparé à celui de Paris.

Le temps, aussi, est devenu atomique. Le National Bureau of Standards et l'observatoire de la Marine américaine à Washington, gardien officiel du temps des Etats-Unis, mesurent le temps par battement d'atomes de césium. Ce battement est si régulier qu'une montre avec une régularité de cet ordre bougerait d'une seconde ou moins en trois mille ans.

Pourquoi une telle précision ? Essayez de repérer un satellite sur une orbite à une



La barre de platine iridié (ci-dessus) a été remplacée comme étalon de longueur pour les Etats-Unis. Elle se trouve ici avec l'étalon de masse.

Les jauges (à gauche) sont gardées par chaque industrie pour calibrer les instruments de mesures, et vérifiées régulièrement par le National Bureau of Standards.

La lampe de krypton-86 (à droite) émet une lumière rouge orangée et la longueur d'onde de la lumière est maintenant utilisée comme étalon de longueur aux U.S.A.



vitesse de 7 500 m/sec. Si votre montre n'a qu'une différence d'un dixième de seconde, la position que vous donnez au satellite est faussée de 750 m. Si vous voyagez par satellite, faites donc attention.

Les mesures ayant pour base l'atome ne sont qu'une partie du nouvel aspect du National Bureau of Standards dans sa lutte pour la précision. Prenez la simple question : quelle chaleur ? A température ambiante le thermomètre marche bien, et le Bureau l'étalonne régulièrement ; mais, pour obtenir une température précise à des milliers et à des millions de degrés, vos mesures doivent être éloignées.

La lumière peut faire cela. Malheureusement, les mesures actuelles à 15 000 degrés ne sont précises qu'à moins de 1000 degrés. A un millions de degrés, ou plus, elles sont encore plus inexactes.

Cependant, les températures de l'ordre du million de degrés sont une obligation pour une puissance atomique bon marché. Les mesures de température incertaines sont une sérieuse barrière pour les recherches de fusion aujourd'hui.

Les ingénieurs des fusées veulent, eux aussi, mesurer de façon précise des températures extrêmement élevées. Dans un cas, la réduction de l'erreur de 10 à 20° entraînera des économies de 110 kg dans un missile avec une augmentation de portée.

Une aide supplémentaire dans cette voie est un projet à l'étude au National Bureau of Standards depuis cinq ans.

Prenez l'arc-en-ciel ou le spectre de la lumière, et étirez-le ; dans la plupart des cas, vous découvrirez qu'il est fait de petites lignes de couleurs distinctes et de diverses teintes.

Maintenant, les atomes les plus excités — on les excite en les chauffant — révèlent ces petites lignes de couleurs distinctes. La nature des lignes peut servir à évaluer la température de la source.

Les physiciens du Bureau ont identifié quelles lignes spectrales appartiennent à quels atomes sous certaine excitation. Pour apprécier les dimensions de ce travail, tous les 92 éléments naturels ont été examinés ; l'élément chimique moyen a 15 000 lignes possibles.

Apparemment, bien loin de cela se situent les recherches du Bureau avec les machines à calculer électroniques perfectionnées. Mais, comme le faisait remarquer un spécialiste des machines à calculer, les machines à calculer deviennent plutôt des règles que des exceptions, une condition plutôt qu'un choix pour la recherche.

La recherche avec des machines à calculer au National Bureau of Standards aide au dessin de nouveaux instruments mathématiques pour la nouvelle technologie et égale-

ment aux essais de solidité et de longévité des pièces de machine à calculer, toutes tendant à plus de précision.

Une grande partie du travail réalisé par les savants du National Bureau of Standards avec leurs machines à calculer est patronnée par d'autres organisations nationales.

Des exemples sont les prédictions météorologiques par l'Office météorologique et les statistiques de population pour le Bureau de recensement, deux branches du ministère du Commerce tout comme le National Bureau of Standards. Les savants du National Bureau of Standards ont même utilisé des machines à calculer pour traduire automatiquement le russe pour l'armée. (*Mécanique Populaire* de février 1961).

Un nouvel aspect de l'effort du National Bureau of Standards pour remédier aux difficultés de mesures est sa recherche dans l'espace proche. Le but premier de cette recherche, faite surtout dans les laboratoires du Colorado, est d'apprendre plus sur l'ionosphère, cette couche du dessus de l'atmosphère qui renvoie les ondes de radio à la Terre, ou courbe les micro-ondes qui partent vers l'espace.

Pour mesurer les effets de l'ionosphère sur les ondes de radio, le National Bureau of Standards a construit une maquette de repérage de missile installée dans les montagnes du Colorado et au Pérou une antenne de radar géante de 9 hectares faite de plus de 9 000 dipôles. Egalement un satellite *Topside Sounder* pour renvoyer les ondes de radio du dessus de l'ionosphère aurait dû être placé sur une orbite en 1962.

Les laboratoires de Boulder ont, eux aussi, fait un grand pas en avant dans la précision des mesures et le contrôle des fréquences. Avec l'aide d'une horloge au césium, les fréquences de radio peuvent atteindre une précision de $2/1\,000\,000^e$. Mais les savants de Boulder ne sont pas encore satisfaits. Pour les communications de radio, le repérage des satellites, le contrôle des fusées à longue portée et les observations astronomiques, les précisions de temps doivent être justes à $1/1\,000\,000\,000^e$ ou moins.

D'autres imprécisions dans les mesures de radio entraînent encore des dépenses inutiles et des dangers.

A la conférence industrielle spatiale, un constructeur de missile a déclaré, l'année dernière, que chaque centre de contrôle de lancement consiste en un déploiement d'antennes dipôles enterrées. Les missiles eux-mêmes sont également enterrés dans des silos. Le centre de contrôle émet des signaux à plusieurs bases de lancement à 35 km de là au moins.

A cause des fréquences utilisées, chaque antenne enterrée a plusieurs centaines de



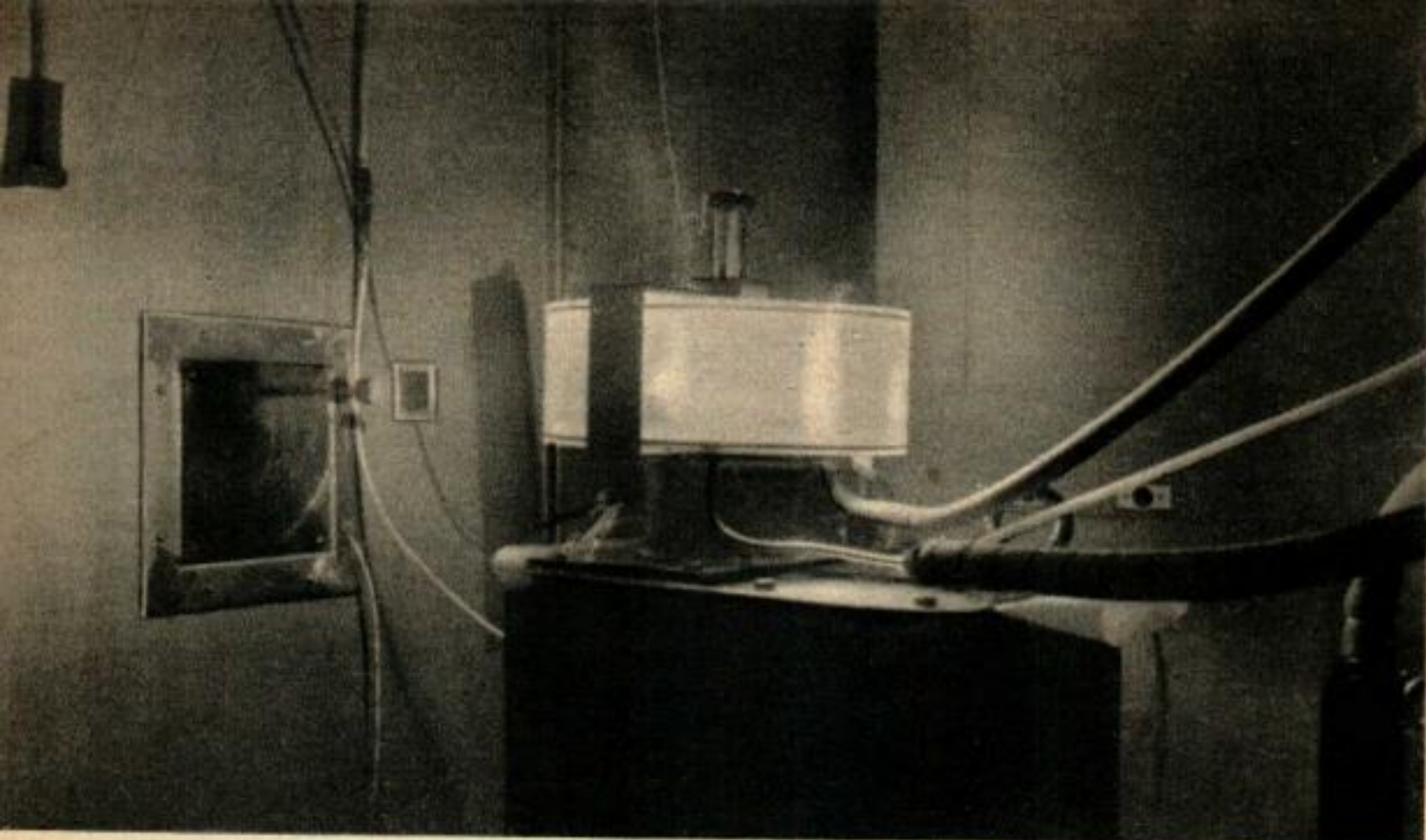
L'appareil photon-rayon a été dessiné par le National Bureau of Standards pour l'étude de la physique du plasma, domaine relativement récent de la science moderne.

mètres de long. Plus l'antenne est enfoncée loin, plus le système présente de sécurité en cas d'attaque ennemie. Quoi qu'il en soit, les missiles ne seront pas mis à feu si le signal radio n'est pas assez fort et le système entier devient sans aucune valeur.

Les ingénieurs n'ayant pu évaluer de façon exacte la sensibilité des antennes, cela a coûté 750 000 F de plus pour chacune des quarante-cinq installations. Il y a aussi le problème des imprécisions de mesure des interférences de radio ; à moins de pouvoir mesurer assez exactement le signal de radio qui bloque le vôtre, vous n'y pouvez rien.

Lors de cette conférence, un autre spécialiste des missiles a déclaré qu'à chaque départ prématuré de missile, la responsabilité en revenait vraisemblablement aux interférences de radio. Dans les journaux, on lit simplement que le lancement a échoué. Un ennemi éventuel sera le premier à apprendre la faiblesse des Etats-Unis quant aux interférences ; prenons l'exemple de la seconde guerre mondiale et des embouteillages de radar. On peut donc mettre en doute que bien des missiles puissent être lancés au cours de la prochaine guerre, à cause des activités électroniques de brouillage.

Cette année, dans un article publié dans un journal de recherche industrielle afin d'ouvrir les yeux du public, le Dr W. Crawford Dunlap, directeur de la recherche des semi-conducteurs à la Raytheon Corporation, a déclaré que les pièces miniature d'électronique moderne n'étaient pas aussi sophistiquées qu'on le prétend. Chaque cas est pra-



L'explosion du fil provoque une lumière satanique. Le National Bureau of Standards étudie les ondes cylindriques de choc provoquées par cette technique, afin de fournir des données de haute température pour le plasma et l'astrophysique.

tiquement un mélange de science et de sorcellerie.

Quant aux matériaux à l'état solide, ceux dont les grains sont censés remplacer tous les énormes tubes à vide, leurs méthodes de préparation et de purification laissent encore beaucoup à désirer. Il n'y a qu'une compréhension vague des imperfections et des conditions d'impureté.

L'établissement de standards pour mesurer l'impureté de ces matériaux, ce qui les rend utilisables comme les transistors, fait partie du nouveau programme du National Bureau of Standards. C'est un problème concernant à la fois la physique et la chimie. M. William A. Wildhack, directeur adjoint du Bureau, dit qu'il en est de même pour la recherche de mesures plus précises d'acidité, entraînant un contrôle plus précis des industries chimiques, pharmaceutiques, alimentaires et métallurgiques, plus d'efficacité, moins de perte et, cela s'entend, de meilleurs produits et des prix plus bas.

Wildhack fait ressortir que la recherche médicale a ressenti l'imprécision des mesures. Il a d'abord fallu mesurer de faibles quantités de radiations avant de pouvoir faire les radiations contre le cancer, grandes comme des piqûres d'épingle.

Il y a aussi l'essai de sodium et de potassium dans les liquides du corps. Voilà un renseignement important pour le médecin dont le malade est sous l'effet d'un choc, ou sort d'une opération. Il faut d'habitude un jour pour mesurer cela, et parfois ce délai d'un jour n'est pas acceptable. A présent, grâce aux nouvelles techniques de mesure, cet essai est effectué en 15 secondes.

La recherche médicale profite largement des problèmes de mesure résolus pour l'industrie. Une électronique plus précise signifie de meilleurs microscopes à électrons pour étudier les virus et les détails de cellules vivantes. La découverte d'autres mesures plus poussées pourrait contribuer à la réalisation d'appareils tels que des pompes artificielles pour remplacer des cœurs défectueux, et des membranes pour remplacer les reins abîmés.

D'après le Dr Allen V. Astin, il n'y a pas d'événement dans l'histoire qui ne semble aller de pair avec la mesure et le progrès technique.

Le National Bureau of Standards déménagera en 1963, symbole de son passage de la technologie de la machine à vapeur à celle du missile balistique ; le Bureau quittera ses immeubles de Washington, D.C., qui remontaient à sa fondation en 1901, pour une nouvelle installation à Gaithersburg, Maryland, à quelque 30 km de là.

Il y aura une énorme machine pour calibrer des appareils destinés à mesurer la poussée et la charge des fusées. Cette nouvelle machine correspondra mieux à la poussée des fusées et sera plus précise : .005 % au lieu de .02 %.

D'après le Dr Astin, la mesure est plus que le langage de la science ; c'est le moyen d'appliquer la recherche à l'augmentation de la prospérité générale. Grâce à la lutte menée contre l'imprécision des mesures, la sécurité générale, la course à l'espace et le progrès ne seront vraisemblablement pas perdus faute d'une mesure plus précise.