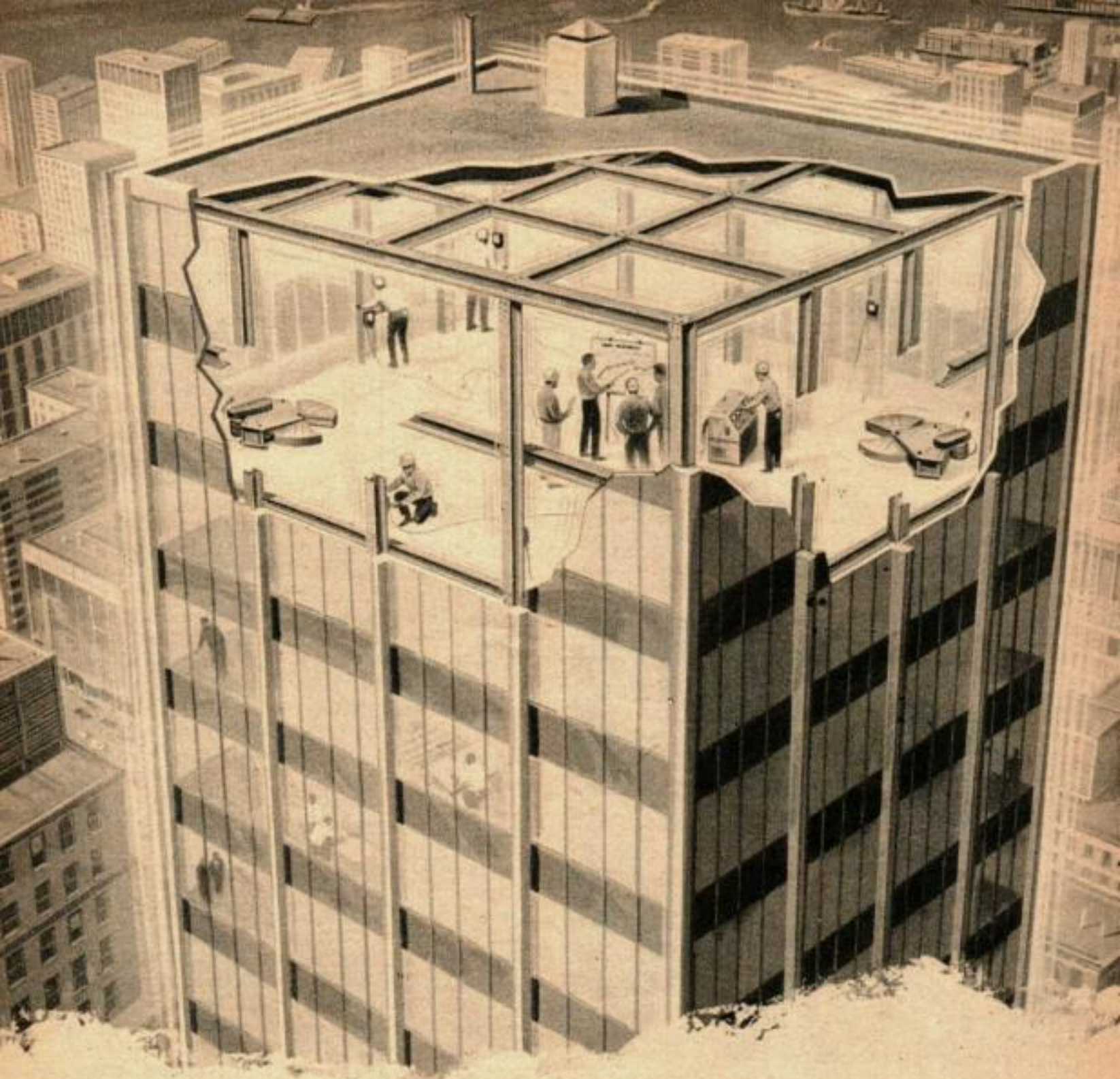


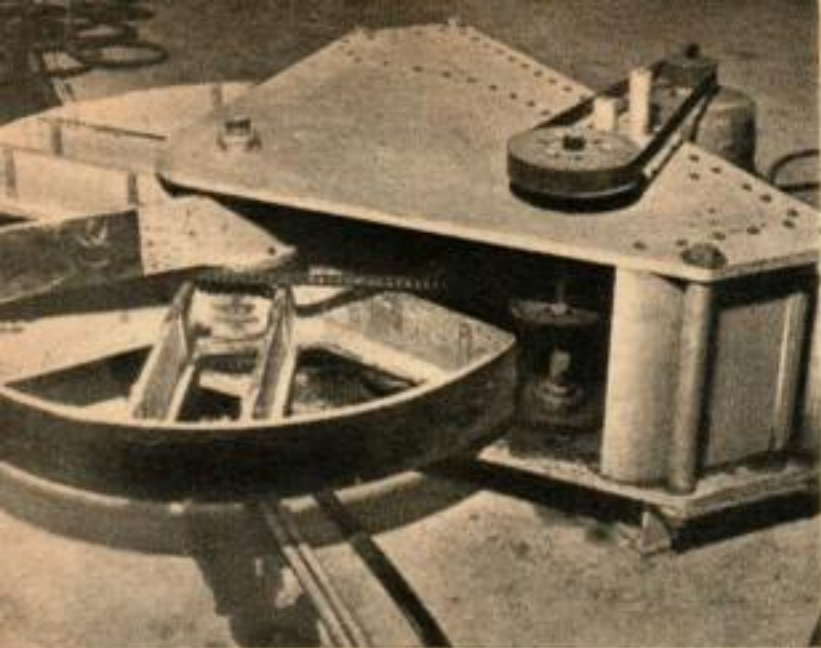


**Pour éviter de nouveaux désastres,
les savants produisent des**

TREMBLEMENTS DE TERRE ARTIFICIELS

Par K. ANDERSON.

Un des moyens les plus récents de lutte contre les catastrophes est de reproduire artificiellement les secousses subies par les immeubles. Une autre arme : la prévision à longue échéance, comme pour la météorologie.



CE QUI RESSEMBLE LE PLUS à un vrai tremblement de terre, ce sont les secousses produites par ces masses tournantes. Boulonnée au plancher, la machine a deux rotors en demi-cercle qui tournent en sens contraire, comme on le voit sur le dessin à gauche. Ceci produit une force centrifuge de 2 500 kg sur la structure. Ci-dessous l'ouvrier place des poids de plomb pour obtenir exactement l'effet désiré.



TOUT à coup, le bâtiment se met à trembler. Les grandes glaces des verrières tambourinent furieusement ; l'eau gicle d'un bol placé sur le rebord d'une fenêtre ; les ouvriers perchés à la cime de la charpente de seize étages, sur ce bâtiment de San Francisco échangent des regards inquiets. Cela ne serait pas, par hasard, le début d'un tremblement de terre semblable à celui de 1906, qui a fait tant de mal ?

Un homme grand et mince sourit en montrant une machine bizarre assujettie au plancher de l'immeuble. « Nous faisons un tremblement de terre artificiel, explique-t-il. Cette machine est un générateur de vibrations. Elle exerce une force de 2 500 kg. Au fond du couloir se trouve un autre générateur. En faisant marcher les rotors nous pouvons secouer le bâtiment de haut en bas ou de droite à gauche, et faire danser le twist à la charpente. »

Ce charmant jeune homme est J.G. Bouwkamp, professeur à l'université de Californie.

Le bâtiment, qui fait partie du centre médical de l'université de Californie, est soumis à une des nombreuses expériences violentes prévues par les ingénieurs pour éprouver la résistance des gratte-ciel aux tremblements de terre.

Les machines trembleuses du professeur Bouwkamp consistent en deux grands rotors en forme de demi-cylindre, qui tournent comme des volants autour d'un axe commun. Ces rotors, qui pèsent des centaines de kilos et tournent en sens contraire, sont capables de donner à un énorme bâtiment des secousses et des vibrations semblables à celles d'un vilebrequin déséquilibré qui est bien capable de démolir le moteur d'une voiture. Des palpeurs électroniques placés dans tous les coins du bâtiment enregistrent les efforts et les déformations produites par les secousses ; puis on les analyse dans un ordinateur.

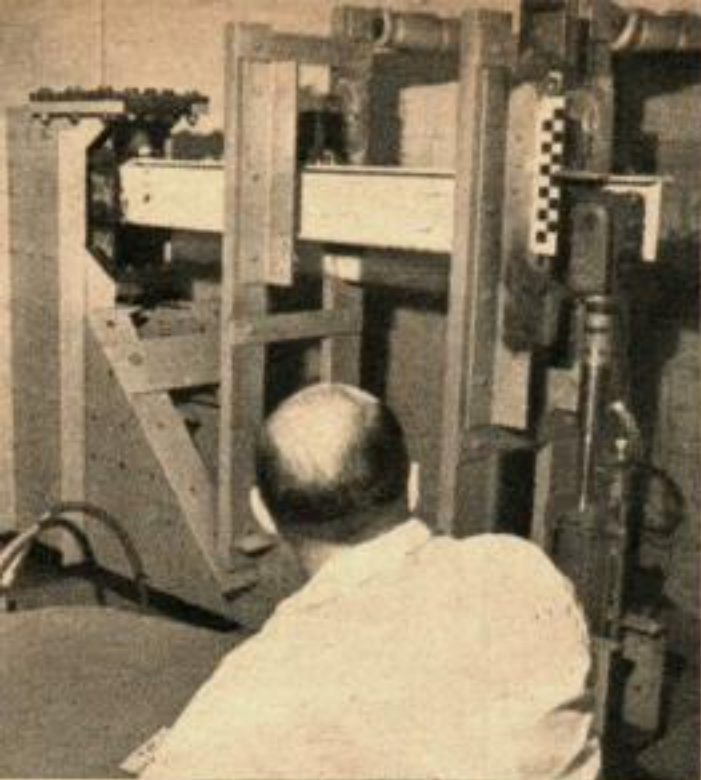
En même temps, une autre grosse machine exerce des efforts de plusieurs tonnes sur des poutres, dans un laboratoire de l'université de Californie, de l'autre côté de la baie de San Francisco. Un énorme vérin hydraulique arrive à donner aux poutres métalliques une flèche de 25 cm pour voir jusqu'à quel point la charpente est capable de résister avant de se rompre.

De l'autre côté des Rocheuses, à Denver, les chercheurs du Bureau des réclamations des U.S.A. sont en train de monter une autre machine qui fabriquera des tremblements de terre artificiels. C'est une pompe hydraulique destinée à secouer des bâtiments en modèle réduit, des barrages et d'autres constructions. On arrive à simuler une force de 50 g (cinquante fois la pesanteur), donc quelque chose de plus fort que les secousses les plus violentes jamais enregistrées. Enfin, à l'université Lehigh, à Bethléem, en Pennsylvanie, les savants mesurent la résistance de nouvelles colonnes et poutres d'acier, sur un prototype de bâtiment à trois étages muni de structures absorbant les chocs, grâce à la plasticité du métal.

Après avoir subi passivement les craintes et les destructions apportées par les tremblements de terre pendant des siècles, l'homme s'est enfin décidé à lutter sérieusement contre ces convulsions catastrophiques de la nature.

On ne peut rien faire contre le tremblement de terre lui-même, qui dégage parfois une énergie semblable à celle d'une bombe atomique. Mais les chercheurs ont fait de rapides progrès dans les connaissances qui permettront de prévoir les tremblements de terre, de même que les prévisions météorologiques permettent de savoir à l'avance le temps qu'il fera. Et quand le sol tremblera, les bâtiments solidement construits mettront leurs habitants à l'abri des dangers comme aujourd'hui ils les protègent de la pluie d'orage.

On a comparé notre planète à un œuf mollet qui se promènerait dans l'espace. Avec plus de justesse peut-être on pourrait dire



GROSSE PRESSE. Ce vérin hydraulique donne aux poutres d'acier une flèche de 25 cm ; ces essais de l'université de Californie diront jusqu'où les poutres peuvent résister.

que c'est un œuf qui est encore en train de cuire à l'intérieur et dont la coquille frémit presque continuellement à cause des énormes pressions internes et externes.

La surface du sol, solide en apparence, monte et descend environ de 35 cm chaque jour ; c'est une sorte de marée produite par la Lune. La lave et les gaz qui se dégagent près des volcans soulèvent les couches voisines comme la poitrine d'un géant qui respire. Mais évidemment, ce qui nous intéresse le plus, ce sont les vibrations qui produisent les effets destructeurs modifiant brusquement le paysage.

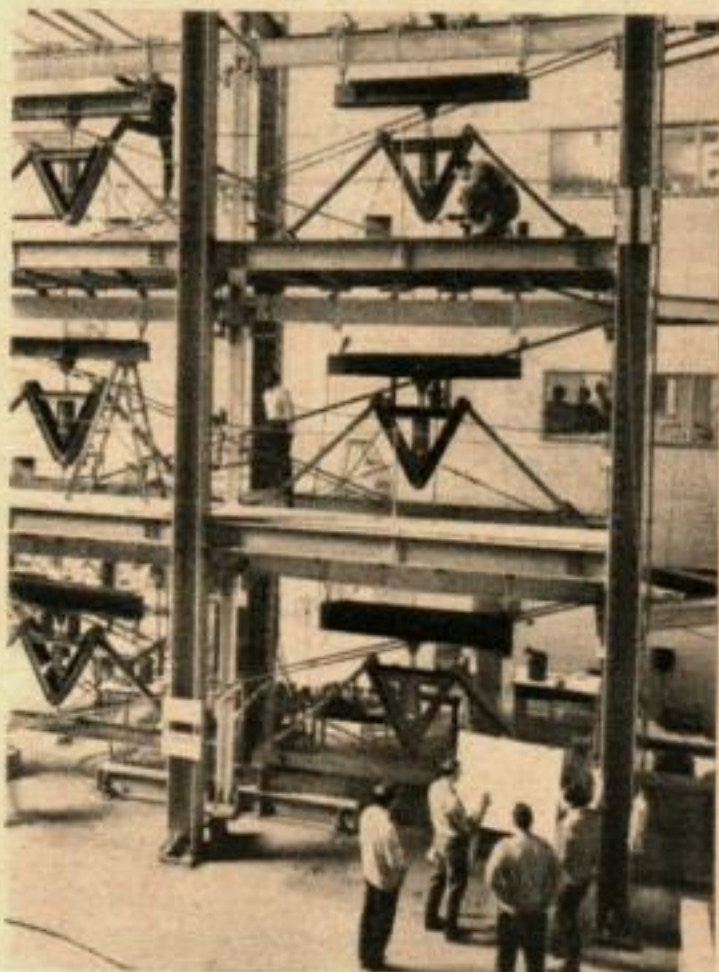
La coquille de l'œuf, la croûte terrestre n'a que quelques kilomètres d'épaisseur sous les océans et peut-être de 40 à 50 km sous les montagnes. Les plus hauts sommets des chaînes de montagnes flottent un peu comme les icebergs, en partie immergés dans les matériaux à demi solidifiés qui vont jusqu'au centre de la Terre.

Les efforts terribles qui se produisent à l'intérieur tendent à déchirer la croûte, ce qui produit des fractures appelées failles, ou déplace les blocs rocheux le long des failles produites auparavant. La terre cède aux efforts en se déplaçant horizontalement ou verticalement, ce qui fait du grabuge sur tout ce qui se trouve dans les parages.

L'énergie dégagée dans un gros tremblement de terre est supérieure à celle d'une bombe atomique. La bombe d'Hiroshima, par exemple, aurait le numéro 6,3 sur l'échelle des tremblements de terre de Richter, une sorte de mètre pour mesurer les secousses, basé sur les vibrations enregistrées sur les sismographes. Le tremblement de terre de l'Alaska, en 1964, avait une magnitude de 9,4 en degrés Richter, donc plus de deux degrés au-dessus du désastre d'Hiroshima.



CE TAS DE DEBRIS est tout ce qui reste d'un immeuble de six étages à Anchorage, en Alaska, après la secousse de 1964. Les liaisons entre le plancher et les montants ont cédé et tout s'est écroulé. Ci-dessous, à l'université Lehigh, des expériences sont faites sur une charpente grandeur nature.



Le tremblement de terre de 1906, à San Francisco, était à peu près de la même force.

Une augmentation d'un ou deux degrés sur l'échelle de Richter représente une différence énorme dans l'intensité des secousses. En effet, cette échelle est construite sur une progression mathématique dans laquelle chaque degré de magnitude vaut trente-deux fois le précédent. Une secousse de force 7 est trente-deux fois plus forte qu'une d'in-

LE CENTRE DE LA SECOUSSE de l'Alaska, à 20 km sous terre, est représenté sur le dessin. La croûte terrestre épaisse seulement de quelques kilomètres en certains endroits, ressemble à la coquille d'un œuf. Remarquez que cette épaisseur varie suivant le profil de la surface ; plus les montagnes sont hautes, plus la croûte est épaisse.



LA CROÛTE TERRESTRE EST UNE COQUILLE D'ŒUF

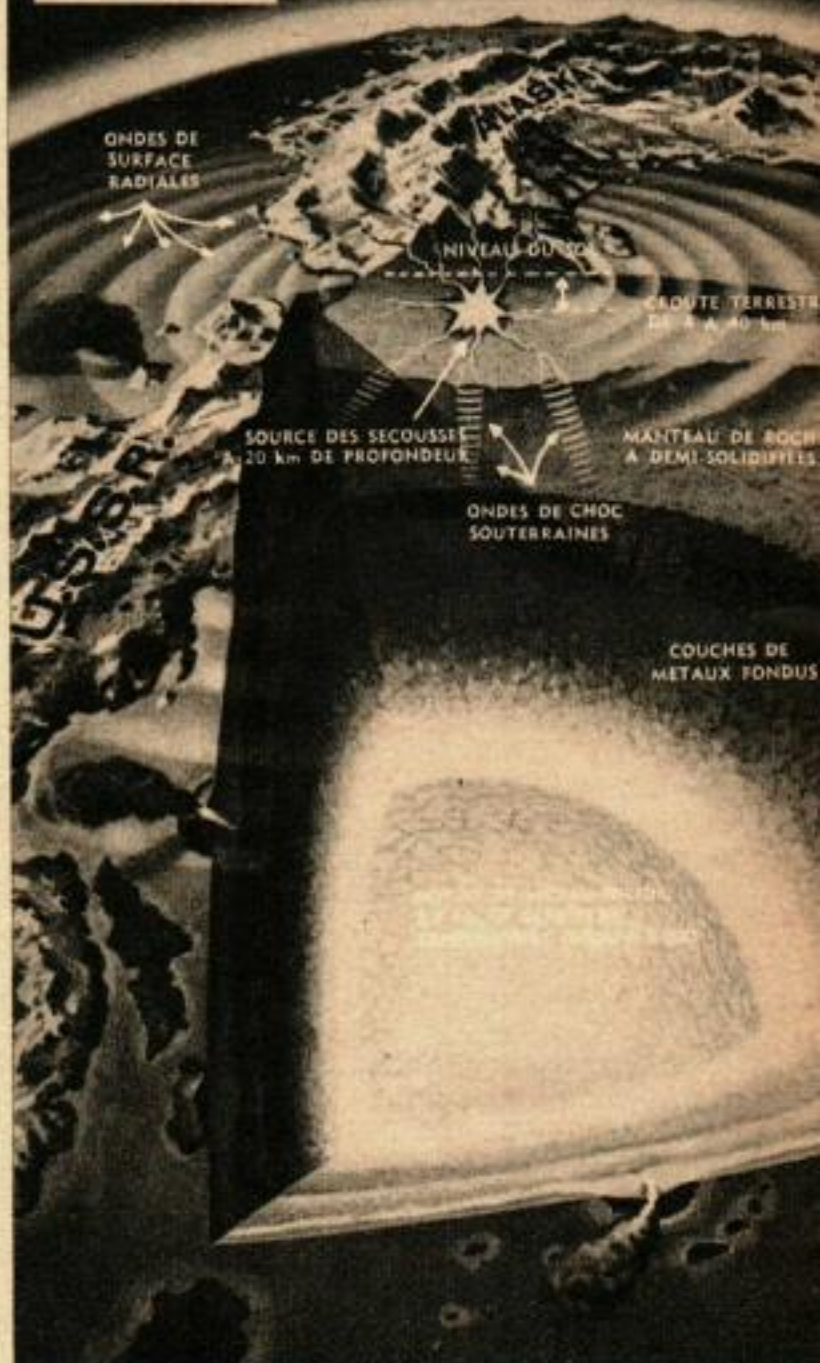
tensité 6. Et une magnitude de 8 est 32×32 fois plus forte, ce qui fait plus de mille fois plus. Ainsi les tremblements de terre de San Francisco ou de l'Alaska font paraître la bombe atomique bien faible. Les tremblements de terre les plus terribles que l'on ait enregistrés tournent autour de 8,9 sur l'échelle.

Il se produit environ vingt grands tremblements de terre chaque année, et presque mille secousses d'intensités diverses chaque jour. A Matsushiro, au Japon, la terre tremble deux cents fois par jour, si bien que cette ville autrefois très peuplée est réduite à l'état de ville fantôme. Les plus désastreux tremblements de terre se sont produits au Japon et en Chine. Ceux de la côte ouest de l'Amérique sont célèbres aussi.

Il est considérablement plus difficile de prédire un tremblement de terre qu'un orage ; mais les sismologues pensent que plus de 80 % de toutes les secousses qui vont se produire dans une période donnée seront près des côtes de l'océan Pacifique. Sachant où les secousses vont probablement se produire, les constructeurs peuvent éviter les sites les plus dangereux et les matériaux de construction ainsi qu les plans qui seraient vulnérables aux attaques des tremblements de terre. Par exemple le Geological Survey, aux Etats-Unis, avait publié, en 1959, un avertissement disant qu'il y avait des dangers de secousses à Anchorage, Alaska ; l'avertissement faisait remarquer que par suite de la formation d'une couche d'argile plastique sous la ville, d'énormes glissements de terrain pourraient être déclenchés par les vibrations. Les constructeurs n'ont pas tenu compte de cet avertissement, si l'on en croit le Dr W. T. Pecora, directeur du service géologique, et le tremblement de terre du Vendredi Saint 1964 a fait glisser d'énormes blocs sur l'argile, en direction de la mer.

On ne la voit pas, mais elle est toujours là

Le Dr Pecora ajoute que la plupart des habitants de la Californie donne raison au proverbe : « loin des yeux, loin du cœur », en oubliant les dangers qui demeurent dans la zone de San Francisco, le long de la faille de San Andreas. Cette faille, qui fait presque mille kilomètres, jusqu'à la frontière du Mexique, est une des plus grandes brisures de la croûte terrestre ; elle s'enfonce au moins à 30 km sous terre ; les matériaux situés du côté de l'Océan glissent vers le nord-ouest, par rapport à ceux de la terre ferme, à la vitesse d'environ 5 cm par an.



Le déplacement d'une clôture près de San Francisco a montré plus de 2,50 m de mouvement latéral le long de la faille. Les bulldozers ont nivelé la surface du sol au-dessus de la faille, et on a osé construire des bâtiments sur ce terrain. Mais la faille de San Andreas est toujours là, juste sous les maisons et la situation est assez semblable à celle de la faille d'Anatolie du Nord, responsable du tremblement de terre désastreux du 19 août 1966, près de Varto, en Turquie.

Une commission présidentielle dirigée par Frank Press, de l'Institut de Technologie du Massachusetts a préconisé un programme de dix ans, coûtant 137 millions de dollars, pour mettre en place un système de prévision des tremblements de terre qui serait au moins aussi précis que la météorologie. D'autres projets d'étude et de prévision des tremblements de terre actuellement proposés envisagent :

(Suite page 123)

Pourquoi ne pas s'être mis en panne ? Pourquoi n'avoir pas réparé les pompes ? Pourquoi la voile d'étai ne valait-elle rien ? Ils étaient jeunes. La prochaine fois la goupille de l'émerillon ne partira pas.

Van Nes et ses vaillants compagnons méritent des éloges ; ils ont conservé le bateau et la vie de tous les passagers jusqu'à l'arrivée du « Cotswold ».

Et ce qu'ils n'oublieront jamais, c'est ceci : « Si ce diable de rail n'avait pas coincé la voie, quelle qu'en soit la raison, rien de tout cela ne serait arrivé. »

Vous comprenez maintenant le proverbe : « Petites causes, grands effets. »

Tremblements de terre artificiels

Suite de la page 20)

● L'utilisation du satellite observateur de la Terre, « Eros », équipé de capteurs à distance et de télémètres pour analyser les failles et toutes les structures associées avec les mouvements de la croûte terrestre.

● De nouveaux appareils, comprenant des lasers qui sont capables de détecter des mouvements du sol de quelques centimètres sur des distances de 20 km, des indicateurs de pente, des jauges de gravité et d'efforts qui enregistreraient en permanence les compressions du sous-sol.

● Un ensemble de 525 instruments distribués sur une superficie de 400 km² dans le Montana, assez sensible pour détecter le mouvement produit par l'explosion d'une charge de 200 tonnes en plein Atlantique.

● L'institution d'un Centre National d'Information à Rockville, près de Washington, D.C. avec un système d'avertissement relié à des stations réparties dans les principales parties du monde.

Etant donné que l'homme ne peut rien faire pour éviter les tremblements de terre, il lui faut s'habituer à vivre avec eux et éviter les méthodes de construction dangereuses. On a souvent cité le tremblement de terre de 1906 à San Francisco comme l'exemple classique du genre de destructions que peut causer une secousse de grande amplitude ; pourtant, le service géologique affirme que la plus grande partie des dommages causés par cette secousse auraient pu être évités. Il fait remarquer que des tremblements de terre s'étaient déjà produits à San Francisco ou dans la région et l'un d'eux avait été presque aussi fort que celui de 1906. Les bâtiments qui ont le plus souffert avaient été bâtis sur des terres rapportées, en bas de Market Street, tandis que les bâtiments placés sur le roc avaient peu ou pas souffert.

Devenez L'ELECTRONICIEN n° 1 PRÉPAREZ VOTRE AVENIR

dans le domaine le plus vivant
DES SCIENCES ACTUELLES

Votre valeur technique dépendra des cours que vous aurez suivis. Depuis près de 30 ans nous avons formé des milliers de spécialistes dans le monde entier. Faites comme eux, choisissez

LA MÉTHODE PROGRESSIVE

- + Cours d'Electricité
- + Cours d'Electronique Générale
- + Cours de Transistors
- + Cours de Télévision

avec des centaines d'expériences pratiques à réaliser chez vous.



Demandez ces 2 manuels gratuits en couleur sur
LA MÉTHODE PROGRESSIVE

INSTITUT ELECTORADIO
26, rue Boileau, Paris (XVI^e)

Des bâtiments capables d'encaisser

Donc, il faut construire sur des emplacements plus sûrs ; et puis la meilleure défense est de construire des charpentes capables de résister aux efforts et aux mouvements des grandes secousses. Des bâtiments à l'épreuve de tremblements de terre sont possibles ; cela a été démontré au cours de l'année 1923, où de violentes convulsions ont frappé la région de Tokyo, démolissant 250 000 maisons. Presque tous les bâtiments à plusieurs étages de la ville ont été endommagés ; seuls ont résisté l'Impérial Hôtel, bâti par Frank Lloyd Wright, et les immeubles de Tachu Naito ; on raconte que ce dernier a eu l'idée d'utiliser des cloisons de renforcement en béton après avoir constaté que les valises à compartiments résistaient mieux aux manipulations rudes dans les gares que les valises ordinaires qui s'écrasaient.

Pour construire un bâtiment à l'épreuve des tremblements de terre il faut des moyens de vérifier les plans dans les conditions même d'utilisation. C'est pourquoi on a inventé une nouvelle technique, des machines qui produisent des tremblements de terre à volonté.

Les contrepoids tournant du professeur Bouwkamp soumettent de vrais bâtiments à des secousses semblables à celles des tremblements de terre. On utilise simultanément deux de ces machines pour produire des

S ET M

PRESENTE

DESSINEZ.
Copiez - Agrandissez - Réduisez
TOUT facilement avec l'appareil
REFLEX. Demandez Brochure
à: S. M. FUCHS, Constructeur
68 - THANN (Haut-Rhin)

CHAMPIGNONS DE PARIS

Cultivez-les en toutes saisons dans une cave, cour, jardin, remise ou en caissettes, avec ou SANS fumier. Culture simple à portée de tous. Bon rapport. Achat récolte assuré. Document d'essai **gratuits.** Ecr. : Ets **CULTUREX**, N° 93 - VERTAZ-MONTHOUX (H.-Savoie).

LISEZ SCIENCES ET MÉCANIQUES

et faites relire
à
vos amis

CONSTRUISEZ VOUS-MÊME PISCINES ET BASSINS



EN POLYESTER
selon la méthode VOSS
Résistance au gel - Grande facilité d'exécution - Prix
de revient le plus bas - Brochure technique 120 p. en
couleurs, 6,80 (+ 0,70 F port) ou C. Rt. - Tél. (76) 66-43-25
SOLOPLAST - 13 - Av. La Mota, 38 SAINT-ÉGRÈVE - GRENOBLE

mouvements dans deux directions, l'une sur l'axe est-ouest du bâtiment, l'autre sur l'axe nord-sud. De plus, on peut synchroniser les masses pour qu'elles exercent des poussées latérales dans la même direction au même moment, ou bien les placer à 180° pour appliquer à la charpente des efforts de torsion ; en faisant varier la vitesse des masses tournantes et leur grandeur, on produit des vibrations de genres différents.

On demande des jointures plus solides

Une autre étude de l'université de Californie porte sur la liaison entre les poutres et les montants dans les immeubles à plusieurs étages ; un examen des fractures des bâtiments victimes du tremblement de terre de 1964 en Alaska a montré que les plus grandes faiblesses de structure se trouvaient à la jonction entre les membrures horizontales et verticales.

Le professeur Egor Popov a essayé des assemblages poutres à colonnes avec sa machine à tremblements de terre, un puissant vérin hydraulique à double action qui exerce des forces dans les deux sens, ce qui donne des cycles à renversement de charge ; l'appareil commence avec un petit mouvement de haut en bas, puis il applique des efforts de plus en plus grands jusqu'à déformer la poutre d'acier de 25 cm ; ce tremblement de terre simulé produit des efforts plus de vingt fois plus grands que la limite d'élasticité de l'acier. Les ailes des poutres se déforment et finalement la poutre se brise.

Suivant le professeur Popov, les poutres d'acier et leurs assemblages sont capables de supporter un nombre de cycles bien plus grand qu'on ne le pensait. Cette étude montre qu'une petite déformation des ailes n'implique pas nécessairement une faiblesse de la poutre ; si la jointure est bonne l'aile retrouvera sa forme primitive quand on fera cesser la contrainte.

Il semble que la hauteur d'un immeuble a peu de chose à voir avec la manière dont il résiste aux tremblements de terre. A Skopje, en Yougoslavie, bien des petits bâtiments se sont écroulés sous les secousses de magnitude 6,7, durant le tremblement de terre de 1963, mais pas un seul de ceux qui avaient dix étages ou davantage. Même à San Francisco, en 1906, une douzaine de bâtiments à charpente d'acier ayant de dix à seize étages, ont résisté à ce tremblement de terre, et quelques-uns étaient encore habités une génération plus tard.

Les tremblements de terre artificiels et les méthodes modernes de calcul auront des effets importants sur la hauteur des nouveaux immeubles. Jusqu'à ces dernières années, on interdisait les gratte-ciel dans les zones sujettes à trembler, par exemple la Californie ou le Japon. On pensait que ces bâtiments étaient trop élevés pour pouvoir résister aux secousses. A Los Angeles, la limite permise était de treize étages, et au Japon on restait même en dessous.

Mais aujourd'hui ces restrictions ont été levées, et des gratte-ciel modernes poussent de partout, en Californie comme au Japon. Les plus élevées de ces constructions font jusqu'à quarante étages ou davantage. Au point de vue de la structure, disent les experts, il n'y a pas de raison de ne pas aller à cent étages ou davantage, mais ce sont des facteurs économiques, et non la sécurité, qui imposent des limites pratiques à la hauteur des immeubles. Un exemple : le vaste espace occupé par les cages d'ascenseurs dans les bâtiments très élevés, fait qu'il n'est pas rentable d'aller au-delà d'un certain nombre d'étages. La limite pourrait se situer pratiquement vers cinquante.

En fait les bâtiments élevés souffrent davantage dans un vent violent que dans un tremblement de terre, si l'on en croit un ingénieur de Californie, G.E. Brandow. Un bâtiment de trente étages, dit Brandow, oscille de 25 à 30 cm sous un fort coup de vent ;

il précise qu'un pareil mouvement est sans doute bien plus ample que celui de tous les tremblements de terre en Californie.

Que se passe-t-il dans une maison ordinaire au cours d'un tremblement de terre ? Une étude des secousses que l'on a effectuée en Nouvelle-Zélande — pays où elles sont fréquentes — montre que les dommages les plus fréquents sont les chutes de cheminées, avec, parfois, des briques ou des blocs de ciment qui traversent le toit et les canalisations brisées.

Gratte-ciel plastiques

Un des progrès les plus récents pour la charpente des bâtiments à l'épreuve des tremblements de terre, c'est la charpente plastique. C'est une nouvelle technique qui profite de la réserve de force que l'acier garde au-delà de sa limite d'élasticité. Les ingénieurs en charpentes dessinent d'ordinaire leurs poutres et leurs colonnes de manière que les efforts restent en dessous de la limite d'élasticité pour un matériau donné ; mais après la limite élastique, l'acier possède encore une certaine force en réserve, et une connaissance précise de cette force peut servir à construire des bâtiments plus élevés.

La plus grande partie des recherches dans ce domaine de la plasticité se fait à l'université Lehigh, en Pennsylvanie. On l'a d'abord appliquée aux charpentes d'acier des bâtiments à un ou deux étages, mais maintenant on se sert des résultats des expériences pour des structures plus élevées. Et maintenant, une meilleure connaissance des métaux permet aux ingénieurs d'utiliser l'acier d'une manière qui n'aurait pas été pensable avant la dernière guerre. Par suite, il est possible d'envisager des structures plastiques de vingt à trente étages, sans prendre de risques du côté de la sécurité.

Les hommes qui travaillent dans une usine canadienne fabriquant des pilules pour le contrôle des naissances risquent de voir se développer des caractères féminins, par exemple une voix à timbre élevé. Pour éviter d'inspirer les hormones utilisées dans ces pilules, car ce sont les hormones qui sont responsables du fait, les ouvriers portent des « combinaisons spatiales » reliées à un système d'approvisionnement en oxygène. Quant aux femmes, elles ne sont pas employées à ce travail car il est trop pénible.



L'électrification des arbres. Il paraît que les arbres grandiraient plus vite si on y faisait passer du courant électrique, d'après des expériences menées à l'université de Californie. Dans le cas des citronniers, des impulsions électriques font que les fruits mûrs tombent tout seuls.

LE PISTOLET ÉLECTRIQUE A PEINTURE

UNIC

Modèle classe 1. C. 15.100 - 28.11.62

Sans compresseur, électrique, surpuissant à jet réglable.

Permet de tout peindre, plus vite et moins cher. Utilise peintures (même peintures à



l'eau), désinfectants, pétroles, huiles, etc., Envoi franco contre remboursement ou paiement à la commande.

110-220 V avec dévolteur : 105 F

(Gar. 2 ans). Notice 30 ctre 1 timbre, à

UNIC 151, Boul. Magenta
PARIS - TRU. 37-05

Métro : Barbès.

Un nouvel animal domestique, la gerbille, est un petit rongeur aux grands yeux et aux longues pattes noires ; on le trouve en Asie et dans les déserts d'Afrique ; il paraît qu'il est plus affectueux que le hamster. La gerbille boit peu d'eau, disent les vendeurs et la cage n'a pas à être souvent nettoyée.



La pollution atmosphérique ralentit les coureurs. On a découvert ce fait dans une école supérieure de Los Angeles : les études ont porté sur les performances des coureurs de cross-country. Les chercheurs ont trouvé que les courses les moins bonnes ont eu lieu les jours où le degré de la pollution de l'air était le plus élevé. D'autres facteurs comme la température, le degré d'humidité, la vitesse du vent et sa direction n'ont pratiquement pas marqué de corrélations avec les performances des coureurs.



La plus dure substance de la Terre serait un cristal de tungstène de seulement 2 millièmes de millimètre de diamètre. Ce cristal a été fabriqué par des savants russes ; ils disent qu'il peut supporter une pression de 230 tonnes par centimètre carré. Le plus résistant des aciers n'a que 30 tonnes de force par centimètre.