


CVG 2541

Matériaux de Génie Civil

Laboratoire 2 : Granulats



Date du laboratoire : 

Date du rapport : 

T.A. : 

Groupe laboratoire : 

ABSTRAIT

Ce laboratoire sert à approfondir les connaissances envers les granulats, tel la granulométrie, l'humidité et la densité. En utilisant la méthode des tamis et de la courbe granulométrique, la granulométrie d'un échantillon de granulat peut être déterminé et être comparé avec les normes canadiennes. Avec une procédure de séchage de sable à l'aide de pycnomètre, diverses caractéristiques d'humidité et de densité a été déterminé envers l'échantillon de granulats.

TABLE DES MATIÈRES

Objectif	1
Théorie.....	1
Matériau.....	2
Procédure.....	2
Données.....	3
Analyse.....	4
Discussion.....	7
Conclusion.....	8
Bibliographie.....	9
Annexe I.....	10
Annexe 2.....	11

OBJECTIF

Déterminer la granulométrie des granulats fins et des gros granulats, ainsi que déterminer la densité relative du sable.

THÉORIE

La granulométrie est un concept très important lors de l'utilisation de granulats et la technologie du béton. Il se définit par la quantité de granulats contenu en fonction de sa taille. Autrement dit, c'est la distribution granulométrique des particules d'un échantillon de granulats. Il sert à déterminer les besoins en pâte pour fabriquer un béton maniable. Il est idéal d'utiliser le moins de pâte possible à cause qu'il diminue les coûts et augmente la durabilité du matériau, tout en garantissant une maniabilité, résistance et durabilité adéquates.

Le processus de la détermination de la granulométrie s'agit de faire passer l'échantillon à travers une série de tamis qui sont classées de taille décroissante de maillage. En utilisant les données des granulats passant et retenue pour chaque tamis, une courbe granulométrique peut être créée en mettant le pourcentage de granulat passant sur l'ordonnée, puis la taille des tamis sur l'abscisse. Ce graphique sert à démontrer le pourcentage de granulats qui passe à travers un tamis, qui mène une grande importance envers l'analyse de granulats car sa détermination détermine quelle sorte qu'il est – uniforme, discontinue ou continue. Une granulométrie uniforme est lorsque la majorité des particules n'ont qu'une seule taille, qui résulte avec un grand volume d'espace et l'utilisation inefficace de pâte. Sur le graphique, la courbe sera plate jusqu'à temps qu'elle subit forte augmentation de presque 100%. Une granulométrie discontinue est lorsqu'il y a un manque d'une ou plusieurs tailles de particules et a une utilisation de pâte aussi inefficace. Sur le graphique, la courbe est incohérente. Dernièrement, une granulométrie continue est une combinaison de plusieurs tailles, qui crée un volume d'espace vide réduit et une utilisation de pâte efficace. Elle est donc la granulométrie idéale. La courbe dans le graphique est presque linéaire.

La norme CSA A23.1 a établi des limites granulométriques basées sur l'expérience pratique. En comparant les courbes granulométriques avec les limites pour leurs types de granulats, on peut déterminer si l'échantillon de granulat satisfait aux normes canadiennes.

Le module de finesse est un paramètre qui mesure la granulométrie des granulats fins. Il est utile pour vérifier l'uniformité granulométrique puis il est typique d'obtenir une valeur entre 2,3 et 3,1. Une valeur élevée signifie une granulométrie plus grosse tandis qu'une valeur basse signifie une granulométrie fine. L'équation du module de finesse est ;

$$MF = \sum(\% \text{ cumulative des masses retenues dans chaque tamis}) / 100$$

Le degré d'humidité se divise en catégorie. OD (séché au four) est lorsque le granulat ne contient aucune humidité, AD (séché à l'air) est lorsque le granulat contient un peu d'humidité et n'est pas saturé, SSD (saturé surface sèche) est lorsque le granulat est saturé mais avec aucune eau supplémentaire, puis humide, qui est lorsque le granulat est saturé et avec un excès d'eau à la surface. La condition idéale pour un mix-design est la condition SSD. L'équation pour l'humidité réelle est ;

$$MC = (S - A) / A \times 100$$

La densité s'agit de la densité du matériau par rapport à la densité de l'eau. Avec l'utilisation d'un pycnomètre, la densité relative et la densité apparente peuvent être déterminées. L'équation pour la densité relative à l'état OD est ;

$$SG_{OD} = A / (B + S - C)$$

L'équation pour la densité apparente est ;

$$ASG = A / (B + A - C)$$

«B» est la masse du pycnomètre avec l'eau, «S» est l'échantillon séché jusqu'à un état SSD, «A» est l'échantillon séché jusqu'à un état OD, puis «C» est le pycnomètre avec l'eau et le sable.

MATÉRIAU

Sable (granulat fin)

- Gros granulat de 20 mm (calcaire)
 - Balance
 - Tamis
 - Granulats fins : 4,75 mm ; 2,36mm ; 1,18 mm ; 0,60 mm ; 0,30 mm ; 0,15 mm
 - Gros granulats : 28 mm ; 20 mm ; 10 mm ; 5 mm ; 2,5 mm
- *modification de matériau : le tamis 28 mm n'a pas été utilisé et un tamis de 12,5 mm a été ajouté pour les gros granulats.*
- Tamiseuse (une pour les granulats fins et une pour les gros granulats)
 - Pycnomètre

PROCÉDURE

La première partie du laboratoire s'agit de l'analyse granulométrie. Pour débiter, peser précisément 500g de sable (granulat fin) et 5kg de gros granulat. On va donc commencer avec le sable, où il faut empiler les tamis en ordre décroissant du haut vers le bas (alors le tamis contenant le plus grand maillage est en haut) et les placer sur la tamiseuse. Après, il faut agiter la tamiseuse pour une durée de 5 minutes ou jusqu'à temps qu'il n'y a plus de particules qui tombent aux tamis inférieurs. Il faut d'abord mesurer la quantité de granulat retenus dans chaque tamis - mesurer les tamis contenant le granulat puis les mesurer sans les granulats. Une fois terminé, il faut jeter le sable, cependant il ne doit pas être renvoyé dans les conteneurs. Par la suite, il faut répéter la même procédure mais en utilisant les gros granulats avec les tamis et la tamiseuse désigné pour les gros granulats.

La deuxième partie du laboratoire s'agit de la détermination de la densité relative du sable. En premier, il faut mesurer la masse du pycnomètre rempli d'eau jusqu'au repère d'étalonnage. Le poids mesuré correspond à la valeur B. Il faut après peser environ 500 ± 10 g sable, et le poids correspondra à la valeur S (condition SSD). Ensuite, il faut partiellement remplir le pycnomètre d'eau et immédiatement introduire le sable pesé à l'étape précédent (sable SSD). Après, il faut ajouter de l'eau jusqu'à environ 90% de sa capacité, puis ensuite l'agiter pour éliminer les bulles d'air. D'abord, il faut le remplir d'eau jusqu'à sa capacité étalonnée puis la peser. Le poids correspond à sa valeur C. La dernière étape s'agit de retirer le sable du pycnomètre et le placer dans un récipient puis la placer dans un four à $100 \pm 10^\circ\text{C}$ jusqu'il soit complètement sec (il est sec lorsque son poids devient constant). Il faut donc le peser et la masse obtenue s'agit du la valeur A (condition OD).

DONNÉES

Tableau 1 : Données brutes des gros granulats

Gros Granulat	Tamis (mm)	Masse initiale (kg)	Masse finale (kg)	Masse net (kg)
Masse totale avec le bac = 6.56 kg Masse du bac = 0.78 kg	20	7.2	7.7	0.5
	12.5	7.02	8.78	1.76
	10	7.06	8.36	1.3
	5	7.08	9.08	2
	2.5	6.8	6.92	0.12
	PAN	6.12	6.18	0.06
				Masse totale = 5.74

Tableau 2 : Données brutes des granulats fins (sable)

Granulat fin	Tamis (mm)	Masse initiale (kg)	Masse finale (kg)	Masse net (kg)
Masse totale avec le contenant = 534.5 g Masse du contenant = 10 g	4.75	511.5	517.5	6
	2.36	491.5	579.5	88
	1.18	426.5	514.5	88
	0.6	403	497	94
	0.3	375	537.5	162.5
	0.15	358.5	436.5	78
	PAN	301.5	366.5	65
				Masse totale = 581.5

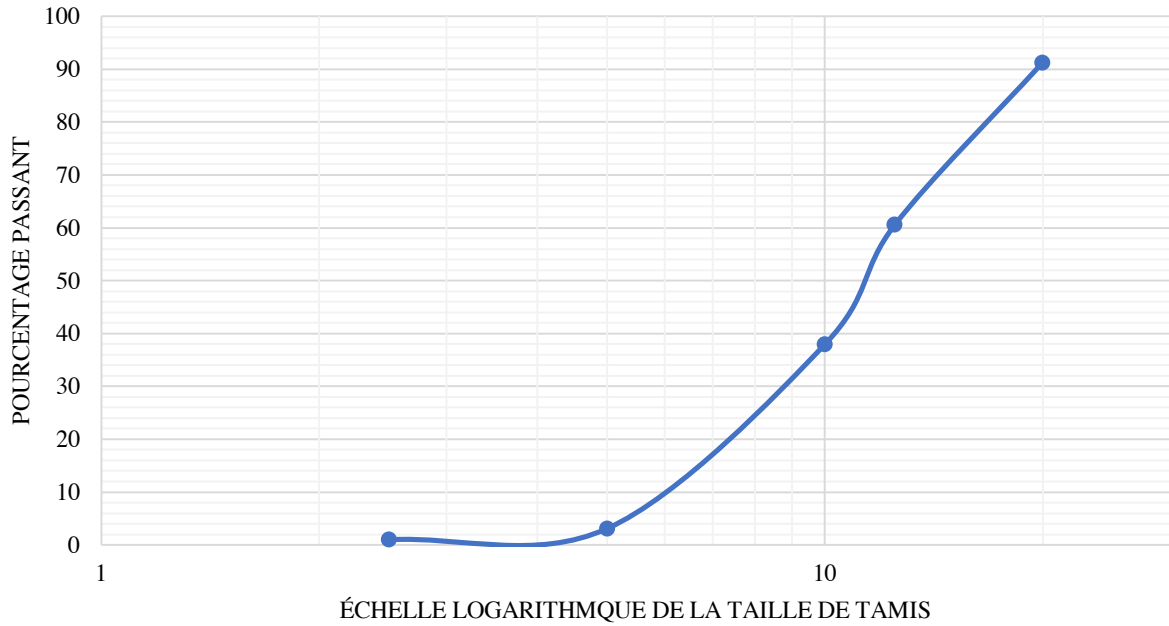
Tableau 3 : Données brutes de la densité relative du sable

B (g)	S (condition SSD) (g)	C (g)	A (condition OD) (g)
1104.5	505.5	1431.5	493.5

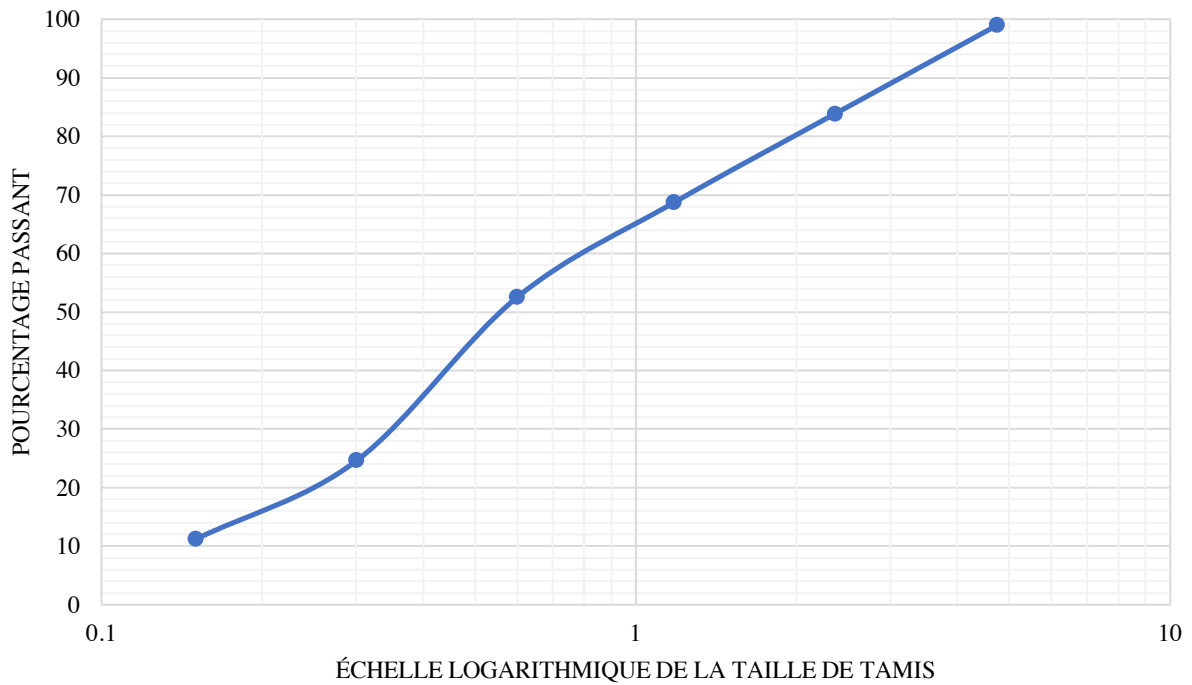
ANALYSE

A. Analyse Granulométrique

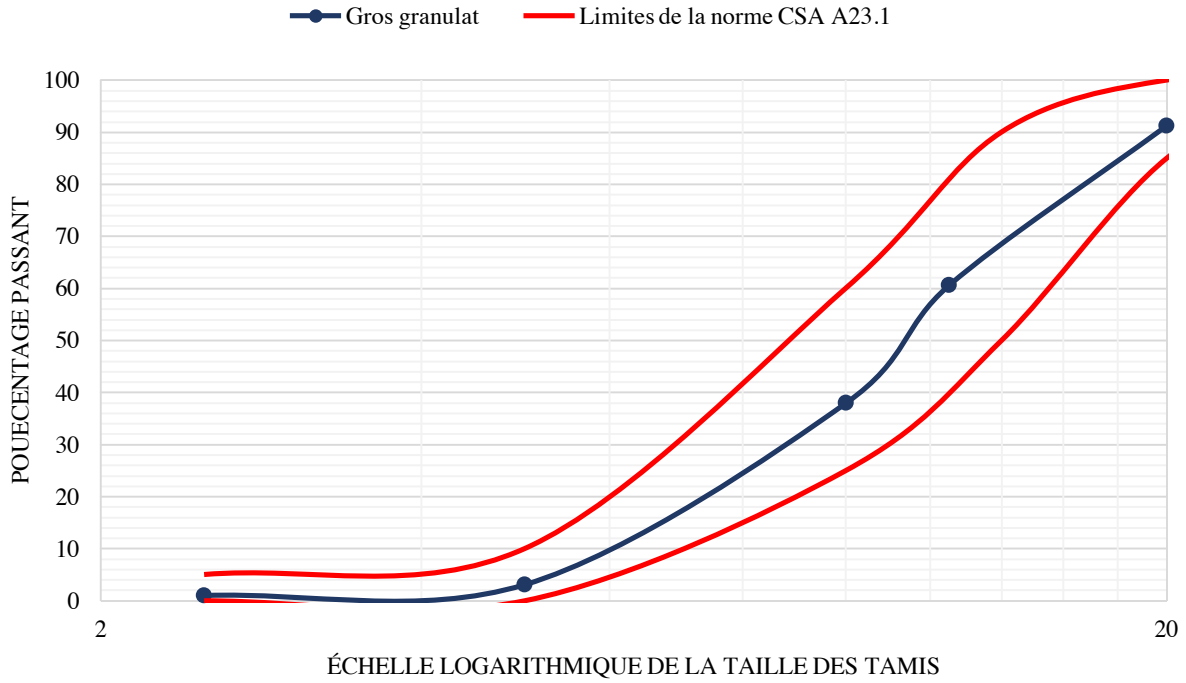
Graphique 1 : Courbe granulométrique du gros granulat



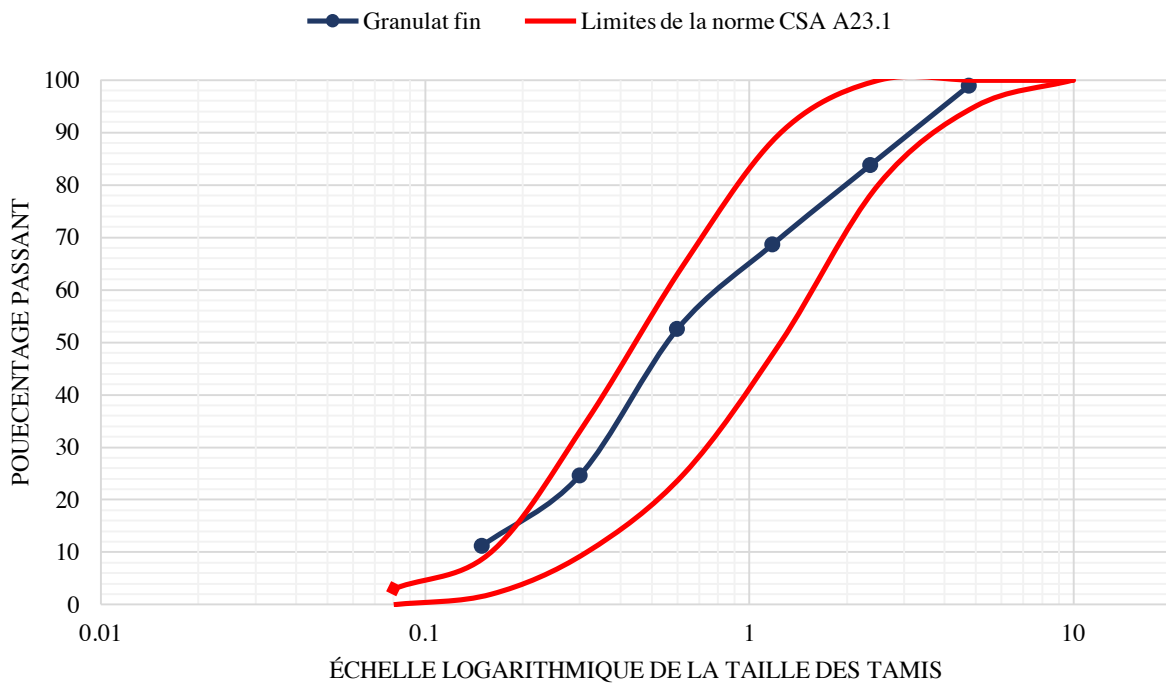
Graphique 2 : Courbe granulométrique du granulat fin



Graphique 3 : Comparaison de la granulométrie du gros granulat et des limites prescrites par la norme CSA A23.1



Graphique 4 : Comparaison de la granulométrie du granulat fin et des limites prescrites par la norme CSA A23.1



Module de finesse

$$MF = \sum(\% \text{ cumulative des masses retenues dans chaque tamis}) / 100$$

$$MF_{\text{gros granulat}} = (62.02 + 96.86 + 98.95) / 100 = \mathbf{2,58}$$

**Les % retenues des tamis de plus de 10mm ne sont pas utilisés*

$$MF_{\text{granulat fin}} = (1,03 + 16,17 + 31,30 + 47,46 + 75,41 + 88,82) / 100 = \mathbf{2,60}$$

B. Densité relative du sable

Densité relative à l'état OD

$$SG_{OD} = A / (B + S - C) = 493,5 / (1104,5 + 505,5 - 1431,5) = \mathbf{2,76}$$

Densité apparente

$$ASG = A / (B + A - C) = 493,5 / (1104,5 + 493,5 - 1431,5) = \mathbf{2,96}$$

Humidité réelle

$$MC = (S - A) / A \times 100 = (505,5 - 493,5) / 493,5 \times 100 = \mathbf{2,43\%}$$

DISCUSSION

A. Analyse granulométrique

D'abord, en observant les courbes granulométriques, on peut déterminer différents aspects envers la distribution granulométrique.

La courbe du gros granulat est presque une droite car elle a une pente proche à être constant, qui démontre qu'elle contient une granulométrie continue. Cependant, le début de la courbe semble d'avoir une section plate puisqu'il y a un pourcentage passant très bas pour le tamis de 2.5mm, qui signifie qu'elle a aussi une section discontinue. C'est-à-dire, les gros granulats est majoritairement continue mais contient une section discontinue vers les tamis plus bas. Le module de finesse est 2.58, qui signifie qu'elle a une granulométrie moyenne car elle se situe au milieu des valeurs typique – 2,3 à 3,1. En le comparant avec les limites prescrites par la norme CSA A23.1, la courbe se situe complètement entre les valeurs minimums et maximums des normes. Alors, la granulométrie satisfait aux normes canadiennes.

La courbe du granulats fins est aussi presque une droite. La majorité à une pente constante, cependant il un surplus de granulat passant à travers le tamis de 0,3 mm. Toutefois, c'est une variation mineure et ne devrait pas avoir un impact sur la détermination de la granulométrie. C'est-à-dire, le granulat fin contient une granulométrie continue, qui est l'idéal pour l'utilisation. Le module de finesse est 2,60, qui signifie qu'elle a une granulométrie moyenne car elle se situe au milieu des valeurs typique – 2,3 à 3,1. En le comparant avec les limites prescrites par la norme CSA A23.1, la courbe se situe majoritairement entre les valeurs minimums et maximums des normes. Il y a un surplus de granulat passant pour le tamis de 10mm, qui fait en sorte qu'elle dépasse légèrement la limite maximale. Ceci peut être à cause des erreurs commis lors du laboratoire ; des erreurs lors de la manipulation des matériaux et des erreurs de mesures, tel que mal lires les données, l'échappe de granulats ou l'utilisation de matériel inexacte. Cependant, c'est une erreur mineure qui ne devrait pas gravement affecter la satisfaction aux normes. Alors, la granulométrie satisfait aux normes canadiennes.

**À cause d'une erreur dans le laboratoire, les valeurs n'étaient pas valables donc il fallait utiliser les données du groupe 6 pour le rapport.*

B. Densité relative du sable

En utilisant les données obtenues dans la procédure, divers aspects du sable ou pu être été déterminé. La densité relative à l'état OD est 2,76, qui se trouve dans les normes, qui est de 2,4 à 2,9. La densité apparente du sable est 2,96. L'humidité réelle est de 2,43%, qui est 0,43% supérieur à la condition idéale maximale. L'idéal est donc une valeur entre 0,2% à 2%. Des erreurs expérimentales, tel que des erreurs de mesures et de séchages peuvent être la source du surplus d'humidité.

CONCLUSION

Pour conclure, le laboratoire a bien été effectué et les résultats obtenus sont précis et valables. Avec seulement peu d'erreurs, les données obtenues correspondent tous à ce qu'il y était attendue. De plus, une meilleure compréhension sur le sujet de la granulométrie a été obtenue. Pour une expérience plus avancée, il sera idéal d'avoir plusieurs types de granulats, sois fins ou gros, pour but de pouvoir comparer les diverses caractéristiques de granulat du même type.

BIBLIOGRAPHIE

Sanchez, Dr Leandro F. M., « Granulats », note de cours (PowerPoint) CVG 2541, 2017.

Sanchez, Dr Leandro F. M., « Lab 2 : Granulats », manuel de la laboratoire CVG 2541 2017.

ANNEXE I

Tableau 4 : Données brutes avec les pourcentages passant et retenue du gros granulat

Tamis (mm)	Masse initiale (Kg)	Masse finale (Kg)	Masse net (Kg)	% passant	% retenue
20	7.2	7.7	0.5	91.29	8.71
12.5	7.02	8.78	1.76	60.63	39.37
10	7.06	8.36	1.3	37.98	62.02
5	7.08	9.08	2	3.14	96.86
2.5	6.8	6.92	0.12	1.05	98.95
PAN	6.12	6.18	0.06		
Masse totale			5.74		

Tableau 5 : Données brutes avec les pourcentages passant et retenue du granulat fin

Tamis (mm)	Masse initiale (Kg)	Masse finale (Kg)	Masse net (Kg)	% passant	% retenue
4.75	511.5	517.5	6	98.97	1.03
2.36	491.5	579.5	88	83.83	16.17
1.18	426.5	514.5	88	68.70	31.30
0.6	403	497	94	52.54	47.46
0.3	375	537.5	162.5	24.59	75.41
0.15	358.5	436.5	78	11.18	88.82
PAN	301.5	366.5	65	0.00	
Masse totale			581.5		

ANNEXE II

Tableau 6 : Limites prescrites par la norme CSA A23.1 pour les gros granulats (20-5mm)

Tamis (mm)	% passant min	% passant max
28	100	100
20	85	100
14	50	90
10	25	60
5	0	10
2.5	0	5

Tableau 7 : Limites prescrites par la norme CSA A23.1 pour les granulats fins

Tamis (mm)	% passant min	% passant max
10	100	100
5	95	100
2.5	80	100
1.25	50	90
0.63	25	65
0.315	10	35
0.16	2	10
0.08	0	3