

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 60 (1934)
Heft: 11

Artikel: Modernisation des réseaux de tramways
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-46386>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

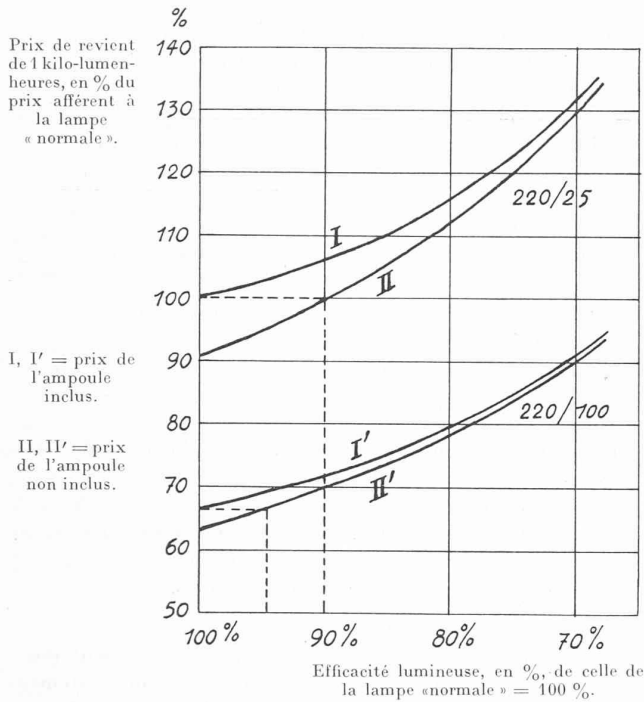
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

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



Pour l'interprétation de cette figure, voir le texte.

Lampe	220 V/25 W	220 V/100 W
Flux moyen, en lumens . . .	240	1380
Prix de l'ampoule	Fr. 1.10	Fr. 2.25
Prix du kWh	40 cts	
Durée utile, en heures	1000	

Fig. 1. — Relations entre l'efficacité lumineuse et le prix de revient de l'éclairage.

prix de revient de 1000 lumen × heures en fonction de l'efficacité lumineuse, mais la courbe supérieure de chaque couple inclut le prix d'achat de la lampe, tandis que la courbe inférieure l'exclut, autrement dit, elle correspond à l'hypothèse que les ampoules sont livrées gratuitement.

Ce diagramme est riche en enseignements : il confirme l'avantage économique des unités de forte puissance sur celles de faible puissance, les courbes relatives à la lampe de 100 watts étant constamment bien au-dessous des courbes relatives à la lampe de 25 watts ; il montre avec quelle rapidité le prix de revient de l'éclairage croît quand l'efficacité lumineuse diminue ; enfin, et ceci est singulièrement suggestif, il apprend qu'il n'est besoin que d'un léger fléchissement de l'efficacité lumineuse pour que la lampe à durée normale, compte tenu de son prix d'achat, devienne plus avantageuse que la lampe à « surdurée », même si cette dernière ne coûtait rien, ou, ce qui revient au même, si elle était éternelle. En effet, on lit sur la figure qu'il suffit, pour réaliser cette espèce de parité, que l'efficacité de la lampe à « surdurée » soit tombée à 90 %, pour le type de 25 watts, et même à 94,5 % seulement pour le type à 100 watts. Si ce glissement se poursuit au delà de ces parités, le « don » de la lampe coûte plus ou moins cher. Or, il faut savoir que des efficacités de cet ordre de grandeur sont choses courantes sur le marché libre des lampes électriques à incandescence. Il est certain que le préjudice économique résultant pour les usagers de l'emploi de lampes à « surdurée » peut être compensé, dans une certaine mesure, par une réduction appropriée du prix du kilowatt-heure. Or, les usagers ne tarderont pas à être conscients de ce moyen de récupération et ils réclameront des distribu-

teurs une réduction de leurs tarifs. D'où découle cette leçon que les distributeurs sont les premiers intéressés à proscrire ces lampes de qualité médiocre, prétendues « bon marché », mais, qui en réalité, font payer si chèrement leurs services.

Voici encore un calcul, qui corrobore qu'une lampe de qualité éprouvée, c'est-à-dire de haute efficacité lumineuse, est d'un service plus économique qu'une lampe de qualité inférieure. Soit une lampe de 60 W, par exemple : elle consomme, pendant la « durée utile » de 1000 heures, prescrite par l'Association suisse des Electriciens, 60 kWh. Sur la base d'un prix de 40 cts. par kWh, par exemple, la dépense de courant s'élève à $0,40 \times 60$ Fr. 24.— et la lampe coûtant, » 1.30 1000 heures d'éclairage reviennent donc à . . . Fr. 25.30

Veut-on réaliser le même éclairage au moyen d'une lampe bon marché ? Il faudra alors, en raison de son efficacité lumineuse bien moindre, consommer quelque 75 kWh durant les 1000 heures de sa durée utile. Le compte des dépenses s'établira, alors, comme suit :

Dépense de courant $0,40 \times 75$ Fr. 30.—
Coût de la lampe, environ » 1.—
Prix de revient de 1000 heures d'éclairage . . . Fr. 31.—

L'économie due à l'emploi de la lampe de bonne qualité ne se monte donc pas à moins de Fr. 5.70. Il ressort aussi de ces calculs que la lampe bon marché serait antiéconomique, même si elle était livrée gratuitement. L'excédent de dépense de courant qu'implique l'usage d'une lampe de qualité inférieure est suffisant pour acheter quatre lampes de qualité éprouvée.

En voilà assez pour confirmer cet avertissement que M. R. de Valbreuze, dans ses « Principes et applications de l'éclairage »¹, fait au public, dont la tendance naturelle est de considérer comme bonne une lampe qui dure très longtemps. C'est-là une grave erreur. La lampe qui dure longtemps n'est pas la meilleure : elle mange de l'argent, car elle ne correspond pas aux conditions maximum d'économie ».

URBANISME

Modernisation des réseaux de tramways.

Il est certainement téméraire, en ce moment, d'émettre une opinion définitive sur le sujet si débattu, soit la suppression des réseaux de tramways et leur remplacement par des autobus. Si, en cas de fort trafic, le tramway a pour lui l'avantage d'être plus économique, l'autobus, par contre, s'adapte mieux à la circulation des autres véhicules. D'autre part les fortes pentes, avec la grosse consommation d'énergie qu'elles provoquent, consacrent l'avantage de la traction électrique sur le moteur à essence, dont l'usure est alors trop rapide.

Reste le trolleybus, dernier venu. Il doit joindre aux avantages de la traction électrique la mobilité et le confort de l'autobus. Courageusement la Société des Tramways Lausannois vient d'en faire l'essai. Après quelques difficultés de mise au point, ce système semble fonctionner à satisfaction.

Ainsi donc l'autobus et le trolleybus coalisés vont-ils remplacer les tramways ?

Il est probable que les conditions économiques et les moyens financiers en décideront dans un avenir indéterminé. Les réseaux de tramways établis possèdent un matériel partiellement amorti, souvent bien renouvelé, et il est certain

¹ Conférences faites au Conservatoire national des arts et métiers, à Paris.

qu'on l'utilisera le plus longtemps possible. Il est donc probable que, pour un certain nombre d'années encore, les tramways resteront maîtres de nos principales rues. Mais ils gênent incontestablement les autres véhicules — toujours plus nombreux — par la rigidité de leur tracé, et par leurs arrêts surtout.

Or il sera souvent possible d'améliorer les tracés, par une utilisation judicieuse des chaussées, portées à des largeurs normales. En général, et ceci est le cas dans un très grand nombre de villes, on a reporté les lignes de tramways au milieu de la chaussée, tant pour les lignes à simple que pour celles à double voie. Parfois, et ce serait là l'idéal, on les a placées sur plates-formes indépendantes, solutions cependant irréalisables au centre des villes. Afin que les véhicules à moteur puissent, soit stationner, soit circuler des deux côtés des tramways, il faut pour les largeurs de véhicule admises en Suisse, une largeur minimum de chaussée de 11 m pour les lignes à double voie, et de 8 m pour les lignes à simple voie. En ne laissant la chaussée libre aux véhicules que d'un côté des voies de tramway, ces largeurs normales peuvent être réduites respectivement à 8,5 m pour les lignes à double voie et à 5,5 m pour les lignes à simple voie. Ces deux dernières largeurs ne devraient être admises que pour des rues à sens unique.

La chaussée de 11 m est précisément celle adoptée à Zurich pour les artères normales à double voie de tramway. Cette largeur de chaussée ne peut être obtenue qu'entre des alignements distants de 18 m au moins, car alors les trottoirs ne sont que de 3,5 m chacun. C'est donc cette largeur minimum que nous considérerons plus loin. La largeur normale entre alignements devrait être de 21 m pour les artères à double voie de tramway, et de 25 m si on veut à la fois assurer le stationnement et la libre circulation des véhicules à moteurs à côté des tramways. (Chaussée de 15 m.)

Il est, en outre, indispensable de moderniser les conditions aux arrêts des tramways. Tout d'abord, et de nombreux réseaux l'ont compris, il est nécessaire de réduire autant que possible le nombre des arrêts; l'accélération du trafic ainsi obtenue compense largement les quelques dizaines de mètres de plus que le voyageur doit parcourir à pied.

Puis les arrêts indispensables seront aménagés systématiquement dans le double but d'assurer la sécurité des usagers de tramways, et de ne pas entraver la circulation des autres véhicules.

Voyons maintenant comment la plus grande des villes suisses a résolu le problème de l'aménagement de l'arrêt des tramways (fig. 1). Les chiffres que nous donnons ne visent que l'ordre de grandeur et peuvent varier de cas à cas. On a établi deux refuges de part et d'autre des lignes de tramways, ce qui nous amène aux conditions suivantes: largeur entre les refuges: 5,5 m, deux refuges de 1,25 m chacun, deux chaussées extérieures de 3,5 m chacune, soit au total, une

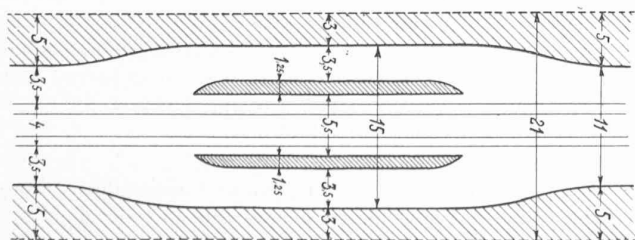


Fig. 1. — Arrêt de tramways avec deux refuges extérieurs. Cas adopté en particulier à Zurich.

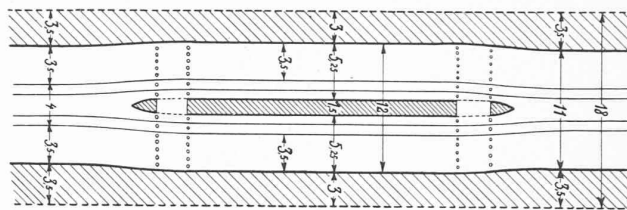


Fig. 2. — Disposition préconisée pour arrêt de tramways avec « refuge central ».

largeur de 15 m entre trottoirs au droit des refuges. Cette disposition exige naturellement, et avec des trottoirs très étroits de 3 m, des alignements distants de 21 m au moins. Mais, même cette distance est parfois ou très onéreuse, ou impossible à réaliser. Il est, en outre, évident que des trottoirs de 3 m sont fort étroits pour des villes de quelque cent mille habitants, et que 5 m devraient même être considérés comme un minimum, ce qui exige alors une largeur d'au moins 25 m entre alignements au droit des refuges.

Or nous proposons ici une autre solution à ce même problème, solution plus facile à réaliser dans les villes où les rues sont étroites, et qui s'adaptera plus aisément aux conditions en vigueur dans les cités de la Suisse romande: c'est de prévoir, pour les haltes de tramways, un seul refuge au centre de la chaussée (fig. 2). On obtient les conditions suivantes: largeur du refuge 1,5 m; de chaque côté du refuge un espace libre de 5,25 m comprenant la voie de tramway et un espace hors voie de 3,5 m. La largeur totale entre les trottoirs sera ainsi de 12 m au minimum, au lieu de 15 m avec la solution à deux refuges extérieurs. Cette solution est donc déjà admissible avec 18 m entre alignements, les trottoirs ont alors 3 m de largeur; avec 21 m entre alignements les trottoirs seront de 4,5 m de largeur.

Cette réduction de 3 m des largeurs nécessaires au droit des refuges n'est pas le seul avantage de la solution proposée: en effet, les deux refuges de la première solution divisent la chaussée en trois espaces d'inégale largeur, soit un central de 5,5 m et deux extérieurs de 3,5 m chacun. Quand la route est libre de tramways il peut y avoir de l'indécision dans la conduite des véhicules, l'espace central et celui de droite étant à leur disposition. Dans tous les cas le véhicule doit fortement dévier pour passer à côté des refuges qui se trouvent sur son parcours normal. Il n'en est pas de même avec un unique refuge central. La chaussée est alors divisée en deux parties égales: il n'y a plus d'hésitation possible, le véhicule doit passer à droite. Les véhicules peuvent aisément se devancer, ou dépasser un tramway arrêté au bord du refuge.

Comme les voitures de tramway ont des portes des deux côtés, un des systèmes de refuge peut aussi bien être utilisé que l'autre et généralisés ils rendent les mêmes services au public.

Pour les usagers du tramway, le refuge central a l'avantage de faciliter les transbordements, avantage reconnu au métropolitain de Londres, où les stations sont établies d'après le principe du quai central. La traversée du refuge central aux trottoirs, un peu plus longue qu'avec le cas de deux refuges, sera facilitée par des passages cloutés aux extrémités du refuge. L'utilisation des portes côté gauche, soit côté du milieu de la chaussée mettra pratiquement fin à la dangereuse habitude de monter et de descendre de voitures en marche. Les tramways de Milan ont du reste mit fin à cette habitude par la fermeture pneumatique des portes.

Quand un réseau comporte des lignes à simple et à double voie, la transition n'est pas plus compliquée avec un système

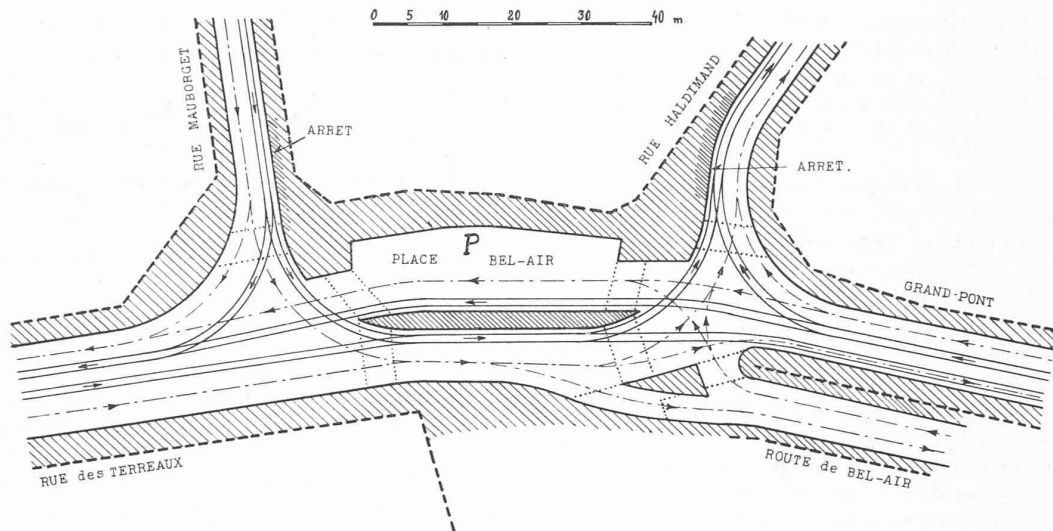


Fig. 3. — Aménagement de la place Bel-Air, à Lausanne, d'après le principe du « refuge central ». Les rues Mauborget et Haldimand sont alors à sens unique généralisé.

de refuge qu'avec l'autre. Par contre le système à refuges centraux s'adapte mieux à la circulation des autres véhicules dans les rues à sens unique ; la ligne de tramways est alors établie à gauche de la chaussée ; le trottoir de gauche sert de refuge pour les arrêts ; les véhicules circulent dans le même sens que les tramways et les dépassent à droite comme dans les autres rues. (Voir fig. 3, aménagement de la place Bel-Air à Lausanne avec refuge central, et les rues Mauborget et Haldimand à sens unique généralisé.)

Dans un cas typique, comme celui de l'aménagement de la place Cornavin, à Genève, en suivant le principe du « refuge central » les tramways tourneraient à gauche au lieu de tourner à droite autour du refuge circulaire ; les véhicules tenant leur droite circuleraient dans le même sens que les tramways, mais sur un plus grand cercle. (Voir « L'aménagement de la Place Cornavin », *Bulletin technique de la Suisse romande*, du 15 avril 1933, page 100.) Cette éventualité a du reste été étudiée dans le cas précité, mais sans envisager l'utilisation des portes de gauche des tramways ; elle aurait cependant eu l'avantage de supprimer le cisaillement des voies à l'entrée et à la sortie de la boucle. En outre nous ne croyons pas à la gravité de l'inconvénient énoncé, soit que, en tournant à gauche au lieu de tourner à droite, « chaque fois qu'un tramway quitterait la boucle, tangentiellement à celle-ci, il ferait courir un danger grave aux véhicules cheminant parallèlement à lui ».

Or dans les deux sens de rotation les tramways doivent quitter la boucle tangentiellement ; en tournant en sens inverse des autres véhicules, ils se présentent face à eux (cas qui est réalisé aujourd'hui) d'où danger de collision. En tournant par contre dans le même sens, le véhicule serait tout au plus contraint à s'engager dans la même rue que le tramway.

Nous ajouterons, car ce fut un cas disputé, que le système à refuge central s'appliquerait aussi très bien aux conditions de la Place Saint-François à Lausanne, où on a établi trois voies parallèles ; le refuge central peut utiliser l'espace de la voie du milieu aux deux extrémités de la place. Et si on se décide un jour à y appliquer la circulation giratoire aux tramways comme aux autres véhicules, ce serait tout le trottoir autour de l'église de Saint-François qui deviendrait « refuge central ».

L'établissement des refuges centraux pourra aisément se

faire au fur et à mesure des réfections de rue ou de voies de tramways.

Nous avons choisi les divers exemples précédents pour bien montrer que le principe du « refuge central » peut tout aussi bien être appliqué dans les différents cas qui se présentent, qu'il rend les réseaux de tramways beaucoup moins gênants pour la circulation routière que le système à deux refuges extérieurs, et qu'il permet surtout d'aménager beaucoup plus rationnellement les rues à faible largeur.

M. WANNER, ingénieur.

Lausanne, le 24 janvier 1934.

Nous avons communiqué la note de M. M. Wanner, à M. E. Choisy, ingénieur, directeur de la Compagnie Genevoise des Tramways électriques, qui fait autorité en ces matières et qui a bien voulu nous faire part de deux remarques qu'elle lui a suggérées. Réd.

1. Refuges centraux.

De nombreux urbanistes ont étudié les dispositions à adopter pour les arrêts des tramways, notamment dans les rues étroites (*Lübke, Strassen und Plätze im Stadtkörper ; Wentzel, Die Durchführung der Strassenbahn durch enge Strassen der Innenstadt, etc.*), mais aucun n'a proposé l'adoption de refuges centraux, car cette solution, purement théorique, ne pourrait être réalisée pratiquement que si *tous* les arrêts, fixes et facultatifs, étaient pourvus de refuges de ce type, ce qui est impossible, faute de place en de nombreux points dans toutes les villes. On ne peut, en effet, songer à utiliser dans un même réseau des refuges centraux et des refuges extérieurs obligeant à ouvrir et à verrouiller alternativement les portes de droite et de gauche des voitures.

En outre, et si même tous les arrêts d'une ligne pouvaient être pourvus de refuges centraux, il n'en resterait pas moins que l'ouverture des portes à contrevoie constituerait une source de dangers inadmissible, à moins d'augmenter considérablement la distance entre les voies.

2. Boucle de Cornavin.

C'est précisément après avoir reconnu l'impossibilité d'ouvrir les portes de gauche entre deux arrêts où celles de droite doivent être utilisées, que l'on s'est décidé à faire tourner les tramways dans le sens des aiguilles d'une montre, ce qui entraîne divers avantages, entre autres celui que M. Wanner

estime peu important mais qui, au contraire, est essentiel. Il va sans dire que, quel que soit le sens de rotation adopté, les véhicules quittent le refuge central ou y abordent tangentiellement; mais alors qu'entre deux véhicules circulant en sens inverse et dont l'un, le tramway, suit un chemin clairement fixé par sa voie, les risques de collision sont quasi nuls, il en va tout autrement lorsque la largeur de chaussée disponible se rétrécit progressivement au fur et à mesure qu'un tramway chemine parallèlement aux véhicules routiers. L'expérience ayant maintes fois confirmé la justesse de ce point de vue, il ne pouvait être question de commettre à Cornavin l'erreur qui aurait consisté à faire tourner les tramways dans le même sens que les véhicules.

Confection rationnelle du béton.

Aperçu des recherches de la « Commission autrichienne des bétons armés ».

Dès le début de l'emploi du béton armé pour des constructions d'encombrement et de poids propre minima, une statique du béton armé s'est constituée et a atteint rapidement un très haut degré de développement. Pendant plusieurs dizaines d'années, elle a dominé presque exclusivement les recherches expérimentales. Mais au fur et à mesure de ses progrès cette statique a prescrit des spécifications de plus en plus sévères quant à la régularité des propriétés du béton lui-même. Jusqu'alors on avait cherché à obtenir cette régularité principalement par un dosage rigoureux du ciment: mais la pratique démontra bientôt incontestablement qu'en dehors de la proportion de ciment il y avait nombre d'autres variables dont dépendent les propriétés du béton fini. Malgré des efforts considérables dans tous les pays, on n'a pu les déterminer, en employant des méthodes expérimentales de description et de comparaison, qu'en imposant des limites très étroites aux conditions de réalisation de chaque cas particulier.

On connaît les travaux exécutés par *Abrams*, à l'Institut Lewis de Chicago, en 1918, et qui firent sensation à cette époque. Pour la première fois l'attention fut attirée, bien qu'avec certaines restrictions, sur la relation qui existe entre la quantité d'eau nécessaire à la confection du béton et un certain indice du squelette du béton appelé « module de finesse ». Environ cinq ans plus tard, à la suite de recherches pratiques, un Suisse, le professeur *Bolomey*, établit de son côté, l'existence d'un rapport numérique entre les dimensions des matériaux entrant dans la confection du squelette et la quantité d'eau nécessaire pour le gâchage. Malgré ces recherches, la plupart de ceux qui se consacrent à l'étude de cette question croient que la complexité des conditions physiques rend impossible un traitement mathématique de ce problème et que seule la méthode compliquée de la recherche expérimentale descriptive et comparative reste ouverte.

Seuls un très petit nombre de savants et de chercheurs — principalement des allemands, des tchéco-slovaques et des autrichiens — persuadés de la haute valeur des principes d'*Abrams* et de *Bolomey* en ont entrepris une étude théorique, soit par des procédés graphiques, comme le Dr *Hummel*, à Berlin et *Spindel* à Vienne, soit par des méthodes de calcul, soit par des procédés mécaniques, comme *Stern* et le Dr *Vieser* à Vienne, soit enfin par des méthodes pratiques de construction comme *Brebera* à Prague.

On conçoit sans peine qu'avant toute chose il convient d'expliquer et de développer les principes proposés par *Abrams* et *Bolomey*. On fut ainsi amené à ne pas considérer momentanément l'application immédiate au domaine technique, beaucoup moins encore que ne l'avaient fait *Abrams* et *Bolomey*, (à l'exception toutefois de la mise en valeur expérimentale faite par *Brebera*) pour ne traiter que le caractère mathématique du module de finesse, caractère mathématique qui comporte l'étude des éléments suivants: La puissance granulométrique — Les possibilités générales d'établissement de celle-ci à partir de séries logarithmiques servant d'échelles de mesure — La possibilité de former la puissance granulomé-

trique finale à partir des puissances granulométriques partielles et, inversement, de décomposer la puissance granulométrique finale en puissances granulométriques partielles. La définition univoque des gradations par les puissances granulométriques d'ordre supérieur et inférieur. Les relations entre les puissances granulométriques, la surface granulaire, les fonctions (courbes) potentielles, et enfin l'établissement d'équations granulométriques pour des répartitions granulaires quelconques.

Personne ne s'étonnera que l'étude de thèmes semblables n'ait guère pu trouver d'écho chez les praticiens du béton et que même, beaucoup de chercheurs spécialisés dans le domaine de la résistance des matériaux les aient considérés comme des rêveries mathématiques ou comme des subtilités sans valeur pratique.

C'est ce qui rend d'autant plus intéressante et plus utile, la position prise par la Commission autrichienne pour le béton armé à l'égard de ces tendances nouvelles, position qui est définie dans le N° 14 des « Communications sur les recherches effectuées par la Commission autrichienne pour le béton armé » (Verlag des Oesterr. Ingenieur- und Architekten-Vereines, Wien. Preis Mk. 10.—). Cette publication renferme trois comptes rendus de recherches complètes exécutées sous la direction de la sous-commission pour le béton rationnel, sous-commission présidée par le Dr ing. *Tillmann*. A la lecture de ces travaux, on a l'impression qu'une méthode naturelle et simple peut, dès à présent, remplacer les anciennes méthodes descriptives de comparaison, par des calculs généraux: même, la commission du Dr *Tillmann* a fait plus, elle a poussé le travail jusqu'à rendre inutile tout calcul au laboratoire ou sur le chantier, grâce à l'emploi de méthodes purement mécaniques ou nomographiques. Cette façon de procéder est la preuve d'une compréhension intime des besoins de la technique, puisque l'expérience enseigne que les meilleures théories ne deviennent applicables dans la pratique que si l'on parvient à supprimer tout effort dans leur emploi par l'utilisation de méthodes presque automatiques.

On peut caractériser rapidement la nature des résultats obtenus en disant que le domaine des principes d'*Abrams* et de *Bolomey* a été étendu. Le module de finesse primitivement employé a été remplacé par une autre fonction: la *puissance granulométrique*, et celle-ci a été utilisée par M. l'ingénieur *Zeissl* pour définir, d'une façon qui exclut toute ambiguïté, l'indice de répartition d'un mélange granulométrique donné. De plus, tout comme *Bolomey*, il a déterminé la quantité d'eau nécessaire au gâchage en additionnant les influences des groupes de chacune des grosseurs de grains considérées isolément. Toutefois, dans l'établissement de la fonction déterminant le facteur d'influence, M. *Zeissl* s'écarte de la formule de *Bolomey* parce que ce dernier n'avait pas encore à sa disposition, pour faire ce calcul, la « puissance granulométrique » bien définie et qu'il lui fallut la remplacer par d'autres variables dont seule l'expérience spéciale pouvait définir la grandeur.

Pour déterminer pratiquement l'indice de répartition il faut connaître deux constantes des matériaux constituant le squelette. C'est ce coefficient de l'indice de répartition qui permet de calculer immédiatement les quantités d'eau (calculées en litres pour 1000 kg de substances sèches) et puis le coefficient permettant de calculer, à partir de l'indice de répartition, la compacité du mélange gâché.

Comme l'indice de répartition est essentiellement fonction de la teneur en ciment, on en peut calculer d'avance, avec toute l'approximation désirable, les proportions de substances sèches à employer ainsi que le rapport eau: ciment pour n'importe quelle consistance désirée et ceci a évidemment une très grande importance pour la prévision des résistances à la compression et à la traction.

Il résulte donc de cela que la théorie générale de la mise en œuvre du béton peut être considérée sous forme d'une fonction mathématique et que la multiplicité des cas que présente la pratique peut être résolue à l'aide de certaines recherches préliminaires fixant l'importance numérique de trois valeurs: l'indice de répartition et ses deux coefficients, le *facteur de dilution* et le *facteur de compacité*. A la fin de l'exposé des recherches se trouve un résumé ne comportant pas plus de trois