

**VOICI QUELQUES QUESTIONS
QUE SE POSENT LES AMÉRICAINS...**

Le programme de fusées téléguidées a été entravé par des erreurs humaines, des défaillances mécaniques... et même des fautes impardonnables. Ces problèmes sont-ils maintenant résolus ?

MÉCANIQUE POPULAIRE

JUILLET 1961

MAGAZINE ÉCRIT POUR TOUS

VOL. 32

N° 1

Avons-nous enfin surmonté les fiascos de notre programme de projectiles balistiques ?

par Tom Stimson

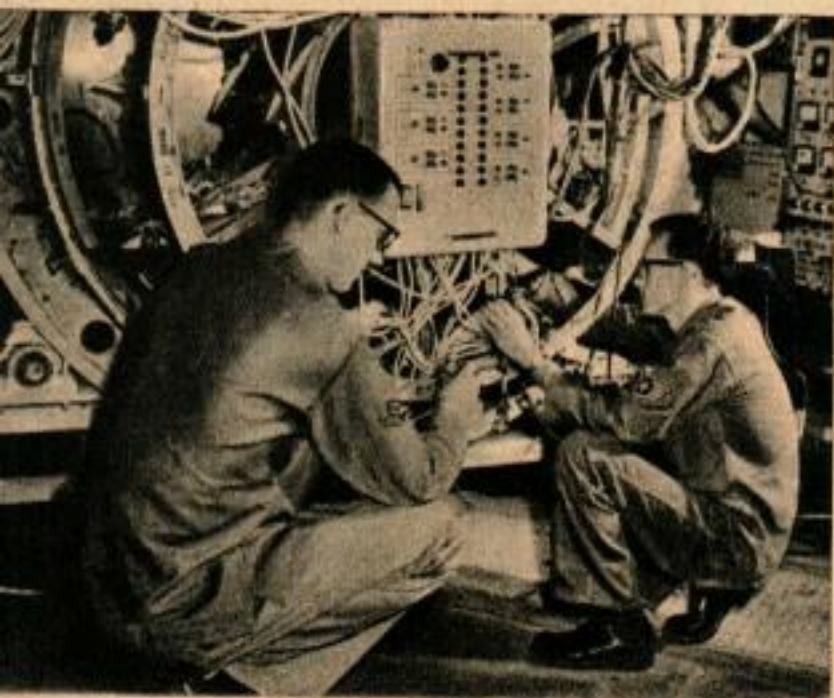
PRESQUE la moitié de nos tentatives de vols dans l'espace se sont soldées par des échecs, et un nombre substantiel de nos grosses fusées militaires ont été des « ratés ». Des quantités d'erreurs ont été faites, certaines d'entre elles remarquablement stupides.

Ceci semble être une dure inculpation, à la vue de nos récents succès. Par ces jours, il est presque devenu commun de tirer un autre satellite sur orbite ou de lancer un



**Un Atlas
défaillant !**

Un Titan en flammes!



autre I.C.B.M. (1) vers son but au bout du « champ de tir ».

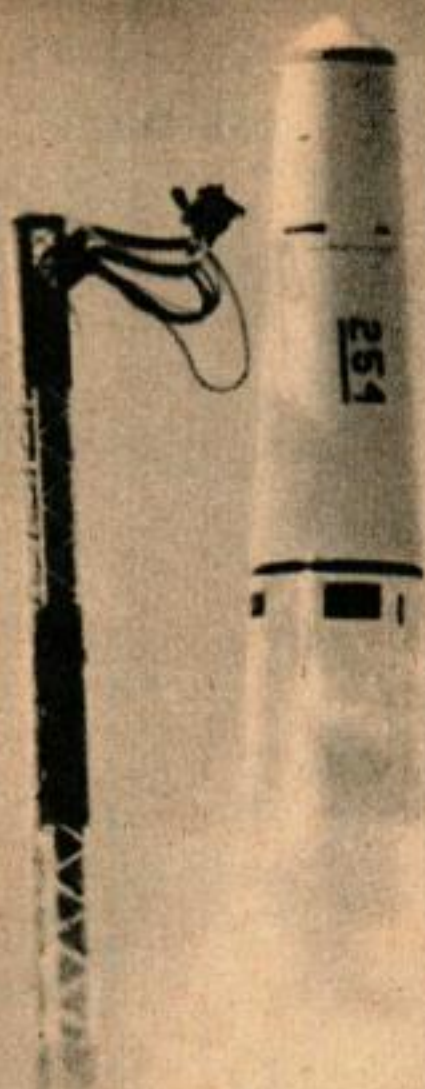
Et cependant, les succès d'aujourd'hui sont dans une large mesure le résultat de la soigneuse analyse des échecs d'hier. Et il semble ressortir que « l'éducation par la mésaventure » commence à justifier les millions de dollars que les Etats-Unis semblent avoir « gaspillés » pour celle-ci jusqu'à ce jour.

Spécifiquement, qu'avons-nous appris qui puisse nous permettre d'éviter de futurs échecs ? Quels ont été les torts, et avons-nous réussi à les redresser ?

Les spécialistes de l'industrie disent que

(1) ICBM : Intercontinental Ballistic Missile, soit Projectile Ballistique Intercontinental.

Le personnel du 6593^e Escadron de Lancement procède à une vérification des mécanismes d'un « véhicule à satellite » complexe type Agena B.



Un Thor s'élance...



... et s'écrase!

ces défaillances sont à prévoir. Ils disent que nos projectiles balistiques ou téléguidés et nos engins spatiaux sont les mécanismes les plus compliqués qui aient jamais été conçus, et que la plupart d'entre eux sont expérimentaux. Ils disent qu'ils font de leur mieux en « l'état de l'art » actuel.

Une grande partie de ceci est vrai. Mais une grande partie est « du boniment ».

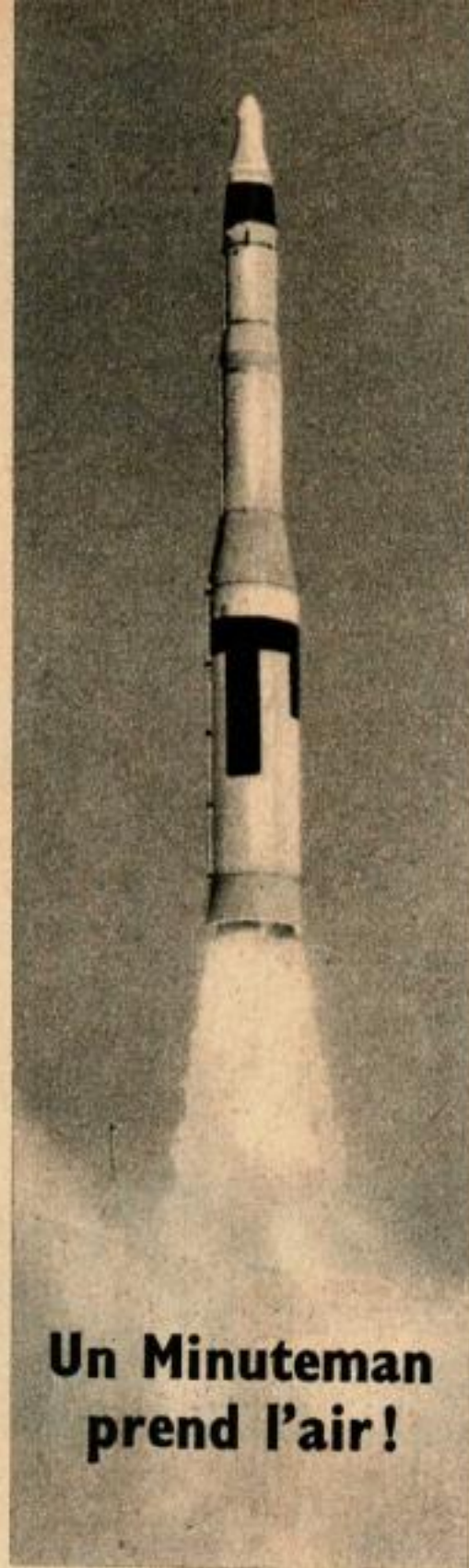
L'an dernier, l'Aviation américaine s'alarmait de la façon dont son programme de fusées de guerre était mené. Tout l'argent requis était bien extrait de la poche du contribuable. Et cependant les fusées éclataient ou s'égarèrent l'une après l'autre. L'Air Force engagea l'Institut de Recherche Scientifique de Stanford pour analyser le problème.

Une équipe de cet Institut examina les rapports sur 4 248 défaillances de fonctionnement survenues au cours de neuf program-

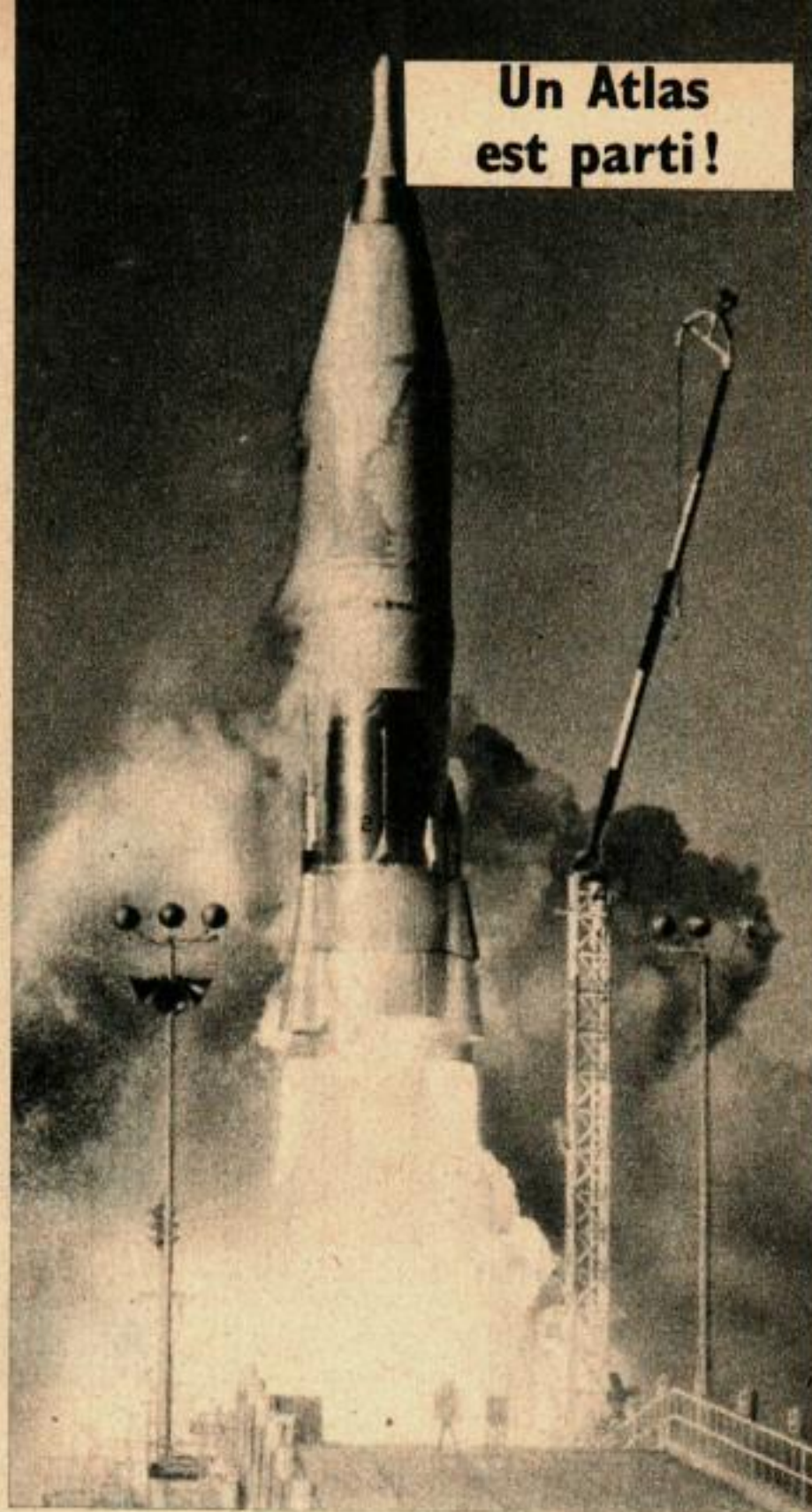
mes de projectiles téléguidés. Les investigateurs découvrirent que, suivant le programme, de 20 à 53 % de toutes les défaillances étaient dues à des erreurs humaines.

Que sont ces erreurs humaines ?

Elles sont une faute commise par quelqu'un. Dans l'un des cas, un ouvrier laissa tomber une pièce de précision sur le sol et monta cette pièce ainsi endommagée dans un assemblage sans le signaler. Dans un autre cas, ce fut un fil métallique qui ne fut pas soudé. Dans un autre cas encore, un fil métallique fut tendu si fortement que la vibration le fit se détacher lors de l'allumage d'un moteur de fusée. Une fois, le serrage dynamométrique incorrect d'un écrou sur une canalisation de commande hydraulique sous 210 kg/cm² de pression causa la perte d'une fusée conçue pour voyager sur le tiers du tour du monde.



**Un Minuteman
prend l'air !**



**Un Atlas
est parti !**

Une inspection soigneuse aurait dû déceler ces fautes, mais l'inspection avait été négligente.

Une autre ruineuse « gaffe » fut commise lorsque quelqu'un brancha par inattention une source de courant à 110 V sur un circuit à 28 V. Un faisceau de câblages, non imperméabilisé comme il aurait dû l'être, provoqua un court-circuit par suite d'une infiltration d'eau de pluie. Dans un certain cas, un réchauffeur électrique à batterie fut laissé indûment branché. L'électrolyte bouillonna et déborda sur un fouillis de fils conducteurs. L'isolant fut rongé et le circuit fit défaillance lorsqu'il fut mis sous charge. Et la liste continue ainsi indéfiniment.

Des erreurs humaines ont même été com-

mises par les dirigeants des compagnies qui avaient le devoir de rechercher pourquoi leurs fusées échouaient. Et ceci est encore une façon charitable d'exprimer la chose. Un constructeur de fusées avait rejeté tous ses échecs sur un équipement défectueux, aucun sur l'erreur humaine. Après enquête, l'équipe d'investigation de Stanford arriva à la conclusion que l'erreur humaine était en fait la raison de 193 défaillances.

Dans le privé, un expert ès-fusées américain a dit qu'il serait effrayé de voir son pays s'engager aujourd'hui dans un duel aux fusées avec la Russie. Il pense qu'un fort pourcentage des fusées à longue portée sur lesquelles l'Amérique mise son existence n'atteindraient pas leur objectif en raison

de « difficultés techniques ». Dans une usine, un ingénieur expérimenté a déclaré : « Nous n'embauchons pas de l'expérience et du bon sens par les temps qui courent. Nous embauchons des diplômés universitaires. Nous payons 50 000 NF par an et plus à des diplômés frais émoulus de l'Université, simplement parce qu'ils ont le titre de docteur. » Le secrétaire d'un directeur d'une autre grande compagnie dit : « Dans cette usine, la construction des projectiles de guerre n'est rien d'autre qu'une immense source de gaspillage. »

Cette critique ne concerne pas les hommes de la Division des Projectiles Balistiques de l'Aviation américaine. Ceux-ci n'ont cessé de lutter pour obtenir des projectiles sur lesquels ils puissent compter.

Et elle ne concerne pas non plus les savants de l'Administration Nationale de l'Aéronautique et de l'Espace, l'organisme gouvernemental américain chargé de la recherche scientifique sur le vol spatial, ni les ingénieurs et ouvriers consciencieux des fabriques de fusées, qui sont naturellement très nombreux.

Fort heureusement, le tableau est maintenant plus brillant qu'il ne l'a été. Les officiers du programme de la Division des Projectiles Balistiques insistent sur un meilleur contrôle de la qualité et sur des inspections plus soigneuses. Dans certains cas, ils ont fait réorganiser des services dans les compagnies. Aujourd'hui, chaque nouvelle fusée doit satisfaire aux essais avant de quitter l'usine. Tout d'abord, elle est l'objet d'une vérification électrique et hydraulique complète, puis elle est « mise en vol au sol ». C'est-à-dire qu'elle est boulonnée sur un stand d'essai pour vérification de la « séquence de comptabilité », et que le moteur de son premier étage est allumé. Toute défektivité de fonctionnement éventuelle doit être corrigée.

Il y a cependant d'autres aspects de l'his-



Ces techniciens vérifient, préalablement au vol, le système de propulsion d'une fusée Atlas, au centre d'essai du cap Canaveral.

toire. Les soumissionnaires se plaignent de ce qu'ils sont handicapés par de nombreuses restrictions. Une compagnie peut découvrir qu'une marque de moteur électrique particulière remplit exactement la mission voulue, mais que la loi américaine l'oblige à faire appel à soumissions et à accepter le moteur dont le prix est le plus bas, même si son rendement n'est que tout juste suffisant. Le porte-parole d'une autre compagnie dit que, lorsque l'argent nécessaire n'a pas été mis à sa disposition (par le gouvernement) pour mettre au point un élément constitutif sûr, il est obligé d'utiliser des articles se trouvant déjà en stock. Ceux-ci peuvent faire défaillance, et ce, assez fréquemment.

Vous ne récupérez jamais votre fusée, une fois qu'elle a été tirée. Si elle « rate », com-

(Suite page 110)

Comment décourager les ingénieurs des fusées téléguidées

Ce n'est que trop souvent que, de nos jours, les ingénieurs des fusées ne sont pas encouragés à utiliser leurs talents créateurs et critiques pour la conception de projectiles de guerre plus sûrs et plus efficaces. Voici, en résumé, quelques tristes exemples de ce gaspillage de talent :

Cas numéro 1. — Après l'échec du lancement d'une fusée par suite de perte de poussée et de défaillance des commandes directionnelles, un ardent et jeune ingénieur suggéra que l'un des quatre moteurs de l'engin était tombé en panne. Lorsque son patron lui fit remarquer que ceci était virtuellement impossible, l'ingénieur, qui était extrêmement au courant des complexités des systèmes de combustion des fusées, se mit en devoir de démontrer au patron comment la chose avait dû se passer. Le patron refusa de se laisser convaincre... et le déclara en termes par trop décourageants. Le jeune ingénieur quitta bientôt la compagnie. Et une inspection du projectile récupéré par la suite prouva qu'il avait eu entièrement raison au sujet de la cause de l'échec...

Cas numéro 2. — A ses moments de loisir, un ingénieur dessina une soupape répondant aux

besoins particuliers du système d'alimentation en carburant de certaine fusée. Lorsqu'il montra le modèle aux dirigeants de la compagnie pour laquelle il travaillait, ceux-ci le rejetèrent dédaigneusement. L'ingénieur ainsi rebuté présenta alors son modèle à un constructeur sous-traitant qui le mit aussitôt en production avec enthousiasme. Que se passa-t-il alors ? Vous l'avez deviné. Le sous-traitant vendit la soupape à la compagnie pour laquelle travaillait l'ingénieur. Mais celui-ci perdit sa place à cause de l'incident.

Cas numéro 3. — Une compagnie dont l'engin avait été tiré sur un terrain d'essai gouvernemental reçut un rapport complet de son équipe de lancement, rapport l'informant de ce qui s'était passé, signalant les pièces qui avaient fait défaillance, et donnant des recommandations sur la façon dont le projectile pourrait être amélioré. Et quelle fut la réponse de la compagnie ? Un memorandum rappelant aux hommes du champ de tir que leur travail était simplement de lancer la fusée dans les airs et de dire ce qui s'était passé, et que leurs recommandations n'étaient ni nécessaires, ni bienvenues !

Avons-nous enfin surmonté les fiascos de notre programme de projectiles balistiques?

(Suite de la page 21)

ment serait-il possible de connaître la raison de l'échec? La radio-téléométrie qui relaie vers la terre les indications de fonctionnement d'une fusée indique habituellement le point où s'est produite la défectuosité. A partir de ceci, un habile travail de détection effectué par les officiers de la Division des Projectiles Balistiques et par les techniciens de la compagnie constructive fait remonter ceux-ci jusqu'à la source réelle de la panne.

Il y a de bons exemples de l'analyse de ces échecs dans la série de lancements des satellites expérimentaux *Discoverer*. La plupart de ces lancements, mais pas tous, étaient destinés à mettre une capsule à instruments scientifiques sur orbite et à récupérer par la suite cette capsule dans les airs. Voici comment un officier familier avec le programme a décrit les lancements :

Discoverer I. — Mise sur orbite réussie. La récupération de la capsule n'était pas prévue au programme.

Discoverer II. — Mis sur orbite, mais la capsule a atterri près du Spitzberg au lieu d'atterrir près des îles Hawaï lorsque l'opération de l'une des stations de repérage donna un commandement incorrect à la capsule. Erreur humaine.

Discoverer III. — Pas atteint l'orbite. Aucun des étages n'a développé la puissance attendue. Erreur humaine dans les calculs sur le papier.

Discoverer IV. — Pas atteint l'orbite. Même erreur humaine que ci-dessus. A partir de ce lancement, un carburant plus puissant a été utilisé pour le premier étage, et le poids du deuxième étage a été réduit.

Discoverer V. — Mis sur orbite, mais le deuxième étage a été propulsé dans la mauvaise direction par suite d'une séparation incorrecte. Ce deuxième étage est devenu le « satellite noir ».

Discoverer VI. — Mis sur orbite, mais la capsule a disparu. Des fusées à rétro-action du type monté sur la capsule ont été essayées au sol. Toutes ont explosé. La doublure plastique de l'intérieur de la coque de la fusée s'était détériorée, permettant à la flamme de se propager trop rapidement. La conception de la fusée a été changée.

Discoverer VII. — Mis sur orbite, mais un inverseur de puissance a eu une défaillance et n'a pas permis de récupérer la capsule. Un nouvel inverseur à combustible solide a été conçu, lequel n'a causé aucune difficulté.

Discoverer VIII. — Mis sur orbite, mais le moteur du deuxième étage est resté allumé trop longtemps, ce qui a trop allongé l'orbite. La capsule a dépassé sa zone d'objectif.

Discoverer IX. — Des gaz chauds ont brûlé le câble des instruments du premier étage, provoquant l'arrêt du moteur. Pas de mise sur orbite.

Discoverer X. — Un gyroscope défectueux a provoqué une « queue de poisson ». L'engin a été détruit par l'officier de sécurité du polygone de tir 56 secondes après le lancement.

Discoverer XI. — Mis sur orbite, mais l'une des fusées de stabilisation de rotation de la capsule ne s'est pas allumée. La capsule a suivi une trajectoire incorrecte. Les fusées de stabilisation ont depuis lors été remplacées par des jets de gaz sortant d'un cylindre sous pression.

Discoverer XII. — Pas atteint l'orbite. Un gyroscope défectueux fut soupçonné comme étant la cause de l'échec parce que l'engin persista à piquer du nez jusqu'à ce qu'il retombe. Mais la télémétrie rapporta que les gyroscopes avaient bien fait ce que les dispositifs scrutateurs d'horizon leur avaient dit de faire. Un groupe instrumental reconstitué fut monté au banc d'essai et étudié. Il fut découvert que le faisceau de circuits du dispositif scrutateur d'horizon était bien scellé contre la poussière mais qu'il ne l'était pas contre d'éventuelles interférences radiophoniques, et qu'il était affecté par les signaux émanant de la proche antenne télémétrique. Mauvaise conception, erreur humaine. Les circuits sont maintenant entièrement protégés.

Discoverer XIII. — Mis sur orbite. Récupération maritime de la capsule réussie.

Discoverer XIV. — Mis sur orbite. Récupération aérienne de la capsule réussie.

Discoverer XV. — Mis sur orbite, mais la capsule est tombée en mer en dehors de la zone de récupération.

Discoverer XVI. — Pas atteint l'orbite. Le deuxième étage ne s'est pas séparé par suite de la défaillance d'un dispositif de minuterie qui avait subi les essais préalables avec succès.

Discoverer XVII. — Mis sur orbite. Récupération aérienne de la capsule réussie.

APPRENEZ L'ANGLAIS

l'Espagnol, l'Allemand, l'Italien, le Russe, l'Arabe

L'ÉCOLE UNIVERSELLE vous offre le moyen le plus pratique et le plus rapide d'apprendre la langue de votre choix.

Suivez chez vous, aux **MOINDRES FRAIS**, nos **Cours pratiques de Langues étrangères par correspondance** : au bout de peu de mois, vous serez capable de soutenir une conversation courante, de lire des romans, des articles d'information, des journaux, etc., d'écrire des lettres simples.

Ce résultat, qui vous émerveillera, vous l'obtiendrez avec la plus grande aisance.

Vous connaîtrez rapidement de nombreux mots du **vocabulaire usuel**.

Vous n'aurez pas à apprendre de règles grammaticales arides. Vous retiendrez sans effort les simples **marques** qui vous seront faites à propos de chaque leçon.

Des professeurs spécialistes corrigeront vos **exercices de traduction et de conversation**. Ces devoirs vous seront retournés, soigneusement corrigés et annotés, accompagnés des « **corrigés-types** », entièrement rédigés par le professeur.

Des milliers d'élèves adressent chaque année à **L'ÉCOLE UNIVERSELLE** des lettres d'éloges et de reconnaissance. Celles de ces lettres qui sont publiées dans notre brochure vous apporteront la **preuve de l'efficacité de nos Cours pratiques de Langues étrangères**.

Les **Cours pratiques de Langues étrangères** de l'École Universelle vous enseigneront non seulement à lire et à écrire, mais surtout à **parler** la langue de votre choix.

La prononciation de tous les mots est en effet exactement indiquée.

Il ne suffit pas d'entendre les mots pour les reproduire correctement.

Notre méthode de prononciation figurée, originale et simple, est la seule grâce à laquelle, dès le début de votre étude, vous pourrez parler avec la certitude d'être compris.

Demandez l'envoi gratuit de la brochure

L. V. 336

ÉCOLE UNIVERSELLE, 59, bd Exelmans - PARIS (XVI^e)

14, chemin de Fabron, NICE

11 et 12, place Jules-Ferry, LYON

Discoverer XVIII. — Mis sur orbite. Récupération aérienne de la capsule réussie.

Discoverer XIX. — Mis sur orbite. La récupération n'était pas prévue au programme. L'appareil de détection par rayons infrarouges. Midas a fonctionné comme projeté.

Discoverer XX. — Mis sur orbite. Il n'y a pas eu de récupération de capsule.

Discoverer XXI. — Mise sur orbite et récupération réussies.

Discoverer XXII. — Mise sur orbite manquée par suites d'ennuis mécaniques.

Discoverer XXIII. — Placé sur orbite (le 9 avril dernier). Capsule non récupérée.

Des vingt-trois lancements énumérés ici, sept ont été parfaits. Quatre ont été incomplets pour cause d'erreur humaine, neuf ont été incomplets pour cause de défaillance du matériel. Ceci signifie que plus de la moitié des échecs ont été dus au matériel. Et cependant, en dehors de la doublure plastique détériorée, tout le matériel avait parfaitement fonctionné aux essais préliminaires. Une raison des défaillances est que l'on ne connaît pas encore tout sur les conditions de vibration, d'accélération, de dépression, d'absence de pesanteur et autres facteurs des vols dans l'espace. Et une autre raison est qu'un mécanisme compliqué cause toujours beaucoup plus d'ennuis qu'un mécanisme simple.

L'opinion de nombreux ingénieurs est que les mécanismes des fusées peuvent et doivent être simplifiés. Ils affirment que de nombreuses personnes engagées dans le « business » des fusées de guerre se plaisent à dessiner des structures et des circuits particulièrement compliqués. Ils racontent l'histoire de l'ingénieur en chef qui recula de stupéfaction lorsqu'il examina la minuterie à séquence « super-sophistiquée » conçue avec fierté par l'un de ses collaborateurs.

« Gentlemen, déclara-t-il, j'aimerais que vous jetiez tous un regard sur une machine à laver ménagère ordinaire. Elle comporte une minuterie qui ouvre et ferme l'arrivée d'eau, fait tourner la cuve, vidange l'eau de rinçage, sèche le linge par rotation et arrête la machine. Cette minuterie est simple, bon marché, sûre. Prenez-la comme modèle. »

Les auteurs du récent livre américain : *La crise qui nous confronte* demandent une nouvelle attitude mentale de la part des ingénieurs, des industriels et des officiels gouvernementaux. Ils disent qu'un grand danger réside dans la supercomplexité. A titre d'exemple, ils citent le système des fusées américaines comme étant trop compliqué pour que les Etats-Unis puissent compter sur celui-ci.

L'une des branches problématiques de la science des fusées est celle de l'électronique, ce qui n'a rien d'étonnant. Certains systèmes électroniques sont si sujets à défaillance qu'ils sont complétés par d'autres systèmes parallèles. Si le premier tombe en panne,

peut-être le deuxième — ou le troisième — continuera-t-il à fonctionner. Ceci est l'application même de la philosophie du gaspillage.

Voici comment est décrit certain système de commande, en modifiant quelque peu les termes pour rendre les choses plus brèves :

« Plus de 11 km de fil métallique entrelacent une douzaine de dispositifs composés de plus de 10 000 éléments constitutifs, le tout comprimé dans un espace plus petit qu'une cabine téléphonique. L'espace et le poids valent leur « pesant d'or ». Le labyrinthe des circuits électriques alimenté par des sources de force primaires et secondaires est sujet à des phénomènes électroniques qui sont de minimes variations de voltage dans un fil, variations qui suffisent parfois à faire dévier un autre système de sa séquence normale. »

Peut-être est-ce une variation de ce genre qui a poussé un I.C.B.M. au suicide. L'énorme oiseau avait « fait le plein » et était prêt à s'envoler, retenu sur sa plate-forme par les seuls quatre boulons explosifs qui le tiendraient en place tandis que le premier étage développerait toute sa puissance. Tout avait l'air normal et le bouton final fut poussé dans le blockhaus, enlevant des mains de l'équipe de lancement humaine la charge de la séquence du compte de départ.

Le premier étage s'alluma et atteignit sa pleine force de poussée. Un appareillage à séquence automatique commença une vérification finale des nombreux éléments composants du projectile. A ce moment, le circuit de libération fonctionna prématurément et fit exploser les boulons de retenue. Entre-temps, le dispositif à séquence avait interrogé les gyroscopes et découvert que l'un d'eux était défectueux. Ainsi qu'il était supposé devoir le faire en cas de défectuosité, le dispositif à séquence arrêta automatiquement le moteur. Maintenant, la fusée était à 3 m environ dans l'air.

Elle s'effondra dans une fantastique explosion, dévastant toute la zone de lancement.

Depuis lors, les circuits de lancement automatiques ont été modifiés. Le moteur ne peut plus s'arrêter lorsque l'oiseau a pris son vol. La destruction est laissée au soin de l'officier de sécurité du polygone de tir, si besoin est. Cet officier peut faire exploser l'engin à de nombreux kilomètres plus loin sur le « champ de tir ».

Une tendance vers des conceptions plus simples est heureusement en train d'apparaître. Les engins à propulsion par fusée seront naturellement toujours compliqués ; mais ils comporteront des éléments composants plus simples en tous les points possibles et deviendront probablement d'un fonctionnement beaucoup plus sûr dans l'avenir.

Il est très encourageant de noter que, sur les huit derniers lancements de satellite *Discoverer* précédemment décrits, un seul ne s'est pas terminé par la mise sur orbite de l'engin. Peut-être les déconvenues américaines sont-elles en train de passer à l'état de simples souvenirs.