

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 100 (1974)
Heft: 23

Artikel: Concept de la sécurité probabiliste: contribution méthodologique concernant les structures
Autor: Steinmann, Georges A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-72140>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 26.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

- [49] A. M. SASSON, S. T. EHRMANN : *Topological Considerations for Real-Time Monitoring of Power Transmission Networks*. Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuit Theory, Toronto, April 1973.
- [50] L. S. VANSLYCK, J. F. DOPAZO : *Conventional Load Flow Not Suited for Real-Time Power System Monitoring*. Proceedings of the 8th IEEE PICA Conference, June 1973.
- [51] J. F. DOPAZO, O. A. KLITIN, A. M. SASSON : *State Estimation for Power Systems : Detection and Identification of Gross Measurement Errors*. Proceedings of the 8th IEEE PICA Conference, June 1973.
- [52] P. H. HALEY, M. ENNS : *Power System State Estimation : Generalisations of the AEP Algorithm with Improved Bad-Data Suppression*. Paper No. C73 479-3, IEEE Summer Power Meeting, Vancouver, Canada, July 1973.
- [53] E. HANDSCHIN, F. D. GALIANA : *Hierarchical State Estimation for Real-Time Monitoring of Electric Power Systems*. Proceedings of the 8th IEEE PICA Conference, June 1973.
- [54] S. L. JOHNSON : *An Algorithm for State Estimation in Power Systems*. Proceedings of the 8th IEEE PICA Conference, June 1973.
- [55] K. A. CLEMENTS, O. J. DENISON, R. J. RINGLEE : *The Effects of Measurement Nonsimultaneity, Bias, and Parameter Uncertainty on Power System State Estimation*. Proceedings of the 8th IEEE PICA Conference, June 1973.
- [56] E. E. FETZER, P. M. ANDERSON : *Observability in the State Estimation on Power Systems*. Paper No. 173480-1, IEEE Summer Power Meeting, Vancouver, Canada, July 1973.
- [57] J. F. DOPAZO, A. M. SASSON : *AEP Real-Time Monitoring Computer System*. Symposium on Implementation of Real-Time Power System Control by Digital Computer, Imperial College, London, Sept. 1973.
- [58] K. GOLDSMITH : *On-line state estimation in the Swiss Power Network*. Symp. on Implementation of Real-time control by digital computer, Sept. 1973, London.
- [59] B. A. VENIKOV, B. I. GOLOITSIN, M. S. LISCEV, A. A. UNAROKOV : *Application of regularisation method to the power system state estimation problem*. Symp. Sept. 1973, London.
- [60] J. F. DOPAZO, A. M. SASSON : *The AEP real-time monitoring computer system*. Symp. Sept. 1973, London.
- [61] J. F. DOPAZO, A. M. SASSON : *Implementation of real-time power system control by digital computer*. Symp. Sept. 1973, London.
- [62] E. HANDSCHIN, F. C. SCHWEPPPE, J. KOHLAS, A. FIECHTER : *Bad data analysis for power system state estimation*. Submitted to IEEE — 1974 Winter Power Meeting, New York, N.Y.

Adresse de l'auteur :

Dott. F. Ariatti
ENEL
Direzione della Produzione e Trasmissione
Via G. B. Martini 3
I-00100 Roma

N. B. — Le prochain article de cette série consacrée à l'analyse des réseaux de distribution de l'énergie électrique paraîtra dans le *Bulletin technique de la Suisse romande* du 2 janvier 1975.

Un tiré à part groupant tous les exposés, ainsi qu'un rappel des notions fondamentales, est disponible auprès de la Chaire d'installations électriques de l'EPFL, 16, chemin de Bellerive, CH-1007 Lausanne (Suisse) : Fr.s. 20.— (étudiants et membres SVIA Fr.s. 10.—).

Concept de sécurité probabiliste. Contribution méthodologique concernant les structures

par GEORGES A. STEINMANN, Genève

1. La conception actuelle de la sécurité d'un ensemble est basée sur l'un des chapitres des mathématiques, soit la théorie des probabilités et plus spécialement encore la statistique mathématique. La théorie des probabilités conçoit et étudie des modèles mathématiques, la statistique mathématique procède à l'adaptation de ces modèles aux phénomènes réels qu'ils visent à représenter. Les travaux fondamentaux ont été développés dès le XVII^e siècle par des mathématiciens et des physiciens, tels que J. et D. Bernoulli, Euler, Fermat, Gauss, Laplace et Pascal.

La notion de sécurité implique les notions de risques et d'erreurs et c'est ainsi que l'ingénieur qui procède à une analyse pour justifier de la sécurité d'un système ou structure utilise la théorie des probabilités. Les grandeurs à introduire sont des variables aléatoires ou des variables stochastiques. L'analyse probabiliste complète est rendue pratiquement impossible par le fait que certaines lois de distribution concernant les actions sur la structure, les matériaux utilisés dans cette dernière, les sollicitations engendrées et les dimensions géométriques ne sont pas connues d'une manière suffisante.

La conception de détermination de la sécurité au moyen de « coefficients de sécurité » est basée sur une comparaison ou un rapport, selon l'équation fondamentale :

$$(1) \quad R \geq S$$

Dans cette équation, R représente la résistance de la structure et S représente la sollicitation déterminante engendrée par les actions sur la structure elle-même.

2. *Les méthodes de calcul* pour justifier de la sécurité sont de deux types :

Type 1 : selon le mode d'introduction des coefficients relatifs à la sécurité :

- 1.1 méthode dite des « contraintes admissibles » dans laquelle les contraintes sous charges maximales sont comparées à des fractions de la résistance des matériaux ;
- 1.2 méthode dite des « états-limites » dans laquelle les sollicitations majorées sont comparées à la capacité portante correspondante de la structure, tandis que les sollicitations correspondant aux conditions d'utilisation sont comparées à des valeurs prescrites.

Type 2 : selon la conception même des conditions de sécurité :

- 2.1 les méthodes déterministes de calcul, dans lesquelles les paramètres de base sont considérés comme non aléatoires ;
- 2.2 les méthodes probabilistes de calcul, dans lesquelles les paramètres de base sont considérés comme aléatoires.

3. La méthode de calcul envisagée constitue une combinaison des méthodes des types 1.2 et 2.2. Elle peut être définie comme une *méthode semi-probabiliste d'états-limites*, avec des coefficients différenciés de sécurité sur la base de l'équation (1). Les états-limites comprennent deux groupes. Le premier groupe est constitué par les états-limites d'utilisation qui sont l'état-limite de déformation et l'état-limite de fissuration. Le deuxième groupe est constitué par les états-limites ultimes qui sont l'état-limite d'instabilité et l'état-limite de rupture.

Dans une structure, un état-limite peut être atteint par suite de l'intervention de multiples facteurs aléatoires d'in sécurité, qui se combinent entre eux et qui ont leur origine dans :

- l'incertitude des valeurs déterminées quant à la résistance des matériaux (confection, mise en œuvre, charges de longue durée, fatigue, fragilité, etc.) ;
- incertitude des caractères géométriques de la structure et des sections de cette dernière ;
- inexactitude des actions appliquées. Les actions sont composées des « actions directes », soit les charges ou les forces (poids propre de la structure, charge permanente, charge d'utilisation ou d'exploitation, charges climatiques neige et vent, forces additionnelles dues au freinage, aux forces centrifuges et aux phénomènes vibratoires, charges dues au procédé de construction, charges exceptionnelles, telles que les ouragans, les tornades, les séismes, les déflagrations et les ondes de choc) et des « actions indirectes », soit les déformations imposées (retrait, effets thermiques, précontraintes, déplacements d'appuis, déformation découlant de certaines phases de l'exécution) ;
- divergences entre les sollicitations réelles et leurs valeurs calculées.

L'objet du calcul est de maintenir la probabilité d'atteindre l'état-limite envisagé en deçà d'une valeur préalablement établie pour le type de structure considéré. Au point de vue de l'application pratique, il est pris en compte des « valeurs caractéristiques » pour les résistances définissant les propriétés mécaniques des matériaux, d'une part, et pour les actions, d'autre part. Ces « valeurs caractéristiques » sont déterminées en fonction de la probabilité, acceptée à priori, que les « valeurs effectives » soient respectivement inférieures ou supérieures aux valeurs ainsi choisies. Les autres facteurs d'incertitude sont couverts en transformant les « valeurs caractéristiques » en « valeurs de calcul » par multiplication au moyen de certains coefficients. *Ceux-ci sont les coefficients de sécurité.*

4. L'équation fondamentale selon (1) s'écrit de la manière suivante :

$$(2) \quad s_1 \cdot S_a^* \leqslant \frac{R^*}{s_2}$$

dans laquelle :

S_a^* : valeur de calcul de la sollicitation envisagée induite par les actions (actions directes et actions indirectes) ;

R^* : valeur de calcul de la résistance de la section envisagée de la structure, sur la base des caractéristiques du matériau constituant ;

s_1 : coefficient de sécurité affectant les sollicitations (coefficient de majoration) ;

s_2 : coefficient de sécurité affectant les matériaux (coefficient de minoration).

Le coefficient global de sécurité s est ainsi égal à :

$$(3) \quad s = s_1 \times s_2 = \frac{R^*}{S_a^*}$$

Les coefficients de sécurité sont différenciés selon les états-limites, les matériaux ductiles ou fragiles, les types d'action pouvant engendrer des dommages réparables ou irréparables, compte tenu des risques de dommages matériels et corporels et de considérations morales et psychologiques.

Le coefficient s_1 est fonction de trois coefficients partiels qui tiennent compte des possibilités suivantes :

- les actions atteignent des valeurs plus défavorables que les valeurs caractéristiques ;
- probabilité réduite d'interventions simultanées d'actions atteignant toutes leur valeur caractéristique ;
- modifications défavorables des sollicitations.

Le coefficient s_2 est fonction de deux coefficients partiels qui tiennent compte des possibilités suivantes :

- réduction possible de la résistance des matériaux (ou altération de leur propriété) dans l'ensemble de la structure par rapport à la valeur caractéristique déduite des éprouvettes d'essais de contrôle ;
- faiblesses possibles des matériaux de caractère local.

5. Les valeurs caractéristiques concernant la résistance des matériaux et les actions sont définies par des relations probabilistes. Pour les matériaux, la résistance caractéristique est égale à la moyenne des résultats d'essai selon la distribution normale de Gauss, diminuée du produit de l'écart-type par un coefficient dépendant de la probabilité, acceptée à priori, d'obtenir des résultats d'essai inférieurs à la résistance caractéristique. Pour les actions directes, la valeur caractéristique est égale à une valeur moyenne la plus défavorable ayant 50 % de probabilité de ne pas être dépassée pendant la durée prévue de la structure, multipliée par un coefficient supérieur ou inférieur à l'unité, selon l'effet défavorable ou favorable, coefficient qui est fonction de l'écart quadratique moyen de la distribution des charges maximales et de la probabilité, acceptée à priori, d'avoir des charges de valeur plus élevée que la valeur caractéristique. Les valeurs caractéristiques des actions indirectes ou déformations imposées sont plus difficiles à définir que celles des actions directes des charges ou forces. Elles sont souvent prises comme « valeurs nominales » prescrites dans des codes ou règlements. La précontrainte prend différentes valeurs caractéristiques au cours du temps et selon la méthode d'exécution.

6. Les actions engendrent les sollicitations et ces dernières (moment fléchissant et effort normal perpendiculaire à la section considérée, moment de torsion et effort tranchant parallèle à la section considérée), sont déterminées par des théories de calcul basées sur la mécanique et ses divisions, soit la statique, la cinématique et la dynamique. La théorie adéquate est adaptée à la considération des différents états-limites, d'une part, et aux quatre catégories de structures, d'autre part. Ces dernières sont définies par leurs caractéristiques géométriques selon les structures linéaires, les structures planes, les structures courbées à simple et double courbure et les structures massives. Les théories de calcul considèrent enfin la relation charge/déformation avec un comportement idéalement élastique, élasto-plastique bi-linéaire ou tri-linéaire et idéalement plastique.

7. La méthode de calcul semi-probabiliste au moyen de coefficients de sécurité différenciés a été développée dès 1954 par le Comité Européen du Béton réunissant des spécialistes de différents pays, travaux qui ont abouti aux « Recommandations internationales » de 1964. En collaboration avec la Fédération Internationale de la Précontrainte, les « Recommandations internationales » ont été étendues aux effets de précontrainte dans la publication de 1970 en cours de révision. La nouvelle édition de cette dernière est prévue pour 1976.

Adresse de l'auteur :

Georges Steinmann, ing. EPFZ/SIA
Délégué suisse ou Comité Européen du Béton
2, rue Pedro-Meylan
1208 Genève

Divers

Formation d'un groupe pour l'avancement des méthodes numériques

L'Association GAMNI, groupe pour l'avancement des méthodes numériques de l'ingénieur, vient d'être fondée à Paris.

Le Conseil provisoire comprend plusieurs personnalités scientifiques connues par leurs travaux et publications, tels que MM. Absi, Gachon, Lachat, etc.

Cette association regroupe les universitaires spécialisés dans les applications de l'analyse numérique et les ingénieurs intéressés par ses aspects fondamentaux.

Des réunions trimestrielles sont prévues dans les locaux du CEBTP (Centre d'études du bâtiment et des travaux publics), 12, rue Brancion, Paris 15^e. Des colloques annuels seront organisés et un bulletin trimestriel diffusé.

Le GAMNI a son siège au Centre d'assistance au calcul technique de l'UTI, 6-14, rue La Pérouse, 75 784 Paris. La cotisation individuelle s'élève à 50 F (200 F pour les personnes morales).

La première assemblée générale a eu lieu le 29 octobre 1974, conjuguée avec la première réunion trimestrielle de travail.

H. PERRIN.

Société Suisse pour l'Energie solaire

La Société suisse pour l'Energie solaire a été constituée à Berne, le 22 juin 1974. Cette société a pour but d'encourager le développement des recherches sur l'énergie solaire et sur ses applications, de favoriser les échanges de vues scientifiques et techniques entre ses membres, de dif-

fuser l'information dans le public et de cultiver les relations internationales. Une première tâche de cette nouvelle société sera de rendre attentif à l'importance de l'énergie solaire dans le cadre d'une conception à long terme des besoins énergétiques du pays.

La société entreprend ses travaux sous les auspices d'un comité de patronage auquel appartiennent les personnalités suivantes :

MM. F. T. Wahlen, ancien conseiller fédéral ;
N. Celio, ancien conseiller fédéral ;
M. Cosandey, président de l'EPFL ;
H. Zollinger, recteur de l'EPFZ ;
H. Thiemann, Nestlé Alimentana ;
F. Rentsch, Société coopérative Migros.

L'assemblée constitutive a élu le comité suivant :

MM. P. Fornallaz, Zurich, président ; J.-C. Courvoisier, Genève ; G. Van Boagert, Lausanne ; R. Peter, Zollikon ; R. Schaefer, Granges (SO) ; F. Cordey, Lausanne ; A. Fischer, Rudolfstetten ; U. Schafer, Zurich ; T. Woodman, Zurich ; J. Davis, Zurich.

Les cinq dernières personnes forment la rédaction du bulletin de la société, qui renseignera régulièrement les membres sur les recherches et développements récents effectués dans l'utilisation de l'énergie solaire.

Déjà des études et essais pratiques ont été entrepris en Suisse. Des progrès importants seront réalisés au cours de ces prochaines années.

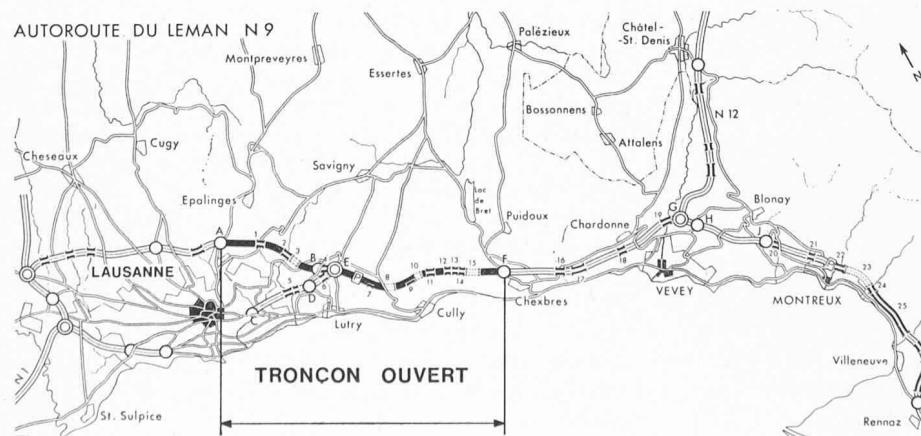
Adresse :

Société suisse pour l'Energie solaire
M. P. Fornallaz, professeur
Ecole polytechnique fédérale
Leonhardstrasse 27, 8001 Zurich

Le Bulletin technique de la Suisse romande devient l'organe officiel de l'ASIC

Le comité de l'Association suisse des ingénieurs-conseils vient de décider que la *Schweizerische Bauzeitung* et le *Bulletin technique* seraient désormais ses organes officiels. L'ASIC devient ainsi la 6^e association technique universitaire actionnaire de la SEATU dont notre périodique est l'organe officiel.

La rédaction du *BTSR* est heureuse de ce pas vers une collaboration encore plus étroite avec le comité et les membres de l'ASIC. Ce regroupement ne peut que contribuer à améliorer l'information dont bénéficient les associations techniques universitaires et leur conférer une meilleure audience générale.



Le 30 octobre dernier a été inauguré officiellement le tronçon de l'autoroute N 9 compris entre Vennes et Chexbres. Il est ainsi possible de se rendre de Genève en Valais en empruntant environ 100 km d'autoroute et en évitant la traversée de l'agglomération de Lausanne. Actuellement, la N 9 est achevée de Lausanne à Rennaz.