

## Travaux Pratiques de Matériaux de Construction

Semestre Printemps

### **Béton frais**

Responsable : Lionel Sofia

Courriel : [lionel.sofia@epfl.ch](mailto:lionel.sofia@epfl.ch)

Tél. : 021 693 28 22

Bureau : MXG 240

Groupe n° :

Adresse électronique d'un étudiant :

Signatures des étudiants (avec nom manuscrit) :

# TP Béton frais

Lors de ce TP, vous allez vous familiariser avec les paramètres à prendre en compte pour la conception d'un béton adéquat. Ce TP comprend plusieurs objectifs :

- Pouvoir identifier visuellement un bon granulat d'un mauvais
- Déterminer la distribution de taille des granulats pour une certaine gamme de granulats
- Déterminer la composition granulométrique d'un béton
- Établir une recette de formulation du béton adéquate
- Réaliser des tests pour caractériser les propriétés rhéologiques d'un béton frais
- Déterminer la densité d'un béton frais
- Déterminer la teneur en air d'un béton
- Confectionner des échantillons qui seront utilisés pour le TP béton durci

## Taille maximale des granulats

La quantité de ciment nécessaire pour obtenir un béton de qualité déterminée est fonction du diamètre maximum du granulat appelé «  $D_{\max}$  ». Le diamètre maximum «  $D_{\max}$  » est limité est par deux conditions :

- Dimension de l'élément d'ouvrage :  $D_{\max}$  ne doit pas dépasser 1/3 de la plus petite dimension de l'ouvrage «  $L$  ».
- Pénétration à travers les armatures :  $D_{\max}$  doit être inférieur à l'espace libre «  $e$  » entre deux barres voisines ou entre le coffrage et les armatures.

$$D_{\max} \leq \frac{L}{3} \quad \text{et} \quad D_{\max} \leq e$$

Lorsque  $D_{\max}$  augmente, la quantité de ciment nécessaire  $C$  diminue.

$$C_1 \cdot \sqrt[5]{D_{\max,1}} = C_2 \cdot \sqrt[5]{D_{\max,2}}$$

On a donc intérêt à choisir  $D_{\max}$  aussi grand que possible, mais celui-ci doit être compatible avec la géométrie de l'élément d'ouvrage à réaliser.

### Questions :

- 1) Sur la poutrelle qui se trouve derrière vous, déterminer la valeur de  $D_{\max}$ .
- 2) Si  $C_1 = 300 \text{ kg/m}^3$  pour un  $D_{\max,1}$  de 32 mm, quelle est la valeur de  $C_2$  pour la poutre ?

### Réponse et Observations :

## Examen visuel des granulats

L'objectif est ici de pouvoir contrôler la **qualité d'un granulat visuellement**.

Certains aspects des granulats influencent grandement les propriétés d'un béton :

- Nature des granulats : roulés ou concassés
- Forme
- État de surface / propreté
- Impuretés

Neuf différents bacs contenant des granulats vous sont présentés. Dans chacun de ces bacs, à vous d'évaluer si ces granulats peuvent être utilisés dans un béton ou non. Si non, justifiez vos réponses.

Échantillon	Nature	Forme	Propreté	Impuretés	Jugement
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

**Observations :**

## Détermination du coefficient volumétrique d'un granulat

La **forme des granulats** a une grande importance pour la mise en œuvre et la compacité d'un béton. La forme idéale se rapproche d'une sphère ou d'un cube. Pour des granulats trop anisotropes, le malaxage devient plus compliqué et la compacité devient moins bonne.

La forme d'un granulat peut être caractérisé par son coefficient volumétrique qui est le rapport :

$$\text{Coefficient volumétrique} = \frac{\sum \text{volume réel des granulats}}{\sum \text{volume des sphères circonscrites}}$$

Pour déterminer ce ratio :

- Prélevez une dizaine de granulats qui vous intéressent
- Le volume réel est directement mesuré par déplacement de liquide dans une éprouvette graduée
- Utilisez la règle calibrée pour déterminer le volume de la sphère de même diamètre que le granulat utilisé. Pour cela, ajustez la plus grande dimension de chaque granulat dans les différents trous de la règle.
- Calculez la somme des volumes pour la dizaine de granulats

Granulat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Somme
Volume des sphères (cm <sup>3</sup> )											
Volume réel (cm <sup>3</sup> )											
Coefficient volumétrique											
Limite Norme											0.2

Observations :

## Analyse granulométrique

Pour le béton que vous allez couler lors de ce TP, plusieurs classes de granulats vont être utilisées. Une classe est une gamme de taille, par exemple pour des granulats de 0-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm etc. Pour chaque classe de granulats, une distribution de taille de particules doit être obtenue afin de garantir la meilleure compacité possible.

L'objectif est d'obtenir cette **distribution de taille de particules** pour la classe 4-8 mm. Pour ce faire, vous disposez d'un jeu de tamis vous permettant de filtrer les granulats, des plus grossiers au plus fins.

- Prenez une pellée de granulats 4-8 mm
- Posez-la en haut de la colonne de tamis
- Faites vibrer la colonne pendant 30 secondes
- Notez la taille de chaque tamis
- Installez une bassine sur la balance et tarez la balance
- Pesez chaque tamis en commençant par les plus grossiers, jusqu'au tamisat ayant traversé tous les tamis
- Complétez le tableau suivant, le refus étant la partie bloquée par le tamis, et le tamisat la partie passant à travers

Tamis [mm]	Refus [g]	Refus [%]	Refus cumulé [%]	Tamisat cumulé [%]
Total				

Observations :

## Composition granulométrique

Une fois que chaque classe de granulats est caractérisée, l'objectif est de les assembler afin de **déterminer les proportions de chaque classe de granulats** afin d'obtenir un béton compact et facile à mettre en œuvre.

Pour cela, vous disposez d'une courbe granulométrique de référence qui va vous permettre d'optimiser la quantité des différentes classes de granulat. Cette courbe granulométrique correspond à une granulométrie idéale pour laquelle l'ouvrabilité est la meilleure.

Pour déterminer la quantité de chaque classe de granulats, il vous faut :

- Reporter votre résultat de la classe 4-8 sur le graphique de la figure 1
- Tracer des droites entre la fin d'une classe et le début d'une autre : afin d'éviter le recouvrement de deux classes de granulats différentes, couper pour chaque courbe à 5 et 95% avant de tracer les lignes combinant deux classes de granulats
- Reporter les valeurs d'intersection entre les droites et la courbe granulométrique parfaite

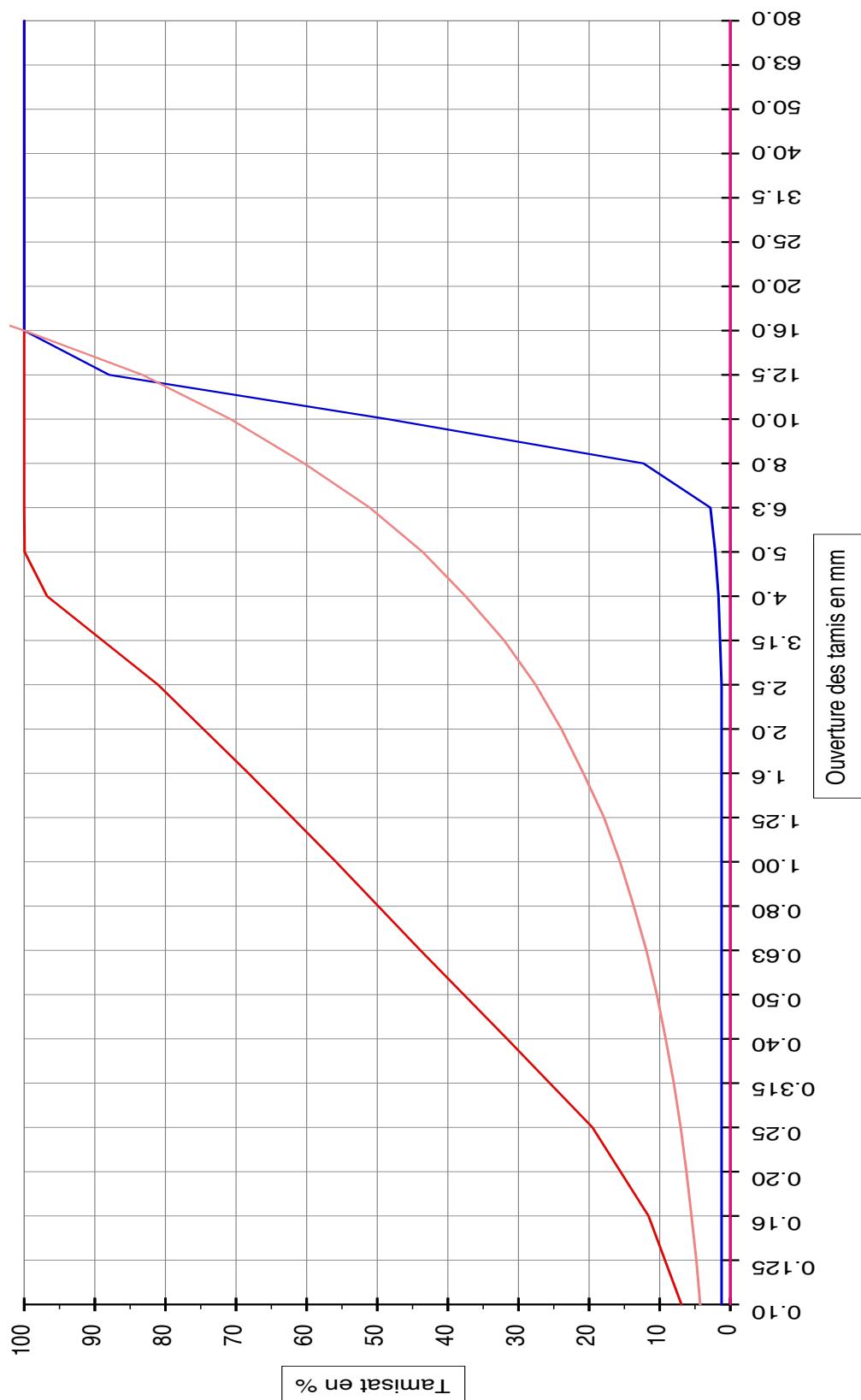


Fig.1. Courbe granulométrique de référence, et distribution de taille pour les classes 0-4 mm et 8-16 mm

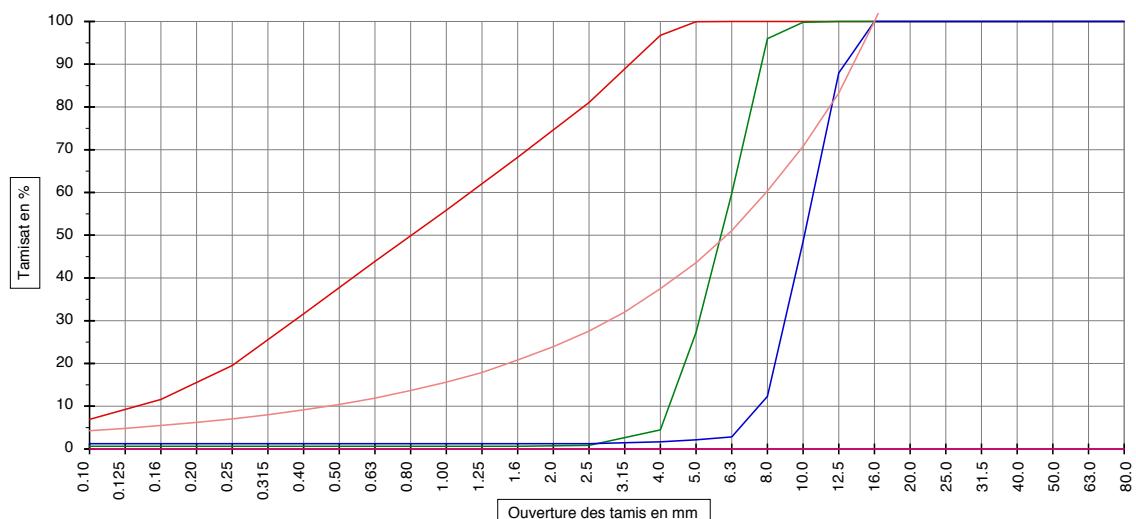


Fig.2. Courbe granulométrique de référence, et distribution de taille pour les classes 0-4 mm, 4-8 mm et 8-16 mm de référence

Classe	0-4	4-8	8-16
Mesurée (%)			
Idéale (%)	35	23	42

Observations :

## Composition d'un béton

L'objectif est d'**obtenir la formulation du béton**, c'est-à-dire les quantités de ciment, d'eau et de granulats nécessaires à la confection du béton.

Après avoir caractérisé les granulats et déterminé les fractions pour chaque classe utilisée, vous allez maintenant préparer votre béton. Pour ce TP, une gâchée de 25L de béton avec un E/C de 0.45 ou 0.55 va être confectionné. La quantité de ciment nécessaire est de 345 kg/m<sup>3</sup> ou 375 kg/m<sup>3</sup>. Chaque groupe devra fabriquer 2 cylindres 16/32 cm et un prisme 12/12/36 cm.

- Complétez le tableau et déterminez la quantité de ciment, d'eau et de granulats.
- Supposez que le volume d'air d'un béton correspond à 10% du volume d'eau
- Pesez les différents matériaux et mettez-les dans le malaxeur

Groupe	Type de béton
1	Gâchée de 25L E/C = 0.45      C = 375 kg/m <sup>3</sup>
2	Gâchée de 25L E/C = 0.55      C = 345 kg/m <sup>3</sup>

Béton	Masse spécifique (kg/m <sup>3</sup> )	Poids pour 1m <sup>3</sup> (kg)	Volume pour 1 m <sup>3</sup> (dm <sup>3</sup> )	Poids pour 25L (kg)
Ciment	3100	C =	c =	
Eau	1000	E =	e =	
Granulat 0/3	2680			
Granulat 3/8	2680			
Granulat 8/16	2680			
Air	-	-	v =	
Total		1000 ρ <sub>b</sub> =	1000	

Observations :

## Propriétés rhéologiques d'un béton 1 : test d'affaissement

Le **slump test** ou test d'affaissement à l'aide du cône d'Abra.ms permet d'évaluer la consistance d'un béton courant, c'est-à-dire ni trop sec ni trop fluide. Cette méthode convient bien pour le contrôle du béton sur chantier lors de la réception.

- Posez-le sur une plaque métallique
- Remplissez-le en deux étapes
- A mi-hauteur, utilisez la barre et tapez 25 fois pour tasser le béton
- Complétez à ras bord et tapez une nouvelle fois 25 coups
- Arasez la surface
- Retirez ensuite délicatement le cône et mesurez la hauteur du béton. La différence entre la hauteur initiale et la hauteur mesurée après que le cône soit enlevé vous donne la valeur de l'affaissement

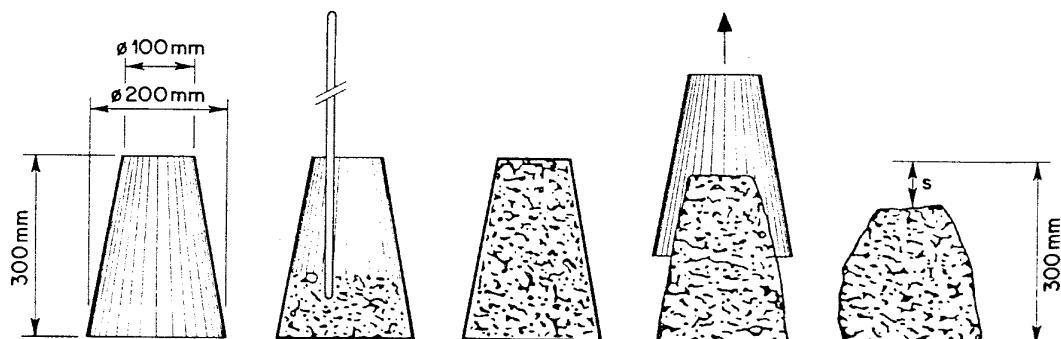


Fig.3. Test d'affaissement

Consistance	plastique	molle	fluide
Slump en cm	1 à 7	8 à 15	$\geq 16$

Observations :

## Propriétés rhéologiques d'un béton 2 : test d'écoulement

**Le test d'écoulement** donne une autre indication la consistance d'un béton plastique ou fluide. Cette méthode ne convient pas pour les bétons raides ou fermes ; elle est essentiellement utilisée en laboratoires. Plus l'étalement est grand et plus le béton est réputé fluide.

- Remplir avec le béton étudié le moule placé au centre du plateau carré
- Le béton est mis en place en 2 couches et compacté par 10 coups au moyen du pilon
- Après avoir arasé le béton avec une truelle, le moule est retiré verticalement.
- Le plateau est alors soulevé de 4 cm par un côté (le côté opposé étant maintenu par l'articulation) et relâché en chute libre 15 fois de suite en 30 secondes

Si le béton forme une galette approximativement circulaire et sans ségrégation, l'essai est valable. Enfin, comparez les valeurs obtenues avec le tableau indiquant les consistances d'un béton en fonction de l'étalement et de l'affaissement.

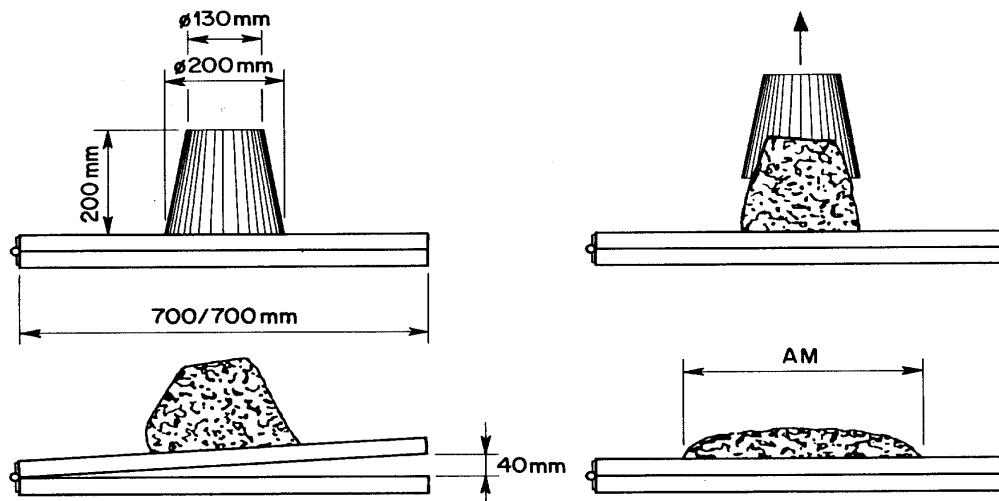


Fig. 4. Test d'écoulement

Consistance	plastique	molle	fluide
étalement en cm	30 à 40	41 à 50	$\geq 51$

Observations :

## Mesure de la densité du béton

Un autre paramètre important à déterminer est la **densité du béton**. Seule cette valeur permet de déterminer les dosages réels des différents composants du béton. Celle-ci s'effectue à l'aide d'un pycnomètre (récipient de masse et volume donnés).

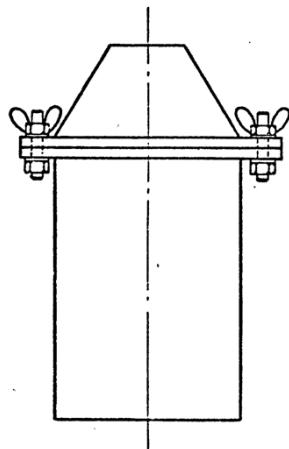


Fig.5. Schéma d'un pycnomètre

- Poser le pycnomètre sur la balance, et tarer
- Remplir avec le béton
- Lire la masse affichée sur la balance
- Calculer la densité du béton

La densité est obtenue par le ratio de la masse de béton et du volume du pycnomètre. Vous pouvez comparer la valeur obtenue à celle théorique.

**Observations :**

**Enfin, des échantillons doivent être confectionnés pour être étudiés lors du TP « Béton durci » :**

- **Remplissez deux cylindres 16/32**
- **Remplissez un prisme 12/12/36 [cm]**
- **Pour garantir la bonne mise en place vibrez les à l'aide d'une aiguille vibrante**

## Préparation d'une poutre en béton armé

La poutre qui va être coulée lors de ce TP sera ensuite utilisée lors du TP béton durci. Pour la poutre, 55 L de béton seront nécessaires. Le mélange a été préparé par nos soins, en utilisant un rapport e/c de 0.5.

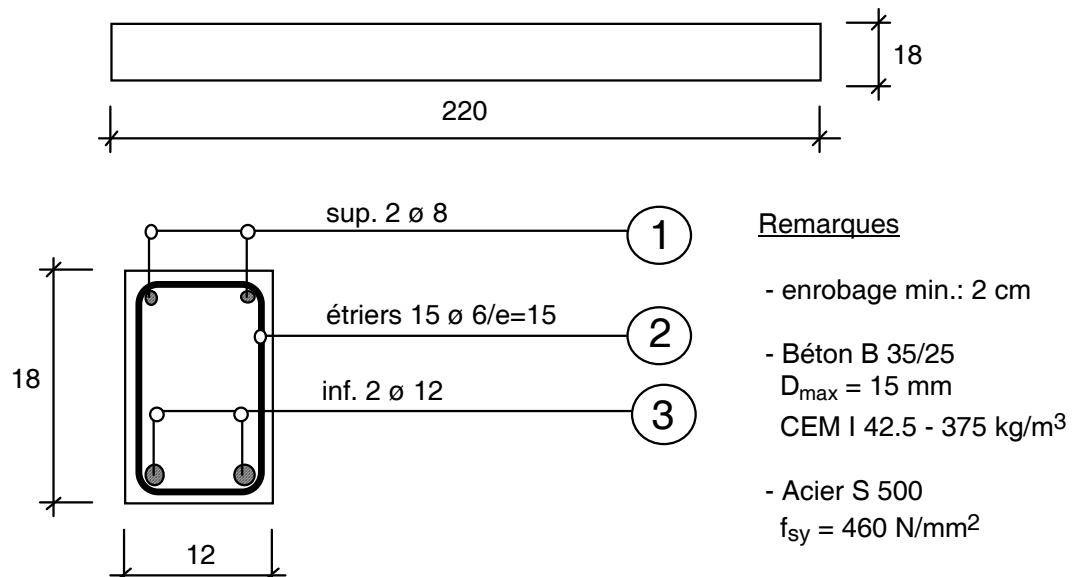


Fig. 6. Représentation de la poutrelle

### Travail à effectuer :

- Mesurer la teneur en air (procédure à la page suivante)
- Mesurer l'affaissement et l'étalement du béton de la poutrelle
- Mettre en place le béton dans le coffrage
- Comacter le béton à l'aide du vibreur.
- Préparer une éprouvette témoin (un cylindre 16/32)

### Observations :

## Mesure de la teneur en air du béton

Lors d'un essai de gâchage, il est intéressant de mesurer la **teneur en air** d'un béton frais, pour avoir une première indication de la compacité.

La teneur en air se mesure à l'aide d'un aéromètre. La méthode se base sur la compressibilité de l'air contenu dans le béton frais. Un volume déterminé de béton est mis en communication avec un volume d'air en surpression. La valeur de la pression résultante permet de déterminer la teneur en air du béton (loi de Mariotte :  $P_1V_1 = P_2V_2$ ).

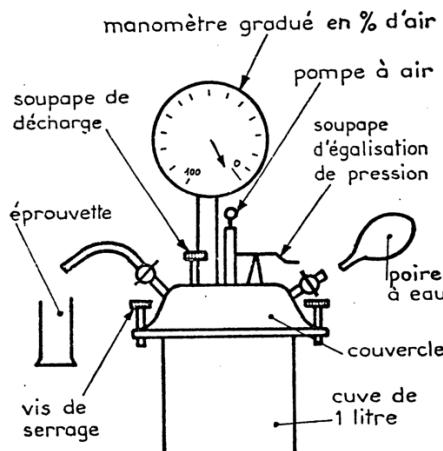


Fig.7. Schéma de l'aéromètre

- Installez l'aéromètre sur la balance, puis tarez avec le couvercle
- Reposez l'aéromètre sur le sol et remplissez-le de béton
- Vibrez-le à l'aide de l'aiguille vibrante
- Fermez-le à l'aide du couvercle, et pesez de nouveau
- Pour être certain qu'il soit bien rempli, complétez avec de l'eau après la mise en place du couvercle. Pesez de nouveau
- Pompez jusqu'à placer l'aiguille sur le zéro. Puis pressez le bouton et relevez la valeur indiquée sur le manomètre.

Volume aéromètre [cm <sup>3</sup> ]	8110
Masse béton [g]	
Masse béton + masse eau [g]	
Masse eau [g]	
Volume béton V <sub>b</sub> [cm <sup>3</sup> ]	
Densité du béton [g/m <sup>3</sup> ]	
Teneur en air pour V <sub>b</sub> [%]	
Teneur en air pour 1m <sup>3</sup> [litres]	

Observations :