

UNE RÈGLE À CALCUL POUR CONQUÉRIR LA LUNE

Le programme lunaire américain a été en grande partie conçu à l'aide d'un instrument rudimentaire, inventé au XVII^e siècle. À une époque où l'informatique en était à ses balbutiements, c'est une règlette en métal qui a permis la conquête de la Lune !

Hélène Frouard

“**H** OUSTON, we've had a problem.” Le 13 avril 1970 à 21 h 08, le pilote d'Apollo 13, Jack Swigert, lance un message de détresse : le réservoir à oxygène du vaisseau vient d'exploser. Norman Chaffee, ingénieur à la Nasa, était alors chez lui. “J'ai été immédiatement rappelé sur place. Nous avons travaillé pendant trois jours, pratiquement sans dormir”, se souvient-il. Pour sauver les naufragés de l'espace, lui et ses collègues réunis devant l'urgence tentent l'impossible. Il leur faut mettre au point une procédure de retour sur Terre qui soit compatible avec le peu d'énergie disponible. Et leur principal outil est une règlette graduée...

La règle à calcul, inventée en 1622 par le mathématicien anglais William Oughtred, est un dispositif astucieux, devenu la compagne indispensable de tous les scientifiques à la fin du XIX^e siècle. Fondée sur le principe du logarithme, elle permet d'effectuer des calculs complexes, notamment des multiplications, en manipulant des règlettes coulissantes. Elle est rudimentaire, mais efficace : avec quelques notions de mathématiques et un peu d'entraînement, on obtient une approximation raisonnable du résultat. Lorsque Norman Chaffee arrive à la Nasa en 1962, elle est encore d'usage courant. La précision qu'elle offre — deux à trois chiffres après la virgule — suffit amplement pour la plupart des calculs préliminaires.

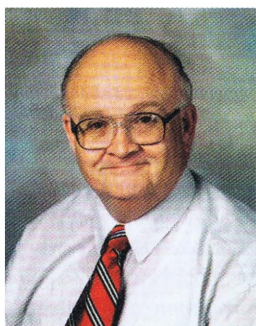
Qui plus est, cet ancêtre de la calculatrice a les qualités de ses défauts : nécessitant une bonne compréhension des données manipulées, elle oblige son utilisateur à réfléchir en permanence aux ordres de grandeur des résultats qu'il obtient. Une gymnastique bien utile pour repérer d'éventuelles erreurs ! La règle accompagne le travail quotidien des ingénieurs, depuis les avant-projets de la mission Apollo 8, réalisés avec “un globe terrestre, quelques pages de données et une règle à calcul”

— comme le raconte Charles Pace⁽¹⁾ —, jusqu'à la préparation des explorations martiennes.

Bien sûr, l'agence spatiale américaine dispose aussi d'outils de calcul plus sophistiqués. Dès sa création en 1958, la Nasa est équipée de la fine fleur de la technologie informatique. Mais ces unités centrales n'ont pas grand-chose à voir avec les ordinateurs actuels : la notion d'*user friendly* reste à inventer. Ces gros engins, qui fonctionnent avec des tubes à vide, nécessitent de nombreuses manipulations avant de cracher leurs résultats. Il faut préparer les cartes perforées contenant les données mais aussi les programmes de calculs adéquats, apporter l'ensemble, souvent volumineux, dans la salle informatique et introduire les fiches à la main dans le lecteur des ordinateurs. Les résultats arrivent au mieux le lendemain matin, plus souvent après quelques jours.

Ordinateurs trop lents

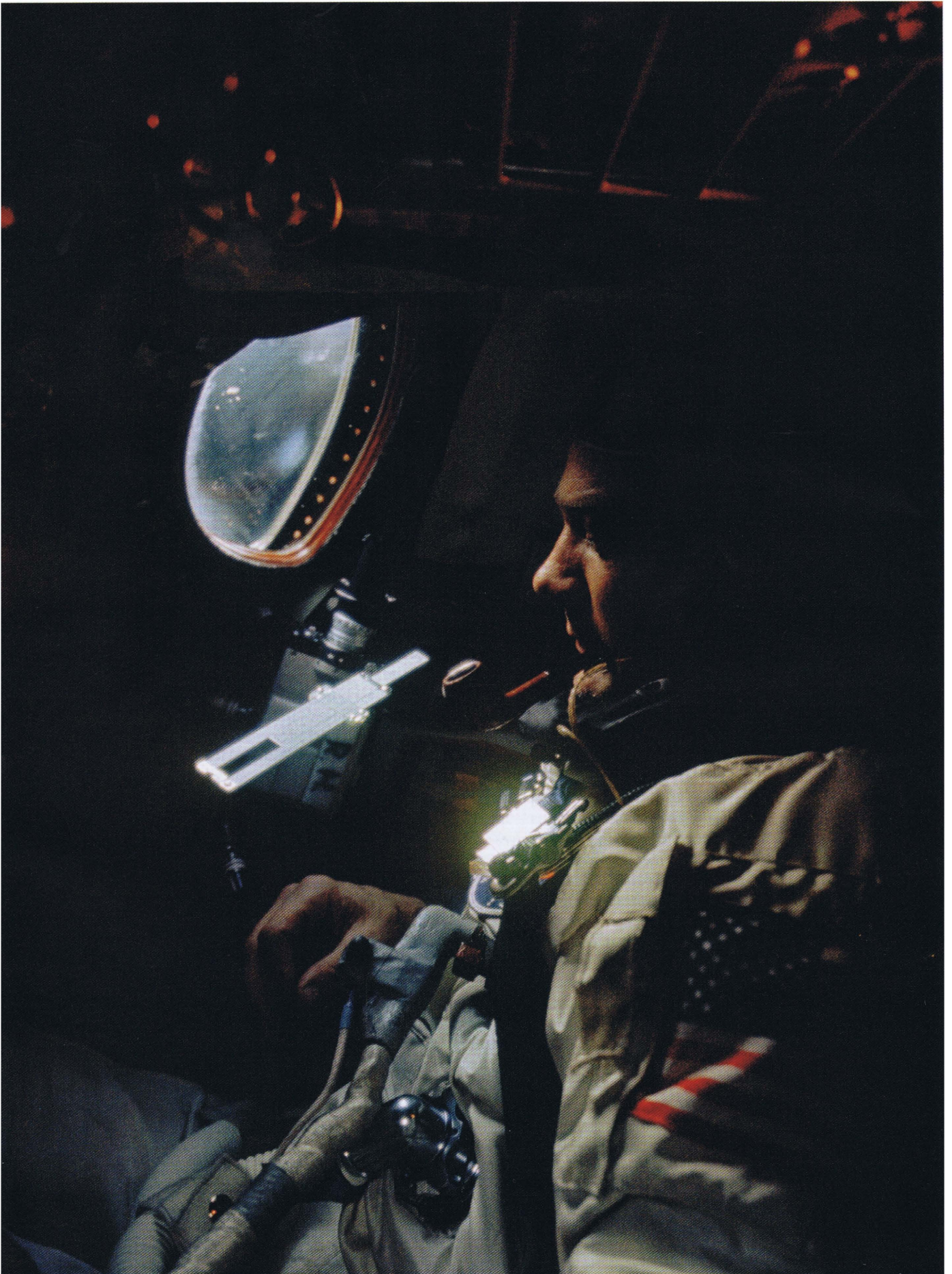
Les améliorations progressives, comme l'arrivée des transistors ou des bandes magnétiques, n'en modifient pas fondamentalement les conditions d'utilisation. Ces lenteurs obligent Norman Chaffee et ses collègues à réserver l'usage de l'informatique à certaines opérations particulièrement complexes comme les calculs de trajectoire ou la préparation des rendez-vous spatiaux. Nécessitant une très grande précision, ceux-ci sont impossibles à réaliser à la main, sauf à y consacrer des semaines, voire des mois.



© Nasa/ISC

Pour préparer les missions lunaires, Norman Chaffee et ses collègues de la Nasa utilisent une petite règle graduée, dont le principe a été imaginé trois siècles plus tôt.

Pas de calculatrice pour les premiers vols spatiaux ! Comme les ingénieurs, les astronautes (ici, Buzz Aldrin, dans Gemini 12) doivent savoir manipuler la règle à calcul. Les vaisseaux Apollo auront bien un ordinateur de bord, mais celui-ci est monopolisé par la gestion du pilotage.



© NASA

DATES CLÉS

1614 Mise au point du logarithme par John Neper, mathématicien et astronome. Son utilisation permet de simplifier les calculs complexes puisqu'il transforme les multiplications en additions ($\log xy = \log x + \log y$).

1615 Publication de la première table de logarithmes décimaux. Ces tables rencontrèrent un grand succès auprès des astronomes.

~ 1622 William Oughtred met au point la règle à calcul : les multiplications se calculent en faisant glisser l'une contre l'autre des réglottes graduées de façon logarithmique. L'opérateur doit toutefois ajouter lui-même la virgule au résultat.

Fin XIX^e Les règles à calcul intègrent de plus en plus d'opérations. Elles deviennent d'usage courant chez les ingénieurs.

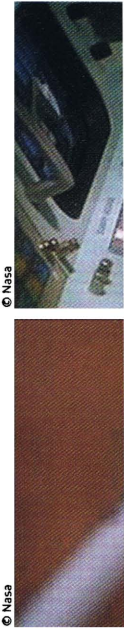
1943 Création de la société américaine Pickett, qui fournira la règle à calcul d'Apollo 11.

1972 La HP-35, la première calculatrice scientifique de poche, est commercialisée par Hewlett-Packard. La seconde moitié des années 1970 verra l'arrêt progressif de la fabrication des règles à calcul. Au total, près de 40 millions d'unités auront été produites dans le monde.

Le premier pas sur la Lune comme le sauvetage des trois astronautes d'Apollo 13 ont été possibles grâce à une règle à calcul comme celle-ci, la N600-ES de la société Pickett.



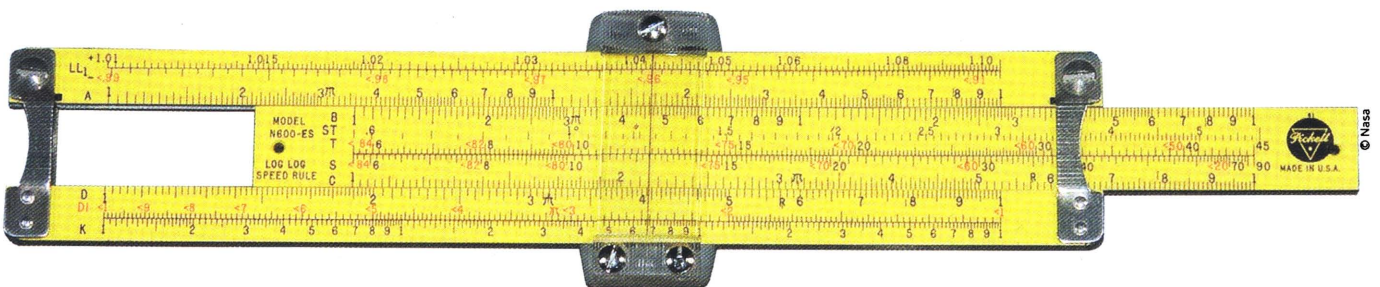
© Nasa/C&E Photos

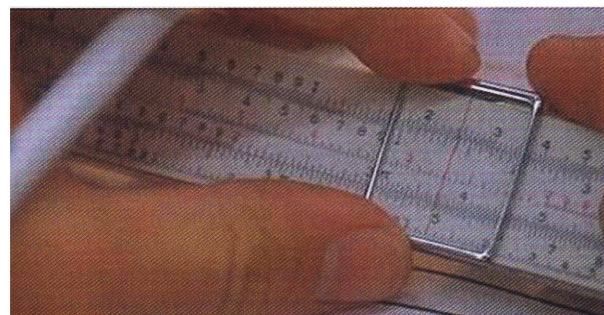
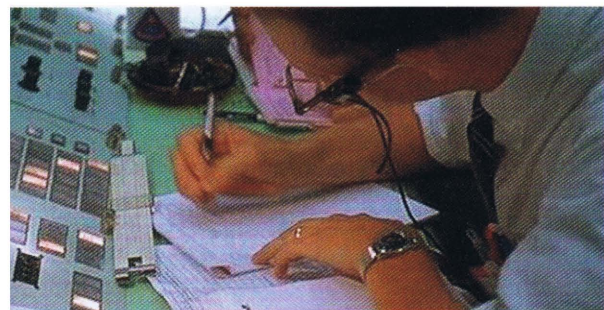


© Nasa

Accrochée à la ceinture ou posée sur les bureaux des ingénieurs, la règle à calcul inventée par William Oughtred reste donc l'outil n°1 à la Nasa pendant toute l'épopée lunaire. Facile à manier, elle permet d'obtenir quasi instantanément des résultats préliminaires, affinés ensuite lorsque le besoin s'en fait sentir grâce à deux procédés. D'abord, au moyen de calculatrices mécaniques, qui fonctionnent avec un dispositif de roues dentées et d'engrenages. Héritières lointaines de la Pascaline (2), ces machines Friden ou Marchant ressemblent à s'y méprendre à nos vieilles caisses enregistreuses. Dans un bruyant grincement mécanique, elles peuvent réaliser les quatre opérations arithmétiques, voire, pour les plus modernes, extraire des racines carrées — au prix, il est vrai de plus de treize étapes successives pour l'opérateur. Les ingénieurs peuvent aussi compter sur un autre genre de calculatrices, fort apprécié... puisqu'il s'agit de jeunes femmes ! Ces diplômées de mathématiques avaient été recrutées pendant la guerre par la Naca, l'ancêtre de la Nasa, pour participer au programme militaire et aéronautique du pays. Avec pour mission de soutenir leurs collègues masculins en les déchargeant des calculs les plus longs. Maniant sans hésiter intégrales ou exponentielles, certaines des "girls" continuent dans les années

1960 à seconder les ingénieurs. Pour les études de matériaux notamment, techniciens, ingénieurs et calculatrices se rejoignent devant les chambres à vide, avec règles à calcul, machine Friden et manomètres. Une cohabitation qui s'est terminée plus d'une fois par une longue vie à deux... Une histoire d'amour que va connaître aussi, à sa façon, la règle à calcul puisqu'elle accompagne Neil Armstrong dans son vol historique vers la Lune. Elle atteint ainsi le sommet d'une carrière que n'aurait certainement pas imaginé son inventeur. Les trois astronautes qui embarquent en 1969 à bord d'Apollo 11 ont bien sûr à leur disposition un ordinateur de bord. Conçu par le Massachusetts Institute of Technology, l'Apollo Guidance Computer est même un chef-d'œuvre du genre. Relié à la centrale inertielle, dont les capteurs déterminent les mouvements du vaisseau, il gère le pilotage : celui-ci est trop complexe pour être pris en charge manuellement. Mais avec ses 60 ko de mémoire morte et ses 4 ko de mémoire vive, il est incapable d'exécuter d'autres tâches, ne serait-ce qu'une simple multiplication ! Pour les petits calculs qui émaillent le travail des astronautes, une règle à calcul (en aluminium) s'impose. Consécration de la vieille dame, la voilà qui flotte en apesanteur. Le constructeur Pickett, fournis-





© Nasa/C&E Photos

seur officiel, ne manque pas d'en faire un argument commercial. Avec peut-être un soupçon d'exagération : malgré le slogan qui met en avant "5 vols lunaires" ("5 moon flights"), la réglette n'a jamais effleuré le sol de notre satellite. Comme s'en amuse Paul Ceruzzi, conservateur au musée de l'Air et de l'Espace de Washington, bien malin l'astronaute qui aurait réussi à manipuler une règle avec les énormes gants de sa combinaison !

Un retour calculé au plus juste

Le 13 avril 1970, lorsqu'éclate le drame d'Apollo 13, la règle à calcul est donc omniprésente, à bord du vaisseau comme dans les salles de contrôle. La petite barre articulée inventée trois siècles plus tôt va jouer un rôle central dans le sauvetage, comme le raconte l'un des hommes clés, John Aaron, dans une interview accordée au Johnson Space Center. Son équipe vient de dresser les grandes lignes du plan de sauvetage des trois astronautes. Mais Aaron tranche : "On ne peut pas le faire." Il a en effet calculé l'énergie nécessaire à la mise en œuvre de la réponse proposée. C'est trop.

Durant des heures, "avec du papier quadrillé, des règles à calcul et de l'arithmétique", l'équipe met au point une procédure de retour où l'énergie nécessaire à chacune des étapes est calculée à l'ampère près. Cette solution implique des choix audacieux, tel que l'extinction provisoire des systèmes de guidage et de navigation du vaisseau, mais elle permet de rapatrier le vaisseau, les trois astronautes... et leur règle à calcul. Sauvée d'une dérive éternelle dans l'espace, cette dernière, un modèle N600-ES de chez Pickett, trône à présent au Smithsonian National Air and Space Museum, à Washington, parmi les autres témoins de l'odyssée lunaire.

Aujourd'hui, Norman Chaffee a rangé ses règles à calcul sur une étagère. Il ne les ressort qu'à de

rare occasions. Car, ironie de l'histoire, le sauvetage d'Apollo 13 marque le chant du cygne de cet outil. Dès 1972, la première calculatrice scientifique électronique, la HP-35, arrive sur le marché : les hommes de la Nasa s'en équipent au fur et à mesure que son coût baisse. Leurs collègues soviétiques, en visite à Houston dans le cadre de la détente Est-Ouest, vont en être jaloux : en moins d'un an, ils mettent au point un adaptateur capable de faire fonctionner la nouvelle machine sur le courant soviétique.

Elle représente un bond technologique, comme le rappelle l'historien des techniques Paul Ceruzzi sur son blog : en 1975, la première calculatrice électronique embarquée dans l'espace n'offre-t-elle pas à elle seule plus de puissance que l'ordinateur de vol des précédentes missions Apollo ? Depuis, les outils informatiques de la Nasa ont continué à évoluer. Il y a un an, l'agence, qui possède l'un des plus gros supercalculateurs au monde, a débranché sa dernière unité centrale.

La règle à calcul, pour autant, n'est pas tout à fait un souvenir poussiéreux. Car un homme à la Nasa continue à résister. Après avoir travaillé pour l'aviation civile pendant plus de vingt ans, Evan Horowitz conçoit aujourd'hui des simulateurs pour le programme spatial. Il n'hésite pas à sortir sa règle à calcul car, qualité inégalée, elle l'oblige à réfléchir aux grandeurs qu'il manipule et lui évite de s'illusionner sur l'exactitude des nombres qui s'affichent sur l'écran⁽³⁾. Une bonne réponse approximative restera toujours meilleure qu'un résultat faux, fut-il avec 10 décimales, souligne-t-il avec philosophie.

(1) La transcription de ces entretiens est consultable sur le site du Johnson Space Center, Oral History Program : <http://goo.gl/pnNBF>

(2) La machine à calculer conçue par Blaise Pascal en 1642.

(3) Source : <http://goo.gl/4oqdo>

Ci-dessus, l'équipage d'Apollo 13 à son retour sur Terre. Pour sauver le vaisseau en perdition, "nous avons travaillé pendant trois jours, pratiquement sans dormir", se souvient Norman Chaffee. Leur objectif : économiser au plus juste l'énergie nécessaire à bord.

ALLER PLUS LOIN

À TESTER

Manipulez la fameuse N600-ES, de chez Pickett, sur : www.antiquark.com/sliderule/sim/virtual-slide-rule.html