

Jean Bolomey

GRANULATION DES BETONS ET BALLASTS (1925)

Un ballast est constitué par le mélange, en proportions variables, de grains de sable et de gravier de diverses formes et grosseurs. Il est caractérisé par sa compacité (densité apparente), qui est d'autant plus grande que les grains de petits diamètres s'intercalent mieux et plus complètement entre les gros grains ou, ce qui revient au même, que le volume des vides est plus petit.

La compacité d'un ballast dépend de sa granulation, c'est-à-dire de sa teneur, exprimée en pour-cent du poids total, en grains passant par les tamis à mailles de 0,1, 0,3, 1, 2, 4 mm. etc.

Diverses méthodes ont été proposées pour trouver la granulation optimum du ballast: triangle de Feret à trois composantes avec courbes d'égale compacité, module de finesse d'Abraams, parabole et courbe de Fuller, courbes limites de Graf, etc.

Ces méthodes se rapportent toutes à la granulation du ballast seul, sans tenir compte ni de la forme et de la rugosité des grains de celui-ci, ni du dosage en ciment, ni de la consistance du béton. Elles conviennent dans de nombreux cas particuliers, elles sont en défaut dans d'autres. Il est en effet évident que plus le dosage en ciment est faible, plus le ballast doit contenir de particules fines; un béton fluide doit contenir davantage de fins (pour retenir l'eau) qu'un béton sec; la proportion de sable au gravier pourra être plus faible pour un ballast à grains arrondis que pour un ballast à grains anguleux; le damage ou la vibration permet de réduire le volume des vides (voir tableau 1), donc le volume du sable.

TABLEAU I

Densité et compacité de sables et graviers

Diamètre des grains	Damé		Non damé		
	Densité apparente	% de vides	Densité apparente	% de vides	
Matières de rivière granulation uniforme	0 - 0.5 mm.	1.61	39	1.39	47.5
	0.5 - 1 »	1.63	38	1.41	47
	1 - 2 »	1.68	36	1.43	46
	2 - 5 »	1.62	39	1.49	44
	5 - 10 »	1.61	39	1.48	44
	10 - 25 »	1.58	40		
Sable gradué 0 - 25 »	1.85	30	1.65	38	
Gravier » 5 - 80 »	1.74	34	1.62	39	
S + G » 0 - 80 »	2.04	23	1.85	30	

Jean Bolomey, Détermination de la résistance à la compression des mortiers et bétons [BTSR S1 - 1925 cahier 15]

GRANULATION DES BETONS ET BALLASTS

La composition granulométrique du squelette du béton (ciment et ballast) satisfaisant au mieux aux conditions de compacité et de maniabilité est donnée par la formule Bolomey-Fuller.

$$(6) \quad P = A + (100 - A) \sqrt{\frac{d}{D}}$$

dans laquelle :

P = Poids des grains de ciment et ballast d'un diamètre plus petit que d mm, ce poids étant exprimé en pourcent du poids total du mélange ciment et ballast.

D = Diamètre, en mm, des plus gros grains du ballast considéré.

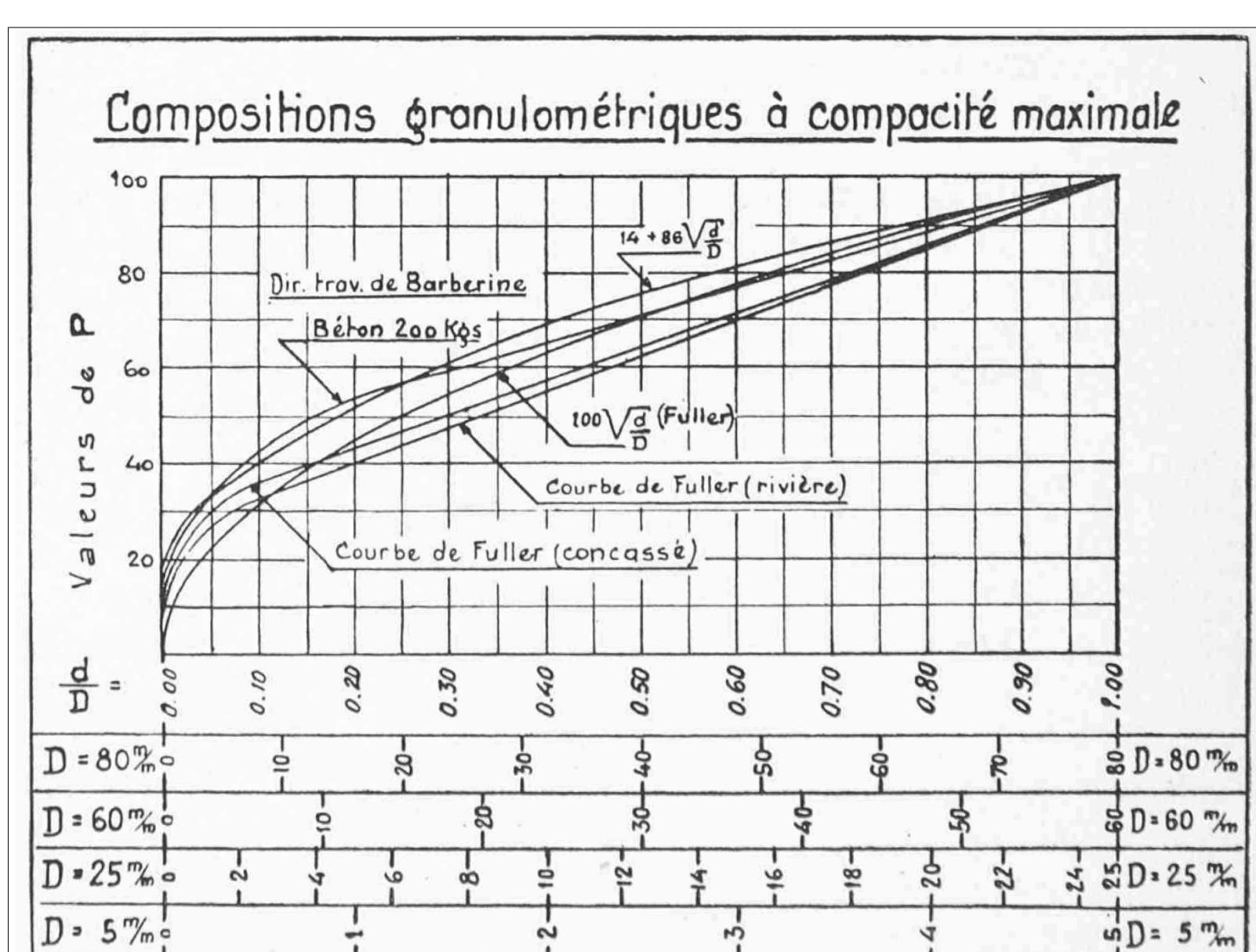
d = Diamètre quelconque compris entre zéro et D mm.

A = Coefficient variable avec la maniabilité (consistance et plasticité) du béton et la forme des grains du ballast.

En faisant varier D de 5 à 100 mm, la densité apparente des matières sèches passe de 1.97 à 2.35; celle du mortier ou béton de 2.24 à 2.48.

En même temps que la densité augmente, la quantité d'eau de gâchage diminue de 270 à 136 litres par m³.

Il y a donc le plus grand intérêt à adopter un diamètre de gravier aussi grand que possible en tenant compte des installations disponibles et il convient, toutefois, de remarquer que le risque de démélange croît avec D et que, pour y remédier, il convient de majorer le coefficient A au fur et à mesure que D augmente.



Le choix du diamètre D ne doit cependant pas compromettre la mise en oeuvre. Le point essentiel est toujours d'obtenir en premier lieu du mortier ou béton compact. L'expérience indique que les dimensions maximales du gravier ne doivent pas dépasser le quart ou le cinquième de l'épaisseur à bétonner, suivant qu'il s'agit de matériaux de rivière ou concassés. Si cette règle n'est pas observée il sera difficile d'éviter la formation de cavités près des parements et la qualité du béton en souffrira fortement.

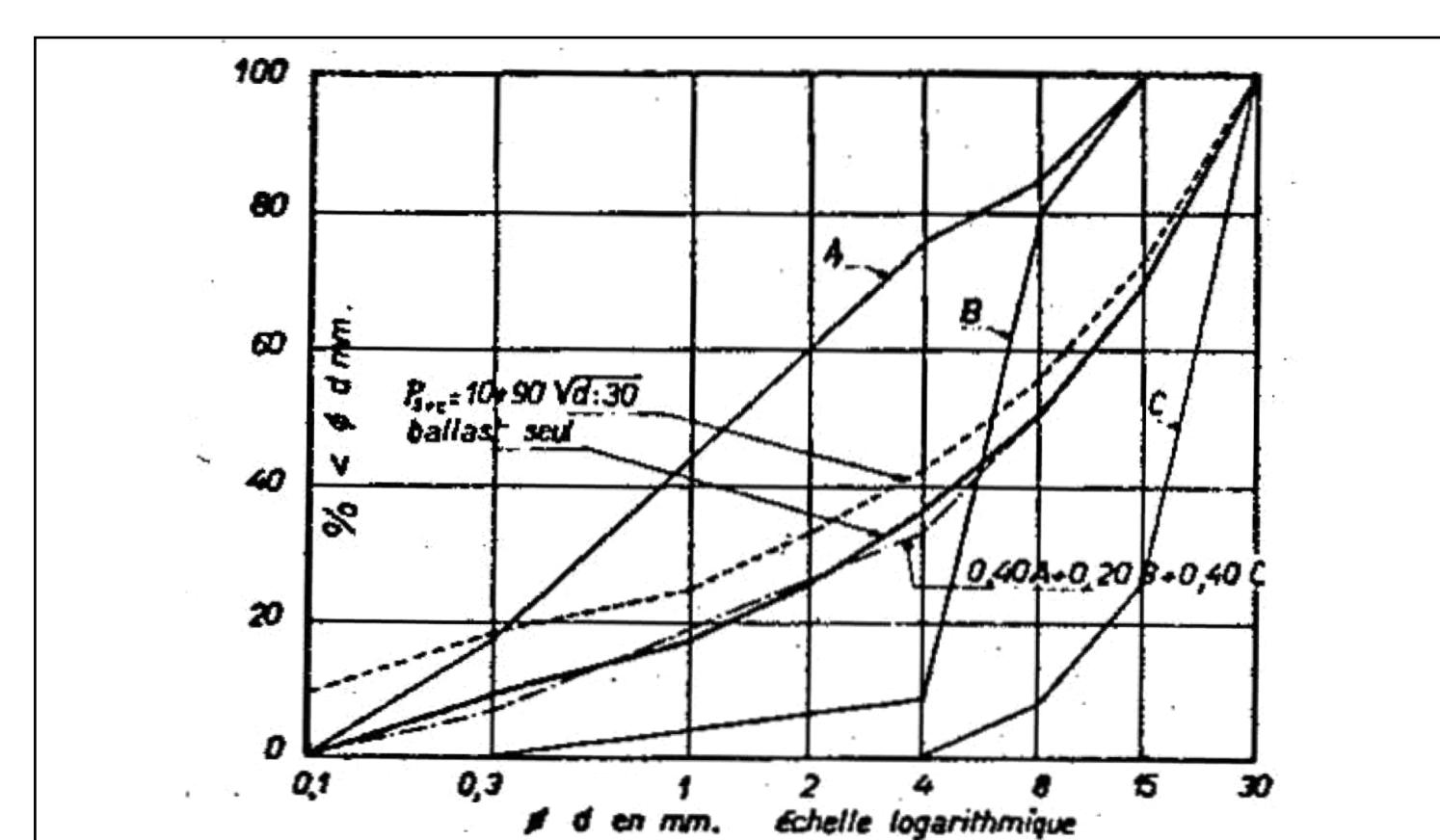


Fig. 2. — Détermination des proportions du mélange des ballasts A, B et C.

Les granulations théoriques ont le gros avantage de concilier au mieux la maniabilité, la compacité et la résistance des bétons; il y aura donc toujours avantage à s'en rapprocher le plus possible. Ce ne sont toutefois que des directives; il est permis de s'en écarter sans inconvénient dans d'assez larges limites, si les conditions du chantier l'exigent, à condition de conserver les mêmes modules de finesse (même quantité d'eau de gâchage calculée) et, si possible, les mêmes teneurs en fin et en grains de diamètre D > 10 que les granulations théoriques.

"La meilleure de ces méthodes empiriques est celle de Bolomey grâce à la correction qu'il a apportée à la formule de Fuller, en ajoutant des matériaux fins dont manque cette formule."

Le rôle des matériaux inertes dans le béton par A. Caquot, membre de l'Institut "Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France", 1937.

Extrait de la publication Jean BOLOMEY dans le Bulletin Technique de la Suisse romande 51 (1925), cahier 11

Conclusions.

L'étude rationnelle d'un mortier ou béton peut se faire d'après la méthode suivante :

1. Choix du diamètre maximum du gravier en tenant compte des installations et des épaisseurs du béton.
 2. Détermination de la composition granulométrique d'après la formule 6 en adoptant pour A une valeur qui corresponde à la plasticité désirée.
 3. Analyse granulométrique en poids des matériaux à disposition en donnant la préférence aux sables et graviers de rivière. Il sera utile de disposer d'au moins trois compositions (très fin, moyen et gros) pour pouvoir s'en tenir à peu près au mélange théorique.
 4. Détermination des proportions en poids suivant lesquelles les différents sables et graviers doivent être mélangés pour se rapprocher le plus possible de la composition théorique. Ceci se fait très rapidement soit graphiquement soit analytiquement.
 5. Détermination des densités apparentes des divers sables et graviers pour trouver les proportions en volumes qui correspondent aux mélanges en poids chiffre 4.
 6. Calcul de l'eau de gâchage pour évaluer le dosage de ciment qui correspond à la résistance imposée, éventuellement pour déterminer la résistance probable qui sera obtenue pour une fluidité et un dosage donnés.
 7. Essai direct de gâchage pour vérifier les résultats obtenus ci-dessus (eau de gâchage, fluidité, plasticité, compacité, densité, résistance).
- Pour ces divers essais préliminaires, il suffit de disposer d'une balance, d'un jeu de tamis, de quelques récipients pour mesurer les volumes, de quelques moules de 20 ou 7 cm. de côté.

Composition selon Bolomey (ciment compris)

