

JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ STATISTIQUE DE PARIS

MARCEL PROT

**De la possibilité de couvrir par une assurance le risque
de ruine d'un ouvrage d'art**

Journal de la société statistique de Paris, tome 95 (1954), p. 30-39

http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1954__95__30_0

© Société de statistique de Paris, 1954, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Journal de la société statistique de Paris » (<http://publications-sfds.math.cnrs.fr/index.php/J-SFdS>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

VI

DE LA POSSIBILITÉ DE COUVRIR PAR UNE ASSURANCE

LE RISQUE DE RUINE D'UN OUVRAGE D'ART

Les ingénieurs, par métier, conçoivent et réalisent des constructions très diverses : des appareils de toutes sortes, des machines, des bâtiments, des ouvrages d'art, des travaux de génie civil, des canalisations, des réservoirs, des voies ferrées, des pistes, des routes, des véhicules, etc... dont le but est d'assurer un service, remplir une fonction, d'assumer un rôle dans l'organisation, chaque jour plus complexe, de notre vie moderne; ce rôle, cette fonction, ces services sont la raison d'être de ces constructions et la justification de la dépense qu'elles représentent.

Ces constructions, quelles qu'elles soient, ont, au cours de leur existence, à supporter des sollicitations, des charges, des atteintes qui découlent, soit de leur objet même, soit de circonstances inévitables, étrangères à cet objet et auxquelles elles doivent résister, au moins pendant une certaine durée. C'est ainsi qu'un pont doit résister, sans s'effondrer et sans se déformer d'une façon excessive, au poids des véhicules pour le passage desquels il a été construit, qu'un réservoir doit, sans éclater, supporter la pression des fluides qu'il doit contenir, mais toutes les constructions doivent, en outre, résister aux effets de la pluie, de la neige, du vent, à l'effet de températures exceptionnelles et à différentes destructions dues à des actions chimiques combinées parfois avec l'action de certains organismes vivants. Il n'y a là, bien entendu, que des exemples.

Si ces sollicitations, de toutes natures, viennent à être trop fortes et à dépasser les possibilités de résistance de la construction, celle-ci présente alors des désordres, des déficiences, des défaillances plus ou moins graves et qui font qu'elle ne remplit plus qu'imparfaitement le rôle pour lequel elle avait été conçue et réalisée ou même qu'elle se trouve tout à fait incapable de remplir ce rôle. Nous dirons alors que la construction considérée est partiellement ou totalement *ruinée*.

Il arrive que la ruine d'une construction soit progressive et il arrive même que cette progression soit assez lente et s'étende sur des mois ou même des années, il est alors possible d'en arrêter les progrès par des réparations ou des travaux d'entretien que l'on peut considérer comme plus ou moins normaux et qui n'entraînent, en général, que des dépenses relativement modérées. Il arrive, par contre, que la ruine d'un élément de construction, par son évolution rapide et par l'importance de ses conséquences, entraîne la ruine brusque et totale de la totalité de la construction, ruine qui prend alors l'aspect d'un effondrement, d'un renversement, d'un éclatement, par exemple, entraînant, le cas échéant, des pertes de vies humaines.

Nous désignerons par le terme de *catastrophe* l'ensemble — quelle qu'en soit l'importance — des conséquences de la ruine d'une construction et de tous les dommages, directs et indirects, qu'elle entraîne. Le prix de la catastrophe, qui peut aller, selon les cas, de sommes peu importantes jusqu'à des sommes véritablement considérables, comprend donc, outre le prix de réparation ou de réfection de la construction ruinée, les indemnités de toutes natures ainsi que les pertes de recettes entraînées par cette ruine. C'est ainsi, pour ne donner qu'un exemple, que la part la plus importante de la catastrophe entraînée par l'effondrement d'un grand pont peut résulter des interruptions ou des détournements de trafic causés par cette ruine.

L'ingénieur, au moment où il conçoit une construction, au moment où il en établit le projet, se doit, par métier, de prévoir les sollicitations de toutes espèces auxquelles cette construction se trouvera exposée au cours de son existence et il doit choisir les matériaux dont elle sera faite et en déterminer les formes et les dimensions de manière à réduire autant que possible le risque d'une ruine prématurée et de la catastrophe qui pourrait s'ensuivre. L'ingénieur, en d'autres termes, doit assurer la sécurité de sa construction, il doit être prudent.

La moindre réflexion attire cependant l'attention sur le fait que la prudence coûte cher et que, nos ressources de toutes espèces n'étant jamais illimitées, une prudence excessive dans un domaine risque fort de se payer par une prudence insuffisante dans un autre. L'idée d'une sécurité « absolue », qui fut autrefois admise comme allant de soi dans certains cas où la vie de quelques personnes pouvait se trouver en jeu et où l'on ne concevait pas qu'un ouvrage d'art ne fût pas construit pour l'éternité, trouverait sans doute moins de défenseurs aujourd'hui qu'il y a un siècle. Qui pourrait prétendre encore, après les événements de ce dernier demi-siècle, que le prix de la vie humaine est « infini »? Les assureurs et les juges le savent bien, eux dont c'est le métier d'en fixer le prix. Sans doute, dira-t-on, mais ils fixent le prix de la vie des autres et, pour chacun de nous, le prix de notre propre vie est inestimable. Cela même n'est pas exact et tous les probabilistes sont d'accord pour reconnaître que nous tenons pour négligeables des risques de l'ordre de 10^{-6} , même s'il s'agit d'un risque de mort; nous ne pourrions, pratiquement, plus vivre et il n'est pas dit que nous ne serions pas exposés à courir, en fin de compte, des risques bien plus grands si nous nous propositions d'éviter systématiquement des risques de l'ordre de 10^{-5} ou même 10^{-4} .

La détermination d'une sécurité raisonnable n'est donc pas une question de tout ou rien mais une question de degré et le problème s'est posé, dans chaque technique, en même temps que cette technique prenait naissance et que la ruine de certaines constructions attirait l'attention sur leurs insuffisances.

La première solution devait être, naturellement, l'expression d'un empirisme étroit, c'est elle qui se trouve dans la notion classique de *coefficient de sécurité*, notion qui est encore d'un usage à peu près général et qui ne fait que commencer — très timidement — à céder le pas à ces calculs un peu plus évolués reposant sur des considérations probabilistes.

Désignons par P les charges que l'ouvrage est appelé à supporter en service

et par R les charges qui provoqueraient sa ruine, étant bien entendu que le mot « charge » prend ici un sens extrêmement général et qu'il peut désigner non seulement des poids ou des pressions mais toutes les sollicitations dont l'excès peut amener la ruine de la construction considérée.

Dire que la construction est ruinée, c'est donc dire qu'il est arrivé que P a pris une valeur supérieure à R ; on nomme « coefficient de sécurité » le rapport $a = \frac{R}{P}$. L'ingénieur doit déterminer la valeur de P et la valeur de R et, essen-

tiellement, du rapport a ; la valeur de a est empiriquement fixée, dans chaque technique, soit par ce que l'on nomme « les règles de l'Art », soit par des règlements pris par une administration tutélaire qui ne fait généralement qu'entériner les règles de l'Art, sauf à en accroître quelque peu la prudence.

Il suffit de quelques instants d'attention pour qu'on s'aperçoive :

— d'une part, que la sécurité, vue à travers ce coefficient, est assurée dès que a est quelque peu supérieur à 1, sans qu'on puisse savoir s'il doit être égal à 1,1; 1,5; 2; 5; 10 ou même davantage;

— d'autre part, que R et P désignent, non des charges observées, mesurées, mais des charges « prévues » et, par conséquent, mal connues.

On corrige, il est vrai, cette double incertitude, d'une part, en s'abstenant de critiquer les coefficients de sécurité traditionnels et, d'autre part, en s'efforçant de faire en sorte que R représente un minimum et que P représente un maximum.

C'est une méthode qui, non seulement vaut mieux que rien mais dont il serait outrecuidant de nier la valeur pratique; elle n'a sans doute pas évité quelques accidents, elle n'a pas non plus donné l'assurance, lorsqu'il n'y a pas eu d'accident, qu'il n'y avait pas gaspillage mais elle a cependant permis et elle permet encore de fort belles réalisations.

Il n'en reste pas moins que cette méthode comporte une grande imprécision et qu'elle laisse la porte ouverte à de graves dangers qui tiennent à ce fait essentiel que R et P sont des variables aléatoires dont aucune valeur particulière ne peut être connue à l'avance d'une façon certaine; ces deux grandeurs peuvent, en général, prendre un très grand nombre de valeurs dont chacune est affectée d'un coefficient de probabilité. Il est, notamment, impossible d'affirmer d'une façon certaine, en dehors de quelques cas très particuliers, que R sera toujours supérieure au minimum considéré tandis que P restera inférieure à la valeur tenue pour maximum.

La thèse probabiliste de la sécurité peut se résumer de la façon suivante. Puisque R et P sont — nous venons de le dire — des grandeurs aléatoires, cherchons à déterminer la fonction de répartition qui définit l'une et l'autre et qui indique, pour chacune d'elles, quelle est la probabilité d'une valeur particulière.

Comment pouvons-nous définir ces deux fonctions?

Il ne s'agit pas ici, de toute évidence, de probabilités théoriques, schématiques, et nous ne pouvons avoir recours à de simples considérations de symétrie comme lorsqu'il s'agit de déterminer la probabilité théorique de sortie d'une face d'un dé. Pour l'ingénieur, tous les dés sont pipés, ils le sont seulement plus ou moins. La probabilité que nous cherchons ne peut nous être donnée que

par l'expérience et il est bien certain que nous retombons là dans un certain empirisme, empirisme qui n'a que la prétention — toute relative — d'être un peu plus évolué, un peu plus attentif. La loi de probabilité que nous cherchons, probabilité expérimentale ou pratique, ne peut être que l'extrapolation vers l'avenir d'un nombre d'observations plus ou moins grand et de mesure de fréquences plus ou moins nombreuses effectuées dans le passé.

Si donc nous avons pu faire de telles observations et si nous connaissons la loi de probabilité de R et la loi de probabilité de P nous pourrions en déduire la probabilité de ruine p d'une construction projetée : c'est la probabilité totale que $P > R$ ou, ce qui revient au même, la probabilité totale de $(R - P) < 0$. Supposons que nous ayons, par ailleurs, calculé le prix A de la catastrophe consécutive à la ruine de la construction : nous pouvons imaginer que nous nous couvrons de ce risque à l'aide d'une assurance égale — au moins en première approximation — à l'espérance mathématique de cette catastrophe pA .

Si nous faisons, pour la même construction, un autre projet en utilisant des matériaux de meilleure qualité ou plus étroitement contrôlés, en adoptant des formes plus étudiées et un dimensionnement plus généreux, nous aboutirons naturellement à une construction dont le prix F sera plus élevé mais dont le risque de ruine sera moindre et pourra être, par conséquent, couvert par une assurance moins élevée, nous aurons gagné d'un côté, perdu de l'autre, mais si nous avons gagné plus que perdu, cela signifiera qu'il est opportun de rechercher une sécurité plus grande, même au prix d'une construction plus coûteuse.

Si nous répétons cette expérience un assez grand nombre de fois, pour diverses valeurs de la probabilité de ruine allant, par exemple, de 10^{-2} à 10^{-6} , le raisonnement, confirmé par l'observation, montre que la somme du prix de la construction et du montant de l'assurance passe par un minimum qui définit, par conséquent, la solution la plus économique et le choix de la sécurité la plus rationnelle. On trouve donc là, au moins en principe, une solution du problème que nous nous sommes posé.

Quelques remarques compléteront utilement cette solution schématique.

S'il est exact qu'il est souvent difficile de connaître les lois de répartition de R et de P , il importe cependant de noter qu'il n'est nullement nécessaire de les connaître avec une très grande précision. On s'aperçoit très vite, en traitant quelques exemples concrets, que des ordres de grandeurs peuvent donner des renseignements qui ne sont déjà pas sans valeur et qu'ils sont suffisants pour orienter l'évolution d'une technique et pour indiquer si les coefficients de sécurité traditionnels laissent subsister des risques excessifs ou s'ils conduisent, au contraire, à un gaspillage de matière.

Il convient d'observer, par ailleurs, que la détermination rationnelle d'un coefficient de sécurité ne laisse pas place à une incertitude aussi grande qu'on pourrait le supposer. On peut, tout d'abord, noter qu'un risque de l'ordre de 10^{-6} ou, *a fortiori*, inférieur à 10^{-6} est un risque que l'on néglige pratiquement dans tous les cas, nous l'avons déjà dit.

Par contre, des risques de l'ordre de 10^{-2} ou même de 10^{-3} sont des risques déjà très élevés et qui ne sont acceptables que lorsque l'enjeu, c'est-à-dire, en l'espèce, le prix de la catastrophe est relativement minime. Les risques à

considérer sont donc compris entre 10^{-3} et 10^{-5} ou, à l'extrême, entre 10^{-3} et 10^{-6} .

Il semble satisfaisant de proportionner, au moins dans une certaine mesure, la sécurité d'un ouvrage à l'importance de la catastrophe que sa ruine causerait et c'est ainsi, pour préciser les idées, que si l'on entendait fixer à 1/1.000 le montant de l'assurance dont il y a lieu de majorer le prix de la construction pour couvrir le risque d'une catastrophe éventuelle, on serait amené à limiter ce risque à :

— 10^{-3} lorsque le prix de la catastrophe est égal à 1 fois le prix de la construction;

— 10^{-4} lorsque le prix de la catastrophe est égal à 10 fois le prix de la construction;

— 10^{-5} lorsque le prix de la catastrophe est égal à 100 fois le prix de la construction,

tandis que les coefficients de sécurité classiques sont, en général, indépendants de cette considération.

Il ne serait pas sans intérêt, toujours pour préciser les idées et, le cas échéant, pour répondre à quelques objections, de développer quelques commentaires sur la détermination des lois de probabilité de R et de P mais nous serions très vite conduit à considérer des techniques particulières, ce qui sortirait de notre sujet présent. Nous nous bornerons à dire quelques mots des processus d'estimation qui sont d'ordre tout à fait général et dont l'importance, considérable, est trop souvent méconnue.

Supposons que les lois de probabilité de R et de P soient des lois à deux paramètres tels que, par exemple, une valeur moyenne M' et un écart quadratique moyen Q', la méthode générale pour déterminer ces deux valeurs typiques consiste à déterminer expérimentalement un certain nombre de valeurs expérimentales dont on pourra calculer la valeur moyenne M et l'écart quadratique Q. Or, admettre — comme on le fait malheureusement presque toujours — l'identité *a priori* de M et de M' et de Q et Q', surtout lorsqu'on ne dispose que d'un petit nombre de valeurs expérimentales est une faute qui peut être extrêmement grossière. On ne peut déduire M' et Q' de M et Q que par des calculs d'estimation qui indiquent quelle est l'incertitude qui affecte M' et Q', incertitude qui est d'autant plus grande que le nombre d'observations faites est plus réduit. Nous ne pouvons, ici, passer sous silence les remarquables travaux de notre excellent collègue, M. Maurice Dumas, travaux dont nous nous sommes personnellement servi pour attirer l'attention sur la dangereuse illusion à laquelle pouvait prêter un contrôle de qualité effectué sur des échantillons trop peu nombreux alors que l'utilisation d'échantillons plus nombreux se révèle économiquement avantageuse en donnant une connaissance plus précise de la matière, ce qui permet, avec une égale sûreté, de mieux en exploiter les possibilités.

Nous avons, dans le numéro d'avril 1953 de la Revue *Travaux* indiqué comment cette thèse probabiliste de la sécurité pouvait s'appliquer au cas des ouvrages en béton et en béton armé. Nous avons calculé la somme :

— du prix de la construction;

— du prix des essais de contrôle de la qualité du béton;

— du montant de l'assurance destinée à couvrir le risque d'une catastrophe consécutive à la ruine de l'ouvrage,
en fonction :

- du risque de ruine;
- du nombre des essais

et pour différentes valeurs du prix de la catastrophe.

Les tableaux qui illustrent cette étude montrent — par les seuls ordres de grandeur des chiffres donnés — comment jouent les différents paramètres considérés et dans quel sens il pourrait y avoir lieu de rechercher une modification des règles traditionnelles.

Telle est, succinctement résumée, l'argumentation qui constitue la base de ce que l'on a pris l'habitude de nommer « la thèse probabiliste de la sécurité ». La notion de prime d'assurance n'est utilisée, dans cette argumentation, que comme un élément de raisonnement et il n'est nullement nécessaire, pour que le raisonnement soit valable, que la prime d'assurance dont on parle ait une existence réelle; si cette prime n'existe pas, cela revient à dire que l'entreprise en cause est son propre assureur.

On peut toutefois se poser la question de savoir s'il ne serait pas opportun, au moins dans certains cas, de compléter la définition et le choix d'une sécurité par une assurance effective et par le versement, lors de la réalisation d'une construction, d'une prime destinée à couvrir le risque de sa ruine. La question a été effectivement posée à notre Président et c'est elle qui justifie, en quelque sorte, notre réunion d'aujourd'hui comme elle a constitué le titre de l'exposé qui précède, exposé qui s'est borné à être le commentaire de la question mais qui a entendu se garder d'y donner une réponse.

M. Marcel PROT,

*Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées,
docteur ès Sciences, docteur ès Lettres.*

BIBLIOGRAPHIE

De M. Marcel PROT :

Note sur la notion de coefficient de sécurité (Annales des Ponts et Chaussées), 1936, t. II, fasc. 7.

Signification et utilisation des essais sur prélèvements (Conférence de l'École Nationale des Ponts et Chaussées), 1942-1943.

Circulaire, série I, n° 6 de l'Institut technique du Bâtiment et des Travaux publics, mai 1942.

La sécurité des constructions. Rapport introductif. Publications préliminaires du 3^e Congrès international des Ponts et Charpentes (Liège, 1948), p. 571.

La Sécurité (Annales des Ponts et Chaussées), 119^e année, n° 1, janvier 1949, p. 19.

Essais statistiques sur mortiers et bétons (Annales de l'Institut du Bâtiment et des Travaux publics). Nouvelle série. Béton et béton armé, n° 8, juillet-août 1949. (Rapport final du 3^e Congrès international des Ponts et Charpentes) (Liège, 1949), p. 701.

Statistique et sécurité (Revue de Métallurgie), 46^e année, n° 11, novembre 1949, p. 716.

La sécurité des constructions (Actes du Colloque international de Mécanique de Poitiers), 1950, t. IV.

(Publications scientifiques et techniques du ministère de l'Air), n° 261, p. 145.

La thèse probabiliste de la sécurité (Annales des Travaux publics de Belgique), 103^e année, 4^e fasc., août 1952, p. 519-539.

Définition, choix et contrôle de la qualité des matériaux (Revue des Matériaux de Construction et de Travaux publics), n° 449, février 1953, p. 33 à 44.

La détermination rationnelle et le contrôle des coefficients de sécurité (Revue « Travaux ») (Éditions Science et Industrie), 6, avenue Pierre-I^{er}-de-Serbie, Paris (16^e), n° 222, avril 1953, p. 233 à 240.

La sécurité des constructions et le contrôle de la qualité des fournitures. Tableaux et abaques (Bulletin de l'Association internationale du Congrès des Chemins de Fer), avril 1953, p. 207 à 231.

La détermination rationnelle des coefficients de sécurité (Bulletin de la Société française des Mécaniciens). (Sous presse.)

De M. Robert LÉVI, directeur des Installations fixes de la Société Nationale des Chemins de Fer français :

L'application de la théorie des probabilités aux calculs de résistance (Annales des Travaux publics de Belgique), avril 1953.

De MM. Marcel PROT et Robert LÉVI :

Conceptions modernes relatives à la sécurité des constructions (Revue générale des Chemins de Fer), juin 1951.

De M. Michel BONNET, ingénieur des Ponts et Chaussées :

Le nouveau pont de Villeneuve-Saint-Georges (Annales des Ponts et Chaussées), 123^e année, n° 1, janvier-février 1953, p. 9 à 48.

Étude expérimentale de la qualité du béton mis en œuvre pour la reconstruction du pont de Villeneuve-Saint-Georges, sur la Seine (Annales des Ponts et Chaussées), 123^e année, n° 2, mars-avril 1953, p. 185 à 288. (Annales des Ponts et Chaussées), 123^e année, n° 3, mai-juin 1953, p. 287 à 314.

Le pont de Villeneuve-Saint-Georges. Les enseignements tirés du chantier en matière de contrôle de la qualité des matériaux (Annales de l'Institut technique du Bâtiment et des Travaux publics), 6^e année, nos 67-68, juillet-août 1953, p. 630 à 635.

De M. Maurice DUMAS :

Note sur les séries de mesures appartenant à une loi de Gauss (Mémorial de l'Artillerie française), 1937.

Application des méthodes statistiques à l'interprétation des épreuves sur prélèvements (Travaux et Mémoires de la Société française des Mécaniciens), 1939.

Introduction des probabilités dans le domaine de la résistance des matériaux (Annales des Ponts et Chaussées), 1947.

Principes de l'application des méthodes statistiques à la production et à la recherche. 1 volume, 130 pages, chez Eyrolles.

De MM. M. DUMAS et P. MAHEU :

Les méthodes statistiques et leurs applications dans le domaine des techniques industrielles. 1 volume, 600 pages, chez Eyrolles. Publié dans le « Mémorial de l'Artillerie française » (fasc. II et IV de 1948, fasc. III de 1949).

DISCUSSION

M. AMY. — Je me permets d'indiquer à M. Prot que dans certains cas la ruine d'un ouvrage d'art peut entraîner un grand nombre de victimes. Il existe alors un facteur particulier dont M. Prot ne me paraît pas avoir tenu compte, c'est l'émotion soulevée dans le public par un tel accident. L'expérience montre en effet que 50 accidents d'automobiles causant chacun un mort c'est 50 faits divers, même si ce phénomène se répète tous les dimanches; tandis qu'un seul accident causant 50 victimes est une catastrophe, même si cet accident ne se produit qu'une fois tous les dix ans. Il me paraît difficile de s'assurer contre l'émotivité du public et ce seul risque rend bien difficile l'application, dans certains cas particuliers, des conceptions, par ailleurs si intéressantes, de M. Prot.

M. PROT. — Il est tout à fait exact que l'émotion causée par ce que l'on nomme parfois, dans un langage un peu cru, la concentration des cercueils, est un fait dont il convient de tenir compte. Sa valeur reste cependant limitée et, quelle qu'ait pu être la violence des interpellations qui leur sont adressées après chaque accident de chemin de fer dont la gravité est essentiellement due à l'utilisation de voitures en bois, aucun ministre n'a jamais — jusqu'à présent — obtenu, ni même demandé les crédits nécessaires à la substitution rapide et totale de voitures métalliques aux voitures en bois, parce que ces crédits eussent été démesurés.

M. BATICLE fait observer que lorsque la vie humaine est en jeu il ne peut être question de subordonner le degré de sécurité aux conséquences financières de la catastrophe.

Soulignant une remarque faite par l'un des orateurs concernant l'importance des défauts dans l'exécution des ouvrages, M. Baticle observe que l'on est souvent amené à donner à certaines parties d'ouvrages des dimensions supérieures à celles qui seraient strictement nécessaires, en raison des difficultés pratiques d'exécution, génératrices de défauts. Le bilan économique décrit par M. Prot devrait tenir compte de cette considération. Mais il faut reconnaître qu'il s'agit là d'un élément difficilement chiffrable.

M. PROT. — Le schéma probabiliste que j'ai indiqué n'est évidemment valable que dans la mesure où l'on admet le critère économique; il ne l'est plus si l'on estime pouvoir ou devoir se décider en considération d'autres critères.

Il n'est pas douteux que les difficultés pratiques d'exécution doivent être prises en compte et certaines dispositions constructives peuvent, à cet égard, être modifiées selon le prix relatif de la main-d'œuvre et des matériaux. Ce sont des considérations de cet ordre qui justifient les différences fréquemment observées entre les techniques américaines et les techniques françaises.

M. GODIN demande à M. Prot si, comme conséquence de sa très intéressante théorie, il ne croit pas qu'il serait possible de diminuer l'importance des charges d'épreuves que l'on impose aux ouvrages avant de les recevoir.

Ces charges sont parfois le double de celles déjà très fortes qui servent de base aux calculs de l'ingénieur. En agissant ainsi on court le risque d'amorcer des fissures qui peuvent par la suite entraîner la ruine de l'ouvrage.

Ainsi, récemment, les journaux ont annoncé qu'un compresseur d'air a éclaté à Strasbourg sous une pression de 450 kg alors qu'il avait quelques jours avant résisté à une épreuve de 750 kg par cm².

Si les épreuves sont nécessaires pour déceler les fautes lourdes qui peuvent avoir été commises durant l'exécution, il ne faut pas les pousser au point de compromettre la résistance future des ouvrages.

M. PROT. — Je suis pleinement d'accord avec M. Godin pour considérer comme très contestable la méthode de contrôle qui consiste à faire subir à certaines constructions des épreuves susceptibles d'en altérer les qualités et, notamment, d'en diminuer la résistance. Lorsqu'on est en présence d'une fourniture d'objets semblables suffisamment nombreux (bouteilles à gaz, par exemple) il serait sans doute préférable d'essayer quelques spécimens jusqu'à rupture et de ne soumettre l'ensemble de la fourniture qu'à des examens et essais non susceptibles de la modifier d'une manière fâcheuse.

M. CUNY. — Je m'excuse de sortir quelque peu du sujet de cette fort intéressante conférence en donnant un aperçu sur ses possibilités d'extension. M. Prot, qui a longuement étudié la question des coefficients de sécurité dans les ouvrages d'art, a été amené tout naturellement à penser qu'un coefficient de sécurité c'est d'abord, et avant tout, de la sécurité, marchandise que les assureurs font profession de vendre.

L'idée que l'on peut (partiellement) substituer l'action d'une Société d'assurances à celle des ingénieurs ou des constructeurs, non seulement dans l'érection des ouvrages d'art, mais dans tout le domaine de la construction des bâtiments, des machines ou engins quelconques, est trop évidente pour qu'il soit utile d'insister, mais je ne pouvais m'empêcher de penser tout au long de cet exposé aux stocks fort onéreux qu'accumulent les industriels dans leurs usines, à tous ceux que par leurs marchés ils obligent leurs fournisseurs à constituer et ceci par « peur de manquer ». Que sont ces stocks, sinon un coefficient de sécurité, coefficient payé très cher, beaucoup plus cher que ne reviendrait la même sécurité vendue par des assureurs grâce à leur système de répartition, grâce à la mutualité de leur action.

Je ne veux pas parler ici, bien entendu, de l'assurance des stocks eux-mêmes, qui est chose courante, mais de l'économie réalisable par une diminution massive de l'importance de ces stocks; cette économie pourrait être réalisée si le préjudice causé par leur absence était couvert par les Compagnies d'assurances; elle serait susceptible de réduire considérablement dans bien des cas la différence entre nos prix à l'exportation et les prix mondiaux et serait un important facteur de relance. Certaine fabrique américaine de boissons s'enorgueillit, dit-on, de n'avoir que 25 minutes de bouteilles en stock.

Bien entendu, les assureurs ne peuvent apporter qu'une aide; ils peuvent seulement réparer par des moyens financiers le préjudice causé par un manque de sécurité et cette objection est souvent faite par le public qui croit pouvoir obtenir par ses moyens propres *une sécurité totale*.

Ce n'est certainement pas dans cette enceinte que je rappellerai que la sécurité totale est un mythe, qu'elle n'est jamais recherchée parce qu'elle serait trop chère et même irréalisable dans son intégralité. Les Sociétés qui dépendent

directement de l'État, comme la S. N. C. F. ou Air-France, n'ont jamais prétendu offrir à leurs usagers une sécurité totale.

Chaque industriel, chacun de nous, d'ailleurs, a un choix à faire entre un certain degré de sécurité et le prix qu'il paie cette sécurité.

M. Prot nous a montré comment l'usage de l'assurance pouvait déplacer un point d'équilibre et en modifiant notre choix permettre des économies non pas toujours sordides, mais parfois même humanitaires, parce que l'argent ainsi économisé peut être utilisé à l'accroissement de la sécurité générale dans d'autres domaines.

M. PROT. — Je ne peux que m'associer, de la façon la plus entière, aux observations de M. Cuny et reconnaître avec lui, d'abord, que l'idée même d'une sécurité « absolue » est sans aucune signification et, ensuite, que les dépenses faites pour des considérations d'humanité, de sensibilité ou d'émotion sont, généralement, d'appréciation très subjective et, par suite, difficiles à justifier.
