

LA TECHNIQUE DES TRAVAUX



Immeubles d'habitation
à Molenbeek-Saint-Jean

M AI - JU IN 1967

Des études spéciales sur les spécifications des sables à béton et ballast routier ont démontré l'importance qui s'attache à la séparation granulométrique et à la pureté des aggrégats.

EXPLOITANTS DE SABLES, VALORISEZ VOS PRODUITS

en utilisant les procédés de traitement



Lavage parfait du sable par trituration rigoureuse.

Séparation et évacuation complètes des argiles et des calcaires pulvérisants.

Régénération totale à la granulométrie exigée.

Assèchement poussé permettant le stockage en tas ou en trémie.

L'organisation mondiale Linatex a étudié et mis au point, pour vous, l'équipement idéal, d'une efficacité inégalée, augmentant la rentabilité de votre exploitation et contribuant à la valorisation de votre production.

Les plus grandes entreprises nous ont fait confiance. Des milliers d'installations ont été réalisées dans le monde entier et peuvent être citées. Elles se composent :

- d'une bêche continue,
- d'une pompe centrifuge avec commande,
- d'un cribleur sépareur-déshydrateur,
- des conducteurs et convoyeurs,
- d'un tamis d'épandage pivotant.

Cet équipement est peu encombrant et s'installe aisément dans toute exploitation.

Les appareils de construction Linatex sont spécialement étudiés pour travailler sans surveillance et nécessitent peu d'entretien. Ils sont munis d'un système de protection au

CAOUTCHOUC SPÉCIAL LINATEX

sur lequel l'action abrasive du sable est sans effet ! Garantie totale.

BELGIQUE

Aéri-Abrasion Linatex s.a.

42-50, avenue Zénobe Gramme, Bruxelles 3

Tél. : (02) 16.80.83

FRANCE

Aéri-Abrasion Linatex s.a.r.l.

Ateliers : 1978, route Nationale, Ormoy (Nord)

Tél. : 87

Déposé à Paris : 68, rue des Roisiers

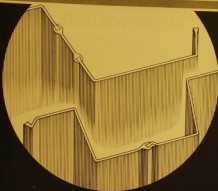
Rueil-Malmaison (Seine-et-Oise) - Tél. : 967.15.25

HOLLANDE

Linatex-Nederland n.v.

Hoogstraat 39, Rotterdam 1 - Tél. : (010) 12.00.02





●● PALPLANCHES ●●

MINIERE ET METALLURGIQUE DE RODANGE

grand duché de luxembourg

Agent :



MMR

LUXMETAL

172, rue Royale
Bruxelles Tel. 18.13.27



Assemblage
palplanches "Z"



Assemblage
palplanches
"à griffe"

GRUES HYDRAULIQUES

AUSTIN-WESTERN 5 à 12 tonnes



AUSTIN-WESTERN...

- 38 ans d'expérience
- des milliers de machines dans le monde
- 112 pays en Belgique
- 76 en République du Congo

- Traction et direction sur les 4 roues
- Moteur Diesel
- Convertisseur de couple
- Toutes commandes hydrauliques
- Niche télescopique

— Service après-vente rapide et pièces de rechange toujours à votre disposition

BALDWIN · LIMA · HAMILTON



Construction Equipment Division, Austin-Western Plant, Aurora, IL, U.S.A.

Distributeur exclusif pour la Belgique, le Grand-Duché de Luxembourg et la République du Congo

BUREAU TECHNIQUE

42-49, avenue E. de Bock, BRUXELLES 5 — Tél. : 48.16.26 — 47.37.82

BIA

Une nouvelle dalle Krommenie.
Splendide (de par sa structure
décorative). Et pratique (vous le
saviez déjà du vinyle).

3



12 colors. Formats 20 x 20 et 30 x 30 cm

Coloflor-serie 1300

Un couvre-sol luxueux qui donne - de par sa structure décorative et son lustre discret - une note personnelle à toute habitation. En outre sa place est indiquée dans les boutiques, grands magasins, hôpitaux, bureaux, théâtres et salles d'exposition. Le surface du COLOFLOL est imperméable (pas d'entretien), pratiquement inusable et antidérapante. Cette nouvelle dalle de Krommenie trouve sa place dans tout habitat.



Couvre-sols Krommenie

Renseignements et commandes: Couvre-Sols Krommenie, 132 rue du Commerce, Bruxelles 8

COUVERTURE **COUVRACIER**



BOISLAP - 100.000 M²



BOISLAP - 100.000 M²



BOISLAP - 100.000 M²



1. support en tôle d'acier galvanisé et profilé
2. isolation thermique
3. étanchéité par procédé multicouche

100.000 M²

LA TOITURE INDUSTRIELLE MODERNE. LÉGÈRE, RÉSISTANTE, ISOTHERME ET ÉTANCHE
MISE EN ŒUVRE PAR L'ENTREPRISE SPÉCIALISÉE

ASPHALTCO

COMPAGNIE GÉNÉRALE DES ASPHALTES
ADMINISTRATEURS: M. DE WILDE, M. DE WILDE, M. DE WILDE
1, A. Maurice de Moor, Bruxelles, Tél. 02/26.48.14

CONCESSIONNAIRE EXCLUSIF POUR LA BELGIQUE ET LE GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
DOCUMENTATION DÉTAILLÉE SUR SIMPLE DEMANDE ÉCRITE



**Dans la catégorie des Scrapers de
10,7m³ (capacité à ras),
le meilleur rendement est obtenu par**



Le nouveau Cat 621

10,7 m³ à ras et 15,3 m³ à refus, telles sont les capacités de ce nouveau matériel, mais ces chiffres ne donnent qu'un faible aperçu de toutes ses possibilités.

Le Caterpillar 621 est rapide : sur un chantier de l'Entreprise Goodchild, dans l'Ohio, un 621 utilisé pour les remblais d'une autoroute a dépassé de plus de 12% le rendement d'un motocrapoteur de même capacité mais équipé de deux moteurs en tandem et ceci, avec une économie de 31% par m³.

Dans la même État, le 621 de l'Entreprise Hublin a produit 25% de plus que des 619 pour un prix de revient au m³ de 15% inférieur.

A quel tient la remarquable productivité du 621 :

Excellent rapport Poids/Puissance

Le Caterpillar 621 est équipé d'un nouveau moteur "CAT" de 300 CV bénéficiant d'un rapport Poids/Puissance de 151 KG/CV. Le plupart des engins à deux moteurs de capacité identique (proposés sur le marché) ont généralement un rapport Poids/Puissance de l'ordre de 176 KG/CV. Le meilleur rapport du 621 lui permet de garder une bonne vitesse dans les conditions les plus difficiles.

Vitesse maxima soutenue en km/h * (en charge)

Résistance moyenne	621	D6G10	Autre marque A	Autre marque B
40,0 kg/tonne	47,0	36,2	33,8	30,4
60,0 kg/tonne	38,2	28,2	26,1	23,7
100,0 kg/tonne	26,1	19,2	15,3	11,3
150,0 kg/tonne	19,8	8,4	8,4	6,7

* Données fournies par les fabricants techniques les plus récentes.

Nouvelle transmission "Powershift" Caterpillar

Rendement maximum constant, grâce à la nouvelle servo-transmission "Powershift" à 8 vitesses qui offre à l'opérateur la possibilité de choisir le rapport le mieux adapté aux caractéristiques du terrain.

De 5 à 48 km/h, tous les rapports sont en prise directe, assurant une accélération rapide à pleine charge. Les deux premiers rapports comme la marche



arrière utilisent le convertisseur de couple permettant un plus grand effort à la jante et évitant tout risque de calage en cours de chargement.

Chargement accéléré—charges accrues

Dans sa catégorie, le motocrapoteur Caterpillar 621 offre la benne la plus large (plus de 3 m de large), et la plus forte charge admissible (21.773 kg). Il est doté des mêmes perfectionnements que les précédents de la série des 600. Ses commandes à "actions positives" autorisent une économie de puissance de l'ordre de 20%. Des temps de chargement pris au chronomètre sur un chantier de débâchage de matériaux ont prouvé que le chargement en poussée de 12 m³ de talus pouvait être effectué en 0,8 minute.

Pour augmenter la charge transportée et améliorer la performance sur terrain détrempé il est possible de monter des pneumatiques de 29,5 x 29 (23 plus ou 28 plus) en option. Les pneumatiques standard ont une dimension de 26,5 x 29 (24 plus).

Commande 100% hydraulique

Le système hydraulique Caterpillar qui a fait ses preuves sur les plus gros modèles de la série 600, est maintenant monté en série sur le 621. Benne, tablier, éjecteur sont commandés par des vannes hydrauliques à double effet alliant puissance à rapidité et précision de manœuvre.

La benne du 621 permet de mesurer la profondeur de coupe avec une grande précision et appliquer une pression de 12,7 tonnes sur la lame de coupe. Un tel engin permet d'augmenter sensiblement la productivité et de réduire dans la même proportion, le prix de m³.



Le J621, le scraper élévateur qui diminue le prix de revient des travaux courants.

Les motoscrapers travaillant en poussée sont, souvent, d'un prix de revient trop élevé pour l'exécution des petits travaux comme le terrassement des déblais ou la finition et le nettoyage de chantiers. Cette constatation ressort d'études faites sur plusieurs chantiers.

Le scraper élévateur Johnson J621, diffusé par le réseau de vente Caterpillar, permet un travail rapide et économique pour l'exécution des chantiers de VMD. Les motoscrapers conventionnels peuvent ainsi être concentrés sur des chantiers spécialisés. Grâce à son moteur de 300 CV et son fonctionnement entièrement hydraulique le motoscaper élévateur J621 est suffisamment et l'aide d'un broyeur-poussoir n'est pas nécessaire. Même le sable, le gravier ou le charbon se chargent sans aucune aide extérieure jusqu'à la capacité à refus du J621, soit 16,5 m³.

Votre concessionnaire Caterpillar se fera un plaisir de répondre à toutes les questions que vous souhaitez poser sur le J621. Un stock de pièces de rechange bien approvisionné ainsi qu'un personnel qualifié lui permettant d'assurer un rendement maximum à votre investissement en matériel Caterpillar.



Une ouverture de 1473mm permet l'éjection complète des matériaux les plus collants. La lame de coupe se retire en même temps que le fond de la benne, servant ainsi de racleur.

CATERPILLAR

Représenté en France par les Ateliers Réunis de Caterpillar Tractor S.A.



TRECO
TRACTOR & EQUIPMENT COMPANY S.A.

QUALITÉ - SERVICE

100 ch. de Bruxelles, OVERBOISE
105 / 02/57.76.10
Adresse télégr. TRECOBA-BRUXELLES



**tous les roulements
sont ronds
mais...**

SKF

**vous offre une
triple économie**

- ECONOMIE** de pièces de rechange,
- ECONOMIE** de main d'œuvre: démontage et remontage,
- ECONOMIE** de temps d'arrêt des machines.

grâce à sa
**très longue
durée de vie**
due à la
**qualité exceptionnelle
de ses aciers**

..le plus vendu dans le monde..

Ateliers Désiré NOSSENT

S. A. R. L.

Forges & Eclatage

Ans-Liège

Tél. : 63 40 19



Tous les aciers spéciaux

•
Pièces forgées jusqu'à 600 kg

•
Pièces estampées jusqu'à 25 kg

•
Couronnes laminées ou forgées
jusqu'à 2 m Ø

•
Réparations de matériel
et travaux d'entreprises

S. A. CHAUDRONNERIES

DÔME FRÈRES & C^e

Rue Ernest Solvay - JEMEPPE-SUR-ARCEUSE

GROSSE ET MOYENNE CHAUDRONNERIE
EN ACIER ET ACIER INOXYDABLE

ÉCHANGEURS TUBULAIRES

TOUTS APPAREILS SOUDÉS OU RIVÉS
SANS PRESSION OU À PRESSION :
CHAUDIÈRES
RÉSERVOIRS À AIR COMPRIMÉ
TUYAUTERIES, ETC.

Pour tous vos besoins de

cables en acier

de fabrication anglaise

B. R. CONTINENTAL

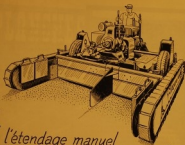
S. A.

représentants pour la Belgique de la
BRITISH ROPES LTD.
DONCASTER (Angleterre)

BUREAUX, ATELIERS ET DÉPÔT
85, RUE DE NAPLES
ANVERS

Tél. (03) 83.64.97 - 83.65.61
Telex : 52.2.429





FINI, l'étendage manuel des enrobés pour route !

Autres spécialités "AMMANN"

Plants à béton asphaltique de toutes capacités

Postes d'enrobage fixes

Rouleaux compresseurs Diesel

Gravillonneurs

Concasseurs

Chasse-neige - Sablonneux

Tout le matériel pour routes nouvelles et rues qui de matériel de première qualité

Vente et service après vente assurés par S.G.M.S.

Jusqu'à présent, seuls les grands travaux de route nous justifiaient l'emploi d'une linéenne. Grâce à la linéenne AMMANN, vous disposez désormais d'une machine perfectionnée, maniable, d'un prix abordable, pour régénérer et étendre les enrobés, pour tous vos travaux.

Des caractéristiques intéressantes

La Linéenne AMMANN place 300 m³ par heure d'enrobé. Elle travaille sur toute largeur jusqu'à 2m00. Elle se met sur chenilles pour le travail et se place en quelques instants sur roues à pneus pour le déplacement. Réglage indépendant des chenilles en hauteur - réglage du profil - épaisseur variable du tapis, en un mot les principales caractéristiques de la gronde linéenne à un prix qui vous honnera.

Demandez une offre

Pour préciser l'usage des capacités données de cette machine, demandez-nous une offre détaillée. Elle vous sera envoyée sans engagement aucun. Ecrivez-nous aujourd'hui même.

Société Générale de Matériel d'Entrepreneurs, S.A.

99, rue de Valenciennes — Bruxelles
21, rue de l'Église — Aarschot

Téléphones : Bruxelles 26.62.96 - 26.66.84
Aarschot 22.45.99 - 22.45.99

Rég. Comm. Aarschot 1212



quelle est la meilleure référence?

Celle que vous choisissez de vos propres yeux. Et d'autres mots, celle des nombreux avantages que vous offrent les compresseurs ATLAS COPCO. Avec les avantages particuliers aux tous les chantiers de Belgique, qu'ils soient grands ou petits. Par exemple, ils nous font le remarquable cadeau de leurs performances et de leur fiabilité. Leur grande élasticité largement de leur haute qualité ! Vous avez donc parfaitement raison de faire appel à des ingénieurs et techniciens spécialisés dans le domaine de l'air comprimé lors de vos besoins en matériel. Faire confiance à ATLAS COPCO, c'est faire confiance à la première organisation mondiale spécialisée exclusivement dans l'air comprimé et à ses techniques d'application. Soyez vous invitons à visiter notre usine de Winge, la plus moderne et la mieux équipée au monde, et vous constaterez par vous-même les soins minutieux qui président à la fabrication de notre matériel. Vous faites un placement sûr en achetant un matériel ATLAS COPCO immédiatement éprouvé et doté d'un service après-vente sérieux et rapide. Les expériences heureuses peuvent coûter cher... Mais en toute sécurité, choisissez ATLAS COPCO !

Programme de fabrication

- Compresseurs mobiles et stationnaires • matériel de mines et carrières • outils pneumatiques pour l'industrie et l'agriculture • matériel et produits de peinture • installations de séchage.



Atlas Copco

ATLAS COPCO BELGIUM S.A.
O.N.I., Chaussée de Bruxelles - Oostlaan
7, 8030 WILRIJ (S 12)
Agences Régionales : Antwerpen,
Charleroi, Gand, Namur, Liège,
Luxembourg

Spécialistes de l'Air Comprimé

Entretien et réparation de matériel de travaux et d'entreprises

PARACHÈVEMENT DE PIÈCES GROSSES
ET MOYENNES SUIVANT PLANS,
MODÈLES OU INDICATIONS

ROBOTS AXIAUX, PROFONDS, CENTRÉS
OU NON, DANS TOUTES SECTIONS
ALLANT JUSQU'À 400 MM DE DIA-
MÈTRE ET 6 MÈTRES DE LONGUEUR

B. A.

Les Forges de Zeebrugge

111740, RUE BELLEGARDE

HISTITAL - LIÈGE

Tél. : (04) 64.09.00 (8 lignes)

TOUTES LES

BOIS ET MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

LE SPÉCIALISTE DU BOIS DE COFFRAGE

MAISON

DOSSIN-LENOIR

51, RUE DE JUPILLE

VISÉ

TÉLÉPHONE 1

29.15.37 - 29.15.28

PALPLANCHES

ARBED-BELVAL



PALPLANCHES ARBED-BELVAL 2
Coudée, surface de joint
à rebords étirés.



PALPLANCHES P
Coudée, rebords à la poutre
pour constructions isolées.

Ducs d'Albe
dans le pontet d'accès
à l'Écluse Baudouin
d'Anvers



Comptoir Minéralurgique Luxembourgeois S.A., Luxembourg

COLUMETA

Pour la Belgique et le Congo

LA BELGO-LUXEMBOURGEOISE S.A.

78, rue de Trèves - BRUXELLES - Tél. : 53.29.85

Revue N° 30/54

Reico-Bremsit

Garnitures pour frein et embrayage

offre aux constructeurs de MACHINES À BATTRE
MACHINES D'EXTRACTION
GRUES, TREUILS,

aux possesseurs de POIDS LOURDS
CAMIONS
REMORQUES

... un qualité embrayage n° 2.000
sur bandes de frein - qualité H et S

... sa nouvelle qualité 8.100 vraiment
sensationnelle

Perte imperméabilité à l'eau
à la pression et à l'air
Coefficient de friction élevé et stable
Résistance thermique élevée
Stabilité pour pression et température

E^m DEMARET 11, rue BODERHIM, REUILLES — TÉLÉPHONE 11.17.86

PROGRAMME DE FABRICATION

MÉCANIQUE GÉNÉRALE
CHAUDRONNERIE
FONDERIE
TURBINES À VAPEUR (TITRE MEUSE ET BATEAUX)
TURBINES HYDRAULIQUES (LICENCE CHAMPIGNEY)
TURBINES À GAZ (LICENCE BRISTOL-SIDDELEY)

MATÉRIEL DE MINES ET DE MÉTALLURGIE
MACHINES POUR LE TRAVAIL DE LA TOUS
MACHINES POUR LA FABRICATION DE TUBES EN TIRAGE
MATÉRIEL POUR INDUSTRIES CHIMIQUE ET PÉTROLIÈRE
BROYEURS (LICENCE HANNOVER)
MATÉRIEL DE GLACIÈRES (TITRE SAMBRE)
POMPEURS DIESEL MEUSE
POMPEURS ÉLECTRIQUE - L.P.G. - DIESEL (LICENCE CONTINENTAL)
ÉNERGIE NUCLÉAIRE
ARRIÈRE



**SOCIÉTÉ ANONYME DES
ATELIERS DE CONSTRUCTION DE**

LA MEUSE

Sarcelles-Liège - Tél. (04) 52.55.55 - Télex. (04) 262

A photograph of an outdoor patio area. In the background, a light-colored wicker bench with a curved backrest is positioned against a wall. The bench has two green square cushions and a red and white patterned cushion. To the left of the bench, there are several potted plants, including a large green fern and a smaller plant with yellow flowers. A red cushion lies on the floor near the bench. The floor is covered in a mosaic of light-colored, irregularly shaped tiles. In the foreground, a white rectangular sign is placed on the floor, containing text. To the right of the sign, there are several bottles and small containers, possibly for cleaning or maintenance, arranged on the floor.

...ici aussi,
le raffinement
moderne et pratique
de la mosaïque de marbre
Marlux

Marlux : 72 mosaïques de marbre différentes

Pour produire ses dalles en mosaïque de marbre, Lamberti-Hammans choisit pour tout les plus beaux marbres d'Italie, de Grèce et du monde entier.

La grande variété des dessins (veines, flammes, galets, décors incrustés), celle des coloris et celle des formats (20 x 20 - 30 x 30 - 40 x 40), permettent de trouver toujours l'accord juste avec le type de construction : pavillon moderne, maison rustique, ex-building, habitation privée ou bâtiment public.



contrôle scientifique de la production



La fabrication utilise des procédés d'avant-garde, exclusifs à Marlux.

Entièrement automatisées, les opérations suivent un rythme accéléré. Depuis le classement des marbres jusqu'à l'emballage individuel de chaque dalle, c'est grâce à une parfaite coordination de la production que le marbre, matériau prestigieux, peut être offert aujourd'hui à des prix si courtois. Renseignez-vous.

stabilité dimensionnelle - résistance - pigmentation xenotest

Les normes de fabrication les plus sévères en vigueur en Europe sont largement dépassées par les dalles Marlux. Elles résistent à la pression, aux chocs, aux rayures, aux éclats, et présentent la plus grande stabilité dimensionnelle. La face est parfaitement lisse et plate, les côtés sont soignés et bien équilibrés.



Aux qualités luxueuses de marbre, un revêtement Marlux ajoute tous les avantages du meilleur ciment Portland teinté. Les pigments sont conformes aux exigences de l'appareil Xenotest, recommandé par l'Organisation Internationale de la Standardisation.

Application de nos « claustras » vitrés,
portants de 300 et 400 mm de profondeur.
Béton décoratif lavé



S.A. CIMARME

74, AVENUE HUYSMANS, LOT

Directeur commercial : J. BEUERMANS
Directeur technique : A. DEROUCK

TELEPHONE : 02/18.71.51 - 56.78.40

architectes, entrepreneurs, constructeurs, décorateurs

Plus de 200 distributeurs
Marlux de première importance
sont répartis dans tout le pays.
Ils peuvent vous montrer
les dalles de mosaïque
de marbre Marlux
et vous renseigner.
Faites-leur confiance.

Demandez la liste complète de nos concessionnaires.



Prises au hasard dans une gamme étourdissante...
quatre dalles en mosaïque de marbre Marlux.

marlux



une production LAMBERTS-HERMANS,
LONDERZEEL, BELGIQUE - TEL. : 052/39.755 3L

Notre salle d'exposition est à votre disposition,
à la disposition de vos clients.

LA TECHNIQUE DES TRAVAUX

REVUE BIMESTRIELLE DES PROCÉDÉS MODERNES DE CONSTRUCTION

Adresse postale : « La Technique des Travaux »,
195, rue Delfins, Liège (Belgique).

Téléphone : Liège 42.00.60 (20 lignes).

Relevés : Chèques postaux n° 271.25

Banques : Napoléon-Fils et C^{ie}, Liège et
Bruxelles.

	Prix du numéro	Abonnement en six numéros
Belgique et Luxembourg	Fr. 48	Fr. 220
Étranger	Fr. 56	Fr. 230

Mai-Juin 1967

43^e ANNÉE — N° 5-6

SOMMAIRE

Les immeubles-tours de Hoboken-les-Anvers. Architectes : M. Dankam, M. Appel, et J. Weikau	130
Le futur Opéra de Sydney (Australie). Architecte : Jørn Utzon	139
Le nouveau Palais de Justice de Charleville-Mézières (Ardennes). Architectes : Jean-R. Dupré, Jean-Paul Dupré et Henri Hanneel	149
L'école secondaire de Cheddar (Angleterre). Architecte : Bernard C. Adams	157
Le gymnase de l'Institut agricole et technique de Farmingdale (États-Unis) et son toit plan, circulaire et suspendu de 43,50 m de diamètre. Architecte- projeteur : Philip F. Meyer, du cabinet d'architectes Max D. Urbahn, New York	165
Calcul des constructions à l'effondrement par W. Kerkhofs, ingénieur A.I.G., Professeur à l'Université Lovanium, Kinshasa (Congo)	173



Les auteurs des articles publiés dans cette revue acceptent l'entière responsabilité des opinions exprimées
par eux. — Il est expressément interdit de reproduire, sans autorisation écrite, des articles ou des
illustrations figurant dans cette publication.

JOUEZ « fortissimo »
sur une gamme complète
d'ELECTRODES
de qualité incontestée



- travail impeccable
- rendement optimal
- garantie d'un vrai service

ELECTRODES L'AIR LIQUIDE



BON POUR UN ESSAI GRATUIT

Je désire le passage de votre spécialiste ☐ Veuillez m'adresser votre catalogue de base ☐

Nom _____

Prénom _____

Profession _____

Adresse de la firme _____

L'AIR LIQUIDE BELGE : Belgique - 11 rue van Deunck - Tél. 020 71 35 - Luxembourg - Belgique - 41, Thummesweg - Tél. 0487 46 61
 France - 10 rue de la République - Tél. 01 44 44 44 - 02000 - La Madeleine - Tél. 03 63 07 03 - 02000 - Lille - 03 20 00 00 - 02000 - Valenciennes - Tél. 03 20 00 00
 Dans le Grand-Duché de Luxembourg : 11 rue van Deunck - Tél. 020 71 35



Fig. 3. — Les constructions-résidence en Belgique, l'ex d'ensemble des blocs 2 et 3, près de Morsbrouck.

LES IMMEUBLES-TOURS DE HOBOKEN-LEZ-ANVERS

EXEMPLE DE PRÉFABRICATION LOURDE
POUR LA CONSTRUCTION D'UN GROUPE
D'IMMEUBLES D'HABITATION DE 15 ÉTAGES

Architectes : M. DEMKENS, M. APPEL et J. WELSLAU
Ingénieur-conseil : Bureau d'études BETARMAC

Parmi les problèmes qui ont toujours retenu l'attention des architectes, celui du logement social (ou dit aussi « à loyer modéré ») occupe une place de choix. Son intérêt, en dehors de son caractère altruiste, réside dans la nécessité de l'application judicieuse des solutions techniques. Car, si les crédits affectés à ce genre de construction ont été de tout temps abondamment versés, les programmes

étaient par contre fort vastes, de sorte que les conditions de réalisation étaient sensiblement limitées dans la pratique.

Ces difficultés ont conduit les architectes à chercher à « complacer les grands moyens » (si l'on peut dire) pour résoudre ce problème posé comme tel. On est arrivé tout d'abord à abaisser le prix de revient en standardisant le plus grand nombre



FIG. 1 — Les immeubles-tours au Houtboulevard-Anvers. Vue d'ensemble des blocs 1 et 2. Ces immeubles d'habitation, de 15 étages, ont été conçus sur un plan en croix. Leur construction constitue un bon exemple d'utilisation de la préfabrication d'acier. Remarquer l'effet obtenu par l'absence sur des façades aveugles (côté est), par le jeu des poutres préfabriquées, dont certaines sont richement décorées (deux types).

Les photographes montrant la même scène ont respecté les goûts et l'habitudes.

LES IMMEUBLES-TOURS DE HOBOKEN - LEZ - ANVERS

(voir texte en regard)

FIG. 2 — Détail au rez-de-chaussée au bloc 1. Les piliers, en acier peint, disposent au premier étage d'une hauteur d'un étage et demi. L'air est aspiré, la belle perspective des piliers d'un très bel effet, contrastant avec les poutres préfabriquées des façades.



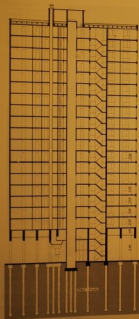


Fig. 6. — Coupe transversale d'un pilier en six étages (étages 4-5 sur le plan B, voir plan figure 10). Fondations sur poutre franchi de 100 t de charge partielle.

les éléments ont été défilés des essais qui ont été effectués sur cubes de 20 x 20, sur éléments minces et sur cubes de 5 x 5 découpés dans les carottes extraites des parties résidées intérieurement des piliers cubes.

Les coefficients de sécurité ont été appliqués sur les taux d'armement et de fissuration, le résultat obtenu sur cubes 5 x 5 est remarquable et atteint 920 kg/cm².

Les parties constructives restent comprimées sur toute la section, ce qui avantage la non-fissuration des parois-murs.

A chaque étage, il est prévu un chaînage en béton armé coulé sans coffrage. Des barres d'acier y relient les éléments verticaux, assurant la continuité verticale. Celle des planchers est également assurée, le système permettant la soudure des armatures entre traverses et sur appui (fig. 7).

La conformité des piliers offre une grande rigidité à la flexion et un flambage ainsi qu'une très bonne isolation des murs et planchers.

Résumons quelques avantages techniques et économiques du procédé :

a) Du point de vue technique :

— rapidité d'exécution par démontage après une journée d'heures — même en hiver ;

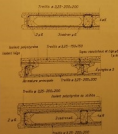


Fig. 7. — Détails d'armatures (de haut en bas) d'un mur vertical, d'un plancher et d'un pilier.



Fig. 4. — Vue prise lors de l'achèvement de l'un des étages. Note l'absence de ascenseurs à l'air libre, à l'angle des deux ailes.



Fig. 5. — Plan montrant l'usage au service maintenance des fibres d'acier placées et sous tension à condition.

possible d'éléments de construction, dont la fabrication se fait en usine.

Pendant longtemps, le gros œuvre n'a pas été influencé par ces normalisations, et il convient de rappeler ici, combien sont souvent défavorables et contraignent les conditions habituelles dans lesquelles s'érige le gros œuvre d'une construction.

(*) La technique des Treuans s'est souvent limitée à ce problème en lui consacrant de nombreuses études, dérivant de nouvelles techniques et montrant l'efficacité croissante des procédés employés. Note notamment dans les numéros de janvier-décembre 1952 et juillet-août 1953.

Description technique

Fondations

En raison de la nature du sol, les fondations ont été réalisées au moyen de pieux Franki de 100 t de charge portante. Le bloc A est fondé sur 90 pieux, le bloc B sur 105 pieux, dont la longueur moyenne est de 11,40 m. Outre sa charge verticale, chaque pieu supporte 1,5 à 2 t d'effort horizontal (fig. 6).

Structure des tours

La préfabrication lourde dans le bâtiment se caractérise par le fait que la maintenance des pièces géométriques nécessite des moyens mécaniques puissants. Par contre, la préfabrication elle-même des pièces sur le chantier s'accommode d'équipements relativement faibles (*).

Les procédés de préfabrication lourde viennent surtout de France. Dans notre article sur la « Cité Modulaire » de Hiesel, à Bruxelles, nous avons eu l'occasion de décrire deux d'entre eux (**). Les tours de Hoboken, objet du présent article, constituent une nouvelle application de la préfabrication lourde suivant le procédé Convent, adopté après

essais effectués au Laboratoire de Matériaux de l'Université Libre de Bruxelles.

La superstructure préfabriquée des tours de Hoboken est constituée d'éléments portants, murs et planchers, en béton armé.

Les parties constructives représentent les efforts verticaux et horizontaux. Les tensions admissibles sur

les articles relatifs à un « immeuble à appartements pour l'Office des H.L.M. de la Section, au Marais » et à « L'immeuble technique Toulon à Châtou-en-Gâtinais ».

(*) Voir la Technique des Treuans, numéros de septembre-octobre 1950.

FIG. 10. — Bais 1. Vue en coupe par l'axe en direction d'entrée. Disposé dans une aile, il possède une entrée indépendante (au fond et à droite), et se trouve en communication avec le hall des ascenseurs.



FIG. 11. — La rampe des ascenseurs servant de seuil entre l'extérieur et le hall des ascenseurs. À droite, l'entrée dans une aile sous multiple l'effet original.

Description des plans

Tous 1 et 2 (voir 1)

Construite en forme de croix, la tour 1 comporte trois ailes de 11,32 m $\times$ 7,80 m et une aile de 9,42 m $\times$ 7,80 m. Au rez-de-chaussée, une aile est réservée à l'entrée (fig. 11 et 12) conduisant vers les ascenseurs et les dégagements, une autre aile comporte les installations techniques (cuisine à haute tension et pompes), la troisième (fig. 10) est affectée aux voitures d'enfants, vélos, etc. Les locaux du rez-de-chaussée ont une hauteur double en comprenant l'entresol.



FIG. 12 (ci-dessous). — Le seuil des ascenseurs. Un escalier des ailes des rampes pures, l'angle des rampes impures.



Fig. 8. — Vue intérieure au 1^{er} étage, dans l'angle, les colonnes des terrassements archées.

- une main-d'œuvre peu qualifiée suffit pour donner un très bon rendement;
- la construction est réduite au minimum;
- l'achèvement des piliers et la qualité des matériaux tels en creux tend vers un maximum satisfaisant;
- le montage des éléments est aisé;
- le montage est rapide, celui d'un étage à quatre appartements en moins de cinq jours, par un personnel réduit; surveillance réduite;
- les murs extérieurs portent le revêtement de façade; les châssis de fenêtres, de même que les condenseurs électriques, sont incorporés; les faces intérieures sont lisses; l'isolation se fait par vide d'air et laine de verre;
- les planchers donnent un plafond lisse et une charge suffisante de pavement. Le tout est traité par un aggloméré de béton et de plaques de polystyrène.

b) Les points de vue économiques :

- le prix de l'ensemble est réduit par rapport à une construction classique ordinaire;
- la solution permet une grande standardisation et une industrialisation poussée. Il donne un très bon rendement avec une main-d'œuvre réduite et peu spécialisée;
- le temps de montage est insignifiant; les délais sont réduits.

Dimensions en m.

Quant à l'infrastructure, elle est également en béton armé sur une hauteur de deux étages. Les colonnes et poutres sont calculées en portiques

multiples transversaux et longitudinaux. La rigidité des poutres (3,20 m) a permis de créer un vide dans le double plancher où sont logés les canalisations diverses.

Tous les bétons apparents sont lisses.

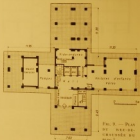


Fig. 9. — Plan du 1^{er} étage, construction en béton I.



FIG. 14 et 15. — Planes I (blanc 1 et 2). Plans d'étage type des blancs 1 (à gauche) et 2 (à droite).



Équipement

Assurances

Deux ascenseurs de 6 personnes relèvent les occupants respectivement aux étages pairs et impairs, ce qui est une excellente manière de contrôler le public, la théorie des probabilités s'étant révélée sur ce point fort exacte à l'expérience.

Cette solution permet de supprimer une partie d'ascenseur à chaque palier, avec tous les équipements, ce qui constitue en outre une économie d'installation.

Autre innovation : l'éclairage de la cage d'escalier, généralement assuré au moyen d'une minuterie, est remplacé par une horloge qui se déclenche automatiquement à la tombée de la nuit et s'éteint aux premières heures du matin.

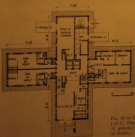


FIG. 16 et 17. Planes II (blanc 3 et 4). Plans du rés-de-chambre (à gauche) et du étage type (à droite).





Fig. 15. — Les axes menés et la coupe I. Le site est pris du sud-ouest (à l'arrière du terrain). À l'avant-plan, les ailes 2 et 3 du bloc 2, au fond, les ailes 2 et 3 du bloc 1.

Autr étages, nous trouvons une disposition d'appartements symétriques pour les ailes 2 et 4, qui comportent chacune une entrée, une vestiaire et débarras, une salle de séjour, deux chambres à coucher, cuisine, salle de bain, laverie, et séjour (fig. 14, 18 et 19).

Il conviendrait de souligner la solution originale que les architectes ont adoptée en combinant la salle de bain et la laverie, avec un seul éclairage. Une cloison ne séparant pas la hauteur des appareils sanitaires, sépare les deux locaux.

L'aile 1 comporte un appartement avec une seule chambre à coucher; la distribution des locaux de l'aile 3 se rapproche fort de celle des ailes 2 et 4. Quant à la tour 2 la figure 15 montre la disposition des appartements à deux chambres à coucher, dans les ailes 1 et 3 et à trois chambres à coucher pour les ailes 2 et 4.

Tours 1, 2 et 3 (rues III)

Le programme final de ce groupe d'habitations

comporte en tout cinq tours dont deux, les tours 1 et 2, sont terminées.

En raison de certaines modifications que les architectes ont cru devoir apporter à la conception de leurs plans, nous croyons intéressant de présenter le plan type des trois tours à construire qui sont identiques et dont la principale caractéristique est qu'elles n'ont pas d'étage technique. De ce fait, on a pu y prévoir au niveau du rez-de-chaussée, en dehors du grand vestibule, du hall d'ascenseur et du local pour voitures d'entraîneurs comme dans les types 1 et 2, deux logements (flats) pour athlètes, se composant d'une salle de séjour avec salon, cuisine et salle de bain. La deuxième aile est entièrement occupée par un appartement à deux chambres à coucher avec living, cuisine, salle de bain et séjour (fig. 16).

Le plan des étages types comporte en tout trois appartements à deux chambres à coucher et deux flats analogues à ceux du rez-de-chaussée. Dans l'ensemble, chacune des trois tours comporte 49 appartements et 34 studios (fig. 17).



Fig. 1. — Vue aérienne simulée du 1960 de Sydney, avec, au premier plan, le futur Opéra d'Osaka, au second plan, la ville de Sydney, 60 qui se le représente aux autres, l'architecte danois Jørn Utzon.

LE FUTUR OPÉRA DE SYDNEY

Architecte : Jørn UTZON

Dans le 1^{er} janvier 1967 les habitants de Sydney et même tous les Australiens s'interrogent sur l'aspect définitif et la date d'achèvement du futur Grand Opéra de cette grande métropole, en construction sur une petite péninsule à l'entrée du port (fig. 1).

C'est, en effet, d'une part, que l'expression architecturale de l'édifice a été modifiée de nombreuses fois depuis que l'architecte danois Jørn

Utzon — sorti vainqueur d'un concours qui se déroula par moins de 521 concurrents de trente nationalités — remît le projet qui lui valut de décrocher la timbale; d'autre part, que, comme c'est la coutume austral, cette délicate construction est encore loin d'être achevée. Prévue pour 1960 son inauguration a été reportée successivement à 1961, 1962 1965... et l'on parle, aujourd'hui, de 1968, voire de 1969 !



FIG. 15. — Une cuisine et son mobilier.

Chauffage

Les logements que nous décrivons étant du type économique et familial, il a paru logique de les équiper de chauffage individuel, pour éviter toutes les complications du chauffage central quant au comptage des calories distribuées. La source de chaleur est obtenue au moyen d'un appareil spécial Balex du type « chauffe-bain » fixé au mur dans la salle de bain, à côté du chauffe-eau qui distribue l'eau chaude aux appareils sanitaires.

Les radiateurs au foyer du type courant sont placés devant les fenêtres comme cela se fait dans l'installation classique. Peints en noir, leur rendement est ainsi au maximum.



FIG. 16. — Une salle de séjour avec la zone 1. Sol en plaques de vinyle de ton gris clair.

Les équipements des cuisines et salles de bain répondent aux exigences d'une clientèle modeste, mais appréciant le confort compatible avec la structure des habitations à loyers modérés.

Équipements annexes

Les parties communes sont fort bien traitées. Le vestibule d'entrée et le hall d'ascenseurs sont revêtus de dalles en granito de ton clair, rehaussés de bandes foncées. Les murs en béton apparent sont peints en blanc (fig. 11 et 12). Les portes d'ascenseurs sont en bois.

Le sol des salles de séjour, des chambres et des salles d'eau est réalisé en plaques de vinyle de ton gris clair.

Les boîtes à lettres sont groupées dans le vestibule d'entrée, tandis que les boîtes à provision ont trouvé leur place dans la partie du hall située derrière les ascenseurs.



Félicitons les architectes Desbrosses, Appel et Weil, qui ont fait judicieusement établir leurs plans, et le Bureau d'Etudes Betermine pour les avoir secondés dans la mise au point et l'application de la préfabrication lourde. Il nous plaît de rendre hommage à la Société locale « *Reiter Women* » qui, sous le patronage de la Société Nationale du Logement, a pris l'initiative de cette belle réalisation. Enfin, il y a lieu de mentionner la Société des Travaux en Béton et Drapages « *Stimbed* », chargée de l'entreprise générale et qui a mené à bonne fin et avec une diligence méritoire d'une exécution, ces importants travaux.

L. DESBROSSES,
Ingénieur.



FIG. 3. — SYDNEY, AU DÉBUT DU PORT DE SYDNEY, LA VUE ÉTOIT JUSQU'À CE JOUR LE GRAND ŒUVRE DE L'ÉTAT AUSTRALIEN DE LA NOUVELLE GÉOMÉTRIE DU SOUL.

Si cette conception, pour le moins peu orthodoxe, d'un ouvrage qui, d'ordinaire, se présente comme un monument — souvent le plus important d'une ville — a séduit le jury du concours, elle n'a pas convaincu d'abord d'habiter la population, puis de construire un hôtel général. Mais, comme disent les Anglais : « Les choses viennent, le contraire passe... » Auprès d'au Sydney, qui a pris son parti de cette gageure, on se pose plus que deux questions : « Quand notre Maître Opéra australien a-t-il ses parties ? » « Combien, finalement, nous aura-t-il coûté ? » car, des quelques 35 millions de francs prévus au départ, on en était à plus de 250 millions à la fin de 1955, 550 millions le 8 mars 1958 et plus de 650 millions au 1^{er} janvier 1962 : les francs ont vué les choses, le milliard n'est pas loin, mais il semble que tout le monde en ait pris son parti, à commencer par les entreprises diverses appelées à coller leurs à ce grand œuvre et qui déclarent à l'envi « avoir appris beaucoup de choses et ne regretter ni leur peine, ni leur temps ». Comme on les comprend !

Il faut dire que, pour tous les architectes qui se veulent « dans le vent » — et Utzon a montré qu'il y était parfaitement — le défi lancé est le meilleur même, celui auquel on peut tout demander, du meilleur au pire, d'autant plus qu'il se trouve toujours des ingénieurs pour assurer l'exécution des projets les plus exotiques et même, parfois, les plus fétides.

C'est bien sans doute ce que s'était dit Jørn Utzon quand il avait esquisé l'image qu'il se faisait de la toiture du futur opéra, une image que les photographies des premières maquettes permettent de saisir sous plusieurs angles (fig. 2 à 4).

Évolution du projet

Pourtant, cette conception, cette vue de l'esprit, se montra irréalisable techniquement parlant. Elle

dut, en conséquence, subir de nombreuses transformations, les courbes gonflées devenant successivement des paraboles elliptiques, des paraboles cubiques, des ellipsoïdes, etc. Finalement, mais seulement après des années d'étude sur maquette et d'innombrables plans, ingénieurs, entrepreneurs et architectes s'entendirent sur une configuration de « voiles » en forme de coquilles qui n'avait plus, comme inconvenient majeur, que celui de nécessiter une technique d'exécution extrêmement complexe.

Or, à la surprise des ingénieurs (il en fut mobilisé un nombre plus de 200 par l'entreprise générale) cette technique, c'est Jørn Utzon lui-même qui l'imagina en suggérant une solution aussi simple qu'élegante, mais qui modifiait une fois de plus la forme des voiles. Celles-ci devenaient, en effet, chacune, un segment d'une même sphère — une sphère de 75 m de rayon — au pôle de laquelle se rejoignaient toutes les nervures, ou côtes, des coquilles (fig. 7).

Techniques d'exécution

En effet 18 mds furent encore nécessaires pour mettre au point la technique d'exécution en béton armé précontraint de cette nouvelle géométrie, et l'on y aurait sûrement encore si la calculatrice électronique n'avait pas été inventée... Il est vrai qu'il n'avait pas fallu moins de trois années et demi pour construire le soutassement de l'ouvrage, un ouvrage dont le poids est évalué à 100 000 t et dont



FIG. 2, 3 et 4. — Trois instantanés de la naissance de l'opéra. Ces coupes, figurant des voiles gonflées d'un vent venant du large, s'élèvent lentement vers l'horizon, où on modifie plusieurs fois les formes pour les terminer, en définitive, en segments d'une même sphère de 75 m de rayon.

Historique et analyse du projet

Qui a valu à Jørn Utzon le privilège d'être choisi ? Un arbitrage de quatre juges de nationalité australienne, britannique et américaine. Quelle particularité du projet dans ce lieu pu impressionner cet arbitrage ? Sans doute l'intensité d'un bâtiment devant apparaître, de la mer ou du ciel, comme un îlot de voiles gonflées du vent du large, cela parce qu'il devait s'édifier sur une petite presqu'île à l'entrée d'un grand port, et aussi, peut-être, parce que dans tout Danemark, filait architecte, sonnerie un marin...



les fondations ont obligé à fonder jusqu'en roc 700 pieux de 30 cm de diamètre, dont certains de 21 m de hauteur.

Ainsi en est-on arrivé à prélever au sol les 2 250 « côtes » des coquilles, des pièces pesant chacune de 7 à 12 t. Les mettre en place ne fut pas une petite affaire, les éléments de la « nef » principale s'élevant à environ 54 m au-dessus du gradium (57 m au-dessus du niveau de la mer). Pour y parvenir, il fallut trois grues de chacune 300 t/m de force de levage, se déplaçant sur les plates-formes métalliques (fig. 10), une arche télescopique temporaire et des échafaudages d'une complexité innée (fig. 8 et 9). L'ouvrage et le parc des matériaux en instance de montage occupent l'entière superficie de la petite presqu'île de Beuchang (ouest), soit près de 3 hectares (fig. 4).

Les coquilles ont été reconstruites et posées de tuiles en céramique blanche, alternativement mates et brillantes, rappelant la faïence chinoise de l'époque Ming (fig. 11). Il n'en fallut pas moins de 1 100 000 de plus de diverses dimensions, ce qui n'exclut pas pour autant d'associer en découpant sur place.

Les trois voûtes de gradium en béton de la grande salle ont été peñchabriques en atelier (fig. 12).



Fig. 8 et 9. —
Voûtes principales
et une des salles
côtées pendant la
construction. Les
coquilles, tempora-
irement, soutiennent
les poutres métalliques
en position,
en plus et à mesure
de leur levage,
les éléments
des coquilles, jusqu'à
ce qu'ils
puissent s'épanouir
sur tous les angles.



Fig. 6. — Les éléments du toit sont montés en position et soulevés jusqu'à occuper leur position finale (2,8 ha) de la plate-forme par laquelle l'ouvrage est édifié. Les éléments préfabriqués en béton, au premier plan, ont été coulés sur place.

Fig. 7 (suite). — Les éléments du toit sont en position. Pour lever en position les éléments des caquilles on a eu recours à trois grues. Celle du milieu la plus puissante (200 tonnes de force de levage). Les éléments pleuvent d'un toit de 7 à 12 m et sont de la grande nef s'élevant à 14 m au-dessus de la position.





FIG. 12. — Après six semaines de travaux. Au premier plan, cadres de grandes poutres fabriquées en béton armé.

Contrôle des premiers travaux par détection radioactive

Cette phase des travaux terminée, Oze Arup & Partners, ingénieurs-consults du projet, ont fait appel à Unisearch Ltd., société de recherche et de perfectionnement de l'Université de la Nouvelle-Galles du Sud, pour déceler par radioactivité les fissures éventuellement présentes dans les coques en béton de la cuvette.

En vertu d'un contrat passé avec le Commissariat australien à l'Énergie Atomique, Unisearch a, en effet, adjoint à ses activités scientifiques générales un service spécial spécialisé de détection par isotopes radioactifs qu'elle met à la disposition de l'industrie.

C'est pendant la première fois au monde que cette curieuse technique de « dépistage » a été appliquée à la vérification *in situ* de la bonne exé-

cution d'un ouvrage en béton armé, en vue d'y localiser d'éventuelles déficiences, des déficiences qui, d'ailleurs, n'auraient jamais été soupçonnées, à priori, décelées, par une autre méthode.

C'est sans doute aussi la première fois qu'un liquide contenant un radio-isotope — ici du carbone de sodium dont la demi-vie active est de 15 heures — a été refoulé sous pression dans une structure complexe.

Toujours est-il que la méthode utilisée a permis de déceler certaines vides entre le béton stabilisé — disons : ayant terminé sa cure — et les câbles d'acier de précontrainte dans les nervures de quelque 60 m de hauteur de la cuvette en question. Ces vides purent ainsi être comblés, éliminant le risque de corrosion des câbles par l'air marin.

La solution radioactive fut préparée dans une cure isolée et refoulée, par un compresseur d'air

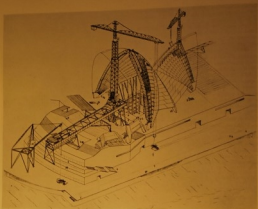


Fig. 10. — Vue en perspective au concret. Les poutres d'acier sont installées sur des passerelles. Elles peuvent basculer en orientation totale et ainsi capotées de lever 10 à 40 m de hauteur.



Fig. 11 (à gauche). — Les cintres — en caissons — sont montés en tubes cintrés en acier, alternativement mâles et femelles; celles-ci sont fixées par des poutres et des bandes en alliage de bronze-aluminium. Leur étanchéité est assurée par des bandes de caoutchouc.

Disposition des locaux.

Les figures 16 et 18 donnent une bonne idée de la distribution intérieure de l'ouvrage aux niveaux du podium et des sécrus. Quant à la coupe sur maquette de la figure 7, elle situe tous les composants du principal de l'édifice : la grande salle et son plafond acoustique; une portion de la scène, les dessous et le cintre qui, ici, se trouvent incorporés au bâtiment alors que, habituellement, ils constituent une tour extérieure, souvent peu esthétique.

Bien qu'au nombre de 2 000 000, les habitants de Sydney n'ont pas été considérés comme permettant de jouer des opéras à longueur d'année, on s'est dit que, pour que l'édifice ne demeure pas inemployé des mois durant, on a dû aménager à y prévoir : une grande salle (2 800 places) pour les concerts symphoniques à grand orchestre, les grands opéras et les chorales, et aussi les congrès réunissant de grandes foules; une salle plus petite appropriée aux spectacles de comédie, aux petits opéras, à la musique de chambre, aux conférences, etc. On y trouve encore, en supplément du projet initial, un théâtre d'avant-garde de 450 places et une salle de 300 places réservées à certains récitals; enfin, un restaurant.



FIG. 15. — Pose d'un élément de toiture en béton préfabriqué.



FIG. 16. — Plan architectural du podium de l'opéra.



FIG. 15 et 16. — Vues montrant la mise en place et montage successif des caissons en acier des caissons servant à la construction.

à piston, spécialement conçu pour la circonstance, entre les brins, des câbles étirés dans des guirnes au centre des caissons de béton. L'inspection fut conduite par des techniciens munis de compteurs à scintillations, l'intensité de ces scintillations étant, naturellement, proportionnelle à la quantité de solution traversant & s'accumulant en certains points des masses de béton, dans la où s'étaient formés des vides. Il n'y eut qu'à repérer soigneusement ces points pour porter remède aux déficiences constatées.

L'application de cette méthode fut étendue aux guirnes des câbles de précontrainte, mais en utilisant le moyeu-ment gamma du césium 137. Elle permit de dévaler une section de guirne complètement vide de béton.





FIG. 1. — Vue monumentale du nouveau Palais de Justice de Charleville-Mézières, long et clair édifice d'une grande noblesse de style, perché d'un vaste parvis sur lequel sera prochainement drapée une sculpture originale de Marcel Rimon symbolisant la Justice. À gauche, bâtiment pour logements de fonction.

LE NOUVEAU PALAIS DE JUSTICE DE CHARLEVILLE-MÉZIÈRES (ARDENNES)

Architectes : Jean-R. DUPRÉ, Architecte Départemental, DPLG, SAGG
en collaboration avec Jean-Paul DUPRÉ et Henri HAAPFEL, Architectes DPLG, SAGG.

Le nouveau Palais de Justice de Charleville-Mézières, qui vient de prendre place au cœur de la CGH Administrative du Département des Ardennes, se présente comme un long et clair édi-

fice, aux perspectives monumentales et d'une grande noblesse de style, qui précède un vaste parvis bordé d'un côté par un bâtiment de fonction à trois niveaux (fig. 1).

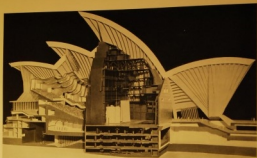


Fig. 17. — Coupe sans supports montrant la composition et la distribution intérieure de l'ouvrage. On observe que les dessous et la scène à eux isolés, dans que, substantiellement, ils forment une construction distincte, généralement peu esthétique.

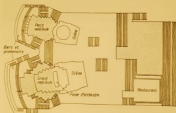


Fig. 18. — Plan architectural du théâtre des Opéra.

La documentation photographique illustrant les travaux de construction de l'Opéra des Opéra de Sydney à Sydney.

Attendez que tout cela soit fin prêt pour nous y introduire avec nos lecteurs.

Revenons maintenant, en terminant, non seulement à l'architecte de ce grand œuvre, mais à tous

ceux qui y ont collaboré et y collaborent encore : Ove Arup & Partners, les ingénieurs-conseils, déjà nommés et M. R. Hornibrook Pty. Ltd, l'entreprise générale.

Hervé Bressan.



Fig. 3. — Vue perspective et au ras du sol (avant), avec une galerie surplombant abritée haute de trois étages qui recouvre des piliers canalisés. Les remaniements architecturaux furent nécessaires pour réserver des services judiciaires spécialisés, conformément au schéma général voulu de l'édifice septennaire.

Dans le projet établi à l'origine, il avait été prévu trois salles d'audiences, dont les deux premières, de 400 places respectivement, devaient être réservées à la Cour d'Assises et au Tribunal de première instance, tandis que la troisième était destinée au Tribunal de Commerce.

Cependant, alors que les services administratifs avaient déjà pu être aménagés dans un bâtiment ancien, jugé digne d'être conservé après rénovation, et bien que les travaux militaires à réaménager eussent été réalisés dès 1954 à la Ville de Metz, la construction du Palais de Justice fut retardée d'une bonne dizaine d'années du fait de la

réorganisation des institutions judiciaires intervenue entre-temps, qui imposa un remaniement complet du projet initial.

Sur la surface rendue disponible de 6 hectares, circonscrite par deux bras de la Moselle et deux canaux (fig. 3), la Cité Administrative comprend aujourd'hui, à proximité de la Préfecture des Ardennes et de l'Hôtel de Ville, entre le Palais de Justice et le bâtiment ancien des logements de fonction (fig. 4), l'immense programme de services administratifs, les archives départementales, un groupe scolaire, des bâtiments d'habitation et quelques espaces verts (fig. 2).



FIG. 2. — Vue aérienne du nouveau quartier du J.E.P. Grismonard, qui comprend, sur 5 ha, le Palais de Justice et ses dépendances de justice, les archives départementales, un groupe scolaire et des bâtiments d'habitation en milieu d'espace vert.

Historique du projet

L'ancien Palais de Justice avait été entièrement détruit au cours de la guerre de 1939-1945. Aussitôt-il décidé, en principe, peu avant la fin des hostilités, de le reconstruire dans le cadre d'un programme d'ensemble mis à l'étude dans le but de regrouper tous les services départementaux sur les terrains de la vieille citadelle de Vannes.

Une photographie de l'ancien et actuel état urbain du Palais de Justice.



FIG. 3. — Plan schématisé du J.E.P. Grismonard inscrit dans une bande de la Vienne, à proximité immédiate de l'Hôtel de Ville et de la Préfecture.



FIG. 4. — La séquence avec laquelle on reconstruit, érigé sur la colline d'ouest du parc qui précède le Palais de Justice.

lement, en session extraordinaire, pour les procès au Cour d'Assises; l'auditoire, de 85 places, est affectée au Tribunal de Commerce (fig. 7).

Ceux des services affectés à la première salle qui sont nécessaires et utiles à la bonne marche des audiences, tels que salle du Conseil, bureaux du Président, du greffier, des avocats, du bâtonnier, des avoués, bureaux pour le public et les témoins, etc., ont été répartis sur le pourtour et au même niveau. Par contre, les bureaux de la Présidence et des magistrats du siège, avec leur bibliothèque, ont été placés au premier étage (fig. 8) de manière à leur assurer une grande liberté de mouvement, tout en leur ménageant une liaison directe avec la salle d'audience. Des dispositions analogues ont été adoptées pour les services du Tribunal de Commerce, de moindre importance, qui font suite immédiatement à la salle d'audience correspondante.



Fig. 8. — Le hall en la salle des pas-perdus.

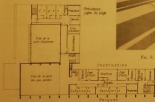


Fig. 9. — Plan du rez-de-chaussée.



Tous les services judiciaires spécialisés ont été distingués entre le premier et le second étage (fig. 9 et 10). L'instruction et le Parquet occupent le premier étage, tandis que les bureaux de la direction pénale et de l'application des peines sont installés au second (fig. 10).

Le gardiennage et la surveillance de la circulation dans l'édifice sont dévolus à un concierge, dont la loge, qui flanque la salle des pas-perdus, est disposée de

Fig. 10 (à gauche). — Plan du second étage.



Fig. 6. — Plan de l'entrée.

Description

La façade principale offre à la vue 14 surfaces vitrées hautes de 3 étages encadrées par des piliers massifs (fig. 5). Cette colonnade donne accès, au rez-de-chaussée, à la spacieuse salle des pas-perdus (fig. 8 et 11) qui constitue le centre de la composition et sur laquelle s'ordonnent également les deux salles d'audiences : celle du Tribunal de grande instance, de 150 places, est utilisable éga-

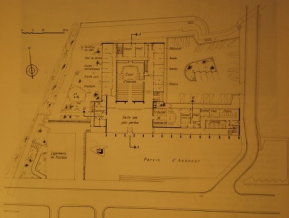


Fig. 7. — Plan de la salle de concert.

Fig. 13. — *Palazzo
moderno* (Soma et Evi) au
Palais de Justice,
dormant sur une
cour-jardin, avec
pour de station-
nement pour vé-
lours et auto d'ac-
cès indépendant.



Fig. 14. — *Coupe
longitudinale*.

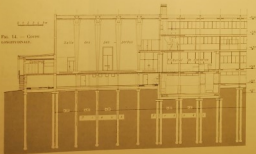




FIG. 11. — Vue de la salle des audiences, donnant les salles d'audiences (50 et 60 places).

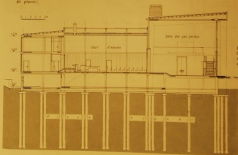


FIG. 12. — Coupe transversale.

montrer à permettre au public d'obtenir aisément les renseignements dont il peut avoir besoin.

Le sous-sol est occupé par les services généraux : archives des greffes, chauffage, entrée des accusés avec escaliers d'accès direct vers la salle d'audiences, vestiaires, etc. (Fig. 8).

Les ailes postérieures Nord et Est de l'édifice sont bordées par une cour-jardin avec pare de stationnement pour voitures et route d'accès indépendante (Fig. 13).

Détails de construction et équipements

La construction, en béton armé tout de décafrage ou revêtu de ciment superblanc, est du type traditionnel (Fig. 12 et 14). Toutes les menuiseries sont métalliques; celles de la façade principale forment murs-rideaux en avant des services spéciaux.

La fondation est appuyée sur pieux Franki. Il a été mis en œuvre, au total, 350 pieux Franki de 10,50 m de longueur moyenne, pour le Palais de Justice et les logements de fonction.

L'installation de chauffage à eau chaude est raccordée au réseau de chauffage urbain de la Ville de Lausanne. Les locaux accessibles au public sont chauffés par le plancher; de plus, un chauffage intermittent d'appoint, avec extraction de l'air vicié, équipe les salles d'audiences. Les bureaux sont



Fig. 1. — L'école secondaire de Cheddar (Somerset). Vue de la façade Nord prise vers l'entrée principale de l'école. Sous le balcon intérieur des portes hautes avec le haut central qui monte sur un étage. Au fond, l'aile des travaux pratiques et des laboratoires.

L'ÉCOLE SECONDAIRE DE CHEDDAR (ANGLETERRE)

Architecte : Bernard C. ADAMS, *archt.*, County Architect, Somerset.

La nouvelle école secondaire de Cheddar est une magistrale réalisation en ce sens qu'elle lui permet de participer l'enfant au développement harmonieux de sa propre personnalité et lui donne le cadre qui lui convient, dans un ensemble architectural de qualité.

C'est une œuvre marquée tout par l'habile distribution des plans que pour la juste proportion et l'heureuse ordonnance de ses façades, judicieusement réparties sur un vaste terrain dont l'architecte Bernard C. Adams a tiré un excellent parti.

Il convient ici d'ouvrir une parenthèse pour signaler la découverte sur le site, au moment du

commencement des études, de vestiges archéologiques, en l'occurrence de fondations d'une chapelle du Palais Royal Saxon datant du *x^e* siècle. C'était en fait la troisième chapelle, les deux précédentes étant du *x^e* et du *x^e* siècle.

Cette découverte fut un facteur déterminant du plan général de la nouvelle construction. Les restes de la chapelle furent préservés; mais les excavations archéologiques obligèrent l'architecte à monter pour le niveau de l'avant-cour, plus les que primitivement prévu.

Les traces des anciennes constructions ont été sauvegardées au moyen de petits Mosa visibles au niveau du terrain gazonné (Fig. 2 et 3).



FIG. 14. — Détail d'un montage acoustique. Montage à l'extérieur des parois en isolation parfaite et de plaques de fixation.

chauffés par le gléboil; les selles d'anchorage sont dotées de conditionneurs d'air.

Toutes les installations électriques et téléphoniques (réseau lumière, éclairage de sécurité, sonneries d'appel, etc.) sont encastrées sous tubes d'acier émaillé.

La correction acoustique a fait l'objet d'une étude particulière confiée à l'Entreprise I.T.A., qui a abouti à la mise en place, en collaboration avec les entreprises de chauffage, de sous-gléboillages

acoustiques et radiants. Le matériau isolant est un feutre isolant et absorbant, qui, combiné avec un posé en ondulations peckant (fig. 15), se présente sous la forme de laines en bandes dont la surface est rigoureusement plane. Laqué en mine, il est livré sur le chantier prêt à la pose. Sa fixation s'effectue au moyen de clips, eux-mêmes fixés sur une armature métallique, ce qui permet un démontage très facile des panneaux. Le feutre acoustique absorbant (de 25 mm d'épaisseur) est placé au-dessus des tubes chauffants.

A

La décoration est accordée à l'austérité des lieux, qu'évoquent discrètement les deux motifs symétriques dessinés par Marcel Bloem, grand prix de sculpture, qui ornent les poutres de la porte de la salle d'audience de la Cour d'Assises (fig. 16), en attendant qu'une sculpture originale exécutée par le même artiste et symbolisant la Justice vienne reposer sur son socle sur le parvis du Palais.

Ce temple de Thémis, d'inspiration classique et de facture moderne, fait le plus grand honneur à l'équipe d'architectes qui en a dressé les plans.

A. B.



FIG. 16. — Motifs sculptés ornant les poutres de la porte de la salle d'audience de la Cour d'Assises, réalisés par Marcel Bloem, grand prix de sculpture.



Fig. 2. — Vue sur la Faculté de M. Au centre, la salle de musique avec sa terrasse reliée aux deux escaliers situés de part et d'autre. A l'avant-plan à droite, le mur aveugle de la salle de géométrie. En face les deux on remarque la partie où se trouve la grande salle de récréation, prenant la hauteur de deux étages.

Le choix à Gheddaf fut particulièrement heureux comme nous l'avons dit plus haut et l'architecture a pu établir de façon de réaliser des communications directes avec les espaces verts existants et tirer le meilleur parti des ressources que lui offrait le paysage (fig. 2).

L'orientation générale de l'ensemble étant Nord-Sud, les ailes des classes ont une orientation Est-Ouest. Le plan général (fig. 3) montre bien le parti architectural adopté et la bonne utilisation du terrain. Le bâtiment de l'école a été reporté loin de la route avant tout en raison des direc-



Fig. 3. — La salle d'attente. Au fond, l'entrée des professeurs à gauche, une peinture murale dans l'alcôve et d'exprimer les exigences harmonieuses physiologiques de l'élève, chambre de culture des enseignants.



Fig. 2. — Vue d'ensemble montrant l'ampleur du terrain que l'on créait sur le campement existant. À l'avant-plan, le site archéologique découvert au moment des études. Les traces des anciennes constructions ont été incorporées au réseau de petits murs répartis sur la photo. C'est ainsi que le réseau général de l'ensemble est plus bas que précédemment grâce aux fondations.



Fig. 3. — Plan des bâtiments existants, au Nord des bâtiments de l'école proprement dite, l'emplacement des vestiges archéologiques.

L'entrée principale des bâtiments a été définie par de longues pièces en béton et une passerelle dans l'axe de l'entrée.

C'est ainsi que dans l'ensemble, la nouvelle construction a été fort heureusement intégrée dans l'ancien site avec une vue vers les ruines de la chapelle. Les sites passés sont suggérés à l'extérieur par l'exposition des fondations existantes des constructions anciennes (fig. 2) et à l'intérieur par des dessins de peinture murale se trouvant dans le hall d'entrée et rappelant la formation géologique de Mendil Hills, chaîne de collines du voisinage (fig. 3).

Description générale

Près de 450 élèves (garçons et filles), la nouvelle école de Cheddah illustre fort bien les tendances actuelles de l'architecture moderne britannique : classes spacieuses et bien éclairées, construction économique (préfabrication poussée fort loin) et conçue dans l'ensemble en tenant compte des effets psychologiques de la disposition des locaux sur les jeunes enfants.

Il est très important de choisir le site de l'école en tenant compte de la nature du terrain et de son environnement.

Fig. 8. — Édifices en la maison de la municipalité, l'École inférieure avec la salle de musique. Remarquons le jeu de plans et celui que nous indiquons dans les plans restreints de ce bel ensemble.



Ici le plus fut respecté le principe d'éviter les ostentations d'entrée et les cages d'escaliers trop monumentales, et de réduire les circulations au minimum.

Deux escaliers bien implantés assurent la circulation verticale. Celui donnant dans le hall d'entrée sert principalement aux professeurs dont la salle de repos se trouve à l'étage. Le second escalier situé à l'intersection de la partie centrale avec l'aile des classes spéciales est celui des élèves, un certain nombre de classes étant prévues à l'étage.

Parmi les solutions heureuses il nous plaît de souligner le hall des expositions avec vitrines qui donne l'idée d'une utilisation rationnelle des espaces de circulation (fig. 13).

Les locaux tels que les bureaux du directeur, de son adjoint, du secrétaire, du médecin et l'infirmerie sont réduits au minimum et fort bien disposés.

La salle de récréation est en même temps le réfectoire des élèves et la cuisine toute proche s'intègre à l'ensemble au moment des repas grâce aux portes glissantes, qui tombent, isolent complètement les deux locaux (fig. 7 et 9).

Nous allons parcourir les divers locaux pour ajouter quelques commentaires.

Résumé ensembles

L'École, toujours rigoureusement centrale, a conduit à grouper au centre, et à proximité de l'entrée principale, les locaux de récréation, la grande salle de réunion (pouvant servir également de réfectoire), avec entrée et la salle de musique attenante. La position de la cuisine est fort heureuse, car tout en étant séparée de la salle de réunion par un dépaysement qui conduit à la salle de gymnastique, elle peut être facilement intégrée par l'ouverture des portes glissantes; le self service s'organise alors entre les deux locaux. La salle de gymnastique occupe l'extrémité de l'aile gauche, elle est complétée par des installations de douches et de vestiaires pour filles et garçons, situés dans la partie centrale de l'aile (fig. 7 et 10).

Les ateliers d'apprentissage, généralement bruyants, ont été reportés à l'extrémité de l'aile droite, évitant ainsi toute gêne pour les occupants des autres classes.

Il est aisé de remarquer l'entourage devant les ateliers d'une vaste surface pavée permettant aux élèves de travailler en plein air par beau temps. Lors de notre visite, nous y avons observé le groupe des garçons s'affairant autour d'une roue

Fig. 6. — Eclaircie
Noue, à l'extrémité gauche,
la circulation.



méth), des laboratoires (science et biologie), des classes de science rurale avec serre attenante.

A cet ensemble pédagogique proprement dit viennent s'ajouter une bibliothèque, une salle de révisions et une petite salle de musique. Enfin une salle de gymnastique avec vestiaires et douches pour garçons et filles complète ce bel ensemble éducatif.

Toutes les classes, salles et ateliers, sont pourvus d'un bon éclairage et d'une bonne orientation. Cette recherche a conduit l'architecte à une artère

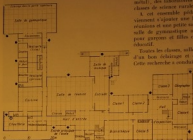


Fig. 7. — Plan et section
couloir. Le quadrillage
indique la ventilation de
la construction.

series archéologiques. Ce retrail a également eu pour résultat d'augmenter le tirant d'air général et de faciliter l'accès des services sur les côtés, en opposition avec l'entrée des élèves bien dégagée et garnie de vestiaires.

Les aménagements des abords furent étudiés avec beaucoup de soin. Un parking pour autos avec circulation à sens unique occupe la partie gauche du terrain. En avant et à droite l'emplacement pour garage des bicyclettes avec entrée qui servira également pour l'habitation du directeur prévue dans l'angle Nord-Est du terrain.

Description des plans

D'habitation modèle d'enseignement secondaire, destiné aux jeunes gens et aux jeunes filles, l'Ecole de Cherdak, qui comporte 18 classes, comprend tous les éléments permettant de donner une éducation absolument complète.

C'est ainsi que l'on y trouve, outre les classes de cours généraux, des salles de dessin, d'enseignement ménager, de couture, des ateliers d'apprentissage utilisés par les jeunes gens (bois et

l'acier), des laboratoires (science et biologie), des classes de science rurale avec serre attenante.

A cet ensemble pédagogique proprement dit viennent s'ajouter une bibliothèque, une salle de révisions et une petite salle de musique. Enfin une

salle de gymnastique avec vestiaires et douches pour garçons et filles complète ce bel ensemble éducatif.

Toutes les classes, salles et ateliers, sont pourvus d'un bon éclairage et d'une bonne orientation. Cette recherche a conduit l'architecte à une artère

FIG. 11. — La salle unique. La salle unique, l'architecte a judicieusement disposé les classes de science rurale, d'arts graphiques et les deux laboratoires. Les toilettes pour filles et garçons complètent cette intéressante partie de l'école.



baracation en construction. Dans la même aile l'architecte a judicieusement disposé les classes de science rurale, d'arts graphiques et les deux laboratoires. Les toilettes pour filles et garçons complètent cette intéressante partie de l'école.

La liaison de cette aile avec les classes de cours généraux se fait par le hall dit « d'expositions » où

PREMIER DESSIN

Construit sur une partie seulement de l'ensemble, et situé au centre, il est desservi par deux escaliers, dont l'un conduit principalement à la salle des professeurs, d'où l'on peut pénétrer vers les classes en passant par la grande salle d'enseignement mixte. Il convient de mentionner en détail pour souligner l'absence totale de dégagements inutilisés. Les élèves, comme nous l'avons dit

plus haut, accèdent aux classes par un escalier central et se rendent aux cours généraux et à ceux de couture et des arts ménagers, desservis par un petit hall et un dégagement (fig. 12).

Tout cela, pour n'avoir cité que quelques détails, a amené finalement à des combinaisons intérieures d'un pittoresque d'autant plus intéressant, qu'il est réglé par la logique.



FIG. 12. — Plan au 1/500.

l'escalier d'aspect fort heureux conduit les élèves à l'étage (fig. 5 et 11). Pour terminer la description des locaux du rez-de-chaussée mentionnons encore la bibliothèque (fig. 11), des bureaux administratifs, ainsi que la chaufferie, répartie, comme il se doit, tout à fait vers l'extrémité de l'aile gauche.

FIG. 12. — Plan au 1/500.



Fig. 9. — La même salle en section, avec l'entrée au fond. La déviation de cette salle apparaît fort bien de manière de la construction.

Les photographies ci-dessus ont été prises pour montrer les effets de lumière dans la salle de réception, pour les jours 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

Fig. 10. — La salle en section. ... Ici, dans la même salle, mais avec plus de lumière, comme il convient au caractère artistique d'un tel lieu.





Fig. 1. — *Vue aérienne du « Blue Tidewater Building » du Centre des Activités Physiques du Collège agricole et mécanique de l'Université de New York à Farmingdale (Long Island). Cet ouvrage circulaire constitue une salle de conférences et un théâtre de gala de 300 places; un gymnase et les bureaux de l'Association des Professeurs. En 1968, il fut agrandi d'une piscine olympique.*

LE GYMNASÉ DE L'INSTITUT AGRICOLE ET TECHNIQUE DE FARMINGDALE (N.Y.)

ET SON TOIT PLAN, CIRCULAIRE ET SUSPENDU
DE 43,50 MÈTRES DE DIAMÈTRE

Architecte-projeteur : Philip F. Meyer, du cabinet d'architectes Max O. Urbahn, New York

Le Collège Agricole et de Technologie Générale de l'Université de l'Etat de New York, s'est d'été doté d'un « Centre d'Activités Physiques » imposant; sa portion centrale, circulaire, qui en constitue le gymnase, ne mesure pas moins, en effet, de 43,50 m de diamètre. Concevoir ce volume de façon à y dégager de tout obstacle le libre exer-

cice des diverses activités, ne devait pas, a priori, poser de problèmes particuliers. Ainsi les ingénieurs-consultants consultés par les maîtres d'ouvrage s'empressèrent-ils de proposer un toit parasolaire, solution des plus rationnelles pour s'affranchir de la captation des colonnes, piliers ou poteaux.

Malheureusement, cette formule ne pouvait com-

Détail de construction

La logique, nous la trouvons aussi dans la construction modulaire qui fut réalisée suivant le système Vis Hüllman. La construction de l'école ayant été retardée par la découverte sur le site des vestiges archéologiques, l'usage du système philibégué et entièrement modulaire a permis de maîtriser tout le projet.

Le module adopté est de 2,06 m en plan et de 0,43 m hauteur. L'ossature est en charpente de bois de sapin, ce qui présente de multiples avantages (légereté, bonne isolation, économie).

Le matériau soil a exigé l'emploi de fondations en béton sur une très forte profondeur, et la construction en briques de l'infrastructure. La modularité a été pensée tout bois, notamment pour les pavements intérieurs et les chemins des allées (Rq. 13).

Les murs extérieurs sont revêtus de bois dur résistant aux intempéries, en lattes de terre cuite et en caissons soûvent enduits.

Les parties sous les fenêtres sont garnies de plaques en gypse noir. Tous les intérieurs sont revêtus de plaques de plâtre, de même que les plafonds.

Les escaliers, en bois, sont posés sur les poutrelles en acier. Les sols sont recouverts de bois de chêne pour la salle de réunion, la salle de gymnastique et la bibliothèque et de vinyle pour les autres locaux. Seuls les locaux sanitaires, cuisine et ateliers, sont posés en dalles de pierres reconstituées.

Le chauffage de tous les locaux est assuré au moyen de convecteurs et de radiateurs à eau chaude.

Certains locaux sont équipés de radios et de télévision.

■ ■

Félicitons l'architecte R. Adams pour cette œuvre pleine de sensibilité, où il s'est montré le véritable ami des jeunes, leur donnant le sentiment que cette école a véritablement été conçue et réalisée pour eux, à une échelle qui leur fait éprouver, avec une impression d'intimité, une grande sensation de liberté.

L. NEMOUMOU,

Ingenieur-Architecte.



FIG. 13. — Le bois s'harmonise avec l'escalier construisant avec les charpentes atténuées à l'étage. Le bois est posé dans la direction Nord-Sud. A droite, module construisant vers le hall de l'entrée principale. Toute la répétition des colonnes et le hall assurent de l'unité.

FIG. 4. — Vue en perspective de l'intérieur du bâtiment, montrant la structure de la grande salle, les colonnes et les escaliers, ainsi que les détails de la décoration intérieure.



FIG. 5. — Vue en perspective de l'intérieur du bâtiment, montrant la structure de la grande salle, les colonnes et les escaliers, ainsi que les détails de la décoration intérieure.



Fig. 2. — Le nouveau silo, vu de l'ouest. D'après photo, il a subi une belle affaire avec son appareillage en béton, ses encadrements de béton et son premier démonté central en quatre poutres de béton coulé d'un seul. C'est sur le terrain que l'on voit ici au premier plan que sera aménagée la galerie.

venir, car les matériaux de telle impossibilité, une cloison mobile pour pouvoir, à l'occasion, diviser en deux portions égales le volume en question (fig. 4).

Avec un plafond concave, il aurait fallu surmonter la cloison en question d'une partie dominante, en forme de segment de cercle, installé



Fig. 3. — Remplacement systématique de la solution adoptée pour valoir le gisement d'une couverture qui, bien que plane, dégage de tout piliers une aire circulaire de 18 m de diamètre. Pour plus de clarté, le nombre des portiques en béton précontraint supportant cette couverture, remplis en leur milieu par un anneau de tension double d'un anneau de compression, a été ramené de 12 à 6.

sur le premier chef puisqu'elle aurait défilé l'effet de couple, et que le poids eût dû, en outre, être pris en charge, avec celui de la cloison et de sa suspension, par la couverture.

Il fallait donc en venir à un plafond plan et trouver le moyen de le soutenir sur le plus grand diamètre possible tout en intégrant en son centre un hublot.

La solution apportée par les ingénieurs à ce difficile problème mérite d'être exposée.

A première vue, rien de plus simple pourtant : 12 portiques en béton armé surmontant une aire circulaire de 38 m de diamètre. Normalement, ces portiques se croisent coupés à leur intersection puisqu'ils auraient formé deux diamètres, légèrement espacés, d'un même cercle. Comme, cependant, il fallait ménager une ouverture au centre, pour le hublot, on dut les amputer chacun, en leur milieu, d'une même portion et en recroiser les tronçons à un double anneau commun : l'un, de tension, en acier; l'autre, de compression, en béton, d'où 24 demi-portiques.

Cette disposition est schématisée par la figure 3, où, toutefois, pour plus de clarté, le nombre des portiques est ramené à 6 au lieu de 12, ce qui donne 12 demi-portiques au lieu de 24.

A vrai dire, chaque demi-portique n'est pas une simple béquille plate, comme le laisserait penser la figure; il est constitué par une poutre horizontale, en béton précontraint, à profil en U, qui repose, par son extrémité libre, sur un pilier et se prolonge au-delà, en porte à faux une environ 2,25 m,



FIG. 6. — Vue au développement du béton (câbles en noir) à l'extrémité de la poutre en U, d'où émergent les deux tendons de précontrainte. Les câbles sont défilés au moment du recouvrement à l'extrémité central en acier.



FIG. 7 (à droite). — Vue générale des poutres posées en rangées et de leur condition d'entreposage de montage.

pour déterminer, au sol, autour du mur d'encadrement du gymnase, un large espace annulaire de service et de dégagement, platonné, lui, normalement. Ce porte-à-faux contribue à alléger le poids mort de l'ossature en sa partie centrale (fig. 3 et 5).

Comme on peut le voir sur la figure 9, les ailes des poutres en U n'ont pas même largeur de bout en bout. Cette largeur va croissant à partir de l'anneau de compression, où elle est de 0,342 m jusqu'à environ sa longueur où elle atteint 2,44 m, pour ne plus changer ensuite jusqu'au pilier.

Pour alléger au maximum le poids mort des poutres, l'âme de celles-ci n'a, uniformément, que 15 cm d'épaisseur, tout juste assez pour habiller latéralement les deux faisceaux, ou « tendons » post-tendus, de chacun sept câbles d'acier de 12,5 mm de diamètre, qui travaillent longitudinalement et précontrainignent chaque poutre (fig. 6). De leur ancrage arrière (au droit du recouvrement de la poutre à son pilier) à leur ancrage avant, à l'anneau de tension en acier (fig. 8), les tendons sont chargés obliquement de façon que l'ancrage avant se trouve plus bas que l'ancrage arrière (fig. 9). Il en résulte que la traction combinée des deux tendons de chaque poutre — une traction qui développe environ 230 000 kg — tend à soulèver l'anneau de tension et que, en conséquence, toute l'ossature de la couverture est comme soutenue en-dessus du vide de la rotonde par les deux paires

FIG. 12. — Vue intérieure de l'ossature métallique des pontons posés au-dessus des caissons, après leur mise en place, entre les dispositifs de guidage imaginés pour les maintenir en file de charges pilées.



FIG. 13. — Détail montrant le dispositif de guidage installé au-dessus de chaque pilier pour faciliter la pose de la poutre correspondante.

diamètre intérieur des lanternons a été limité à 4 m en chiffres ronds.

Comme le montre la photographie de la figure 4, le plafond cloisonné résultant du système de pontons ci-dessus décrit, n'a posé aucun problème quant à la pose du dispositif de compression de la cloison inférieure, repliable en accordéon et totalement déplaçable. En outre, il a permis une excellente et commodité répartition des lanternons, tout en procurant, de jour, de jolis effets d'éclairage d'angle, par diffusion entre les pontons de la lumière admise au lanternon, mais masquée à la vision directe par l'habillage des anneaux de compression et de tension.

Les poutres précontraintes en U, en béton à 350 bars, ont été préfabriquées à environ 80 km du site et, bien que pesant 25 t pièce (fig. 12), transportées à pied d'œuvre en camion. Elles furent mises en place à l'aide d'un échafaudage cylindrique en tubes métalliques, érigé au centre du gymnase, à l'aplomb des lanternons, au-dessus de tension et de compression (fig. 13). Les figures 10 à 13 illustrent la technique de pose.

Comme le montre le schéma global (fig. 1), le gymnase n'est que la portion centrale d'un vaste bâtiment circulaire, dont la partie annulaire extérieure a porté le diamètre à 28,20 m. Cette partie extérieure, plus haute que la partie centrale, a été construite en béton armé et recouverte d'une



Fig. 10. — Vue générale de l'ouvrage pendant sa construction, avant les pontons en tôle de la couverture supportant les autres pontons. Les arcs qui supportent maintenant des débris de la mise en place des pontons.



Fig. 11. — Vue de l'ouvrage montrant une section transversale qui supporte les pontons en tôle en tension de compression avec les anneaux de tension et de compression.

de tendons, à la façon, comme toute, du tablier d'un pont suspendu. La contrainte de traction qui s'exerce sur tout le pourtour de l'anneau de tension en acier est, nécessairement, prise en charge par l'anneau de compression en béton, dont l'épaisseur est identique à celle des pontons (fig. 10).

Afin de disposer d'anneaux de place pour ancrer les tendons à l'intérieur de l'anneau de traction, le



Fig. 12. — Vue de l'ouvrage montrant une section transversale. Les pontons pleins de tôle, bien qu'ils ne sont pas encore été préparés à quelque distance du site de l'ouvrage.

CALCUL DES CONSTRUCTIONS A L'EFFONDREMENT

par W. KERCKHOFF
Ingénieur A. I. G.

Professeur à l'Université Lovanium, Kinshasa (ex Léopoldville), Congo
Visiting Professor à l'Université officielle du Congo, Lubumbashi (ex Elisabethville)

Chapitre premier. Introduction

1. Nous nous occupons uniquement de constructions en matériaux ductiles tels que l'acier, dans lesquelles l'effondrement se produit par la formation d'un nombre de rotules plastiques suffisant pour transformer le système en une partie de celui-ci en un mécanisme.

Nous supposons connus les éléments du calcul élastoplastique des constructions tels qu'ils sont donnés au tome I de notre ouvrage *Stabilité des constructions* ⁽¹⁾.

Le but de la présente étude est de montrer au praticien, qui n'a en général pas le temps de faire de longs calculs, comment il peut déterminer rapidement les sections.

Pour le théoricien, nous montrerons comment en faisant l'application deux ou trois fois on peut arriver à un prix minimum.

2. Equilibre indifférent

Au tome III de notre ouvrage *Existence des solutions*, nous démontrons que lorsqu'un système est en équilibre indifférent et que nous lui donnons un déplacement virtuel correspondant au début d'effondrement, nous avons :

$$W_0 + W_1 = 0 \quad (1)$$

formule dans laquelle :

W_0 = travail effectué par les charges extérieures par suite de ce déplacement virtuel,

W_1 = travail interne absorbé par suite de ce déplacement virtuel (W_1 , étant du travail absorbé, est négatif).

⁽¹⁾ Rappelons, du Professeur W. Kerckhoff, l'étude qui a été publiée récemment par La Technische des Travaux (numéros de novembre à septembre-octobre 1961) sous le titre : « Planchement d'ensemble d'un bâtiment à diagonales ».

⁽²⁾ Rappelons que si la section est connue la valeur absolue de M_p est connue, si la poutre est soumise de part et d'autre à section variable, il est évident que M_p varie d'une section à l'autre.

3. Rappel des conditions d'effondrement

Au tome I de notre ouvrage *Stabilité des constructions* nous montrons que pour obtenir l'effondrement par formation de mécanisme il faut que les trois conditions suivantes soient satisfaites.

a) Formation de rotules plastiques (c'est à dire de sections dans lesquelles le moment fléchissant M dans ces sections soit égal au moment plastique M_p ⁽¹⁾ de ces sections) en nombre suffisant pour transformer le système en un mécanisme total ou partiel.

b) Que ce système avec ces rotules plastiques soit en équilibre indifférent sous l'action des charges.

c) Qu'entre les rotules non mentionnées il ne se forme pas d'autres rotules plastiques ou en d'autres termes que le moment fléchissant M soit inférieur au moment plastique des sections situées entre les rotules dont mention en a) ⁽²⁾.

Chapitre II. Détermination du mécanisme d'effondrement

§ 1. Marche générale

1. Dans les méthodes classiques, on se donne les profils et on détermine l'emplacement des rotules plastiques sous l'action des charges.

Ici nous choisissons à l'avance l'emplacement des rotules plastiques qui transforment le système en un mécanisme total ou partiel et nous déterminons les sections au droit de ces rotules plastiques et entre celles-ci. Nous développerons deux méthodes.

⁽¹⁾ Comme on chargeait progressivement le système il se pouvait que l'on eût vu l'effondrement il se produisait deux rotules plastiques en même temps, la condition a) ne doit pas toujours être satisfaites. En la satisfaisant on a un cas limite de stabilité.



Fig. 15. — Ici on place, soutenant, l'arc-boutant de compression étant en place, la voûte en béton des bandes de précontrainte des poutres en U.

dalle circulaire, bordée d'un parapet et soutenue par des poutres radiales en U, également précontraintes. L'ensemble (fig. 5 et 16) épouse la forme d'une rotonde très basse, au centre de laquelle émerge une épaisse tour polygonale — la pyramide — s'élevait sur un large et haut vestibule fermé en avant par un fronton décoratif en quatre

panneaux de béton coulé d'avance (fig. 2). Les arcs en vestibule sont intérieurs.

Les photographies des figures 5 et 16 témoignent du souci artistique et esthétique qui a présidé aux aménagements et à la décoration des circulations et dépendances de l'ouvrage. Fermé comme il est sur l'extérieur, celui-ci, appareillé en briques, avec encadrements de béton figurant des poutres, a belle allure, mais il est d'un aspect sévère. Sans doute l'a-t-on voulu davantage temple du sport et cadre de manifestations éducatives (conférences, expositions d'œuvres d'art, etc.) que salle de Bata, de bal et de théâtre, ce que, pourtant, il sera en maintes occasions au long de l'année.



Pour cette réalisation originale, rendons hommage, non seulement à l'architecte Philip F. Meyer, du cabinet Max O. Ehrlich, de New York, mais aussi aux ingénieurs-constructionneers Summers & McKie, aux ingénieurs-mécaniciens Frank J. Sullivan, ainsi qu'à l'entrepreneur général, l'Anderson Construction Co. (Richard Samolovitch, Directeur des travaux).

René Bascotain.



Fig. 16. — Vue vers salon et adossées. Tout noir, des angles d'élèves de la section des beaux-arts.

Dès lors la détermination de $M_{A,E}$ peut se faire suivant l'une des deux méthodes suivantes.

A. Première méthode de détermination de $M_{A,E}$

Exprimons que sous l'action de SP_1 , SP_2 , SP_3 et SP_4 et des moments plastiques en F , G , H et D le système est en équilibre indéformé c'est-à-dire qu'en donnant le déplacement virtuel de la figure 1 on a :

$$\overline{W}_T + \overline{W}_R = 0.$$

Or

$$\overline{W}_T = SP_1 \cdot FF' + SP_2 \cdot GG' + SP_3 \cdot HH'$$

(FF' , GG' , HH' étant des quantités positives).

Notons que tous les déplacements peuvent être exprimés en fonction de FF' que nous nous donnons arbitrairement.

Calcul de $\overline{W}_R$. C'est la somme des travaux de $M_{A,E}$, $M_{B,D}$, $M_{C,H}$ et $M_{D,A}$.

Isolons AF' (Fig. 3).



Fig. 3.

Le travail de $M_{A,E}$ est $M_{A,E} \cdot (\alpha + \beta)$ et est négatif puisque c'est du travail absorbé.

Le travail de $M_{B,D}$ est (Fig. 4) : $M_{B,D} \cdot \gamma$ (négatif), et ainsi de suite.



Fig. 4.

Donc :

$$\overline{W}_R = -[|M_{A,E}| \cdot (\alpha + \beta) + |M_{B,D}| \cdot |\gamma| + |M_{C,H}| \cdot |\delta| + |M_{D,A}| \cdot |\epsilon|].$$

Or α , β , γ , δ , ϵ peuvent s'exprimer en fonction de FF' et d'après les formules (2), (3) et (4) : $|M_{A,E}|$, $|M_{B,D}|$ et $|M_{C,H}|$ peuvent s'exprimer en fonction de $|M_{A,E}|$.

Dès lors la formule $\overline{W}_T + \overline{W}_R = 0$ nous donne la valeur de $|M_{A,E}|$.

B. Deuxième méthode de détermination de $M_{A,E}$

Isolons AF' (Fig. 5).



Fig. 5.

Une équation de moment autour de A nous donne T_2 en fonction de $M_{A,E}$.

Isolons FBG (Fig. 6).



Fig. 6.

Une équation de moment autour de B nous donne T_3 en fonction de $M_{A,E}$.

Isolons GCH (Fig. 7).



Fig. 7.

Une équation de moment autour de C donne T_4 en fonction de $M_{A,E}$.

Isolons HD (Fig. 8).



Fig. 8.

Une équation de moment autour de D donne la valeur de T_5 et par conséquent celle de $M_{A,E}$.

Ayant cette valeur de $M_{A,E}$, nous pouvons déterminer le profil à mettre au droit des différentes rotules plastiques.

De plus nous pouvons dessiner la ligne des M dans un tronçon quelconque.



Fig. 1

§ 2. Première méthode

1. Soit, pour fixer les idées, une poutre continue (Fig. 1) sollicitée par des charges P_1, P_2, P_3, P_4 .

Multiplicons celle-ci par le coefficient de sécurité $S=1,7$ et calculons la poutre à l'effondrement sous l'action des charges SP_1, SP_2, SP_3, SP_4 .

Choisissons l'emplacement des rotules en F, G, H et D de façon à transformer le système en un mécanisme (la poutre DE est isostatique).

Dès lors la condition a) est satisfaite.

Pour qu'effectivement en F, G, H et D il se produise des rotules plastiques sous l'action de SP_1, SP_2, SP_3 et SP_4 , nous allons déterminer les sections en F, G, H et D en supposant que l'épave doit être indifférent (voir plus loin quelques détails à ce sujet).

Dès lors la condition b) est satisfaite et nous connaissons la valeur des moments plastiques en F, G, H et D.

À ce moment nous pouvons tracer la ligne des M et choisir les sections entre les rotules de façon que partout M soit inférieur ou M_p de la section. Dès lors la condition c) est satisfaite.

2. Détermination des moments et sections en F, G, H et D

Nous avons vu que sous l'action de SP_1, SP_2, SP_3 et SP_4 , il faut produire en F, G, H et D des moments plastiques $M_{p,F}, M_{p,G}, M_{p,H}$ et $M_{p,D}$. A cet effet nous procédons par exemple $[M_{p,F}]$ comme il suit et nous écrivons que :

$$[M_{p,F}] = q_1 [M_{p,F}] \quad (2)$$

$$[M_{p,G}] = q_2 [M_{p,F}] \quad (3)$$

$$[M_{p,H}] = q_3 [M_{p,F}] \quad (4)$$



Fig. 2

formules dans lesquelles q_1, q_2 et q_3 sont des coefficients positifs que nous nous imposons. (Faisons remarquer que très souvent pour une raison d'économie on aura intérêt à choisir $q_1 = q_2 = q_3 = 1$). Sous l'action de SP_1, SP_2, SP_3 et SP_4 le système doit être en équilibre indifférent.

Donnons au système un déplacement virtuel simulant un début d'effondrement.

Nous obtenons soit la figure 1, soit la figure 2.

Pour savoir si l'effondrement se fera suivant la figure 1 ou suivant la figure 2, exprimons le travail des forces extérieures dans l'un et l'autre cas.

Dans le premier cas il est :

$$SP_1 \cdot FF' - SP_2 \cdot GG' + SP_3 \cdot HH'$$

(FF', GG', HH' étant comptés positivement).

Il est évident que lors de l'effondrement le travail des forces extérieures doit être positif puisque c'est une partie de ce travail qui est convertie en énergie cinétique, l'autre partie étant absorbée par les rotules.

C'est cette condition qui nous dira si l'effondrement se fera suivant la figure 1 ou suivant la figure 2.

Supposons, pour fixer les idées, que l'effondrement se fasse suivant la figure 1.

À ce moment nous pouvons déterminer les signes des moments plastiques $M_{p,F}, M_{p,G}, M_{p,H}$ et $M_{p,D}$.

Par exemple, comme suivant AFB (Fig. 1) la fibre inférieure en F est étirée, c'est que $M_{p,F}$ est positif (en utilisant les conventions de signes de nos ouvrages Résistance des matériaux et Solidité des constructions).

De même $M_{p,G} > 0, M_{p,H} < 0$ et $M_{p,D} > 0$.

2. Avantages du système

a) Nous devons choisir uniquement l'emplacement des rotules ordinaires franchissant le système en un système isostatique.

Nous avons à calculer ce système sous l'action de SP_1 , SP_2 , ... ce qui est extrêmement facile.

Nous venons d'autre part qu'à moins d'avoir fait un choix très maladroit de l'emplacement de ces rotules, la solution sera éconologique et qu'on peut d'ailleurs très facilement ajuster l'emplacement de ces rotules si le premier choix n'a pas été très judicieux.

b) Si nous mettons réellement des rotules ordinaires aux endroits choisis (ce qui n'est pas indispensable comme nous venons plus loin), il est évident que dès le début de la mise en charge (en faisant croître progressivement SP_1 , SP_2 , ... de zéro à leur valeur finale) le système travaille en système isostatique et on doit des rotules $R=0$.

Nous connaissons donc parfaitement l'emplacement de la rotule plastique qui se forme lors de l'effondrement, ce qui n'est pas le cas dans les autres méthodes dans lesquelles on ne sait pas automatiquement quelle est la rotule qui se forme en dernier lieu ni l'ordre de formation des différentes rotules plastiques.

c) Nous venons plus loin quelques autres avantages qui résultent de ce système isostatique à rotules ordinaires.

Chapitre III. Applications

1. Comme les méthodes décrites au chapitre II sont toutes théoriquement bonnes mais que pour trouver une solution éconologique il faut avoir un peu de flair, nous donnons en détails les calculs établis par chacune des méthodes sur un exemple numérique.

2. Exemple numérique n° 1

Soit (fig. 10) une poutre continue sollicitée par les charges de sécurité de 5 t en B et de 4 t en E.

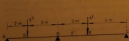


Fig. 10.

Les charges qui produisent l'effondrement sont : en B :

$$1,7 \times 5 = 8,5 \text{ t,}$$

en E :

$$1,7 \times 4 = 6,8 \text{ t.}$$

Comme, par flair, nous considérons que les moments sont les plus grands en B et en E, mettons les rotules plastiques en ces endroits.

Nous transformons ainsi la poutre BC en un mécanisme (fig. 11).

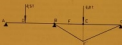


Fig. 11.

Donnons au système un déplacement virtuel simulant l'effondrement.

Il est évident que BE doit être dirigé vers le bas (et non vers le haut) puisque (fig. 11) la seule force qui effectue du travail dans ce déplacement est celle qui se trouve en E et que le travail T_E doit être positif, ce qui est vrai quand BE a la même sens que la force (6,8 t).

Cela nous montre que lors de l'effondrement (fig. 12), les fibres inférieures en E sont étirées (donc $M_{E,2} < 0$) et que les fibres supérieures en B sont étirées (donc $M_{B,2} > 0$).

En suivant la méthode du § 2, imposons nous $q_1 = 1$.

Nous avons :

$$|M_{B,1}| = |M_{E,1}| = |M_1|.$$

C'est une solution éconologique car dans ce cas la poutre BC sera alors prismatique.

Calculons M_1 .

A cet effet isolons BE. Nous obtenons la figure 12. En B nous mettons un M_1 croisé de l'extension dans les fibres supérieures et en E un M_1 qui crée de l'extension dans les fibres inférieures.



Fig. 12.

Nous choisissons le profil entre les rotules de façon à ce que partout M soit inférieur au M_p de la section.

3. Remarque

Au n° 1 nous avons choisi l'emplacement des rotules en F, G, H et B (Fig. 1) de façon à transformer le système en un mécanisme à peu près total.

Nous aurions pu tout aussi bien transformer le système en un mécanisme total.

Nous aurions pu aussi transformer le système en un mécanisme partiel en choisissant une rotule plastique en F et une autre en B (Fig. 2).

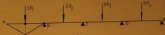


Fig. 2.

Nous aurions pu déterminer $M_{p,1}$ et $M_{p,2}$ par un procédé analogue au précédent.

Cependant dans ce cas le système ABCB reste hyperstatique.

Afin d'éviter de devoir calculer un système hyperstatique il vaut donc mieux transformer le système en un mécanisme total ou tel que le reste de la construction soit isostatique.

4. Arrivons en la fin

Nous voyons que par cette méthode le seul choix que nous ayons dû faire est l'emplacement des rotules plastiques transformant le système (ou une partie de celui-ci) en un mécanisme ainsi que le rapport q des moments plastiques.

Tout le reste s'en déduit par la statique.

Si le choix de l'emplacement des rotules plastiques a été malheureux, la seule chose qui peut en résulter c'est que soit les M_p au droit des rotules plastiques, soit les M_{max} entre ces rotules soient trop élevés et que de ce fait la construction ne soit pas économique.

Cependant avec un peu de flair, on arrive facilement à une construction économique.

5. Détermination de la solution

Nous avons dû choisir à l'avance l'emplacement des rotules transformant le système en un mécanisme partiel ou total.

C'est est indispensable car c'est de ce choix que résulte :

- le genre de mécanisme de rupture;
- le sens des déplacements lors de l'effondrement (de façon à ce que $V_0 > 0$), ce qui donne le signe des M_p et ce qui permet dans la suite de déterminer la ligne des M .

§ 3. Deuxième méthode

1. Rotules continues

Choisissons les emplacements 1, 2, 3, ... des rotules plastiques. Soient $M_{p,1}$, $M_{p,2} = q_2 M_{p,1}$, $M_{p,3} = q_3 M_{p,1}$, ... les moments plastiques dans ces sections.

Au § 2 n° 2 nous avons choisi $q_1, q_2, \dots \neq 0$.

Nous pourrions évidemment choisir

$$q_1 = q_2 = \dots = 0,$$

Dans ce cas :

$$M_{p,1} \neq 0$$

$$M_{p,2} = M_{p,3} = \dots = 0.$$

Cela correspond au cas où nous substituons dans les sections 2, 3, ... des rotules ordinaires.

Dans ce cas nous ne devons plus déterminer le signe de $M_{p,1}$, $M_{p,2}$, ... puisque ces moments sont nuls.

Nous ne devons donc plus transformer le système en un mécanisme (ce qui servait à déterminer le signe des différents M_p) et il nous suffit de choisir l'emplacement des rotules ordinaires 2, 3, ... transformant le système (ou une partie de celui-ci) en un système isostatique.

Par conséquent, pour la facilité des calculs, nous choisirons l'emplacement des rotules 2, 3, ... de façon à transformer le système total en un système isostatique.

Nous calculerons ce système sous l'action de $SP_1, SP_2, \dots$ et nous choisirons les profils de façon à ce que partout, sauf en un endroit $M < M_p$ et que dans une section $M = M_p$.

C'est dans cette dernière section que se produira la rotule plastique qui transformera le système en un mécanisme ^(*).

(*) Cette supposition évidemment qu'en 2, 3, ... nous ayons mis réellement des rotules ordinaires ou qui n'est pas absolument nécessaire d'après ce que nous verrons plus loin.

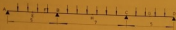


Fig. 16.

Si AB était une poutre appuyée aux deux bouts, la ligne des M serait parabolique et en E (milieu de AB) :

$$M = -\frac{p l^2}{8} = -3,13 \text{ tm.}$$

Nous obtenons la figure 17.



Fig. 17.

Économiquement parlant nous avons intérêt à ce que :

$$M_A = -M_B.$$

A cet effet, prenons :

$$EB' = -\frac{p l^2}{8} = -1,04 \text{ tm}$$

et traçons la droite $AE'B'$ qui servira de repère. Nous aurons :

$$M_A = EB'E = 2EB'E = EB'E' = -M_A.$$

Ce repère coupe la parabole en F correspondant au point E .

C'est là que M sera nul. Ainsi mettons en F une rotule ordinaire ($FB = 1 \text{ m}$).

Mettons de même une rotule ordinaire en G ($CG = 1 \text{ m}$).

Nous avons ainsi transformé la poutre $ABCD$ en un système *caillévère*.

Cela revient évidemment au même de calculer ce système isostatique à l'effondrement sous l'action de SP ou par les méthodes élastiques sous l'action de $p^{(1)}$.

Faisons un calcul élastique sous l'action de $p = 11 \text{ m}$.

(1) Étant donné que la théorie du calcul élasto-plastique et la détermination de δ sont faites pour ne pas modifier la structure dans le cas de système isostatique.

$$M_A = -\frac{1 \times 7^2}{8} + 2,08 = -4,14 + 2,08 = -2,06 \text{ tm.}$$

Nous constatons donc que :

$$M_A = -2,06 \text{ tm; } M_B = 2,06 \text{ tm; } M_C = -4,06 \text{ tm.}$$

Pour obtenir une construction rigide, donc élastomorphe au point de vue poids il faudra prendre une poutre prismatique renforcée dans la partie médiane de BC .

Une telle solution est très valable mais pourrait être désavantageuse au point de vue main-d'œuvre.

Ainsi tâchons d'améliorer la situation par un choix plus judicieux de l'emplacement des rotules F et G .

Nous pourrions par exemple nous imposer

$$M_A = -M_B = -M_C$$

c'est-à-dire

$$M_A = -\frac{p l^2}{14} = -3,07 \text{ tm.}$$

Donc $EB'E = 3,07 \text{ tm}$ d'où nous traçons $AE'E'$ qui coupe la parabole en F_1 qui donne le nouvel emplacement de la rotule.

Dans ce cas :

$$M_A = -1,7 \text{ tm; } M_B = 3,07 \text{ tm; } M_C = -3,07 \text{ tm.}$$

Nous constatons que dans ce cas les parties AF_1 et DC_1 sont trop fortes et on pourrait réduire la section de ces parties.

Il est évident que d'autres facteurs peuvent entrer en jeu (par exemple la hauteur libre sous la travée centrale).

Chapitre IV. Renforcement du système

1. Théorème I

Soit un système non renforcé (NR) s'effondrant par la formation de rotules plastiques en $A, B, C, \dots$ sous l'action de $kp_1, kp_2, \dots$

Renforçons le système entre les rotules. Nous obtenons un système semi-renforcé (SR).

Nous allons démontrer que le système (SR) pourra sous l'action des mêmes charges $kp_1, kp_2, \dots$ et subir la même mécanisme que le système (NR).

Une équation de moment autour de B donne :

$$(0,8 - T_2) 3 - 2 M_B = 0$$

d'où :

$$M_B = 1,5 (0,8 - T_2)$$

Isolons EC. Nous obtenons la figure 13.



Fig. 13.

Une équation de moment autour de C donne :

$$1,5 (0,8 - T_2) - 4 T_2 = 0$$

d'où :

$$T_2 = 1,86 \text{ t.}$$

Donc :

$$M_B = 1,5 (0,8 - 1,86) = -1,4 \text{ tm.}$$

Choisissons en B et en E un profil ayant un moment plastique de 1,4 tm.

Comme on le verra une M est une section avec une section.

Nous avons que le moment sera maximum en B et calculons M en cet endroit.



Fig. 14.

Isolons AB (Fig. 14). Une équation de moment autour de B donne :

$$5 R_A - 8,5 \times 1 + 1,4 = 0$$

d'où

$$R_A = 1,62 \text{ t.}$$

Isolons AD (Fig. 15) nous trouvons :



Fig. 15.

$$M_D = -1,62 \times 2 = -3,24 \text{ tm.}$$

Nous choisissons pour AD un profil tel qu'en B :

$$|M_D| < M_{pD}$$

Dans et sur la longueur ABC nous mettons un profil prismatique tel que son $|M_D| = 7,4 \text{ tm}$, il se termine en B et en C des rotules plastiques et ailleurs M sera partout inférieure à $|M_D|$.

La solution sera économique car :

a) le profil est prismatique et par conséquent le prix de la main-d'œuvre de fabrication est faible;

b) comme en D, M est à peu près égal à $|M_D|$ la poutre AB n'est pas beaucoup trop forte.

Nous voyons donc qu'avec un peu de flair nous avons pu choisir convenablement l'emplacement des rotules plastiques.

3. Exemple numérique n° 2

Pretons le même exemple qu'en n° 2 (fig. 10) et résolvons la question par la méthode décrite au 1.1.

Comme par flair acquis par le calcul élastique, nous savons que M_D sera positif et M_B sera négatif et que pour obtenir l'économique nous avons intérêt à ce que $|M_D| = |M_B|$, comme la ligne des moments fléchissants de B à E est une droite, le moment fléchissant en F (à mi-distance de BE) sera nul.

Ainsi mettons-nous en F une rotule ordinaire. Le système ABC est donc une poutre Cantilever.

En calculant celle-ci sous l'action des charges produisant l'effondrement nous obtenons :

$$M_D = -7,24 \text{ tm; } M_B = 7,4 \text{ tm; } M_F = -7,4 \text{ tm,}$$

c'est-à-dire les mêmes résultats qu'en 1.2.

Nous constatons qu'avec bien peu de flair nous avons trouvé une solution très économique en faisant simplement le calcul d'un système élastique.

Nous verrons plus loin qu'il n'est pas indispensable de mettre réellement une rotule en F car en ne la mettant pas, on renforce le système en F et nous démontrons plus loin que ce système renforcé est au moins aussi résistant que le système non renforcé (cela résulte d'ailleurs du calcul du calcul élastique en n° 2 pour la poutre ne possédant pas de rotule en F).

4. Exemple numérique n° 3

Soit une poutre continue sur quatre appuis chargée uniformément de 1 t/m (fig. 16).

4. Corollaire I

Nous avons vu plus haut qu'en nous assignant l'emplacement des rotules et en renforçant la construction entre les rotules de façon à ce que partout $M < M_p$, nous ayons une construction supportant les charges $SP_1, SP_2, \dots$.

Il est parfois économiquement avantageux de prolonger ces renforcements non seulement entre les rotules, mais en englobant celles-ci (par exemple en prévoyant une poutre prismatique plus forte que celle qui avait été prévue en première lieu).

En opérant de la sorte on est toujours en sécurité (en adoptant comme charge d'effondrement (comme valeur de k), celle qui provoque l'effondrement du système non renforcé).

On pourrait évidemment tirer parti du fait qu'on a renforcé certaines rotules pour porter certains allègements ailleurs.

Dans ce cas il faudrait recommencer le calcul en choisissant pour les rotules soit les anciens emplacements si à la fin du premier calcul on constate qu'ils ont été convenablement choisis, soit d'autres emplacements et en portant des moments plastiques relatifs aux sections qui correspondent aux profils que l'on suppose prévoir définitivement.

5. Corollaire II

Soit un système hyperstatique. Mettons, par la pensée, des rotules ordinaires en certains endroits pour transformer le système hyperstatique en système isostatique.

Calculons ce dernier système sous l'action des forces $SP_1, SP_2, \dots$ ($S =$ coefficient de sécurité) et choisissons les profils de façon à ce que partout $M < M_p$, sauf en un endroit où l'on peut tolérer $M = M_p$.

D'après le théorème précédent, le système hyperstatique peut être considéré comme étant le système isostatique dans lequel on aurait renforcé les rotules et résiste par conséquent au même aux mêmes charges $SP_1, SP_2, \dots$ que ce système isostatique.

Chapitre V. Coefficient de sécurité 5

On part du principe que pour une poutrelle isostatique, le calcul élasto-plastique donne le même dimensionnement que le calcul élastique étant donné que le coefficient de sécurité (1,55) utilisé pour le calcul élastique est un coefficient qui a fait ses preuves.

Dès lors le coefficient de sécurité S à utiliser dans le calcul élasto-plastique sera $1,55 \times \frac{M_p}{M_e}$, formule dans laquelle M_p est le moment plastique et M_e le moment élastique, c'est-à-dire celui qui correspond à un diagramme triangulaire de moments suivant lequel $\sigma = R$, à la fibre extrême seule.

Comme $\frac{M_p}{M_e} = 1,12$ pour les poutrelles courantes, on prendra

$$S = 1,55 \times 1,12 \approx 1,7.$$

C'est ce coefficient que l'on admettra également pour le calcul des constructions hyperstatiques (aut bien entendu pour les phénomènes d'instabilité).

Chapitre VI. Succession des calculs

1. Soit à calculer un système hyperstatique sollicité par des charges $P_1, P_2, P_3, \dots$.

Multiplicons ces charges par le coefficient de sécurité $S = 1,7$ pour obtenir les charges $SP_1, SP_2, SP_3, \dots$ qui peuvent produire le ruine.

2. Si le système est à fois hyperstatique, nous nous donnons au plus $n + 1$ rotules choisies le plus convenablement possible de façon à transformer le système en un mécanisme partiel ou de probabilité totale.

3. Nous nous donnons les rapports q des moments plastiques aux différentes rotules. Tels souvent nous les avons $q = 1$.

4. Nous donnons au mécanisme un déplacement virtuel correspondant à un défilé d'effondrement c'est-à-dire à un déplacement tel que le travail des forces extérieures soit positif.

Nous en déduisons ainsi le sens de M_p aux différentes rotules plastiques.

5. Ayant le sens de M_p , nous pouvons déterminer la valeur de M_e de façon à ce que sous l'action des M_e et des charges $SP_1, SP_2, SP_3, \dots$ le système soit en équilibre indifférent. Cette détermination peut se faire soit en exprimant que $\sum \delta + \sum \delta = 0$ (δ , est relatif) soit en isolant chaque partie du système (ou certaines parties de celui-ci) et en exprimant l'équilibre de celles-ci.

6. Ayant ainsi la valeur des M_e , il faut déterminer la ligne des M entre les rotules et déterminer entre les rotules un profil prismatique ou non tel que

En effet, voyons si le système (SR) avec les rotules en A, B, C vérifie les trois critères d'équilibre sous l'action de kP_1 , kP_2 , kP_3 , ...

a) Comme le système (SR) est devenu un mécanisme avec les rotules en A, B, C, ..., le système (SR) avec rotules en A, B, C, ... est également un mécanisme.

Le critère a) est donc satisfait.

b) Comme les M_p aux rotules du système (SR) sont les mêmes que ceux du système (SR), le système (SR) sera en équilibre indifférent sous l'action des mêmes charges kP_1 , kP_2 , ...

Par conséquent, sous l'action de ces charges il se produit effectivement des rotules plastiques en A, B, C, ... et comme le système est en équilibre indifférent, la condition b) est satisfaite.

c) Comme sous ces charges kP_1 , kP_2 , ... et les moments plastiques aux rotules, M est inférieur à $(M_p)_{\max}$ (moments plastiques du système non renforcé), M sera a fortiori inférieur à $(M_p)_{\max}$.

Donc pour le système (SR) la condition c) est satisfaite.

Comme les trois conditions sont satisfaites, la ruine du système (SR) se produira sous l'action des mêmes charges et suivant le même mécanisme que celui du système (SR).

2. Théorème II

Soit un système non renforcé (NR), s'effondrant par la formation de rotules plastiques en A, B, C, ... sous l'action de kP_1 , kP_2 , ...

Renforçons le système au droit d'une ou de plusieurs rotules (A, B, ...).

Nous obtenons un système (RR) à rotules renforcées.

Nous allons démontrer que le système (RR) périra sous l'action de charges kP_1 , kP_2 , ... et que $k' > k$.

En effet deux cas peuvent se présenter :

Premier cas

Le système (RR) périra par la formation de rotules aux mêmes emplacements que le système (NR).

Dans ce cas le système (RR) périra suivant le même mécanisme que le système (NR).

Donnons un déplacement virtuel identique au système (RR) qu'au système (NR) (déplacement correspondant à un début d'effondrement).

Nous aurons, pour le système (RR) :

$$W_{ext} = [R_1]$$

et pour le système (NR) :

$$W_{ext} = [R_1]$$

Or comme certaines rotules sont renforcées : R_1 sera supérieur à R_2 .

Donc :

$$W_{ext} > W_{ext}$$

Donc, si δ est le déplacement virtuel (le même dans les deux systèmes) :

$$\int R_1 \delta y_1 = \int R_2 \delta y_1$$

Donc

$$k' > k.$$

Deuxième cas

Le système (RR) périra par la formation de rotules à d'autres emplacements que le système (NR) (par exemple en A', B', C', ...).

Dans ce cas considérons le système (NR) et chargeons-le progressivement.

Par hypothèse il périra par la formation de rotules en A, B, ... sous l'action de charges kP_1 , kP_2 , ... C'est dire que sous l'action de kP_1 , kP_2 , ... M est inférieur à M_p entre les rotules et notamment en A', B', C', ...

Déformons ⁽¹⁾ la poutre en A', B', C'.

Tant qu'en ces points $M_p > M$ rien n'est changé. Nous pouvons donc déformer cette poutre en A', B', C', ... sans affecter la ligne des M jusqu'à atteindre $M_p = M$ en A', B', C', ...

Nous obtenons ainsi une poutre déformée (D) résistante aux mêmes charges que la poutre (NR).

Replaçons la poutre (D) en A, B, C, ..., nous obtenons la poutre déformée, renforcée (DR).

D'après le théorème I la poutre (DR) s'effondrera sous la même charge que la poutre D c'est-à-dire sous l'action de kP_1 , kP_2 , ... et cela par formation de rotules en A', B', C', ... Mais par hypothèse la poutre (DR) s'effondrera également par formation de rotules en A', B', C', ...

Donc les systèmes (RR) et (DR) s'effondrent suivant le même mécanisme.

D'après le premier cas ci-dessus le système (RR) s'effondrera sous l'action de charges kP_1 , kP_2 , ... et $k' > k$.

3. Conclusion

Une poutre renforcée en certains endroits supportera toujours une charge au moins égale à celle d'une poutre non renforcée.

(1) « Déformons » est un beligianisme que l'on pourrait remplacer par : « diminuons la résistance » de la poutre, dans le cas présent en diminuant la section en A', B', C'.

si sa première intuition a été convergente et on pourra l'améliorer en faisant un second calcul.

En fait cela revient à faire un calcul par approximations successives et, comme nous l'avons souligné à maintes reprises, nous préférons ce genre de calculs à un calcul direct mais long.

Chapitre VII. Calcul plastique des poutres en treillis hyperstatiques

§ 1. Préliminaires

1. Rues

Dans le calcul élasto-plastique d'une poutre en treillis, on suppose que la ruine se produit lorsqu'un nombre suffisant de barres sont entrées en plasticité pour transformer le système en un mécanisme partiel ou total.

En d'autres termes, il y aura ruine lorsque $\sum Y$ aura atteint la limite élastique R , dans un nombre suffisant de barres, pour transformer le système en un mécanisme partiel ou total.

Cela étant, on pourrait calculer le système d'une façon analogue à une poutre à ligne pleine et cela lors de l'effondrement par formation d'un mécanisme.

2. Dangers

Dans le cas d'une poutre à ligne pleine nous avons vu qu'il était possible qu'une rotule se forme au cours de la mise en charge et disparaisse par la suite.

En d'autres termes, il a pu se former des rotules momentanées qui disparaissent en augmentant la charge.

De même dans une poutre en treillis il se pourrait que lors du chargement une barre se soit plastifiée puis déplastifiée.

Ce danger n'est peut-être pas très grave ⁽¹⁾ mais cette barre allongée transforme le système en un système qui peut être hyperstatique et qui n'est pas identique à celui qui est proposé.

D'autre part il y a un danger beaucoup plus grave, c'est que, au cours du chargement, certaines barres comprimées subissent des efforts supérieurs à ceux que l'on calcule lors de la ruine.

(1) En ce fait cette barre aura subi un allongement permanent. Cela ne présente aucun inconvénient lors de la ruine mais de ce fait le système (hyperstatique avant la ruine) n'est plus le même que le système proposé et il se pourrait que de ce fait au cours du chargement une barre puisse flamber dans ce système modifié.

Il se pourrait donc que lors du chargement une barre comprimée atteigne la charge critique N_c , alors que le calcul n'a pas décelé ce phénomène.

On pourrait évidemment faire le raisonnement suivant :

Si cette barre tend à flamber et si on augmente la charge

a) ou bien l'effort Y dans cette barre continue à être égal à N_c et la barre se déforme (dûment par flexion) de sorte que les deux nœuds des extrémités de la barre se rapprochent. Dans ce cas il n'y a pas un grave danger puisque le phénomène est similaire à un raccourcissement plastique sous charge constante.

b) ou bien, par suite de la déformation, la force portante Y diminue, ce qui fausse le calcul et ce qui pourrait, dans certains cas, mettre la poutre en danger.

Nous verrons que ce phénomène qui n'est pas décelé par le simple calcul à l'effondrement peut cependant être rendu peu probable en adoptant les méthodes décrites plus loin.

Le danger existe cependant ⁽²⁾.

Malgré cela, nous allons décrire la méthode de calcul plastique car dans certains cas elle pourra être utilisée sans danger et dans d'autres elle pourra servir de calcul d'anti-projet.

§ 2. Détermination des barres plastifiées

1. Conversion en nœuds

Si Y est l'effort de traction dans une barre quelconque de section Ω , la barre se plastifiera sous l'action de :

$$Y = N_p = \Omega R,$$

Il y aura début d'effondrement lorsque sous l'action de 50% , 50% , ... les trois conditions suivantes seront satisfaites :

- $Y = N_c$ dans un nombre de barres flexibles tel que le système soit transformé en un mécanisme partiel ou total;
- le système sera en équilibre (indifférent);
- dans les barres autres que celles qui servent à former le mécanisme il faut que $Y < N_c$ (pour les barres flexibles) et $Y < N_c$ pour les barres comprimées ⁽³⁾.

(2) Notons qu'en principe ce danger existe dans le calcul élasto-plastique d'une poutre à ligne pleine mais dans ce cas il est beaucoup moins grave.

(3) Nous verrons cependant plus loin que, par nature de l'exercice, cette condition sera légèrement modifiée.

partiel M soit inférieur à M_u de la section envisagée.

2. Le système ainsi conçu est théoriquement bon mais il faut l'examiner au point de vue : PRIS. Il se peut qu'éventuellement partiel ou en avantage à renforcer certaines parties bien que M soit partiel inférieur à M_u .

Si ces parties à renforcer sont en dehors des rotules plastiques le calcul ci-dessus reste inchangé.

Si on a avantage à renforcer certaines rotules, nous savons qu'en portant ces renforcements le système pourra supporter des charges kP_1 , kP_2 , ..., avec $k > 2$ de sorte que nous aurons toute sécurité en adoptant $3P_1$, $3P_2$, ...

3. Si cependant nous voulons gagner du poids ou réduire la main-d'œuvre nous pourrions tirer parti de ces renforcements en supprimant la possibilité de réduire certaines sections.

Nous ferons cela en ayant sous les yeux la figure des M .

4. Enfin, un point à ne pas perdre de vue, c'est d'examiner si le système ne présente aucune instabilité locale ou d'ensemble.

Il y a lieu d'examiner cette question à fond, de mettre éventuellement les rotules admissibles ou de tenir localement certaines membrures comprimées dans certaines zones.

Il y a lieu de calculer les instabilités (flambement, collement, etc.) en adoptant les coefficients de sécurité adéquats (voir nos ouvrages *Flambement colléris*, *abousses* et *spiral*, les tomes I et V de *Résistance des matériaux* et les tomes I et II de *Méthodes des constructions*).

Nous faisons remarquer que même en examinant ces phénomènes d'instabilité « au moment de la mise par formation de rotules plastiques », rien ne prouve que certains phénomènes d'instabilité n'aient pu se produire sous une charge inférieure à la charge de rupture élasto-plastique. En effet certaines membrures pourraient très bien être déformées lors de l'effondrement par mécanisme et être comprimées sous une charge inférieure à celle qui produit les rotules plastiques.

En général, lorsqu'il s'agit de poutres ou de poutres à base pleine pour lesquelles la résistance à la tension est grande, il n'y aura pas de danger.

Il pourrait cependant en être autrement s'il s'agit d'une poutre en treillis pour laquelle un tronçon de membrure ou une diagonale pourrait être comprimée lors de la mise en charge alors

qu'elle sera soit étirée soit peu comprimée lorsque toutes les rotules se sont formées. Aussi faut-il étudier ces poutres en treillis avec beaucoup de soin.

10. Informations

Il se pourrait que la déformation soit intolérable et soit parfois telle que la satisfaction en soit modifiée.

C'est pour cette raison qu'à l'heure actuelle les bâtiments à étages non tous latéralement ne sont pas calculés « à l'effondrement ».

Nous considérons cependant que par le procédé précédent nous pourrions tolérer la formation de mécanismes partiels à droite et à gauche dans l'ossature. Nous réaliserons un gain partiel en poids.

11. Conclusion

De tout ce qui précède le praticien qui n'a en général pas le temps de faire de longs calculs mais qui par contre a auquel le flac admissible pourra se donner l'emplacement de rotules suivant son appréciation et suivant les directives décrites ci-dessus.

Il pourra s'aventurer pour obtenir soit un mécanisme total, soit plusieurs mécanismes partiels, soit certains mécanismes plus certains systèmes de préférence isostatiques.

Il aura peut-être avantage à mettre des rotules ordinaires aux endroits où il sait que M sera petit et à transformer ainsi le système en un système isostatique.

Il aura en tête qu'en se donnant aux rotules des valeurs M , plus petites que celles qui correspondent au profil final qu'il mettra en œuvre aux rotules et en faisant son calcul avec ces valeurs il aura un surplus de sécurité ⁽¹⁾. En un mot il gagnera du temps et du poids vis-à-vis d'un calcul élastique même s'il ne pousse pas les calculs à fond de façon à obtenir le gain maximum de poids.

Le praticien doit souvent envisager cet aspect du problème et c'est surtout pour lui que nous avons tenu à exposer la question sous cet angle.

Nous espérons d'autre part que cette théorie lui aide à comprendre et à appliquer correctement d'acquiescer plus facilement ce flac absolument indispensable de la construction.

Par cette théorie on pourra vérifier rapidement

⁽¹⁾ Par exemple en supposant $M_u = 0$ c'est-à-dire en supposant qu'en certaines sections il y a des rotules ordinaires.

que celui du système (NR). (Voir cependant la remarque suivante qui restreint cette affirmation).

2. Remarques

Le raisonnement précédent semble bon mais n'est cependant pas rigoureux. En effet, il se pourrait très bien qu'en renforçant une barre et en chargeant progressivement, une barre (voisine de celle qui a été renforcée) soit soumise à un effort supérieur à celui qui équivaut dans le système non renforcé (puisque le système est hyperstatique) et atteigne la limite plastique ou pire, si elle est comprimée, atteigne la charge critique avant que le mécanisme ne se forme.

3. Torsion II

Soit un système non renforcé (NR) s'effondrant par plastification des barres 1, 2, 3, ... sous l'action de $kP_1, kP_2, \dots$

Renforçons certaines barres du mécanisme. Nous obtenons un système renforcé (R).

Nous allons démontrer que le système (R) périt sous l'action des charges $kP_1, kP_2, \dots$ et que $k' > k$ ⁽¹⁾.

En effet deux cas peuvent se présenter.

Premier cas

Le système (R) périt par formation des mêmes barres plastifiées que le système (NR).

Dans ce cas le système (R) périt sous la même mécanisme que le système (NR).

Donnons un déplacement virtuel identique au système (R) qu'au système (NR) (déplacement correspondant à un début d'écroulement).

Soit α l'allongement d'une barre plastifiée par suite de ce déplacement.

Nous aurons, pour le système (NR) :

$$G_{NR} = |T_1| = |EN_1 \alpha|$$

et pour le système (R) :

$$G_{R1} = |T_1'| = |EN_1' \alpha|$$

Or, comme certaines barres du mécanisme sont renforcées, certains N_1' sont supérieurs à N_1 , donc

$$|EN_1'| > |EN_1|$$

Donc

$$G_{R1} > G_{NR}$$

Donc

$$\Sigma k'P_1 > \Sigma kP_1$$

Donc

$$k' > k$$

⁽¹⁾ Moyennant la même restriction que celle qui fait l'objet du 2^e II.

Deuxième cas

Le système (R) périt par formation de barres plastifiées dont certaines ou toutes sont autres que celles du système (NR), par exemple par la plastification des barres 1', 2', 3', ...

Dans ce cas, considérons le système (NR) et chargeons-le progressivement.

Par hypothèse il périt par plastification des barres 1, 2, 3, ... sous l'action de $kP_1, kP_2, kP_3, \dots$

C'est dire que sous l'action de $kP_1, kP_2, \dots, k \leq N_1$ pour les barres autres que les barres 1, 2, 3, ..., donc pour les barres 1', 2', 3', ...

Réduisons la section des barres 1', 2', 3', ...

Tant que $N_1 > N$, rien n'est changé.

Nous pouvons donc décharger les barres 1', 2', 3', ... sans affecter la N existant lors de la ruine ⁽²⁾ partiellement jusqu'à ce que $N_1 = N$ dans les barres 1', 2', 3', ...

Nous obtenons donc un système déchargé (D) résistant aux mêmes charges que le système (NR).

Renforçons les barres 1, 2, 3, ... de la poutre (D), nous obtenons la poutre déchargée, renforcée (DR).

D'après le théorème I la poutre (DR) s'effondre sous la même charge que la poutre (D) s'est-elle effondrée sous l'action de $kP_1, kP_2, \dots$ et cela par plastification des barres 1', 2', 3', ...

Mais par hypothèse la poutre (R) s'effondre également par plastification des barres 1', 2', 3', ...

Dans les systèmes (R) et (DR) s'effondre suivant le même mécanisme.

D'après le premier cas ci-dessus le système (R) s'effondre sous l'action des charges $kP_1, kP_2, \dots$ et $k' > k$.

4. Conclusion

Moyennant certaines restrictions, une poutre renforcée en certains endroits supportera une charge au moins égale à une poutre non renforcée.

§ 4. Coefficient de sécurité

Nous avons vu qu'il ne suffit pas d'examiner le système uniquement lors de la formation du mécanisme transformant le système en mécanisme.

Pour bien faire, nous devrions charger le système progressivement, le calculer par les méthodes classiques jusqu'à l'entrée en plastification de la première barre et nous assurer que dans ce premier stade aucune charge n'est supérieure à N_m .

⁽²⁾ Notons qu'avant la formation du mécanisme s'effondre, les 4 des différentes barres ne sont affectés et, dans certains, il se pourrait que l'on obtienne N_m .

2. CHOIX DES BARRES PLASTIFIÉES

Puisqu'il s'agit de déterminer les barres qui se plastifient dans un système pour lequel nous aurions choisi la section des différentes barres, choisissons convenablement à l'avance les barres que nous désirons soit plastifiées⁽¹⁾ pour transformer le système en un mécanisme partiel ou total. Dès lors la condition a) est réalisée.

Déterminons-nous les rapports η des efforts N_i dans ces barres.

Déterminons la valeur de N_0 de façon que sous l'action de $SP_1, SP_2, SP_3, \dots$ et des efforts N_0 , le système soit en équilibre indifférent.

Dès lors la condition b) de ruine est vérifiée puisque dans les barres assignées il y aura effectivement N_0 et que le système ainsi formé est en équilibre indifférent.

Sous l'action des charges $SP_1, SP_2, \dots$ et des efforts N_0 faisons des épreuves de Cremona dans les différents tronçons du mécanisme et choisissons le profil des différentes barres de façon que partout $N < N_0$ dans les barres étirées⁽²⁾ et $N < N_0$ dans les barres comprimées⁽³⁾.

Dès lors la condition c) de ruine est satisfaite.

Par conséquent, comme les trois conditions de ruine sont satisfaites, le système s'effondrera par formation de barres plastifiées aux endroits choisis⁽⁴⁾.

3. COMMENT VÉRIFIER SI LES BARRES PLASTIFIÉES COMME À L'AVANCE SONT BIEN ÉTIRÉES LORS DE L'EFFONDREMENT

Ayant choisi l'emplacement des barres plastifiées transformant le système en un mécanisme total ou partiel, nous pouvons déterminer l'emplacement des centres instantanés de rotation (absolus et relatifs) des différents tronçons du mécanisme.

Nous devons donner un sens de déplacement tel

⁽¹⁾ Le choix doit être porté uniquement sur des barres étirées. Nous verrons plus loin le moyen par lequel nous pouvons vérifier si ces barres sont réellement étirées au moment de l'effondrement. Si, après plastification, une de ces barres était comprimée nous devrions en choisir une autre.

⁽²⁾ Il y a cependant un danger, c'est qu'une barre étirée ou peu comprimée lors de la formation du mécanisme soit comprimée au-delà de la charge critique lors de la mise en charge (c'est-à-dire avant la transformation du système en mécanisme). Nous nous verrons plus loin que nous pouvons des précautions supplémentaires.

⁽³⁾ Cette conclusion n'est cependant pas tout-à-fait exacte étant donné qu'en cours du chargement il se pourrait qu'une barre ait fléchi. Nous verrons plus loin comment nous pouvons éviter ce danger.

que le travail effectué par les charges extérieures soit positif.

Nous nous donnons un déplacement (petit) dans ce sens et nous pourrions vérifier si les troncs extérieurement des barres plastifiées se sont bien étirés.

Si certains troncs s'étaient rapprochés, la barre en question serait comprimée et nous porterions notre choix sur une autre barre.

Très souvent, du moins pour des mécanismes simples, il sera inutile de faire une épreuve car le mouvement mènera aux yeux.

§ 3. Renforcement du système

1. Mécanisme I

Soit un système non renforcé (NR) s'effondrant par la plastification des barres 1, 2, 3, ... sous l'action de $AP_1, AP_2, AP_3, \dots$

Renforçons une ou plusieurs barres autres que celles qui forment le mécanisme.

Nous obtenons un système semi-renforcé (SR). Nous allons démontrer que le système (SR) périra sous l'action des mêmes charges $AP_1, AP_2, \dots$ et suivra le même mécanisme que le système (NR)⁽⁵⁾.

En effet, voyons si le système (SR) avec barres plastifiées 1, 2, 3, ... vérifie les trois conditions d'effondrement sous l'action de $AP_1, AP_2, AP_3, \dots$

a) Comme le système (NR) est devenu un mécanisme avec barres 1, 2, 3, ... plastifiées, le système (SR) avec barres 1, 2, 3, ... plastifiées est également un mécanisme.

La condition a) est donc satisfaite.

b) Comme les N_i dans les barres plastifiées du système (SR) sont les mêmes que ceux du système (NR), le système (SR) sera en équilibre indifférent sous l'action des charges $AP_1, AP_2, \dots$

Par conséquent sous l'action de $AP_1, AP_2, \dots$ il se produit effectivement la plastification des barres 1, 2, 3, ... et le système (SR) est en équilibre indifférent.

La condition b) est donc satisfaite.

c) Comme pour les barres autres que celles qui forment le mécanisme sous les charges $AP_1, AP_2, \dots$ N est inférieur à $(N_0)_{\text{max}}$ (efforts plastiques du système non renforcé), N sera à fortiori inférieur à $(N_0)_{\text{max}}$. Donc, pour le système (SR), la condition c) est satisfaite.

Donc les trois conditions sont satisfaites et la ruine du système (SR) se produira sous l'action des mêmes charges et suivra le même mécanisme.

⁽⁵⁾ Nous verrons cependant plus loin qu'il y a une exception à cette affirmation.

Chapitre VIII. Déformation des poutres à âme pleins

I. Introduction

Comme, parfois, juste avant la formation de la dernière rotule qui transforme le système en un mécanisme pur et où, tout de même, la déformation est admissible, il y a lieu de pouvoir déterminer celle-ci non seulement lors de la formation de la dernière rotule mais également sous une charge moindre.

Le problème est complexe car jusqu'à présent nous n'avons pas pu déterminer la rotule qui se forme en dernier lieu ni l'ordre dans lequel les différentes rotules se forment.

Evidemment, nous pourrions déterminer cet ordre en chargeant progressivement le système et en calculant celui-ci dans chaque état, mais pour ce faire il faudrait calculer une série de systèmes hyperstatiques. Ce procédé est donc beaucoup trop long.

2. Détermination de la déformation maximum

Après calculé le système sous charges SP à l'effondrement et connaissant l'emplacement des différentes rotules à ce moment, nous supposons successivement que chacune d'elles s'est formée la dernière.

Nous supprimerons cette dernière rotule et nous calculerons le système complet sous les charges SP (c'est ce qui se produit juste avant la formation de la dernière rotule).

Après la ligne des M , nous pourrions déterminer l'élastique.

Nous aurons ainsi une série d'élastiques.

La déformation maximum calculée correspond à l'élastique donnant les déformées les plus grandes.

La déformation réelle est soit la déformation maximum (cas où la dernière rotule qui se produit réellement correspond à celle qui donne la déformation maximum), soit une déformation moindre.

En supposant qu'elle correspond à la déformation maximum nous aurons obtenu la sécurité.

Notons que dans la plupart des cas cette déformation maximum calculée correspond à la déformation réelle, ce qui donne un moyen de déterminer l'emplacement de la dernière rotule qui se forme réellement ⁽¹⁾.

3. Détermination de la déformation sous les charges $nP < SP$

Si, sous les charges SP la déformation n'est pas admissible, nous devons pouvoir déterminer les charges nP qui nous donnent une déformation admissible.

Le calcul est complexe étant donné que nous ne connaissons pas l'ordre de formation des rotules.

Voici un procédé approximatif qui pourra être utilisé étant donné que nous ne connaissons pas une grande précision pour le calcul de nP .

Considérons un point du système.

Si nous chargeons progressivement le système nous obtiendrons le diagramme GABC (fig. 18).

GA correspond à la déformation du premier système (n fois hyperstatique), AB au système $(n-1)$ fois hyperstatique calculé avec une rotule ordinaire au droit de la première rotule plastique (jusqu'à ce moment cette rotule tourne librement) et ainsi de suite.

En réalité nous ne connaissons pas ce diagramme et nous ne connaissons que le point C dont l'ordonnée y a été calculée suivant le procédé du n° 2.

De plus la droite BC correspond au système que nous connaissons juste avant l'effondrement. Nous pourrions déterminer un point K de cette droite en déterminant la valeur de y pour une charge nP ⁽²⁾.

Nous pourrions donc tracer la droite KC.

Nous pourrions également tracer OC.

Supposons que y_0 soit la déformation admissible.

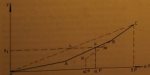
Le point que nous désirons connaître c'est le point F.

L'approximation consiste à dire que

$$LF = 0,6 LM.$$

(1) Ce procédé de détermination de la dernière rotule n'est cependant pas toujours exact.

Fig. 18.



Calculer le nouveau système hyperstatique jusqu'à la plastification de la seconde barre et vérifier si nouveau N est inférieur à N_0 dans une barre quelconque et ainsi de suite ⁽¹⁾.

Ce calcul serait très long et fastidieux en pratique.

Aussi suggérons-nous de calculer le système lors de la ruine par formation d'un mécanisme et d'augmenter certains coefficients de sécurité pour réduire le danger de flambement avant la formation du mécanisme.

Comme nous voulons que le système périsse suivant le mécanisme que nous avons choisi soit α priori, soit à la fin d'un calcul préalable et qu'il y ait peu de danger qu'il y ait une autre cause de ruine, nous adopterons pour les barres du mécanisme le coefficient de sécurité normal $S = 1,35$ ⁽²⁾.

En d'autres mots, ayant choisi convenablement les barres élastiques devant former le mécanisme nous calculons les sections de celles-ci de façon que sous l'action de $SP_1, SP_2, \dots$ et des efforts N_0 le système soit en équilibre instable.

Sous l'action de $SP_1, SP_2, \dots$ et des N_0 nous calculons les efforts dans les différents tronçons.

Comme nous savons qu'au cours du chargement certains efforts de traction pourraient être supérieurs aux efforts calculés et pourraient atteindre N_0 qui produirait un allongement de certaines barres et qui perturberait la distribution des efforts tant que le système n'est pas instatique; comme nous savons d'autre part que certains efforts de compression pourraient atteindre N_0 avant la formation du mécanisme, nous limiterons les efforts des barres des différents tronçons comme suit :

$$N \leq N_0 \frac{S_1}{S_0} \text{ pour une barre élastique}$$

$$N \leq N_0 \frac{S_2}{S_0} \text{ pour une barre comprimée.}$$

Dans ces formules :

$$S_1 = 1,55;$$

S_2 : nous suggérons $S_2 = 1,7$ pour parer aux imperfections du calcul ⁽³⁾;

S_0 = coefficient de sécurité correspondant à N_0 , ce coefficient devant cependant être supérieur à

⁽¹⁾ Il faudrait même vérifier si le premier barre entre en plastification ou non par deux ou trois états de compression.

⁽²⁾ Il n'y a pas lieu de prendre 1,7 comme pour le calcul des poutres à deux pièces puisque en principe aucun déformé n'est fixé.

1,7 pour parer aux imperfections du calcul ⁽⁴⁾.

Nous d'autre part que par mesure de prudence N_0 sera calculé en faisant usage de E et non de E_0 .

§ 2. Conclusions

1. De par les considérations développées ci-dessus, nous constatons que le calcul plastique des poutres en treillis offre certains dangers. De plus, comme une poutre en treillis est une poutre qui en général se rapproche plus ou moins d'une poutre d'égale résistance, le gain de poids résultant d'un calcul élasto-plastique n'est pas très élevé.

D'autre part, une poutre en treillis n'est pas parfaitement plane de sorte que tout calcul est aussi théorique.

Enfin rappelons que les tensions secondaires ne sont pas négligeables et du fait que nous n'en tenons pas compte nous exposons déjà la plasticité.

Tout cela pour dire qu'il ne faut pas escompter réaliser un gain de poids en faisant un calcul à l'échouement.

Cependant, comme en définitive, un tel calcul est plus simple qu'un calcul de système hyperstatique, nous considérons que ce calcul peut être fait pour déterminer les sections à mettre en œuvre.

Éventuellement, au moyen des sections ainsi calculées, nous pourrions vérifier par un calcul élastique, si celles-ci sont suffisantes.

2. Nous avons vu dans la théorie générale qu'en lieu de choisir l'emplacement de rotules plastiques il était parfois avantageux de choisir l'emplacement de rotules ordinaires transformant le système en un système isostatique.

Dans le cas de poutres en treillis, rien n'est plus simple que de réaliser effectivement un système isostatique (en supprimant certaines barres).

En choisissant ainsi convenablement l'emplacement des rotules, nous pourrions réaliser une construction économique et nous ne courons pas le danger que sous charges de sécurité certaines barres soient comprimées alors que sous charges d'effondrement elles sont tendues.

Le système est en effet isostatique et pratiquement élastique jusqu'à la ruine.

⁽³⁾ Il est évident que cette majoration de coefficient de sécurité ne doit pas être faite dans le cas où on est certain que lors du chargement aucune de ces barres n'atteint N_0 ni N_m .

Faisons remarquer que les ordonnées de y supportées à ce repère sont beaucoup plus petites que celles qui sont supportées à xy (a c'est-à-dire aux ordonnées de l'élasticité du système hyperstatique sous l'action de la même charge SP).

En d'autres termes, pour avoir la même poutre prismatique avec rotules en k et en l , se déformant beaucoup moins qu'à la même poutre prismatique sans rotules ordinaires et cela sous la même charge SP .

Il serait donc erroné de penser qu'en déplaçant un système en certains endroits (ou l'occurrence en mettant des rotules en k et en l), la déformation sous la même charge ou est supérieure même si la charge d'effondrement est la même.

Ceci n'est pas toujours vrai dès qu'il se produit une ou plusieurs rotules plastiques dans le système hyperstatique. (Notons que dans le domaine élastique c'est vrai comme nous allons le démontrer plus loin.)

Étant donné que ce phénomène est surprenant à première vue, nous tentons à le faire sentir au praticien.

Dans le système hyperstatique (non déformé), pour avoir l'effondrement M à atteint une très haute valeur au droit des rotules plastiques ($M = M_p$) et à cause de cela la valeur de E_{max} est très petite en ces sections-là et aux environs de ces sections.

En d'autres termes, dans les sections dans lesquelles M est le plus élevé, E_{max} est petit donc la déformabilité est grande et aux endroits où M est à peu près nul la section est superficielle.

Dans le système élastique qui peut être considéré comme étant la poutre prismatique déformée au droit des rotules ordinaires, M n'atteint pas M_p dans les sections les plus sollicitées (soit au moment même de l'effondrement), donc E de ces sections est resté constant (ou a légèrement diminué lorsque M atteint à peu près la valeur qui produit la limite élastique dans quelques fibres).

Par conséquent dans ces régions-là la poutre n'est pas très déformable.

D'autre part, au droit des rotules M est nul et E est petit aux environs des rotules.

En un mot, dans le système élastique M est beaucoup mieux réparti que dans le système hyperstatique et de ce fait la déformation est plus faible (¹).

Nous pourrions d'ailleurs donner une démonstration approximative. (Notons qu'une démonstration exacte ne pourrait pas être faite car cette propriété n'est pas toujours vérifiée et tout dépend du genre de construction.)

Considérons un système S_1 à n fois hyperstatique d'une part et un système S_2 dérivant du système S_1 avec n rotules et tel que l'effondrement se produise sous l'action des mêmes charges EP .

Considérons le système S_1 et faisons croître les charges EP progressivement de n à leur valeur finale (juste avant la formation de la rotule plastique qui provoque l'effondrement).

Le système est devenu successivement $n-1$ fois puis $n-2$ fois... hyperstatique.

Comme le système est chargé progressivement et est composé de parties élastiques, le travail des charges EP est :

$$\frac{1}{2} \sum k P y = E (U).$$

Le travail interne est composé de :

- a) le travail produit par les rotules plastiques. Il est $M_{k1} \theta_1 + M_{k2} \theta_2 + \dots$ (travail absorbé donc négatif);
- b) le travail élastique entre les rotules W_{el} (travail absorbé donc négatif).

Le principe de conservation de l'énergie donne :

$$\frac{1}{2} \sum k P y = E + \sum M_{k1} \theta_1 + W_{el} = 0.$$

Considérons maintenant le système S_2 et faisons croître les charges EP progressivement de n à leur valeur finale. Comme le système est élastique :

$$\frac{1}{2} \sum k P y' = W_{el} = 0.$$

Or comme les termes $M_{k1} \theta_1$ sont grands (en valeur absolue), on a sensiblement

$$E + \sum W_{k1} \theta_1 + W_{el} \approx |W_{el}|.$$

$$\text{Donc : } \frac{1}{2} \sum k P y \approx \frac{1}{2} \sum k P y'.$$

Donc, si toutes les forces qui font du travail sont dans la même sens (par exemple de bas en bas)

$$y_{max} \approx y'_{max}.$$

Chapitre IX. Étude comparative d'un système hyperstatique et d'un système élastique ayant les mêmes charges d'effondrement

1. Introduction

Nous avons vu qu'il était aisé de remplacer un système hyperstatique par un système élastique ayant la même charge d'effondrement. On pourrait

(1) Ceci n'est évidemment vrai que sous une charge EP telle que dans le système hyperstatique il s'est produit une ou plusieurs rotules plastiques. Nous verrons plus loin que si EP n'a pas atteint cette valeur, c'est le système élastique qui est le plus déformable.

(2) Le travail d'une force est la surface sous-tendue (aire) (fig. 38) qui est inférieure à celle sous-tendue par la droite OC , donc inférieure à $\frac{1}{2} EP y$.

4. Exemple

Soit une poutre encastrée aux deux bouts, chargée de SP au tiers de sa longueur.

Déterminer la déformation élastique.

Comme, lors de l'effondrement les rotules plastiques se sont produites en A , B et C , nous considérons le diagramme des M (fig. 13).

Par intégration nous déterminons les courbes δ et γ .

Détermination des courbes (fig. 13)

Comme $\text{rep } M$ est horizontal, $\text{rep } \delta$ sera une ou deux horizontales et $\text{rep } \gamma$ sera une ou deux obliques.

Premier cas : La dernière rotule se produit en C .

Avant la formation de cette rotule, AB est une poutre articulée en A et en B , donc $\text{rep } \delta$ est la droite A_1B_1 . Par dérivation $\text{rep } \delta$ est $A_1^*B_1^*$. (Nous supposons que δ_A et δ_B sont différents de zéro.)

(*) Il y a lieu de calculer un système isostatique où toutes les rotules plastiques se comportent comme rotules ordinaires.

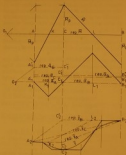


FIG. 13

Deuxième cas : La dernière rotule est en A .

Avant la formation de cette rotule, AB est encastree en A donc $\delta_A = 0$.

Donc $\text{rep } \delta_A$ passe par A et est horizontal.

Par intégration nous trouvons $A_1C_1^*$.

Comme $\text{rep } \delta_B$ doit passer par B , nous trouvons $C_1^*B_1^*$ d'où par dérivation $C_1^*B_1^*$.

Le mot $C_1^*B_1^*$ donne l'angle que forme la poutre en C .

Troisième cas : La dernière rotule est en B .

Avant la formation de cette rotule, AB est encastree en B donc $\delta_B = 0$.

Donc $\text{rep } \delta_B$ passe par B et est horizontal.

Par intégration nous trouvons que $\text{rep } \delta_A$ est $C_1^*A_1^*$, d'où $A_1^*C_1^*$ d'où par dérivation $A_1^*C_1^*$.

Les ordonnées les plus grandes pour γ sont celles qui se produisent avec $\text{rep } \delta_A$ c'est-à-dire en supposant que la dernière rotule se produit en B .

Faisons remarquer que la dernière rotule qui se forme réellement est la rotule en B , ce qui confirme ce que nous avons écrit.

5. Remarque

Reprenons la poutre du n° 4 encastrée aux deux bouts. Transformons-la en un système isostatique en mettant des rotules ordinaires en A et en B (fig. 14) c'est-à-dire là où $M = 0$ lors de l'effondrement.

Ce système isostatique s'effondre exactement sous la même charge SP que le système hyperstatique. Quelle est sa déformation juste avant l'effondrement?

En faisant croître SP de zéro à sa valeur finale SP , la ligne des M (qui dans ce cas est indépendante de la déformation puisque le système est isostatique) reste toujours semblable à elle-même et le système est élastique jusqu'à ce que SP atteigne la valeur SP .

A ce moment-là il se forme simultanément en A , B et C des rotules plastiques qui rendent le système incomplet.

Par conséquent, tant que SP n'a pas atteint la valeur SP , γ est donnée par $A_1C_1^*B_1^*$ (fig. 14) et comme la poutre est encastree en A et en B et a un axe en A et en B , le repère des δ est constitué d'une horizontale $A_1C_1^*$, d'une horizontale $B_1C_1^*$ et d'une horizontale inconnue pour le moment.

D'autre part, $\text{rep } \gamma$ est par conséquent constitué de trois droites (puisque c'est l'antigène de trois horizontales). La première $A_1B_1^*$ (horizontale), la troisième $B_1C_1^*$ (horizontale) et la deuxième $K_1A_1^*$.

cependant d'autres moyens pour porter à cette déformabilité.

4. Déformation d'un système hyperstatique dans le domaine élastique

Nous allons démontrer que sous charges EP telles que le système n'atteigne nulle part la limite plastique, le système hyperstatique se déforme moins que le système isostatique devant la même charge d'affaissement lorsque les réactions considérées comme isostatiques dans le système hyperstatique ne font pas de travail.

En effet, dans le système hyperstatique, nous pouvons toujours considérer le moment intérieur M_0 en une section donnée comme moment hyperstatique (voir tome III de notre ouvrage *Résistance des matériaux*).

Le théorème de Betti donne : $\frac{\partial W_0}{\partial M_0} = 0$ prouve que les réactions isostatiques ne font pas de travail (voir *Résistance des matériaux*, t. III).

De plus, ce théorème dit que $|W_0|$ passe par un minimum lorsque $M = M_0$ dans cette section.

Cela veut dire en d'autres termes que si dans la section P nous nous donnons une autre valeur M'_0 (quelconque au lieu de M_0 et si au moyen de M'_0 nous déterminons la ligne des M dans le système, $|W'_0|$ serait supérieur à $|W_0|$ calculé au moyen des M résultant de $M = M_0$ dans la section P .

Or, comme en transformant un système hyperstatique en un système isostatique en mettant des rotules et en gardant partout ailleurs les mêmes sections, cela revient à nous imposer $M'_0 = 0$ alors que M_0 serait différent de zéro ⁽¹⁾, $|W'_0| > |W_0|$.

Or, le principe de conservation de l'énergie appliqué au système isostatique chargé progressivement donne : $\frac{1}{2} \sum P'y + W'_0 = 0$

(W'_0 est du travail absorbé dans les piliers).

Pour le système hyperstatique, ce principe donne :

$$\frac{1}{2} \sum P'y + W_0 = 0.$$



Fig. 20.

(1) M_0 est nul lors de l'affaissement mais n'est pas nul dans le premier stade d'affaissement sous l'action de charges qui n'ont pas encore créé de rotules plastiques.

(2) Si A et B ne sont pas de niveau, nous fixons toujours l'axe et les forces résultantes de façon à ce que A et B soient sur une horizontale.

$$EP'y > EP'y$$

et si toutes les forces qui font du travail sont de même signe :

$$P'_{max} > P_{max}.$$

Donc, en période élastique, le système isostatique est plus déformable que le système hyperstatique.

Chapitre X. Arc à deux rotules de points minimum

§ 1. Introduction

De ce qui précède on pourrait calculer un arc à deux rotules à l'affaissement en choisissant convenablement l'emplacement de la rotule ordinaire supplémentaire transformant l'arc à deux rotules en un arc à trois rotules.

Le but est de déterminer facilement l'emplacement à donner à la troisième rotule pour que la construction soit la plus légère possible.

§ 2. Calcul de l'arc à trois rotules

Un moyen facile et simple très imaginé pour calculer un arc à trois rotules est le suivant :

Soit (fig. 20) un arc à trois rotules ayant les appuis A et B de niveau ⁽¹⁾.

Par la statique nous pouvons déterminer R_A , Q_1 , M_0 et Q_2 . Par exemple, en dérivant une équation de moment autour de B , nous déterminons R_A ; en dérivant une équation de moment autour de A , nous déterminons R_B ; en isolant AC nous devons introduire en C , T et N et en dérivant une équation de moment autour de C de toutes les forces situées sur AC nous déterminons Q_1 ; enfin, en reprenant l'arc ACB et en dérivant une équation de projection sur l'horizontale, nous trouvons Q_2 .

Ayant ces réactions, nous pouvons déterminer M dans une section quelconque et nous voyons qu'évidemment $M_0 = 0$.

Considérons d'autre part le poutre droite ACB à deux rotules (en A et en B) avec d'abord à l'ère d'affaissement horizontal en B (fig. 21) sollicité par



Fig. 21.

se demander si on lieu de calculer le système hyperstatique par les théories élasto-plastiques s'autorise en mettant des rotules ordinaires aux endroits convenablement choisis de façon à rendre le système isostatique, on calculant le système dans ce cas-là, puis en considérant le système au droit des rotules. Il n'est pas plus indiqué de conserver le système avec rotules ordinaires et ne pas renforcer les sections.

Aussi donnons-nous ci-après les avantages du système isostatique et ceux du système hyperstatique.

Nous en concluons que suivant le genre de constructions, on prendra l'une ou l'autre solution. On pourra même prendre une solution mixte.

2. Avantages du système isostatique

a) Le calcul est très simple.

b) Puisque le système est isostatique, nous connaissons la ligne des M non seulement lors de l'effondrement mais également sous charge de sécurité.

Par conséquent, sous cette charge, nous pouvons déterminer les tensions, ce qui malgré tout offre un avantage.

c) Lorsqu'on fait croître les charges SP de sorte à leur valeur limite SP , les tensions croissent proportionnellement et un diagramme droite reste toujours droite, ce qui est un réel avantage surtout pour des poutres en treillis.

d) Sous charges approchant plus ou moins de la charge d'effondrement la construction est généralement moins déformable que le système hyperstatique.

Par conséquent, alors que souvent pour le système hyperstatique la charge limite est conditionnée par la limitation de la déformation, dans le système isostatique cela pourrait ne pas être le cas.

De plus, même sous charges bien inférieures aux charges d'effondrement, le système isostatique est parfois moins déformable que le système hyperstatique.

Nous verrons cependant plus loin que sous charges telles que le système hyperstatique travaille en période élastique, le système isostatique est plus déformable que le système hyperstatique, ce qui est un inconvénient.

e) Rappel au T et au N

Dans le système hyperstatique N et T dominent le moment plastique et par conséquent la charge d'effondrement et par voie de conséquence la charge de sécurité.

Dans le système isostatique, T n'a en général

aucune incidence sur le dimensionnement et l'effet de N est calculé automatiquement.

f) Flambement

Comme dans le système isostatique soumis à flexion et à compression le flambement dans le plan du système joue un rôle secondaire, il est certainement moindre que pour le système hyperstatique puisque'il est moins déformable que ce dernier.

Quant au flambement dans le plan perpendiculaire à la poutre ou quant au flambement spatial, il est aussi moins à craindre pour le système isostatique que pour le système hyperstatique.

En effet, pour ce dernier, la où M est grand, E est très petit puisque la matière est soit entrée en plasticité, soit sur le point d'y entrer.

Pour le système isostatique, les rotules pourraient être des points faibles.

Néanmoins cependant qu'il suffit de réaliser des rotules permettant seulement la rotation dans le plan de la poutre.

Les assemblages des différents tronçons pourront se faire rigidement et très simplement dans le plan perpendiculaire à la construction de façon à éviter le flambement d'ensemble perpendiculairement au plan de la construction ou pour éviter le flambement spatial.

g) Le poids de la construction isostatique ne sera pas supérieur à celui du système hyperstatique.

A) le prix de la main-d'œuvre de fabrication du système isostatique pourra, dans beaucoup de cas, ne pas être supérieur à celui du système hyperstatique et dans certains cas, pourra même être inférieur.

i) Lorsqu'en plus des charges permanentes il y a des charges mobiles, l'étude du système isostatique est plus aisé que celle du système hyperstatique calculé par les méthodes élasto-plastiques.

j) La construction peut être faite en un matériau non ductile tel que le béton puisque'il ne doit pas y avoir formation de rotules plastiques.

3. Avantages du système hyperstatique

a) Parfois il est plus économique de prévoir une poutre prismatique d'une seule pièce qu'une poutre qu'on aurait coupée au droit de la rotule.

b) Souvent, sous charge de sécurité la déformation est plus faible que celle du système isostatique. Ainsi si c'est cette déformation-là qui est déterminante il sera peut-être plus avantageux de ne pas conserver le système isostatique. Il y a

100



Fig. 22

les mêmes charges P_1 et P_2 et par la charge horizontale Q_0 en B.

Les équations de statique montrent que R_A , R_B et Q_0 auront les mêmes valeurs que pour l'arc de la figure 20. Par conséquent, en une section quelconque, M , N , T auront les mêmes valeurs que pour l'arc de la figure 20. En C notamment nous aurons $M_0 = 0$.

Par conséquent, nous pouvons calculer M , N , T dans une section de l'arc à trois rotules en calculant ces éléments pour la poutre courbe (fig. 21).

Or l'arc (fig. 21) peut être considéré comme étant la superposition des arcs (fig. 22 et 23) tels que $Q_1' + Q_0 = Q_1$.

Or l'arc (fig. 22) est une poutre courbe appuyée aux deux bouts. Nous pouvons facilement calculer P_1 , Q_1 et R_A . La ligne des M_0 se détermine facilement, par exemple si la charge est verticale et uniformément répartie suivant l'horizontale, M_0 est une parabole du second degré $dM_0/ds = -\frac{P_1 s}{R}$.

D'autre part, pour l'arc (fig. 23), $M_0 = Q_0[y]$.

Dans cette ligne, chargée de signe, peut être représentée par l'arc lui-même.

Par conséquent la ligne des M (en fonction de s) de l'arc à trois rotules (fig. 20) peut être déterminée par la ligne M_0 de la poutre (fig. 22) rapportée à l'axe (après avoir l'axe comme repère).

Or, comme en C, il faut que $M = 0$, la courbe M_0 doit couper l'axe en C, ce qui donne d'ailleurs la valeur de Q_0 .

Par conséquent, voici comment on opérerait graphiquement. Dessinons l'arc à une échelle h_1 (en abscisses) et h_2 (en ordonnées) (*).

Comme la courbe M_0 doit passer par l'articulation C et que nous connaissons les valeurs de M_0 et notamment $M_{0,C}$, nous en obtenons :

$$Q_0 = \frac{M_{0,C}}{M_{0,C}}$$

Nous pouvons évidemment calculer Q_0 et N , M , T et à dans une section quelconque.

(*) Nous aurons intérêt, pour obtenir une bonne précision, que $h_1 > h_2$.



Fig. 23

§ 3. Calcul à l'effondrement d'un arc à deux rotules

Le calcul de cet arc revient au calcul d'un arc à trois rotules dont il y a lieu de déterminer l'emplacement le plus défavorable de la rotule ordinaire C.

À cet effet, sous les charges extrêmes données, nous pouvons cal-

culer la poutre courbe à deux rotules (en A et en B), la rotule B étant sur un chariot à libre dilatation horizontale.



Fig. 24

Nous choisissons, au jugé, un emplacement C_0 pour la rotule ordinaire C (fig. 24) et nous dessinons la courbe M_0 qui, rapportée à l'axe, représente la courbe M de l'arc à trois rotules.

Nous calculons σ_{max} positif et σ_{max} négatif et si ces deux valeurs sont différentes on prendra comme nous nous donnerons un autre emplacement C_0 pour la rotule (fig. 24). Nous dessinons une nouvelle courbe M_0 (semblable à la première) passant par C_0 .

Nous recommençons l'opération jusqu'à obtenir à peu près l'égalité des valeurs absolues des σ_{max} .

Nous obtenons ainsi l'emplacement idéal de la rotule et nous pouvons déterminer le profil primitif.

À ce moment nous avons le choix soit de mettre effectivement une rotule, soit de la supprimer avec les soudages et les incrustations inhérents à chaque solution. Notons que comme dans un arc N est relativement grand vis-à-vis de M il y a lieu d'en tenir compte dans un calcul statoplastique (c'est-à-dire si on supprime la rotule en C).

Notons de plus que sous charges d'effondrement la déformation de l'arc à deux rotules est généralement plus grande que celle d'un arc à trois rotules et qu'en fait on devrait calculer l'arc après déformation et non avant déformation de celui-ci car cette déformation peut entraîner une modification importante des valeurs de M .

Ainsi, en tenant compte de ces considérations, nous pensons que l'arc à trois rotules, conçu avec la rotule C à un emplacement adéquat, donne une meilleure sécurité que l'arc à deux rotules.

De plus, comme tels souvent cet arc ne peut pas être d'une seule pièce, il est indiqué de faire en C un assemblage économique.

Il y a lieu évidemment de tenir compte de l'effet du flambement (voir notre ouvrage *Flambement cylindrique, alésier et spatial*).

W. K.



Fixation permanente des dalles à l'aide de colles au NEOPRENE

Les dalles de sol, les dalles de plâtres et en fait, toutes sortes de dalles, sont rapidement fixées de façon permanente, à l'aide d'adhésifs à base de NEOPRENE DU PONT. Les assemblages effectués à l'aide de colles à base de NEOPRENE présentent une résistance élevée aux effets de l'humidité, de la chaleur, de l'huile, des graisses et de nombreux produits chimiques. De plus, ces

adhésifs possèdent une certaine flexibilité et une résistance élastique aux chocs résultant des impacts et des chocs. Les colles au NEOPRENE peuvent être composées de manière à répondre aux exigences les plus diverses. Il existe des types spécialement pour l'application à la brosse, au rouleau et au pistolet. Pour plus de renseignements, retenez, s'il vous plaît, le nom ci-dessous.

A FAIT SES PREUVES DEPUIS 1932



marque de fab.

NEOPRENE

De meilleurs produits pour plus de bien-être...

grâce à la science

ATTRAQO S.A. 24 rue Royale, Bruxelles 5. Tél: 15.05.00
Veuillez indiquer vos renseignements complémentaires au sujet
des colles à base de NEOPRENE ainsi qu'une liste de fournisseurs.

NOM

FONCTION

PROF.

ADRESSE DE LA FILIALE

Membre du Centre A.P.T.

Code 10 04000



G.C.120 = PUISSANCE



Bibliographie

(suite)

par exemple les valeurs des efforts internes pour une valeur unitaire du coefficient de flexion.

Plan au et leveling (La construction des tunnels), par K. Tschumi. Edité par **Architectural Studio, Belgium N**, Aldershot, sous tit. 176 p., cartonné, sans fig., 17 x 28 cm, 1984 (japonais) : RM.38.

Cet ouvrage traite au début des aspects et besoins du tunnel. Il aborde d'abord l'étude des techniques de construction de tunnels et propose une classification de ces ouvrages en fonction de leur rôle et de leur localisation. Il souligne l'importance des études et méthodes géologiques préliminaires (géométrie, points, failles, etc.), conditions hydrogéologiques et thermiques, présence de gaz, etc.) et présente des données sur les procédés des tunnels et les règles de conception à ce sujet, les mesures des efforts et des déformations et les instruments de mesure. Un chapitre est consacré au dimensionnement et au tracé des différents formes des sections des tunnels, une dernière partie résume tout par des méthodes d'appareillages générales et des procédés de calcul graphique qui par-

tenir les méthodes modernes basées surtout sur l'application des supports et de la construction des revêtements simples par la technique de soutènement. Les exemples sont classés d'abord sous applications. Dans un chapitre spécial, il est traité de la construction géologique et de la topographie des tunnels. Vient ensuite le chapitre le plus étendu de l'ouvrage, où sont décrits les techniques de construction au tunnel et d'insémination en galerie (front d'attaque libre, soutage, bouclier), les supports temporaires, au tunnel ou en surface, les différents types de soutènement, les méthodes d'insémination de l'air comprimé, les techniques de cimentation et de ventilation, etc. L'ouvrage s'achève par un chapitre qui porte sur les formes d'extension, de réparation et de reconstruction dans les tunnels.

A. B.

Four savoirs traités sur les « Relations Publiques » (Des relations humaines au sein et autour de l'entreprise), par Ch. Bana, Directeur des Cours de l'Institut Français d'Etudes Supérieures de Belgique. Edité par **Scientia Communication S.R.L.**, Bruxelles, Bruxelles, 14 x 21 cm, 400 pages, Prix : 400 F.

L'ouvrage « Relations Publiques » est le programme théorique d'un cycle de trois semestres, consacré au management en entreprise en Europe et surtout en Belgique, de plus en plus, dans toutes les sphères.

Toutes les entreprises privées, publiques ou petites, doivent nécessairement avoir recours aux « Relations Publiques » dans un avenir plus ou moins proche. Les « Relations Publiques » revêtent véritablement une importance primordiale pour toutes les entreprises soucieuses de progresser ou, tout simplement, de se maintenir dans le paysage économique. Sans l'« Relations Publiques » des idées et des faits.

D'autre part, il est prouvé que la seule réussite des « Relations Publiques » est de contribuer largement à l'amélioration des relations humaines au sein et autour de l'entreprise, tout en lui apportant une efficacité, et de permettre à cette efficacité un excellent climat dans l'entreprise nationale (collaboration dans les communications, techniques et expériences publiques) à l'avenir pour entreprendre un nouveau effort vers ce but et l'impact.

L'auteur a très bien compris qu'il devait être indispensable de présenter une étude approfondie du rôle des idées et « Relations Publiques » dans l'entreprise internationale moderne.

Grâce à une efficace méthode analytique et à une étude simple et claire, Ch. Bana distingue clairement entre les notions et la réalité, et les notions et les notions pour qu'elles soient. Par le concept de savoir à des notions et notions et un concept, une pensée vers une vérité. Toute des Relations Publiques, l'ouvrage distingue, en outre, que ce livre repose sur des bases solides et précises.

S.A. des Etablissements GAROT ET BURTON

RC 1808 18423 - C.C.P. 18233

Tous les matériaux de construction

Bureaux :
 LIÈGE : 17, rue Ferguer
 BRUXELLES : 1, place Louise
 GAND : Aveuilaan 34
 GENÈVE : L. J. Nizzen,
 Avenue de la Gare, Tongres
 ANVERS : Moenen,
 Kappelstraat 46, Diessenhoek

Téléphone :
 04/22 39 76 (5 lignes)
 02/12 67 40 (3 lignes)
 09/22 93 11
 012/318 39
 011/142 38

ANDE PELLE POUR DE GRANDS CHANTIERS



Une D. C. 100 équipée en 1960 travaille en creusement du canal d'eau de la Station 1044 du port de Jambart. Ce sont les Engins POCLOIN qui réalisent ce travail colossal pour élargir le canal. Le sol est très dur et exige de la machine une grande force de coupe.



Equipe en charge 1961, la D. C. 100 des Engins POCLOIN travaille au grand terrassement du station de la Nouvelle Université de Liège.

Poclain EN BELGIQUE



Les Camions du Service à Grand débit, utilisés le 15-16-17 février en 1960 pour charger des wagons de Charbon de Fer de la gare de Namur à grilles pour l'exportation. Les grilles étaient déjà installées pour un travail dans un puits. Les grilles étaient déjà installées d'une façon précise et les résultats ont été obtenus la première fois.



Machine à grilles hydrauliques en 20 heures. La machine a été utilisée pour charger des wagons de Charbon de Fer de la gare de Namur à grilles pour l'exportation. Les grilles étaient déjà installées d'une façon précise et les résultats ont été obtenus la première fois.

DES IMAGES QUI PARLENT UNE



Sur site de la route au chantier de Brest, L'Engrené G. C. 120 travaille sur les débris à une profondeur de 1,00 m. Les G.C. 120 travaillent en site, en respectant le travail des officiers d'une façon normale et sûre.



Une G. C. 120 charge un chargeur 100 L. Dans certains cas, les camions de 100 L peuvent transporter jusqu'à 10 tonnes. La puissance et la force de cet équipement, grâce à la puissance hydraulique de cette machine, est une des performances remarquables.

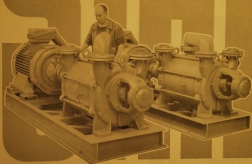
VOICI LES **G.C.120**



L'engrené G. C. 120 peut travailler sur G. C. 120 en travaux en site et en chantier. Mécaniquement, elle est de travail pour G. C. 120. Elle peut travailler sur les débris, qui se trouvent dans le terrain avec les débris de la route. Elle peut travailler sur les débris de la route et sur les débris de la route. Elle peut travailler sur les débris de la route et sur les débris de la route.



Une G. C. 120 travaille sur les débris (voir G. C. 120). Elle peut travailler sur les débris de la route et sur les débris de la route. Elle peut travailler sur les débris de la route et sur les débris de la route. Elle peut travailler sur les débris de la route et sur les débris de la route.



Qualité
Rendement
Service

Etudes et documentation relatives
à chaque problème, sur demande à

POMPES

Sihi

65-67, rue des Fabriques - Bruxelles 1
Téléphone : 12.00.78 (4 lignes)

© 2000 Blackwell Science Ltd *Journal of Internal Medicine* 247: 111–117

les problèmes les plus ardues résolus

SUCCÈS 100%

s'il est fait usage de

coffrages glissants

systèmes

**« SIEMCRETE D-IN -
PROCÉDÉ SIEMEN »**

- Tables hydrauliques
- Deux plates-formes d'extinction
- Ferrailage facilité par une position de travail normale
- Coffrages métalliques

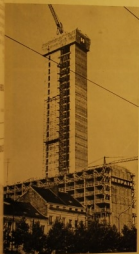
Gain de temps considérable

HÔTEL BELTON à Bruxelles
Hauteur totale 93,75 m

**produits
métallurgiques
ACIERS - MÉTAUX**

CASSART

BRUXELLES - LIÈGE - CHARLEROI - GEMBLOUX



Pour une protection parfaite et durable contre la corrosion...
et pour du travail propre!

**Essayez, vous aussi,
COROTHENE® et COROPLAST®
si vous ne l'avez pas encore fait**

Travaux plus vite, plus proprement, plus facilement,
ce qui signifie une importante réduction de frais
dans le domaine du placement et de la technique
des installations de toutes typologies.



Montage
particulièrement
aisé

Ce matériau très résistant et **imperméable** à sa seule face
adhésive, possède un pouvoir adhésif élevé
et est particulièrement protégé à utiliser :
plus de bruits d'axe, plus de risques et plus de plaie,
même pas sur des installations.

COROTHENE® (PE) pour tous genres de protection
contre la corrosion et pour la technique d'isolation.

En noir grand teint.
Même quand il fait très froid,
Corothene « colle » facilement.

COROPLAST® (PVC) pour le recouvrement des tuyauteries,
les 11 couleurs différentes
pour distinguer les tuyauteries.

Recommandations et renseignements techniques sur demande à

ARFA S.P.A. S. 21, rue P. V. Jacobs, BRUXELLES 2
REPRÉSENTANT EN BELGIQUE

Coroplast

"COROPLAST" FRITZ MOLLER KG

© Registered Trade Mark

P. & T. Clabeck Frères

PETITE MÉCANIQUE
DÉCOLLETAGE
PARACHÈVEMENT
TRAVAUX EN ACIER INOXYDABLE
BOULONNERIE DE PRÉCISION
ACIERS ALLIÉS
INOX
ETC.

69, rue Grande-Foixhelle, HERSTAL
(près de la gare)

TÉLÉPHONE : 44.18.83

COMPENSATEURS ONDULÉS

en caoutchouc synthétique

type **ERV**



pour absorption des dilatations, vibrations et
bruits dans les tuyauteries rigides.

LYONNAIS DE STOCK

DESSOY

M. V. DESSOY
Bruxelles 20

ANTWERPEN 1
Tél. (00) 38 78 79 (15 lignes)



UNE RAISON DE PLUS DE CHOISIR LA 22-RB



Le fameux excavateur universel 22 RB, apprécié partout pour ses qualités de rendement et d'économie, peut maintenant être livré, sur demande, avec des commandes pneumatiques à action progressive, d'une précision et d'une douceur remarquables.



RATCH-SYSTEM

Les 22RB sont livrables avec moteurs à refroidissement par eau et par air, en version standard ou en version ECO (ECO) — capacité de levage de 15 Tonnes.

Équipements :

- Pelle en bulle
- Pelle niveleuse
- Grappin
- Grapin
- Grue à crochet
- Rotor
- Pelle rétro

et pelle rétro avec la commande hydraulique du mouvement de cablage.



TRECO

TRATTA & COMPANY COMPANY S.A.

10000 - 10000 - 10000 - 10000

QUALITÀ - SERVICE
per le macchine TRATTA
TRATTA TRATTA TRATTA TRATTA

TRANSPORTS MARITIMES ET FLUVIAUX
EXPÉDITIONS, MANUTENTIONS
CAMIONNAGES
CONSIGNATIONS DE NAVIRES
RÉCEPTION ET DÉDOUANEMENT
DE TOUT MATÉRIEL ET MATÉRIAUX
ASSURANCES
ÉCHANTILLONNAGES, ETC.

S. O. M. E. F.

S. A. — SIÈGE SOCIAL : OUSSEL

SIÈGE À ANTWERPEN : 181, ITALIELEI
Tél. : 030.81.81.90 (10 li) - Télégr. : Somel-Anwerpen
Telex : 344 800 888

SIÈGE À LIÈGE : 9, QUAI DE CONCOMMEUSE
Tél. : 046.27.19.50 - 27.09.51
Télégr. : Som-Liège

S. p. r. l.

G. Slachmuylders

54, Allée Verte BRUXELLES 1

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION
TERRASSEMENTS
TRANSPORTS

Câbles en acier

Elingues

Manchons « Talurit »

« LE LIS »

Société Anonyme

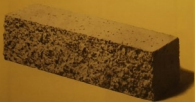
HARME-SUR-DURME

Tél. (049) 483.31 (9 lignes)
Telex : 318 29

Succursale ANVERS:

11-13, QUAI SAINT-MICHEL - TEL. (03) 07.86.34

*il est rare
qu'un matériau
soit à la fois
décoratif,
constructif et
économique*



*comme
celui-ci!*



LES CINÉMAS
LEMAIRE FRÈRES

Grandes salles
Lemaire Frères

25 rue d'Orléans, 10002
Paris 10 - 10002

25 rue d'Orléans, 10002
Paris 10 - 10002

J. HUVENNE & C^e GRAVIERS

S.A.
40, chaussée de Malines, ANVERS
Tél. 03/31.12.46 (2 l.)

Général

BRUXELLES	Quai des Anversiers	Tél. 02/1149.00
ANVERS MARI	Kalmoude 128	Tél. 03/20.26.81
ANVERS SUR	Quai Malines	Tél. 03/31.12.22

Importation

Distribution - Stockage

GRAVIERS - SABLE DE RIVIÈRE
PRODUITS DE CARRIÈRE POUR BÉTON
CIMENT EN VRAÇ ET EN SACS
BÉTON PRÉPARÉ
BLOCS YTONG
BRICKS ET AUTRES MATÉRIAUX

ÉTABLISSEMENTS

FRÉCARD

S.P.R.L.

Tél. : 031 8848.20
C. C. P. 3028.92

111, RUE D'ITALIE, ANS.

MÉTAUX - PROFILÉS

ACIERS MARCHANDS

TÔLES DE TOUTES ÉPAISSEURS
ET DIMENSIONS



**SOUVENT
IMITÉ
JAMAIS
ÉGALÉ**

CASQUE TYPE CHANTIER

- Poids plume : ca. 290 g
- Sécurité totale :
 - choc absorbé au maximum (98 %);
 - résistance très élevée à la rupture et à la perforation suivant les dernières normes ISO;
 - n'est plus sujet au vieillissement ni aux changements de température;
 - grand espace libre entre la calotte et la coiffe superabsorbante.
- Contrôle de qualité permanent par FAI.B.
- Marque thermique indélébile en relief de votre entreprise en couleur.
- Gouttière et ventilation réglable.

*Catalogue d'articles S-2P
sur simple demande.*

Ets VANDEPUTTE s. a.

140-172, Provinciestraat, Breda
Tél. 06/51 0790 (R.L.)



Équipements de Sécurité
Fabrication
et Bureau d'Étude



DIVISION CIMENT

BÉTON PRÉPARÉ

CANTON 8
ASSET
ANTWERPEN
BRUXELLES
BURCHT
CHARLEROI
GENE
GENT
LIEGE
TESSENDERLO
ZANDVLIET
ZELZATE

BÉTON MANUFACTURÉ

ERCOM
usine à : LIEGE

produits



BÉTON CELLULAIRE

YTONS
usine à : BURCHT

CIMENT

cimenteries à :
HARMIGNES
LANGENRUSSÉ (Genl)
LOIRE-les-TOUR
MARCHEMONT-lez-POINT
OBERG-les-MONS

S.A. CIMENTERIES C-B-R CEMENTBEORUVEN NV

34, Boulevard de Waterloo • Bruxelles 5
Tél. (02) 11.91.40/12.29.30 (B.L.) • Télex Bru. 2.21.464

BOOMSCHE METAALWERKEN N.V. TRAVAUX MÉTALLIQUES DE BOOM S.A.

Usine de Boom
à Boom

Usine à Tienen
à Habsoken



BOOMSCHE METAALWERKEN N.V.
TRAVAUX MÉTALLIQUES DE BOOM S.A.
BOOMSCHE METAALWERKEN N.V.
TRAVAUX MÉTALLIQUES DE BOOM S.A.
BOOMSCHE METAALWERKEN N.V.
TRAVAUX MÉTALLIQUES DE BOOM S.A.
BOOMSCHE METAALWERKEN N.V.
TRAVAUX MÉTALLIQUES DE BOOM S.A.
BOOMSCHE METAALWERKEN N.V.
TRAVAUX MÉTALLIQUES DE BOOM S.A.

- EXCAVATEURS UNIVERSELS
SUR CHENILLES
- EXCAVATEURS À GODETS MULTIPLES
- GRUES DE PORT
ET DE CHANTIER NAVAL
- GRUES FLOTTANTES
- PONTS ROULANTS À CROCHETS
ET À GRAPPIN
de toutes puissances
- PONTIQUES
- APPAREILS SPÉCIAUX
DE MÉTALLURGIE:
Puits de coulée, ponts mélangeurs,
ponts filés, ponts remorqueurs, etc.
- SLIPWAYS
- ACIERS COULÉS
ET PIÈCES MÉTALLIQUES

**constructeurs
architectes
entrepreneurs**

**songez à vos
responsabilités**

Pour couvrir vos risques

- en cours de travaux
- de responsabilité décennale

**PRENEZ VOTRE
INTERMÉDIAIRE
ou
CONSULTEZ**



L'ASSURANCE LIÉGEOISE

Fondée en 1893. Capital et Réserves: près de deux milliards de FB
Recouvrement 1990 : 750.000.000 FB

Vie • Incendie • Accidents

SIÈGES EN BELGIQUE

Liège (Siège social) 39, boulevard d'Anoy
Bruxelles 129, avenue Louise
Gent 24, Hoogstraat
Antwerpen 70, Prinsenveld
Charleroi 8, rue W. Dross

Tél. : (04) 23.38.80
Tél. : (03) 37.31.95
Tél. : (09) 23.38.51
Tél. : (03) 33.86.15
Tél. : (07) 35.45.54