Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 2 (1936)

Rubrik: C. Voeux

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: 11.12.2025

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

C

VOEUX

FOLGERUNGEN UND ANREGUNGEN

SUGGESTIONS

Leere Seite
Blank page
Page vide

Thème I.

La ductilité de l'acier. Sa définition. Manière d'en tenir compte dans la conception et le calcul des ouvrages, notamment des ouvrages hyperstatiques.

1° Pour déterminer la sécurité d'un ouvrage ou d'un élément d'ouvrage en acier, il est nécessaire d'étudier les conditions d'équilibre et de déformation pour une surcharge croissante, après que l'état plastique a été partiellement atteint. La forme de la section des barres et des poutres a une influence sur les conditions d'apparition de l'état plastique, et par le fait même sur la résistance et la sécurité. On admet en général que les efforts sont transmis uniformément dans les différents éléments d'une construction métallique (rivée ou soudée); cette hypothèse est justifiée par la ductilité de l'acier.

Dans l'étude des états d'équilibre stable et même instable des ouvrages métalliques, la théorie classique de la plasticité admet que le comportement plastique du matériau (écoulement) dépend de l'état local de contrainte. Une nouvelle théorie part de l'hypothèse que l'écoulement dépend de la configuration du champ de tensions et se manifeste par conséquent d'une manière discontinue. Les essais effectués au cours de ces derniers temps sur des barres soumises à la flexion et sur des barres à oeillet montrent que le relèvement de la limite d'écoulement, constaté autrefois, pour des contraintes non uniformes, est à attribuer à l'interprétation des résultats acquis. On a constaté que la limite supérieure d'écoulement de l'acier constitue une caractéristique importante du matériau qui ne peut pas être déterminée avec précision dans l'essai de traction. Dans la flexion, on a toujours une limite supérieure d'écoulement tout-à-fait indépendante de la forme de la section. La discontinuité de l'écoulement est attribuée à l'effet de cette limite supérieure d'écoulement. Le développement futur de la théorie de la plasticité devra se baser sur l'état de tension et de déformation d'un élément dans le domaine plastique tandis que les partisans de la nouvelle condition d'écoulement n'attribuent plus qu'une importance secondaire à la contrainte maximum. Des essais sont prévus pour enlever le doute qui subsiste.

2° La théorie classique de la plasticité aussi bien que la nouvelle condition d'écoulement ont pu être utilisées pour la résolution des problèmes de stabilité compression excentrée). On constate que les résultats sont également simples avec les deux manières de voir. La nouvelle condition d'écoulement fournit des résultats qui concordent très bien avec ceux des essais.

3° Le cas d'une surcharge croissant de zéro à une valeur limite paraît mis au point pour les poutres continues à section constante. Les principes déterminés par des essais doivent encore être étudiés à l'aide des deux conditions d'écoulement. Pour la pratique, il est nécessaire de trouver un procédé simple permettant de déterminer la résistance utile. Cependant, il faut tenir compte, pour les zones

de métal atteignant l'état plastique, de la limite supérieure de déformation, au-delà de laquelle la limite d'élasticité serait dépassée.

4° Jusqu'à ce jour on n'a exécuté aucun essai pour une surcharge variable. Les principes théoriques doivent encore être contrôlés sur la base des nouvelles connaissances acquises.

5° Pour les poutres à âme pleine sans grosses entailles, les essais d'endurance ont montré que les déformations permanentes d'une poutre continue à travées égales tendent vers une limite finie, même pour un très grand nombre de mises en charge (700 000). D'autres essais sont en cours et, avant la fin de ces essais, on ne peut pas recommander l'emploi du procédé de l'équilibre plastique au dimensionnement des ouvrages sollicités dynamiquement (rupture par fatigue).

6° Les investigations faites jusqu'à ce jour permettent de déterminer l'influence d'un affaissement des appuis; cet affaissement est en général sans danger.

7° Il faut apporter une restriction à cette nouvelle méthode de calcul, dans les cas étudiés jusqu'à présent de poutres réticulées hyperstatiques; cette restriction concerne les barres comprimées qui ne peuvent pas servir à l'égalisation des moments. Pour les cas plus généraux, il est encore nécessaire d'étudier d'une façon approfondie les hypothèses admises à ce sujet.

8° En résumé, on peut, en prenant en compte la ductilité de l'acier, mettre à profit le surcroît de sécurité que la plasticité du matériau confère aux systèmes hyperstatiques. Dans les charpentes, les méthodes de calcul existantes permettent de tirer parti de l'accroissement de la résistance, justifié theoriquement et contrôlé par les essais. Dans certains cas particuliers les prescriptions officielles tiennent compte de l'égalisation des moments engendrée par la déformation à froid. C'est surtout dans les systèmes à section constante que la nouvelle méthode offre des avantages au point de vue économique; ces avantages sont beaucoup moins importants dans les systèmes dont les sections sont adaptées à l'allure des forces (par ex. des moments).

Thème II.

Sollicitations et coefficients de sécurité dans les constructions en béton armé, au point de vue du constructeur.

1° *Dans le calcul des sections de béton armé sollicitées à la flexion* il faut faire une distinction entre le premier domaine des sections faiblement armées, où la limite d'étirement de l'acier détermine la rupture, et le second domaine où la rupture est déterminée par la résistance du béton à la compression. Dans le premier domaine, on peut calculer le bras de levier des efforts internes, et par le fait même le moment de rupture, soit à l'aide de la théorie de Navier, appliquée à la section complexe au stade de la fissuration, soit encore à l'aide des seules conditions d'équilibre, appliquées au stade de la rupture. Les deux méthodes fournissent des moments de rupture peu différents; il n'y a donc aucune raison de modifier la méthode de calcul utilisée jusqu'à ce jour.

Dans le second domaine, où la résistance à la compression détermine la rupture, il est impossible de calculer le moment de rupture à l'aide des seules conditions d'équilibre. Le calcul usuel ne donne pas exactement le degré de sécurité et il serait bon d'adopter un nouveau procédé garantissant une utilisation plus complète du matériau et permettant de calculer la limite d'armature qui sépare les deux domaines. Cela permettra d'éviter éventuellement les armatures comprimées et les goussets et par le fait même d'améliorer la construction.

Dans le cas de la flexion accompagnée d'une force axiale, la méthode actuelle de calcul ne donne pas une idée exacte du degré de sécurité et l'on propose d'établir, sur la base des essais et dans le sens du projet de règlement norvégien concernant le béton armé, la méthode de calcul la plus appropriée.

Au Congrès, d'aucuns étaient d'avis que la méthode usuelle de calcul à la flexion ne donne pas une idée satisfaisante du degré de sécurité et qu'une tâche de l'avenir sera de developper une méthode permettant de mieux utiliser les matériaux tout en tenant compte du retrait et du comportement plastique du béton.

2° *On peut admettre que la résistance du béton non armé aux charges souvent répétées* (variant entre 0 et une valeur déterminée) de compression, de traction et de flexion est égale à la moitié de la résistance obtenue dans l'essai ordinaire de rupture. L'ancrage des armatures doit être parfait et le rayon de courbure des barres pliées doit être suffisamment grand dans les pièces de béton armé soumises à des charges fréquemment répétées.

3° Après la résistance à l'écrasement sur cubes, *la résistance à la traction* est la caractéristique la plus importante du béton. De même que la résistance à la compression, elle dépend avant tout de la teneur en ciment, de la composition granulométrique et du rapport eau-ciment. Les essais de traction ordinaires ne fournissent aucune donnée satisfaisante tandis que les essais de traction par flexion sur poutres de béton se sont révélés très utiles.

4° On peut recommander l'étude, sur de bases physiques, des vues et propositions de *M. Freyssinet sur le perfectionnement du béton* afin de pouvoir en tirer profit. L'idée fondamentale du procédé consiste à réduire ou même à éliminer les contraintes de traction dans le béton, non seulement pour la flexion mais aussi pour le cisaillement, ce que M. *Freyssinet* obtient en soumettant les aciers à une précontrainte élevée. Il est possible d'obtenir en quelques heures un béton très résistant, par compression et chauffage. Il serait bon d'étudier les propriétés que possèdent un béton obtenu de la sorte.

5° L'emploi de *l'acier à haute résistance* dans le béton armé a satisfait à toutes les espérances. Le principal avantage que l'on en retire est le relèvement des contraintes admissibles dans les aciers jusqu'à 1800 kg/cm^2 suivant la grandeur de la limite d'étirement de l'acier et la qualité du béton (et même jusqu'à 2200 kg/cm^2 dans certains cas spéciaux). Des poutres en T, principalement soumises à des charges fixes et armées d'acier 52, présentent, pour une contrainte admissible des aciers de 1800 kg/cm^2 et une résistance correspondante du béton, la même sécurité à la fissuration que des poutres armées d'acier 37 sollicité à 1200 kg/cm^2. Par suite de leur plus grande sécurité à la fissuration, les dalles à section rectangulaire sont à préférer aux poutres en T lorsque les charges sont mobiles.

6° On peut recommander de prévoir, dans les planchers, les réservoirs et autres constructions du même genre, des *coupures provisoires de dilatation* qui ne restent ouvertes que pendant la construction, mais quelques semaines au moins, et que l'on bétonne ensuite. A part cela, il est en général bon de prévoir des *joints permanents de dilatation* qui divisent la construction en plusieurs éléments et donnent à ceux-ci la possibilité de se déplacer les uns par rapport aux autres.

Thème III.

Questions pratiques concernant les constructions soudées.

1° La soudure à l'arc électrique a fait, depuis le Congrès de Paris, des progrès très importants dans beaucoup de pays et on a construit un grand nombre de ponts-rails et de ponts-route soudés. Plusieurs pays possèdent déjà des règlements officiels sur la soudure.

2° L'expérience a montré que l'acier de construction à faible teneur en carbone et sans alliage convenait parfaitement au soudage. Les aciers à haute résistance conviennent également très bien à la soudure à condition que l'on établisse par des essais appropriés que la soudure ne les rend ni fragiles ni disposés à la fissuration et que les électrodes soient adaptées à la composition de ces aciers.

3° Les formes que l'on peut réaliser grâce aux assemblages soudés ont un caractère d'unité, d'homogénéité et d'élégance qui donne aux ouvrages un aspect des plus satisfaisants.

4° La soudure permet en général de réaliser des constructions plus légères que le rivetage. Elle facilite l'exécution de certains éléments de construction tels que des colonnes et des cadres supportant de fortes charges. Elle offre de nombreux avantages pour le renforcement des ouvrages métalliques.

5° L'exécution des constructions soudées exige les plus grands soins et une surveillance constante, tant à l'atelier que sur le chantier. La qualité du travail dépend en grande partie de l'habileté du soudeur; elle exige la formation et le contrôle continuels du personnel. Il faut une grande expérience pour réduire à un minimum les contraintes de retrait. Cela est tout spécialement valable pour les joints exécutés sur le chantier.

6° Les essais de laboratoire ont montré que les soudures bout à bout résistaient mieux que les soudures d'angle aux sollicitations dynamiques de grande amplitude, perpendiculaires au cordon. Ces mêmes essais, ainsi que l'expérience, prouvent que l'endurance des assemblages soudés bout à bout est au moins égale à celle des assemblages rivés ordinaires, lorsque l'exécution est soignée. Des poutres en I peuvent être réalisées de plusieurs façons par soudure bout à bout d'éléments d'âme et de semelles. Leur endurance est pratiquement égale à celle d'une poutre de même profil obtenue par laminage.

7° L'endurance d'un assemblage bout à bout est fortement relevée lorsque la racine de la soudure est reprise après élimination des scories et lorsque le raccordement entre les cordons de soudure et le métal de base est rendu progressif par un usinage convenable.

Les soudures d'angle frontales et les extrémités des soudures d'angle latérales ont une endurance beaucoup plus faible que les soudures d'angle continues. Il en résulte qu'en de tels points il faut réduire la contrainte admissible dans le métal de base. Dans les ouvrages sollicités dynamiquement il convient d'éviter

les soudures interrompues et les soudures en bouchon. Dans les soudures d'angle il est très important que la soudure pénètre bien dans la racine; il est par conséquent recommandable de commencer l'opération avec des électrodes de faible épaisseur (3 à 4 mm). Le raccordement progressif du cordon de soudure au métal de base peut fortement augmenter l'endurance des soudures d'angle frontales et des extrémités des soudures d'angles latérales.

8° La chaleur développée par la soudure engendre des contraintes de retrait importantes lorsque les pièces assemblées ne peuvent suivre le retrait. Ces contraintes ne mettent généralement pas en danger la sécurité des ouvrages par suite de la plasticité du matériau. Les nombreux essais d'endurance à la flexion, effectués sur des poutres soudées, ont montré que les fortes contraintes de retrait même dans les soudures longitudinales ne peuvent pas devenir dangereuses pour l'ouvrage. Les mesures que l'on peut adopter pour réduire les contraintes de retrait consistent à choisir des cordons de soudure de section faible, à poser sur des appuis mobiles les pièces à assembler afin qu'elles puissent suivre le retrait et à introduire de petites quantités de chaleur par unité de temps. Le choix approprié de la forme des constructions et de la succession du soudage permet de réduire fortement les contraintes de retrait.

9° Pour les membrures des poutres à âme pleine il vaut mieux un profil épais que plusieurs tôles minces.

10° Il est recommandable de contrôler aux rayons X les soudures bout à bout importantes. Les soudures longitudinales sont contrôlées par points. L'examen aux rayons X des soudures bout à bout épaisses doit commencer dès les premières passes qui sont spécialement prédisposées à la fissuration. La méthode magnétoscopique convient très bien au contrôle des fissures qui se produisent aux environs de la surface. Les procédés mécaniques de contrôle peuvent être très pratiques dans certains cas.

Thème IV.

Tendances actuelles dans le calcul et la construction des ponts et charpentes en béton armé.

1° Depuis le Congrès de Paris en 1932, les méthodes de calcul des *systèmes à parois minces autoportantes* se sont encore développées. Les solutions suivant la théorie des membranes ne font plus défaut que pour quelques cas. Lorsqu'une solution directe, à l'aide des équations différentielles, n'est pas possible pour les constructions en forme de voile, les équations aux différences finies permettent, dans la plupart des cas, de trouver une solution suffisamment exacte. Ces problèmes de voiles sont beaucoup plus difficiles à résoudre lorsqu'il se produit des moments de flexion à l'intérieur du voile, et tout spécialement lorsque ces moments de flexion, ne proviennent pas seulement de contraintes aux bords, mais sont nécessaires pour que les conditions d'équilibre soient satisfaites. Ce cas se présente surtout dans les voiles cylindriques à courbure simple en porte-à-faux alors que dans les voiles à double courbure on n'a guère que des efforts d'allongement. Il est actuellement possible de calculer avec exactitude, grâce aux théories établies, les moments de flexion engendrés non seulement par une charge répartie sur toute la surface mais encore par des charges linéaires et concentrées, tant dans les voiles cylindriques circulaires que dans les voiles cylindriques quelconques, mais ce calcul est très long. De même que pour le problème simple des dalles, il est ici nécessaire d'établir des solutions approximatives simples, mais suffisamment exactes, en se basant sur des exemples calculés avec une grande précision. Le problème de la *sécurité au flambage* est de la plus grande importance pour la construction des voiles de grande portée. Ce problème est résolu pour les formes de voiles les plus importantes et avant tout pour le voile cylindrique circulaire; il peut être traité mathématiquement d'une manière assez simple. Dans le calcul de la sécurité au flambage, tout spécialement des voiles à simple courbure (voiles cylindriques), il faut tenir compte de la déformation qui peut avoir une certaine influence dans ces voiles et qui peut être très importante dans les voiles minces, par suite de la déformation lente du béton.

2° L'accroissement de la portée des *ponts en arc* exige l'examen approfondi de la forme de l'axe, de la variation des moments d'inertie et des contraintes admissibles. Il faut faire tout son possible pour bien égaliser les moments et pour éviter les contraintes de traction. Pour y arriver, il faut tenir compte des déformations élastiques et permanentes de l'arc, des culées et du sol de fondation. A cet effet, il faut connaître le module de déformation du béton en fonction du temps et des conditions d'exécution de l'arc. Dans les arcs à section creuse, il faut vouer une attention toute spéciale aux états défavorables de tension suivant deux axes, qui se présentent dans les douelles.

Les progrès, dans la construction des ponts en arc de grande portée, sont subordonnés à la possibilité de réaliser des échafaudages légers et parfaitement

adaptés à la forme de la voûte. La méthode adoptée avec succès dans la pratique, et qui consiste à ne charger l'échafaudage que d'une partie du poids propre de la voûte, engendre dans cette dernière des états de déformation qu'il est nécessaire d'approfondir si l'on veut déterminer la sécurité avec exactitude.

3° L'emploi de la précontrainte des armatures ouvre une nouvelle voie au développement des ponts en poutres. Ce procédé permettra de franchir de beaucoup plus grandes portées qu'avec les poutres actuelles, tout en réduisant fortement le poids propre; il permettra surtout de réaliser des ponts en poutres dans lesquels la charge la plus défavorable ne produira que peu ou pas de contraintes de traction dans le béton, d'où disparition des fissures dangereuses. Ce mode de construction permettra de réaliser des poutres simples à âme pleine d'environ 80 m, des poutres simples réticulées d'environ 100 m et des ponts en poutres continues d'environ 150 m de portée.

Il est spécialement avantageux de disposer les fers précontraints sous forme de contre-fiches car on peut obtenir ainsi des poutres soumises seulement à des forces de compression centrées sous l'effet du poids propre. Le premier pas dans la réalisation de ces ponts en poutres de béton armé d'un nouveau genre est déjà fait; on construit à l'heure actuelle un pont de ce genre d'une portée de 70 m environ. L'expérience acquise dans cette construction permettra de réaliser des portées plus grandes encore.

Pour ces ponts mis en contrainte préalable il est très important de connaître exactement le module de déformation du béton pour pouvoir éliminer les effets de la déformation lente et du retrait.

Si l'on applique la méthode ci-dessus et si l'on dispose les contre-fiches de telle sorte que le poids propre n'engendre en général que des contraintes de compression uniformément réparties, les fléchissements plastiques disparaissent et il est possible d'introduire dans les fers des contraintes adéquates, sans connaître le module de déformation du béton. Dans le cas contraire, il faut mesurer les contraintes dans les aciers mis en tension préalable à l'aide de tensomètres ou par tout autre moyen.

Thème V.

Etude théorique et expérimentale des points singuliers des constructions métalliques, rivées ou soudées.

De nombreuses études, théoriques et expérimentales, ont été poursuivies depuis le Congrès de Paris concernant les points singuliers des constructions métalliques rivées et soudées. Des travaux analytiques importants ont été publiés sur différents problèmes de résistance et de stabilité (raidisseurs horizontaux des poutres à âme pleine; flexion, torsion et flambage des barres en parois minces; noeuds rigides des poutres en cadre; contraintes dans les angles des cadres, etc.). D'autres études intéressantes ont été présentées sur le calcul exact des poutres en treillis à croix de St. André, l'application des voiles minces à la construction métallique, le calcul des contraintes secondaires, l'endurance des assemblages rivés, etc. Ces études permettent de préciser le degré d'exactitude des méthodes usuelles de calcul. Elles permettent de vérifier l'exactitude de la théorie lorsque des mensurations précises ont été effectuées sur des ouvrages en service. Les méthodes d'essai par mensurations sur modèles ou sur ouvrages en service ont réalisé des progrès très importants. Elles sont à employer notamment lorsqu'il s'agit d'ouvrages importants ou de pièces qui se reproduisent dans la construction en grand nombre d'exemplaires. Les méthodes et les appareils de mensuration se sont perfectionnés à tel point que leur emploi est devenu possible dans bien des cas. De telles mensurations sont à développer dans toute la mesure du possible pour fournir des bases à nos méthodes de calcul, pour approfondir par là la connaissance de la sollicitation de nos constructions et finalement pour permettre de construire économiquement et avec sécurité les ouvrages métalliques.

Thème VI.

Application du béton et du béton armé aux travaux hydrauliques.

1° Le calcul des barrages-voûtes se fait en général, actuellement, en considérant l'ouvrage comme formé de deux systèmes de pièces prismatiques, voûtes horizontales et murs verticaux. Dans certains cas, il pourra être utile de tenir compte de la déformabilité du sol de fondation. Un calcul plus exact a été tenté, en considérant les barrages-voûtes comme des voiles élastiques à moment d'inertie fortement variable, mais il est resté dans le domaine théorique, son application s'étant révélée impraticable. Les contraintes qui se produisent effectivement dans les barrages arqués dépendent fortement du mode d'exécution et des dispositions adoptées pour la mise en pression initiale des joints de construction. En cas de remplissage progressif du réservoir au cours de la construction du barrage, il y a lieu d'examiner les effets de la pression de l'eau dans les divers stades d'avancement.

2° Pour l'exécution des barrages et autres ouvrages massifs, le béton doit non seulement être résistant et compact, mais surtout maniable. L'emploi de béton mou, très plastique, pour la construction des barrages a généralement évincé celui du béton coulé et du béton damé. L'expérience acquise sur les ouvrages exposés à des conditions climatériques défavorables a montré que l'on n'obtient un béton résistant au gel que lorsque le dosage en ciment est d'au moins 250 kg/m^3. Le bétonnage de grandes masses exige des mesures spéciales si l'on veut éviter la formation de fissures résultant du refroidissement; ces précautions sont d'autant plus importantes que la construction est exécutée plus rapidement. La mesure la plus simple consiste à diviser le mur en blocs d'un volume relativement faible. Pour les ouvrages de grande importance, des dispositifs de refroidissement artificiel sont recommandables. La chaleur dégagée pendant le durcissement peut être diminuée par le choix judicieux du ciment ou des matières d'addition hydrauliques. La disposition d'un réseau de puits et de galeries de visite est nécessaire pour permettre le contrôle des infiltrations dans les grands barrages, au moins pour les barrages-poids.

3° Pour la construction d'ouvrages hydrauliques de grande importance servant à la navigation (cales sèches, écluses, etc.) les observations énoncées ci-dessus au sujet de l'application du béton à la construction des barrages sont susceptibles d'être prises en considération d'une manière appropriée.

4° Les conduites forcées en béton armé ont pu être employées pour des pressions et des diamètres très importants en réduisant les contraintes de traction dans le béton par des mesures spéciales. L'exécution, décrite dans la Publication Préliminaire, d'un tuyau fretté de 4,40 m de diamètre intérieur est une application nouvelle et pleine d'avenir de la méthode des précontraintes. L'emploi de câbles mis en tension préalable a été effectué aussi avec succès pour le renforcement de barrages-poids.

Thème VII a.

Application de l'acier dans la construction des ponts et charpentes.

1° Ainsi qu'il ressort des rapports et des contributions à la discussion présentés à ce congrès, l'application de l'acier dans la construction des ponts et des charpentes s'est fortement développée au cours de ces dernières années. On a attaché beaucoup plus d'importance qu'autrefois au côté esthétique des ouvrages, ce qui, à bien des points de vue, a donné un élan nouveau au développement de la construction métallique. Quelques beaux ponts métalliques construits au cours de ces dernières années sont la preuve qu'il est possible d'adapter les exigences de la statique aux exigences de la beauté.

Les belles formes que l'on a données aux halles et aux bâtiments d'exposition par exemple montrent le grand développement de la construction métallique soit dans la forme de l'ossature, soit dans l'accord harmonieux de l'acier et du verre, soit encore dans une combinaison quelconque.

2° Il est incontestable que les formes nouvelles, conditionnées par les exigences constructives et économiques, ont eu une influence heureuse sur la théorie. Ainsi par exemple, la question de la stabilité des poutres à âme pleine peut être considérée comme plus ou moins éclaircie et le développement théorique et pratique des cadres a réalisé de très grands progrès.

3° La construction métallique a reçu au cours de ces dernières années une forte impulsion de l'emploi toujours croissant de la soudure qui offre de grands avantages tant aux points de vue économique et technique qu'au point de vue esthétique. Les ouvrages métalliques soudés s'adaptent en général très bien aux exigeances de la beauté et donnent l'impression d'un tout beaucoup plus homogène. Le développement de l'art de la soudure donnera un élan plus grand encore à l'emploi de l'acier, lorsque l'on aura résolu une série de problèmes que l'on étudie actuellement grâce à des essais de laboratoire et à des essais sur ouvrages en service.

4° L'application de l'acier à la construction des surfaces autoportantes est toute récente et du plus vif intérêt. Nous connaissons actuellement les principes théoriques de résistance et de stabilité de ces systèmes qui peuvent être employés très avantageusement à la couverture des halles et des hangars. Grâce à la soudure, les surfaces autoportantes s'adaptent très bien à la construction de tabliers légers pour pont-routes. La soudure et la légèreté des ouvrages permettent à l'acier d'entrer en concurrence pour la construction des petits ponts.

Pour apprécier l'économie de ces nouvelles formes de construction il importe de ne pas oublier que les changements de la technique d'exécution qu'exige l'introduction de la soudure jouent un rôle de la plus haute importance.

5° Les résultats des essais d'endurance, pour autant qu'ils servent aux dimensionnement des éléments de construction soumis à des charges répétées, alternées

ou ondulées, ont montré que l'on pouvait relever les contraintes admissibles de l'acier à haute résistance lorsque les contraintes permanentes sont élevées et pour autant que le permet la stabilité.

L'échelle de transposition des résultats d'essais en formules de dimensionnement est encore à mettre au point par l'étude de nombreuses observations expérimentales.

6° Dans la construction des charpentes métalliques on a complètement mis au clair la question des matériaux de volume réduit garantissant une protection efficace contre le feu, par de vastes essais de résistance au feu, effectués sur des colonnes métalliques enrobées et chargées, de grandeur nature. On peut souhaiter l'établissement d'une classification des matériaux de construction suivant leur aptitude à résister au feu.

7° Pour terminer, il faut constater un développement toujours plus grand de la combinaison de l'acier et du béton dans les ponts et charpentes. Des mensurations effectuées sur des ouvrages en service ont démontré l'exactitude des méthodes de calcul employées et il est possible de réaliser une économie appréciable dans la construction des ponts en prenant en compte la collaboration des poutres métalliques et de la dalle en béton armé du tablier.

Cette collaboration dans les colonnes métalliques avec noyau de béton armé a été suffisamment étudiée, par des essais de flambage effectués sur des colonnes axialement et excentriquement comprimées pour pouvoir justifier sur la base de méthodes spéciales de calcul un relèvement des contraintes admissibles dans l'acier. D'autres essais, tout aussi complets, sont en préparation pour le contrôle de cette collaboration dans différents types de planchers utilisés dans les ouvrages à ossature métallique.

Thème VII b.

Application de l'acier dans la construction hydraulique.

Les rapports et les contributions à la discussion de ce thème montrent toute l'importance qu'a pris l'acier au cours de ces dernières années dans la construction hydraulique. Malgré les particularités des problèmes qui se posent dans les ouvrages métalliques de la construction hydraulique, il serait utile de ne pas les séparer du reste de la construction métallique afin de pouvoir donner à certaines questions une solution d'ordre général.

Au nombre de ces questions, le problème de la corrosion a une place très importante. Pour réaliser de grands progrès dans ce domaine il faut rassembler un grand nombre d'observations et d'expériences grâce à une large collaboration comprenant tous les ingénieurs s'occupant de constructions métalliques. L'expérience montre par exemple que la résistance à la corrosion des palplanches métalliques est heureusement plus grande qu'on ne l'avait pensé lors de leur introduction.

La lutte contre les dommages causés par la corrosion, tant dans le domaine des enduits que dans celui de la composition des matériaux, aura sans doute une influence très favorable sur le développement des ouvrages métalliques de la construction hydraulique. Il serait bon que l'Association Internationale des Ponts et Charpentes rassemblât les observations et les constatations faites dans tous les pays sur la corrosion. Chaque observation particulière devrait être décrite d'une façon aussi complète que possible. Il ne faudrait pas oublier de relever les détails caractéristiques des cas observés, même si ces détails paraissaient, d'après nos connaissances actuelles, sans aucune importance sur les phénomènes de corrosion.

La technique de la soudure présente de grands avantages pour l'exécution des pièces planes ou rigides à la torsion de la construction hydraulique. L'étanchéité est facilement réalisable grâce à la soudure. Par suite des facilités d'entretien, la soudure est souvent préférable à la rivure dans les constructions hydrauliques.

Les problèmes spéciaux d'hydrodynamique et d'écoulement que l'on rencontre dans la construction hydraulique exigent une étroite collaboration de la construction hydraulique dans les écoles techniques.

Thème VIII.

Etude de terrains.

1° Depuis le Congrès de Paris en 1932, *l'étude des terrains* a fait des progrès très importants. A côté de nombreux articles parus dans la presse technique, on a publié de nombreuses revues et directives qui permettent aux praticiens de se documenter. Les méthodes établies permettent actuellement, dans la plupart des cas, de déterminer a priori l'ordre de grandeur des affaissements d'ouvrages. L'application de l'étude des terrains à la pratique s'est fortement développée au cours de ces derniers temps. Le Congrès recommande l'introduction de l'étude des terrains dans les programmes des écoles techniques.

2° Le calcul de la *charge maximum qu'est capable de supporter une surface de fondation,* en restant en équilibre représente une question fondamentale de la mécanique des terres. Grâce à l'explication du concept de cohésion, il est possible d'étendre au sol doué de cohésion la formule de résistance d'équilibre limite d'une semelle de fondation. Le problème de la résistance à l'état limite de l'équilibre d'une surface de fondation limitée de tous les côtés n'est pas encore complètement résolu.

3° L'étude de la *répartition des pressions dans le sol* peut se baser sur l'état rayonnant de tension. La théorie de *Boussinesq,* complétée par la suite, s'est révélée très précieuse car elle permet, en liaison avec l'étude d'éprouvettes de terrain non perturbé, de prévoir les tassements qui se produiront. La théorie du tassement des couches d'argile s'est beaucoup développée au cours de ces dernières années et il est possible de l'employer dans la pratique.

4° *L'étude dynamique des terrains* s'est révélée très précieuse pour la pratique. Le développement de l'étude géophysique du sol fait entrevoir des méthodes qui auront certainement une importance pratique.