

L'élasticité du béton

Autor(en): **Dumas, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **50 (1924)**

Heft 5

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-39046>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D^r H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE AGRÉÉ PAR LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN

ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET TECHNIQUE URBAINES

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *L'élasticité du béton*, par A. DUMAS, chef du Laboratoire d'essais de matériaux de l'Université de Lausanne. — *Le Wagon-Dynamomètre et ses derniers perfectionnements* (suite). — *Les usages du fer électrolytique*. — *Concours de plans pour un bâtiment scolaire à Blonay*. — *L'exportation de l'énergie électrique de la Suisse*. — « *World Power Conference* » 1924 à Londres. — *Communications de l'Association suisse d'hygiène et de technique urbaines : A la baguette*. — *Société suisse des Ingénieurs et des Architectes : Procès-verbal de l'assemblée des délégués du 1^{er} décembre 1923*. — CARNET DES CONCOURS : *Concours pour le pénitencier de Bochuz*.
Ce numéro contient 16 pages de texte.

L'élasticité du béton

par A. DUMAS, chef du Laboratoire d'essais de matériaux de l'Université de Lausanne.

Le constructeur appelé à calculer un ouvrage en béton dispose d'une série de formules dans lesquelles intervient d'une manière répétée, directement ou indirectement, une grandeur que l'on appelle le module d'élasticité du béton. Ce module jouant un rôle essentiel, on peut se demander s'il est défini sans ambiguïté et avec une précision suffisante pour la pratique. Le but de cette étude est de mettre en évidence certaines difficultés auxquelles on se heurte lorsque l'on veut chercher à définir ce que l'on peut entendre par module d'élasticité d'un béton.

Définition du module d'élasticité.

(Voir fig. 1.) Considérons un corps prismatique de longueur l et de section f ; supposons-le chargé par une force axiale P . Sous l'influence de cette force P , le corps se raccourcira d'une petite quantité Δl . Pour se rendre indé-

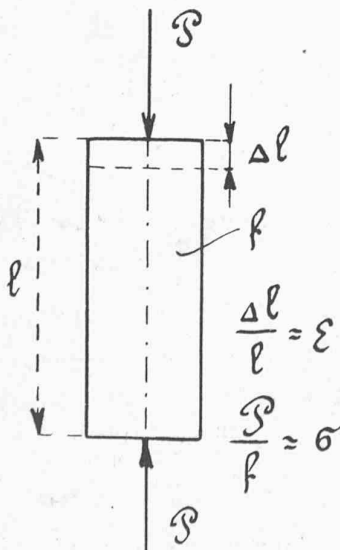


Fig. 1.

pendant dans une certaine mesure des dimensions du corps, on rapporte les déformations Δl à la longueur initiale l et la force P à la section; On définit ainsi deux caractéristiques nouvelles, soit :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \text{Déformation spécifique} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{P}{f} = \text{Charge spécifique} \quad (2)$$

Si maintenant on fait varier P , respectivement σ on obtiendra différentes valeurs de Δl , respectivement de ε . (Dans tous les graphiques suivants, nous avons considéré σ comme la variable indépendante et porté cette grandeur en abscisse.)

Représentons maintenant graphiquement la variation de ε en fonction de σ . Dans certains cas, notamment pour

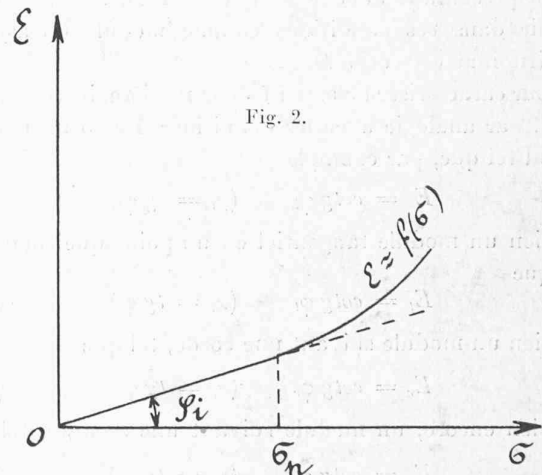


Fig. 2.

les aciers, la courbe représentative de cette fonction a l'allure de celle donnée par la figure 2. Elle présente ce phénomène caractéristique que, sur une certaine longueur, jusqu'à une charge σ_p plus ou moins bien définie, dite la limite de proportionnalité, les déformations spécifiques ε sont à très peu de chose près proportionnelles aux charges spécifiques.

On peut donc poser, pour cette région :

$$\varepsilon = C \cdot \sigma \quad \text{ou} \quad C = \text{tg } \varphi_i \quad (3)$$

On désigne alors par

$$E = \frac{1}{\text{tg } \varphi_i} = \text{cotg } \varphi_i \quad (4)$$

le module d'élasticité longitudinal du corps,

ou bien par
$$\alpha = \frac{1}{E} = \text{tg } \varphi_i \quad (5)$$

le coefficient d'extension du corps.

Nous ne nous sommes occupés que du cas de la compression supposée axiale. Il est clair que l'on peut établir des définitions semblables pour le cas de traction ou d'efforts tranchants.

Mais pour la majorité des corps autres que les aciers et notamment pour les bétons, la courbe représentative

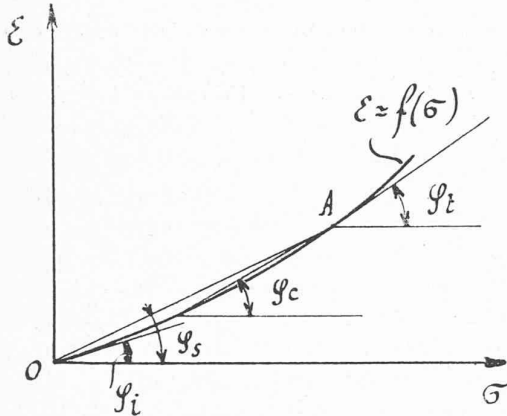


Fig. 3.

de la fonction $\varepsilon = f(\sigma)$ a le caractère de celle définie par la fig. 3 ; c'est une courbe continue nettement marquée et ne présentant aucune région rectiligne. Que va-t-on définir dans ces conditions comme module d'élasticité longitudinal du corps ?

Pour caractériser l'élasticité de la matière, introduisons-nous, par analogie avec les définitions 4 et 5 un module initial tel que, par exemple

$$E_i = \cotg \varphi_i \quad (\alpha_i = \tg \varphi_i) \quad (6)$$

ou bien un module tangentiel en un point quelconque A tel que

$$E_t = \cotg \varphi_t \quad (\alpha_t = \tg \varphi_t) \quad (7)$$

ou bien un module suivant une corde, tel que

$$E_c = \cotg \varphi_c \quad (\alpha_c = \tg \varphi_c) \quad (8)$$

ou bien encore, un module suivant une sécante, tel que

$$E_s = \cotg \varphi_s \quad (\alpha_s = \tg \varphi_s) \quad (9)$$

En introduisant ces différents modules, nous ne faisons que répéter les définitions données par M. Stanton Walker (voir l'index bibliographique à la fin de cette note).

Chacun de ces modules a sa raison d'être. Lequel convient-il de conserver et d'introduire dans les formules de statique ? C'est ce que nous allons discuter.

Il est évident qu'on se trouve dans un cas où l'on ne peut pas parler de module d'élasticité. Si donc on voulait être absolument correct au point de vue mathématique, il faudrait rectifier toutes les formules de la statique et de la résistance des matériaux en utilisant la relation réelle liant ε à σ . Un certain nombre d'auteurs ont déjà entrepris des travaux dans ce sens, mais cela conduit à des complications telles qu'il ne faudra y avoir recours que si c'est vraiment nécessaire. Or, la fonction $\varepsilon = f(\sigma)$ est en réalité si mal définie pour le béton, notamment pour le béton de chantier, que cela serait un non-sens à

notre avis, sauf dans des cas spéciaux, d'avoir recours à des formules soi-disant plus exactes avant d'être absolument fixé sur la loi définissant la déformation du béton. Il faut donc arriver à définir un module d'élasticité moyen que l'on considérera comme constant et que l'on introduira dans les formules usuelles de la statique.

Remarques au sujet d'un module moyen.

Pour se rendre compte dans quelle mesure on peut définir un module moyen, il faut considérer la courbe représentative de la fonction $\varepsilon = f(\sigma)$.

Lorsqu'on détermine expérimentalement ladite fonction, on se trouve tout de suite en présence d'un phénomène dont nous n'avons pas encore parlé : les déformations permanentes.

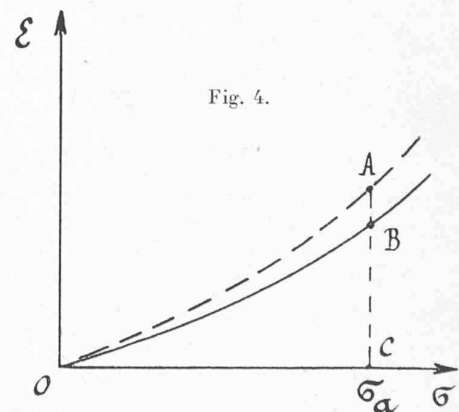
Pour une charge spécifique σ_a (voir fig. 4), on constate que la déformation totale se compose de deux termes distincts : 1° Une déformation purement élastique ε_e , 2° Une déformation permanente ε_p

$$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_p. \quad (10)$$

Remarquons d'emblée que des déformations permanentes apparaissent même pour des charges très petites.

Il est d'usage de ne considérer que les déformations élastiques, mais dans quelle mesure cela est-il correct ? Les déformations permanentes ne jouent-elles donc pas également un rôle ?

La plupart des auteurs représentent ladite fonction comme on l'a fait sur la fig. 4, en séparant clairement les deux déformations. Nous avons par contre préféré en donner une autre représentation : Les observations sont faites pour différents points tels que $A_1 A_2 \dots A_n$ (voir fig. 5) par exemple dans l'ordre de la numérotation, et



AB = ε permanent.
BC = ε élastique.
AC = ε total.

pour chaque point nous reportons en fonction de la charge spécifique σ_1 à σ_n la déformation spécifique totale ε_1 à ε_n correspondante.

On obtient alors des courbes présentant une série de boucles telles qu'elles sont représentées par la fig. 5. On peut déduire de cette représentation les déformations permanentes et élastiques en chaque point.

Cette représentation nous a été suggérée par M. le professeur A. Paris. Elle est des plus instructives. Elle montre notamment que la loi des déformations n'est pas la même suivant que l'on charge le corps ou qu'on le décharge. Elle montre en outre que les différentes boucles admettent une enveloppe qui correspond probablement dans une certaine mesure, avec la courbe des déformations totales de l'échantillon vierge.

Pour bien fixer les idées, nous reproduisons exactement sans aucune espèce de retouche, les courbes relevées sur des échantillons de béton que nous avons choisis de manière à mettre particulièrement en évidence le phénomène en question (voir les planches I et II dans le prochain numéro du *Bulletin*).

Et maintenant, en considérant une telle courbe représentant fidèlement les déformations successives d'un échantillon de béton, on se demande comment on pour-

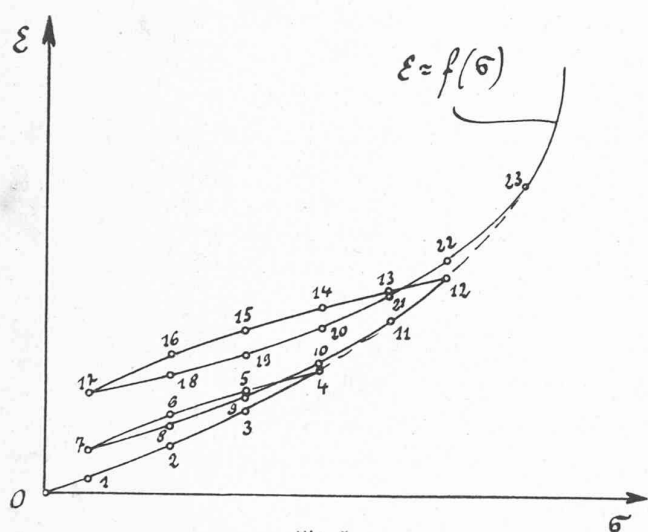


Fig. 5.

rait définir un module moyen. C'est une question que nous laissons toutefois encore pendante, car nous ne voulons pas formuler d'opinion à ce sujet avant d'avoir approfondi la question et avant d'avoir procédé à des observations sur des ouvrages existants.

Mais insistons sur le fait qu'il n'y a pas lieu d'être trop anxieux en faisant le choix d'un module moyen. Répétons-le : Il est bien difficile de prédire à l'avance l'allure de la courbe $\varepsilon = f(\sigma)$ d'une manière telle que l'on puisse en déduire un module même à $\pm 20\%$ près. Il s'ensuit que les chances d'erreurs provenant d'un choix un peu arbitraire d'un module moyen seront moins graves que celles qui proviendront de variations dues au béton même.

Cas de charges répétées.

La figure 5 montre que la déformation ε correspondant à une charge spécifique déterminée dépend non seulement de cette charge mais qu'elle est une fonction essentielle du cycle de charge ou de décharge suivi.

On conçoit que si les cycles de charge et de décharge sont répétés un grand nombre de fois, la matière peu à peu se tassera et se rapprochera d'un état limite en quel-

que sorte stationnaire pour lequel les courbes représentatives des cycles successifs seront pour ainsi dire confondues. C'est un état idéal que l'on atteint certainement si l'on opère avec des charges spécifiques relativement faibles. Mais l'on conçoit d'autre part qu'il est fort possible que chaque cycle de charge et de décharge produise une déformation permanente appréciable, ne tendant pas vers zéro, et qui en fin de compte, si les cycles sont répétés un grand nombre de fois, peuvent faire un total considérable. Il y a là un point des plus intéressants à étudier.

Remarquons que nous venons de raisonner en ayant devant les yeux la représentation de cycles relevés sur un échantillon sollicité par des compressions successives. Si maintenant l'on opère avec des prismes et qu'on les sollicite à la traction, on relève des cycles absolument semblables à ceux dont il vient d'être question, naturellement aux signes près. Et dans ce cas, on se demande ce qu'il adviendra si les cycles sont répétés un grand nombre de fois ? Dans le cas de la compression, on conçoit que l'on puisse se rapprocher d'un certain état de tassement final, mais lorsqu'il s'agit de traction, parler de tassement est un non-sens. Les sollicitations répétées apparaissent donc immédiatement comme beaucoup plus dangereuses dans le cas de la traction que dans celui de la compression.

Les phénomènes décrits sont assez bien connus lorsqu'il s'agit de métaux. On observe notamment un certain écrouissement du métal correspondant assez bien au tassement dont il vient d'être question. Mais lorsqu'il s'agit de bétons, qu'est-ce que l'on pourrait bien concevoir comme écrouissage ? Devant quel point d'interrogation nous trouvons-nous ?

(A suivre.)

Le Wagon-Dynamomètre et ses derniers perfectionnements.

(Suite¹.)

6. Appareil pour la mesure de la pression dynamique du vent (Anémomètre).

L'anémomètre enregistre la pression dynamique produite par le déplacement de l'air au-dessus du toit du wagon en un diagramme continu dont les ordonnées sont proportionnelles à la pression dynamique du vent en gr/cm^2 . Immédiatement à côté de ce diagramme un autre dispositif enregistre la direction relative du vent par rapport au wagon-dynamomètre. Les ordonnées de ce dernier diagramme sont proportionnelles à l'angle que la direction du vent fait avec la direction du mouvement du train. Le dispositif utilisé pour la mesure de la pression dynamique du vent repose sur le principe du multiplicateur à tuyères multiples de Rateau. Le multiplicateur se compose de plusieurs — dans le cas particulier, de deux — tubes coaxiaux (tuyères) allant en s'élargissant en forme de cônes à leurs deux extrémités et à travers les-

¹ Voir *Bulletin technique* du 16 février 1924, page 38.