

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 79 (1953)
Heft: 5

Artikel: Ancien et nouveaux appareils mécaniques d'intégration (suite et fin)
Autor: Erismann, Th.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-59745>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 15.01.2026

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

ANCIENS ET NOUVEAUX APPAREILS MÉCANIQUES D'INTÉGRATION

(Suite et fin.)¹

par TH. ERISMANN. Schaffhouse

Nouveaux instruments mathématiques

La Maison A. J. Amsler & Co., fondée à Schaffhouse par l'inventeur du planimètre, a, au cours de ces dernières années, fourni un effort considérable tant dans le domaine théorique que dans celui de la construction, pour adapter ses instruments mathématiques aux exigences accrues de la technique actuelle.

La série des intégrateurs à puissances entières a été prolongée dans le domaine des puissances fractionnaires d'après une conception de F. Dubois, qui remplace par des engrenages réducteurs les coûteuses cames directrices utilisées ordinairement. La figure 8 représente un intégrateur établi en vue du calcul de l'intégrale $\int y^{1/2} \cdot dx$ et employé spécialement pour certaines recherches de mécanique des fluides.

De nouvelles améliorations importantes ont été introduites dans la construction du planimètre ordinaire. Les tours complets de la roulette du planimètre étaient lus, jusqu'à présent, au moyen d'un disque-compteur C entraîné par vis sans fin et roue tangente (voir fig. 5). La Maison Amsler est arrivée, après des essais prolongés en collaboration avec l'International Watch Co. de Schaffhouse, à établir un jeu d'engrenages à fonction-

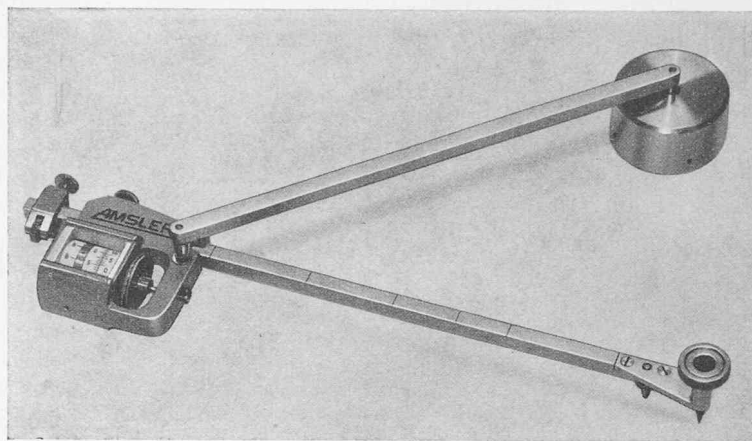


Fig. 9. — Planimètre moderne avec compteur intégrant. Les lectures sont grandement facilitées par rapport à l'instrument de la figure 5.

nement suffisamment doux et robuste, permettant la juxtaposition de deux tambours de lecture coaxiaux (pour les tours complets et les fractions de tours). L'ensemble du mécanisme a été logé dans un carter étanche d'une belle venue (voir fig. 9). Le dispositif réalisé de cette manière, dit « compteur intégrant », donne une lecture à chiffres alignés, analogue à celle d'un compteur ordinaire. La probabilité des erreurs de relevé, ainsi que la fatigue consécutive à des lectures fréquentes, se trouvent ainsi réduites sensiblement.

Il était tout naturel d'utiliser également le nouveau dispositif compteur dans le cas des autres instruments. C'est ainsi que les planimètres polaires et linéaires à disque servant aux mesures à précision très poussée de surfaces ont été transformés dans ce sens. Dans ces appareils, qui ne sont pas nouveaux en principe, la précision des lectures est, comme on sait, augmentée par l'artifice consistant à faire rouler la roulette du planimètre non pas sur le papier à dessin, mais bien sur un disque entraîné à vitesse amplifiée par une com-

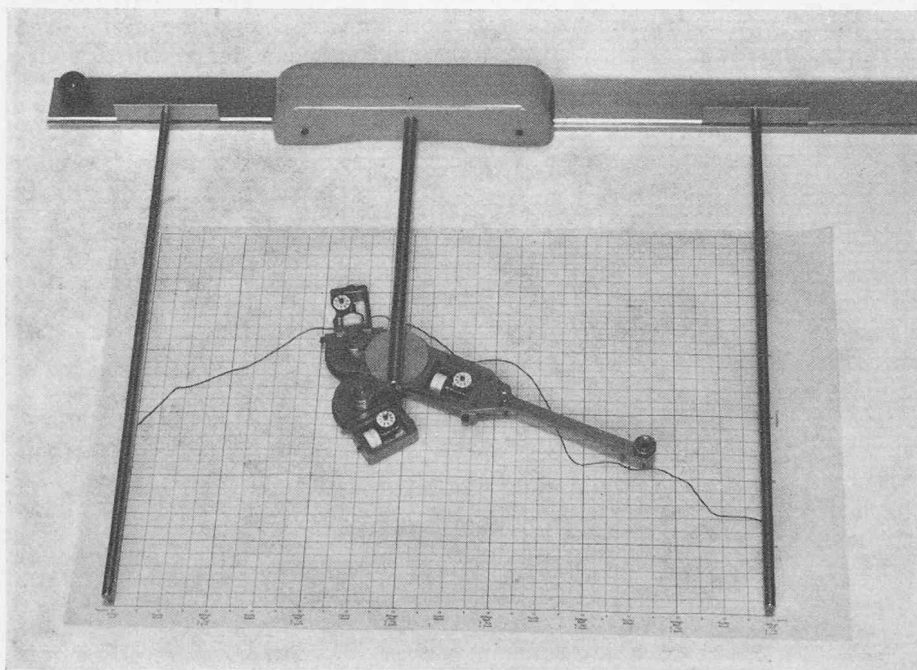


Fig. 8. — Intégrateur pour détermination des surfaces et des intégrales $\int y^{1/2} \cdot dx$ et $\int y^{3/2} \cdot dx$.
(Instrument spécial pour recherches de mécanique des fluides.)

¹ Voir *Bulletin technique* du 21 février 1953, p. 45.

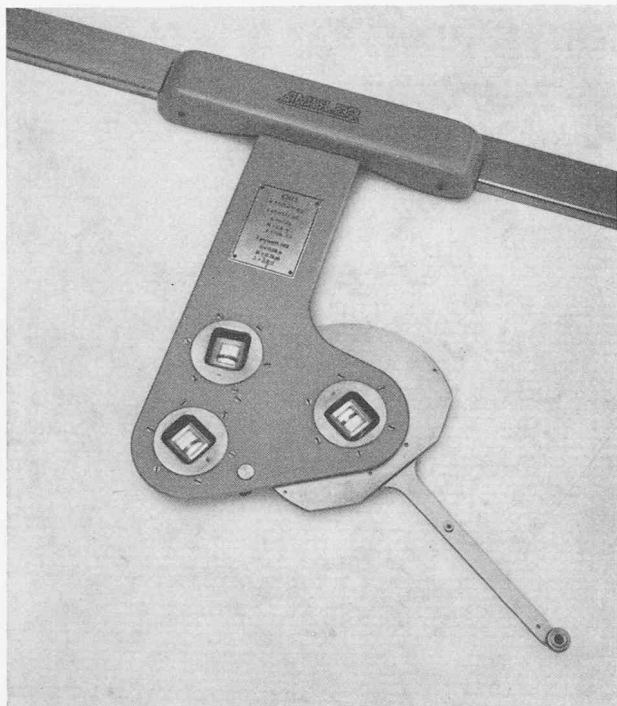


Fig. 10. — Intégrateur pour la détermination des surfaces, des moments statiques et de moments d'inertie.

mande à engrenages. L'exactitude de la description du pourtour de la figure a été en outre améliorée dans ces appareils par l'emploi d'un traçoir à loupe. Il en a été de même pour les intégrateurs usuels à puissances pour la détermination des moments de surfaces planes (voir fig. 10).

Aux instruments ci-dessus est venu s'ajouter comme nouvel auxiliaire l'« intégrimètre » (voir fig. 11). Il sert au calcul continu d'une intégrale dans le sens de la figure 2. Par opposition au planimètre il suffit seulement de parcourir la courbe qui représente la fonction à intégrer sans avoir besoin de revenir en circuit fermé au point de départ. On peut, de cette manière, déterminer très rapidement les valeurs numériques de l'intégrale correspondant à des valeurs données de la variable indépendante (abscisse). Des intégrimètres plus anciens avaient l'inconvénient que la fonction à intégrer était assujettie à un signe invariable, à une amplitude limitée. Dans le nouvel appareil, et grâce à une heureuse disposition du système articulé, on a pu atteindre pour la fonction à intégrer une amplitude de ± 250 mm malgré ses dimensions restreintes.

L'intégraphe représente la dernière étape des appareils d'intégration simple. Il enregistre automatiquement, sous la forme d'une courbe, la variation de l'intégrale au fur et à mesure du parcours du graphique de la fonction à intégrer. Des appareils de cette espèce avaient déjà été réalisés depuis longtemps par divers inventeurs. Mais il s'agissait généralement d'assemblages assez compliqués que

l'on ne pouvait pas mettre sans précautions entre les mains d'un opérateur non exercé. Ceci était d'autant plus regrettable que l'intégraphe, utilisé par un mathématicien adroit, peut être un instrument extrêmement utile. Indépendamment du calcul instantané des intégrales mentionnées au début, il permet entre autres de déterminer les intégrales puissances les plus importantes et les moments de déviation d'un ordre quelconque étroitement apparentés à ces dernières, ainsi que de résoudre des équations polynômes d'un degré quelconque. Lorsqu'on a suffisamment de temps à disposition, ces problèmes peuvent être résolus au moyen de l'intégrimètre et même du planimètre ordinaire, mais l'intégraphe seul procure l'économie décisive de temps par rapport aux autres méthodes de calcul. Au point de vue constructif, le point de départ de l'intégraphe a été l'intégrateur à bille, qui avait fait ses preuves, l'entraînement de la bille proportionnel à la variable indépendante s'effectuant ici par roulement direct sur la règle de guidage. Grâce à une disposition appropriée des parties essentielles, il a été possible de réaliser un appareil extrêmement compact et robuste (voir fig. 12). On suit la courbe à intégrer avec le traçoir mobile (au bas de la fig. 12), l'intégrale est inscrite par le style enregistreur (en haut de la fig. 12). En raison de la nature même du processus d'intégration, il arrive souvent que, pour une fonction à intégrer gardant longtemps le même signe, la course disponible du style enregistreur se trouve bientôt épuisée. Pour remédier à cet inconvénient, lorsque le style a atteint l'une des extrémités de sa course, il peut, grâce à un accouplement à friction intérieur, être de la main ramené à bout de course opposé. De plus, un signal avertisseur prévient l'observateur de l'approche de l'une des extrémités de course.

Nouvelles installations d'intégration

La grande expérience acquise par la Maison Amsler au cours de la fabrication des tables de voitures dynamométriques a conduit, pendant les premières années qui ont suivi la seconde guerre mondiale, à la réalisation

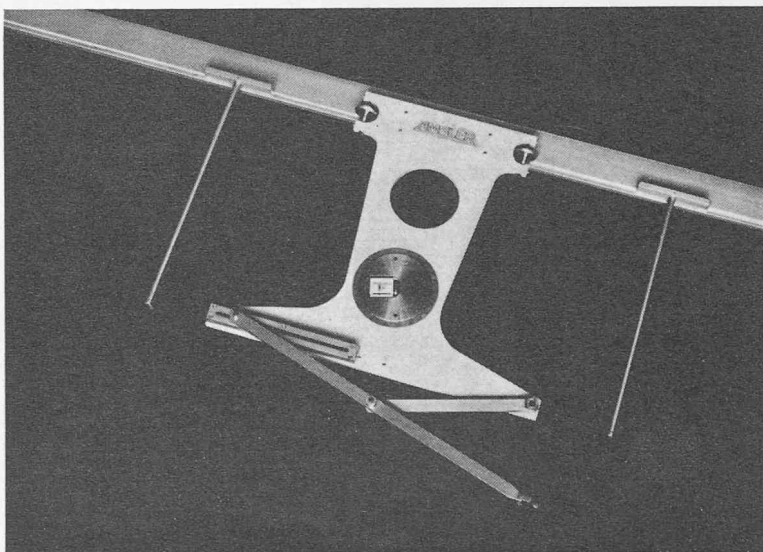


Fig. 11. — Intégrimètre.

de diverses installations d'intégrations spécialisées en vue d'une destination unique. C'est ainsi qu'a été construit pour les essais de petits véhicules de traction (automotrices, tracteurs) un ensemble dont la partie mathématique représente une version simplifiée et modernisée de la table des voitures dynamométriques (voir fig. 13). On a renoncé ici à la mesure et à l'intégration de l'accélération ainsi qu'à la mesure de la puissance, en sorte qu'il n'est resté que deux unités à bille. De ce fait l'appareil complet a pu être rendu portable de sorte qu'il peut être monté, avec des moyens relativement modestes, sur les bancs d'essais stationnaires ou sur les voitures.

La Maison Amsler a créé d'autre part un traceur d'horaires qui a été décrit d'une manière détaillée par M. G. Bohl dans la *Revue générale des Chemins de fer* d'avril 1950. Cet appareil, destiné au calcul automatique des horaires de chemins de fer, a donné des résultats extrêmement satisfaisants et sert actuellement à l'établissement de la presque totalité des horaires de la Société nationale des Chemins de fer français.

La plus grande installation d'intégration à destination unique exécutée jusqu'à présent est représentée par l'intégraphe pour le calcul des trajectoires de projectiles, réalisé pour l'Armée suisse d'après les projets du colonel P. Curti et de M. Fr. Dubois (fig. 14). Il s'agissait ici, avant tout, d'atteindre une très grande précision d'ensemble, ce qui n'a été possible que grâce à une série d'artifices de construction. Comme pour le traceur d'horaires, l'appareil est basé sur les relations intégrales entre accélérations et vitesses ainsi qu'entre vitesses et chemins parcourus. Etant donné cependant que le mouvement est ici à deux dimensions, il faut procéder à une décomposition de celui-ci en des composantes appropriées. Le mécanisme pour le calcul de la résistance de l'air a posé des difficultés particulières, étant donné qu'il s'agit d'une fonction compliquée de nombreuses variables.

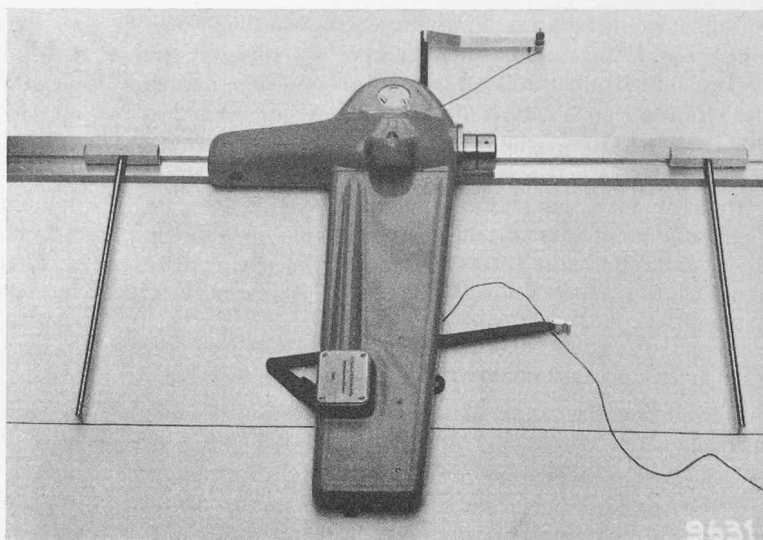


Fig. 12. — Intégraphe. On remarquera la simplicité des lignes. En haut, le style enregistreur; en bas à droite, le traçoir mobile.

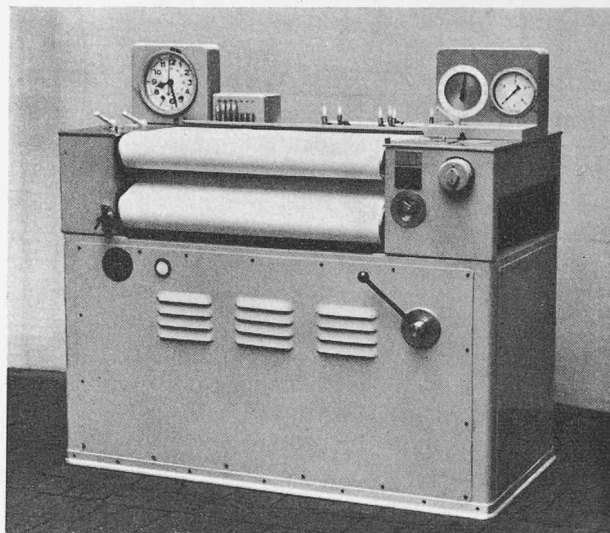


Fig. 13. — Table d'une installation pour l'essai de véhicules légers (autorails, tracteurs).

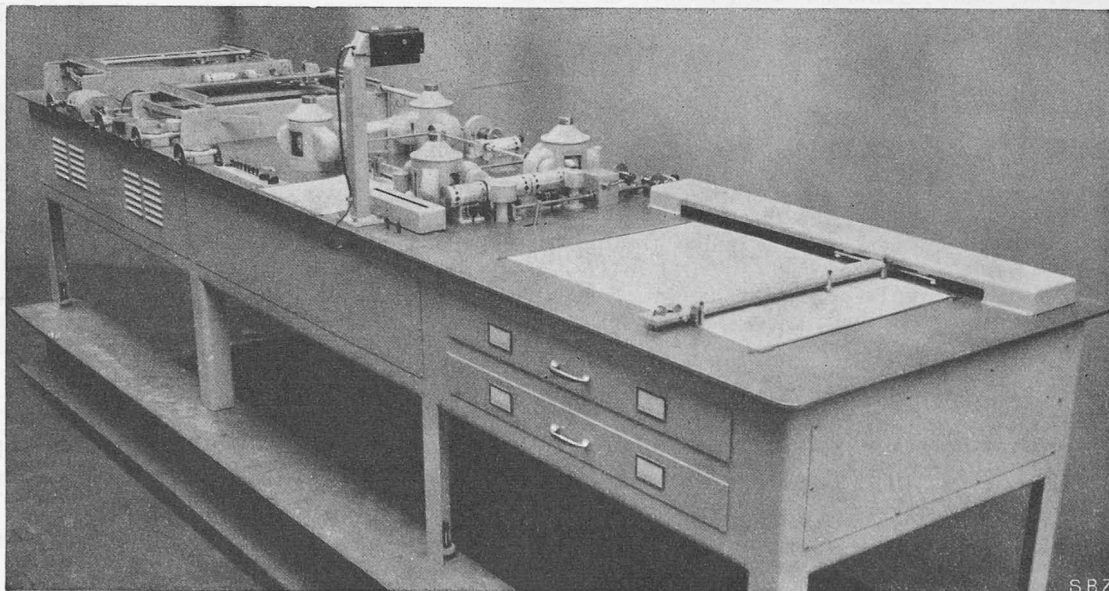


Fig. 14. Installation d'intégration pour le calcul automatique des trajectoires de projectiles. A l'avant, la table pour le tracé à l'échelle de la trajectoire.

Enfin une installation d'intégration universelle, d'une construction particulièrement simple et robuste, se trouve actuellement au stade des essais et a déjà donné des résultats encourageants. Dans cet appareil les divers éléments mathématiques avec leurs télécommandes électriques sont groupés en unités très compactes, de sorte que les matériaux mis en œuvre et l'encombrement sont fortement réduits en comparaison des installations plus anciennes. Ce résultat n'a pu être atteint que par une utilisation intensive des propriétés particulières de l'intégrateur à bille.

Remarques finales

L'évolution des appareils décrits ci-dessus fait ressortir une tendance bien déterminée que l'on peut en quelque sorte dénommer l'« intrusion des ingénieurs dans l'empire des mathématiciens ». En ce qui concerne les conceptions mathématiques de principe, rares ont été les innovations importantes, même vis-à-vis des appareils les plus anciens; par contre la réalisation technique a été souvent reprise sur des bases nouvelles, en sorte que des progrès décisifs ont pu être assurés. C'est ainsi que la précision de l'intégrateur à bille a pu être améliorée de dix fois environ au cours de la dernière décade sans compromettre la robustesse de l'appareil; elle atteint actuellement, avec des erreurs inférieures à 0,1 %, une hauteur qu'on ne rencontre dans la technique que dans un petit nombre d'instruments de mesure de précision.

Les exactitudes aussi atteintes au même degré par les intégrateurs à disque et les planimètres à disque et la plupart des autres instruments rendent les appareils d'intégration particulièrement indiqués pour la

mise en valeur des résultats de mesures de toute nature. Il convient toujours en effet d'exiger d'un appareil d'évaluation une précision supérieure à celle de l'appareil de mesure correspondant.

De telles applications sont possibles et désirables dans des cas très nombreux. Elles couvrent l'immense domaine qui va du simple planimétrage de diagrammes à l'emploi d'appareils combinés de mesure et d'analyse mathématique dans certaines installations à destination spécialisée ainsi qu'à la résolution automatique la plus générale de systèmes d'équations différentielles compliquées à caractéristiques expérimentales.

La technique moderne connaît évidemment d'autres catégories d'appareils destinés au traitement de problèmes analogues (automates calculateurs avec commande selon programme, installations d'intégration électroniques, etc.). Mais à côté de ceux-ci, les appareils mécaniques d'intégration continueront certainement à s'imposer comme auxiliaires extrêmement puissants et économiques dans le domaine à précision limitée (quoique cependant déjà très élevée), où l'analyse mathématique immédiate de résultats d'essais et l'adaptation simple et rapide aux problèmes les plus divers sont une condition primordiale.

Ceci est d'autant plus le cas que l'évolution des appareils mécaniques (évolution qui ressort nettement de la comparaison des planimètres des figures 5 et 9) ne peut, en aucune manière, être considérée comme arrivée à son terme. Des améliorations sont encore réalisables aussi bien en ce qui concerne la précision que les facultés d'adaptation, et l'on peut attendre avec un vif intérêt les développements futurs dans cette direction.

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SECTION S. I. A.

Communiqué

Le président de la S. V. I. A. nous prie de rappeler à nos lecteurs la conférence que donnera, le jeudi 12 mars, à 20 h. 30, à l'Aula du Palais de Rumine, à Lausanne, M. P. Ehrmann, ancien élève de l'Ecole polytechnique de Paris, ingénieur des Ponts et Chaussées, directeur adjoint de l'Équipement à l'Electricité de France, sur le sujet :

L'Équipement électrique en France

L'effort français en matière d'équipement électrique depuis la fin de la guerre : vue d'ensemble. — Indications techniques sommaires sur quelques-unes des réalisations les plus importantes du programme d'équipement en cours (hydraulique, thermique, transport). — Perspectives d'avenir.

Cette conférence est organisée par la S. V. I. A., l'A³ E² P. L. et le G. E. P. (Section romande).

LES CONGRÈS


Conférences sur les applications du gaz dans l'industrie

La Société coopérative pour le développement de l'emploi du gaz (Usogaz), l'Association suisse pour l'essai des matériaux et la Société de l'Industrie du gaz et des eaux

organisent, les 17 et 18 mars 1953, à l'Ecole polytechnique de Zurich, une série de conférences sur les applications du gaz dans l'industrie.

Programme détaillé et renseignements peuvent être obtenus auprès de Usogaz, Dreikönigstrasse 18, Zurich, tél. 23 83 80.

Rédaction : D. BONNARD, ingénieur.

 Service Technique suisse de placement page 9 des annonces.

DOCUMENTATION GÉNÉRALE

(Voir page 7 des annonces)

DOCUMENTATION DU BATIMENT

(Voir page 10 des annonces)

NOUVEAUTÉS — INFORMATIONS DIVERSES

Vetrotex-Armature

(Voir photographie page couverture)

VETROTEX-ARMATURE¹ est le nom du nouveau tissu de verre imputrescible, mince et résistant, qui remplace de plus en plus les toiles de jute dans la protection anti-corrosion des citernes et conduites souterraines. Description détaillée *Bulletin technique* n° 5 (1952), p. 77.

Notre photographie représente une des deux (nouvelles) citernes à mazout de 150 000 litres de la ville du Locle, dont l'isolation a été faite par Strassenbaumaterial A. G., Berne (procédé Vetro-Waberit).

¹ VETROTEX-ARMATURE est un produit de Fibres de Verre S. A., Lausanne (Usine à Lucens).