

BétonlabFree 3

Leçon N°4

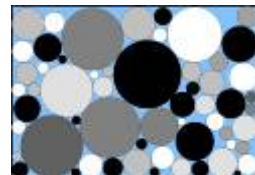
# Caractéristiques mécaniques des granulats

François de Larrard

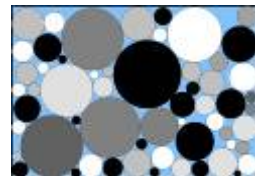
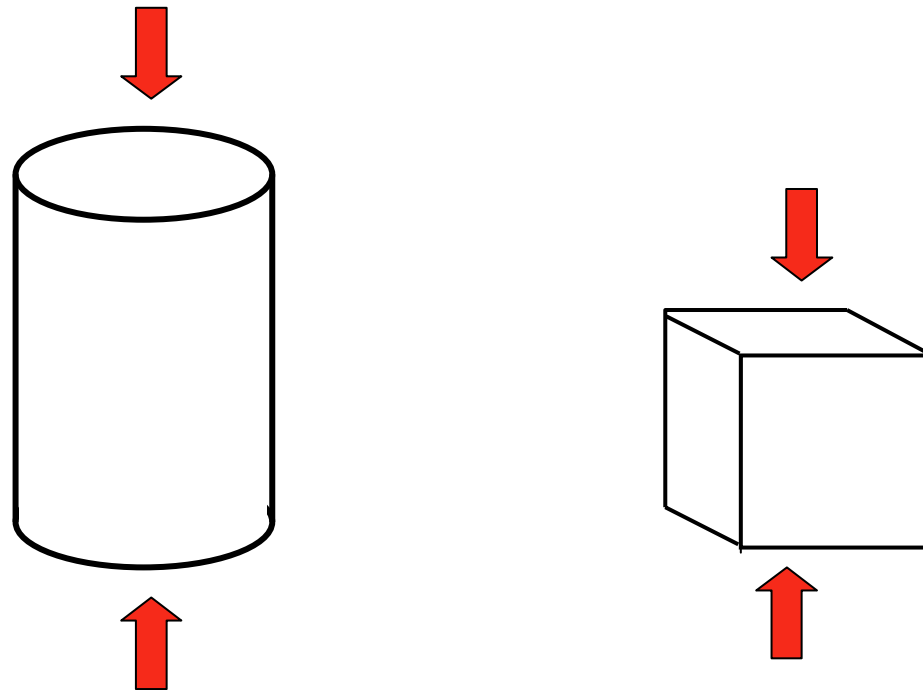
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées  
Centre de Nantes

# Plan de la leçon

- Influence du granulat sur la résistance du béton en compression: coefficients  $\underline{p}$  et  $\underline{q}$
- Module élastique du granulat (pour la prévision du retrait du béton)
- Conclusion



# Résistance en compression



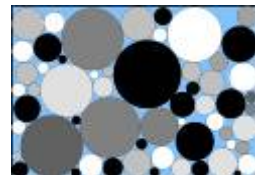
# Influence du granulat sur la résistance du béton en compression

- Résistance en compression ( $R_c$ ) = propriété essentielle du béton de structure
- Se mesure sur cylindre ou sur cube
  - sur cylindre: en partie centrale, le matériau est en compression simple
  - sur cube: le matériau est confiné par les plateaux de la presse => la résistance apparente est plus élevée
- BétonlabFree cherche à prévoir des  $R_c$  moyennes sur cylindre à 7 et 28 jours



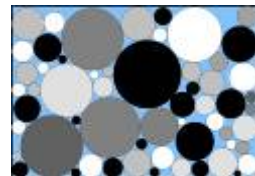
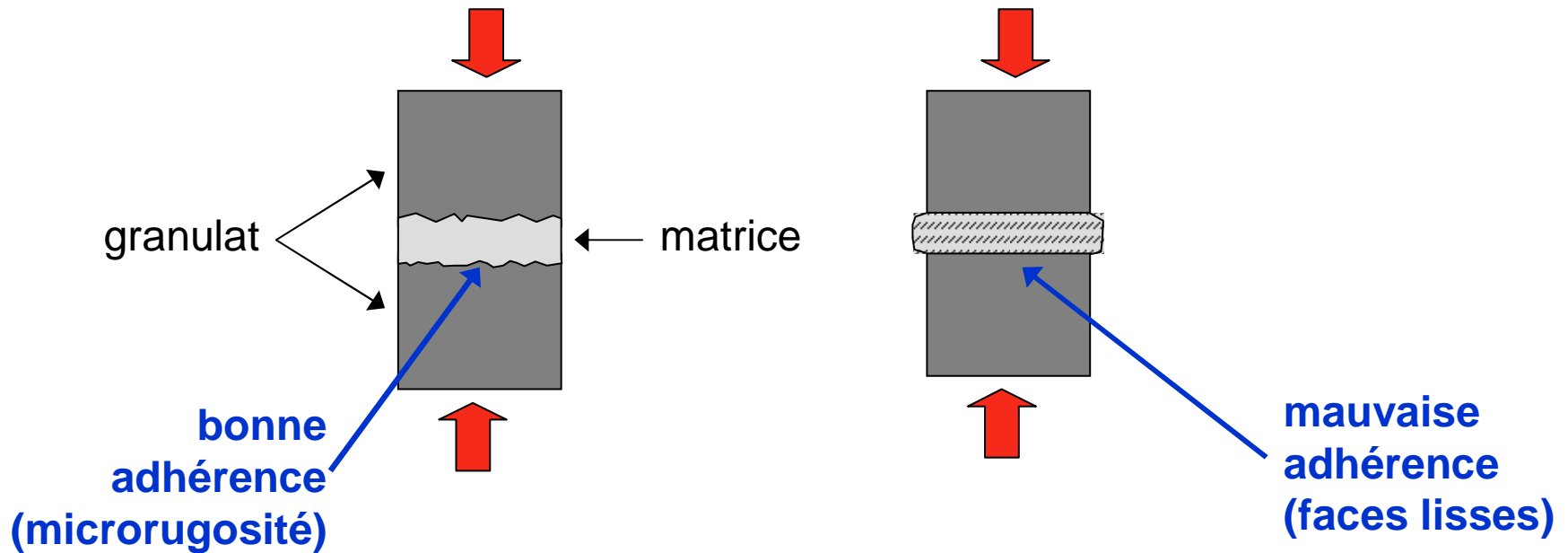
# Résistance en compression (suite)

- Rc dépend de l'âge et des conditions de conservation (elle augmente avec le temps et l'humidité)
- Rc dépend de la composition du béton, et notamment de la matrice liante:
  - rapport eau/ciment
  - classe du ciment (32,5 – 42,5 – 52,5 ...)
  - présence d'additions minérales: cendres volantes, fillers, laitier moulu...



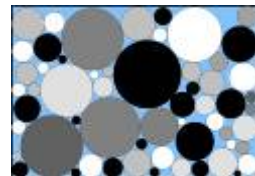
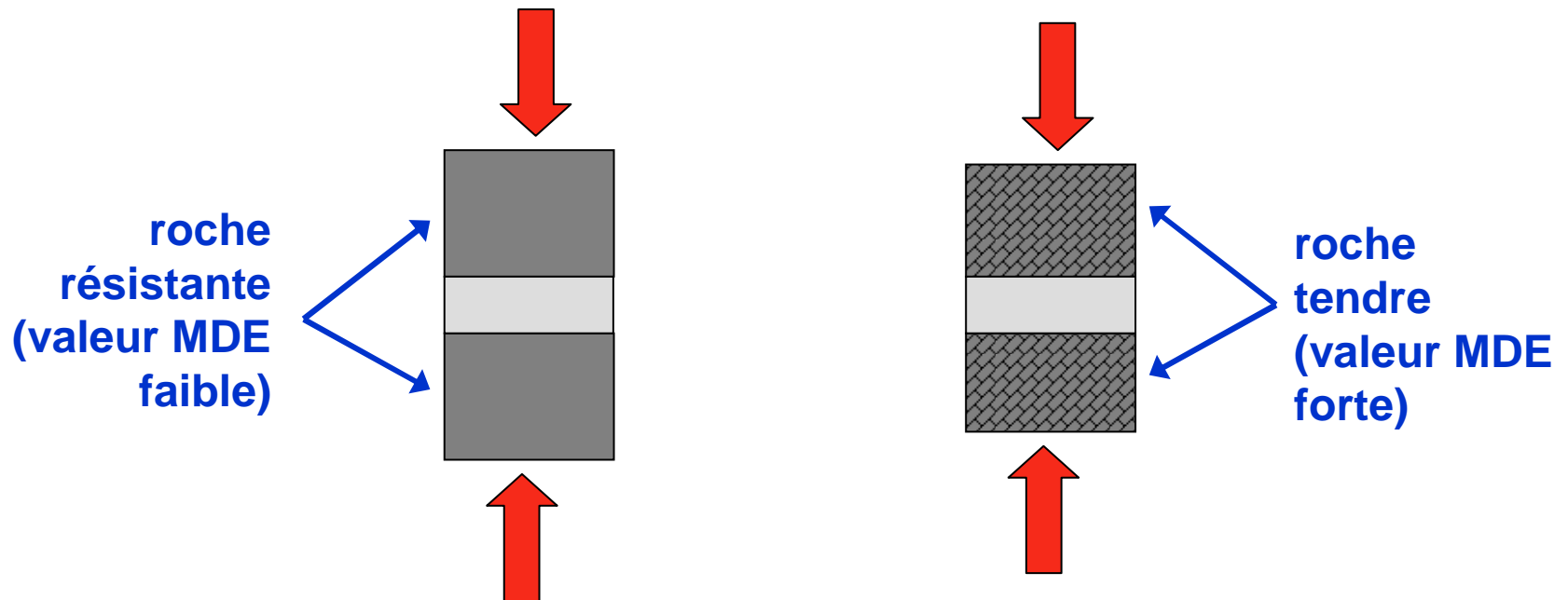
# Résistance en compression (suite)

- Rc dépend aussi du type de granulat:
  - effet de l'adhérence avec la pâte



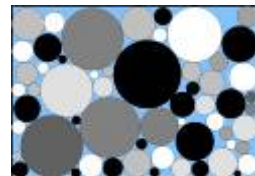
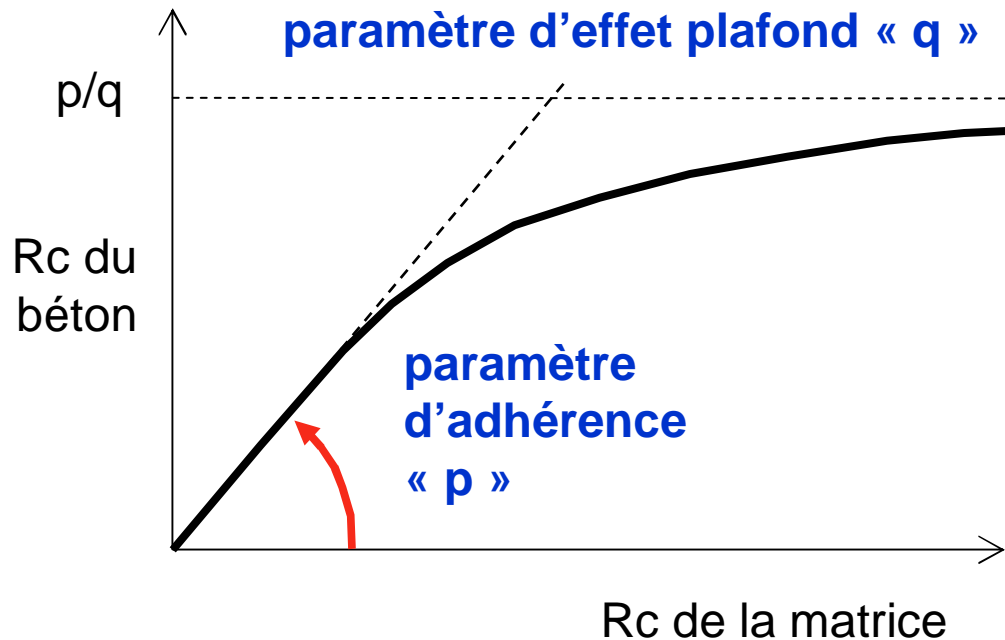
# Résistance en compression (suite)

– effet de la résistance propre du granulat



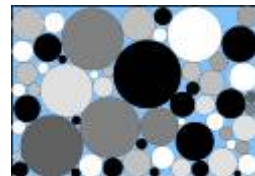
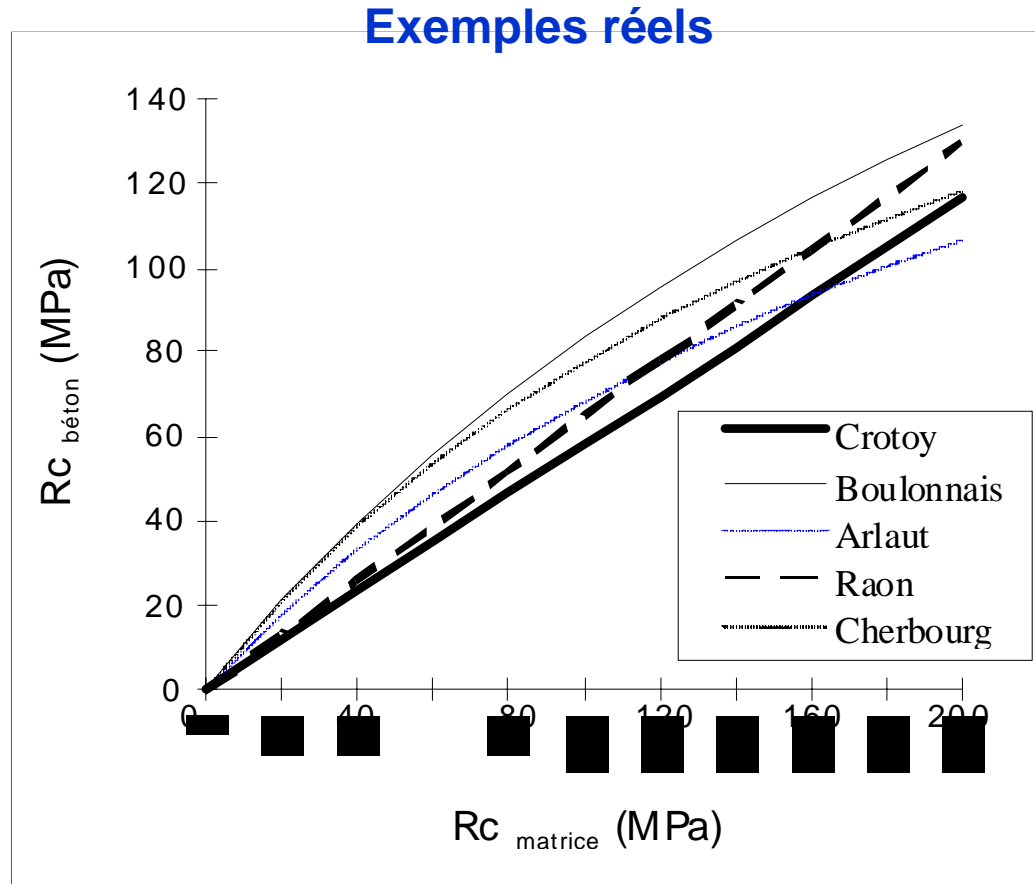
# Résistance en compression (suite)

Deux paramètres du granulat,  $p$  et  $q$ , décrivent son effet sur  $R_c$  du béton



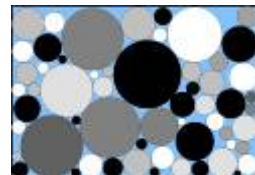


# Résistance en compression (suite)



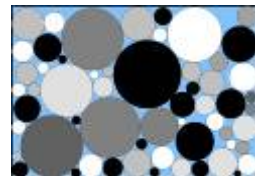
# Résistance en compression (suite)

- Attention
  - quand  $p$  augmente, l'adhérence et la résistance du béton augmentent
  - quand  $q$  augmente, le plafond descend et la résistance du béton diminue



# Résistance en compression (suite)

- Les paramètres  $p$  et  $q$  ne peuvent pas se mesurer directement
- Ils doivent être calibrés sur des résultats d'essais de compression sur béton
- Pour ces résultats, on doit connaître
  - la formule du béton
  - les granularités, compacités, absorption d'eau et masses volumiques
  - la classe vraie du ciment (mesurée sur prismes 4x4x16)

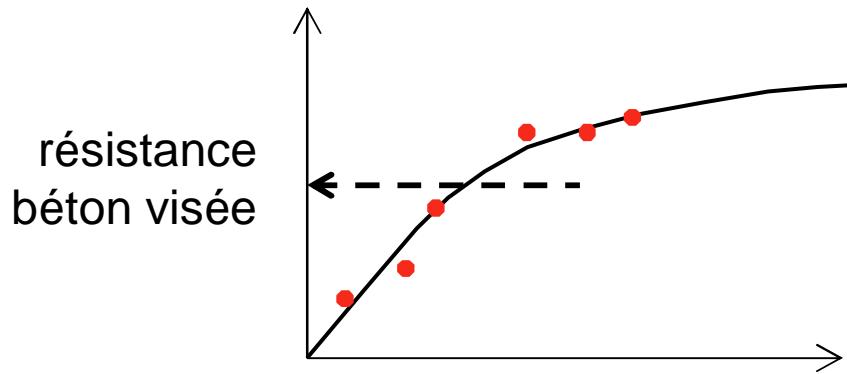


# Résistance en compression (suite)

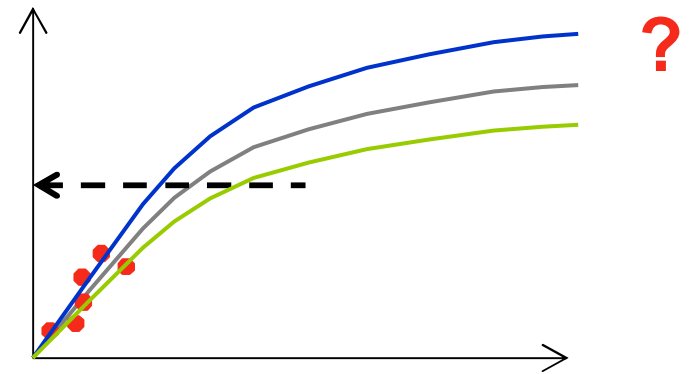
- On doit disposer d'au moins deux valeurs de  $R_c$  sur béton
- Ces valeurs doivent de préférence encadrer la résistance à 28 jours maximisée pour le béton formulé avec le granulat



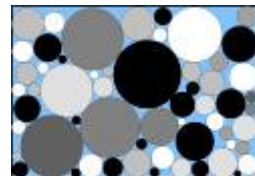
# Résistance en compression (suite)



**calibration  
fiable**



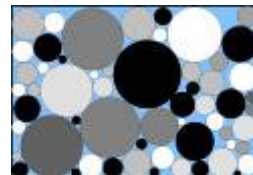
**calibration  
hasardeuse**



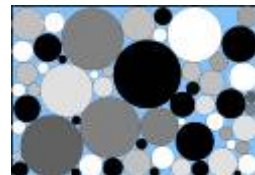
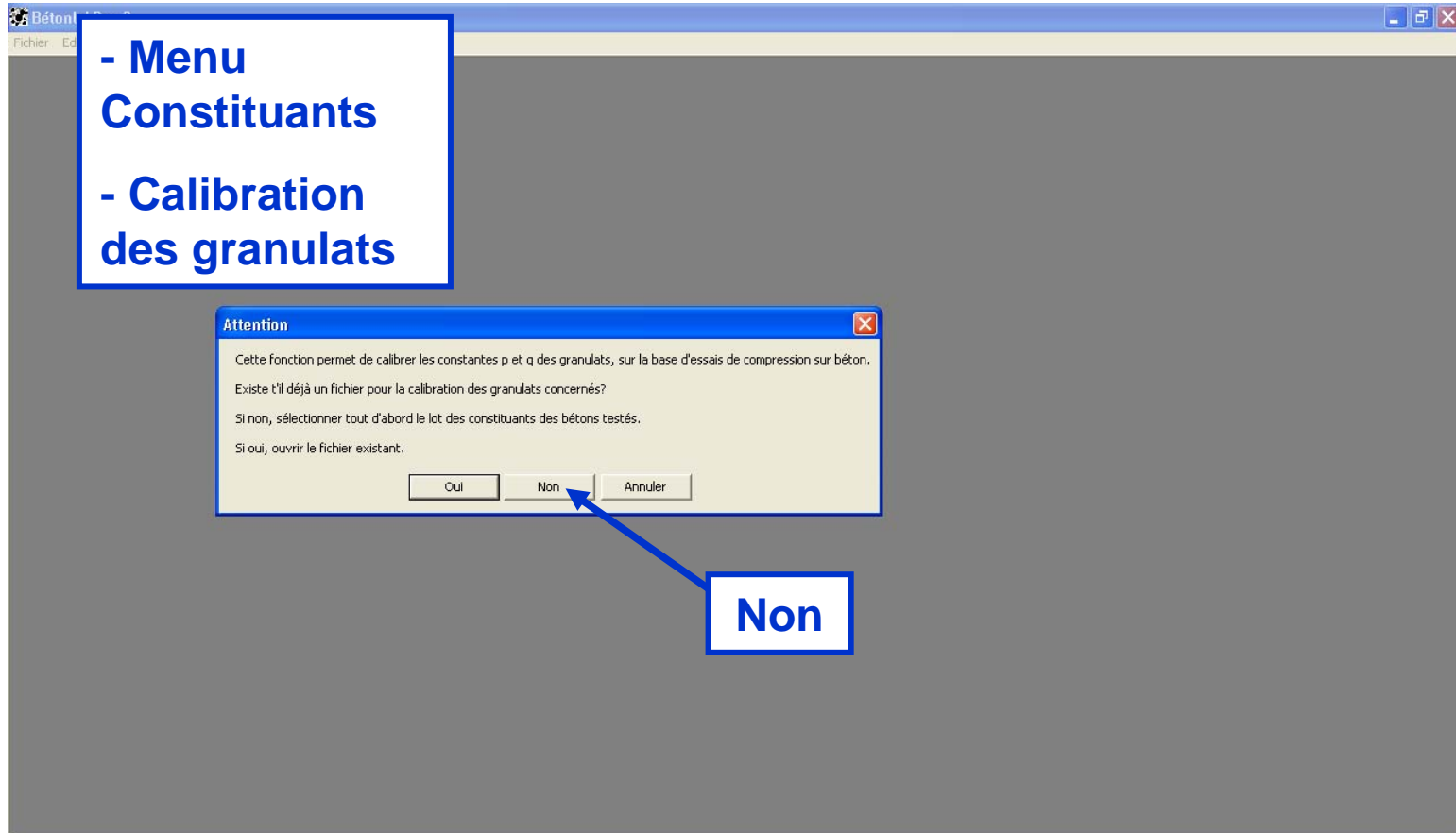
# Résistance en compression (suite)

## Exemple de calibration de p et q

- On veut calibrer le gravillon « Caillou 5/12,5 » en vue de formuler un béton de  $R_{c28} = 50 \text{ MPa}$
- On connaît les résistances à 7 et 28 jours de trois bétons réalisés avec ce gravillon et d'autres matériaux préalablement caractérisés (granularité, masse volumique, compacité)



# Résistance en compression (suite)



# Résistance en compression (suite)

**-Sélectionner les constituants (dossier « Matériaux génériques »)**

**- Cliquer sur « OK »**

**Constituants sélectionnés pour les mélanges**

- Matériaux génériques.cst:\Caillou 5/12,5
- Matériaux génériques.cst:\Roulé 0/5
- Matériaux génériques.cst:\Ciment CPA CEM I
- Matériaux génériques.cst:\Superplastifiant mélamine





# Résistance en compression (suite)

**Calibration**

Constituants

G1	Matériaux génériques.cst\Caillou 5/12,5
S1	Matériaux génériques.cst\Roulé 0/5
C1	Matériaux génériques.cst\Ciment CPA CEM I
SP1	Matériaux génériques.cst\Superplastifiant mélatmine

Calibrer  
Annuler

Composition

G1 (kg)	996
S1 (kg)	806
C1 (kg)	450
SP1 (kg)	15
Eau (kg)	15

Entrer  
Modifier n°

Aucune gâchée

Supprimer  
Exporter

Agent entraîneur d'air?  
 Non  
 Oui

Résistance

fc3 (MPa)	
fc7 (MPa)	64
fc28 (MPa)	71

Béton n°	1	2	3
G1 (kg)	1024	956	996
S1 (kg)	829	774	806
C1 (kg)	300	400	450
SP1 (kg)	0	0	15
Eau (kg)	194	214	153
Air total (%)			
AEA	Non	Non	Non
fc1 (MPa)			
fc2 (MPa)			
fc3 (MPa)			
fc7 (MPa)	20	36	64
fc28 (MPa)	35	42	71
fc90 (MPa)			
fc360 (MPa)			

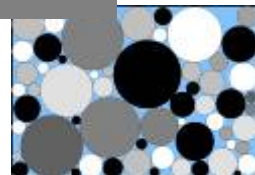
**Pour chaque béton:**

- Introduire les compositions (eau d'ajout sur granulats secs)

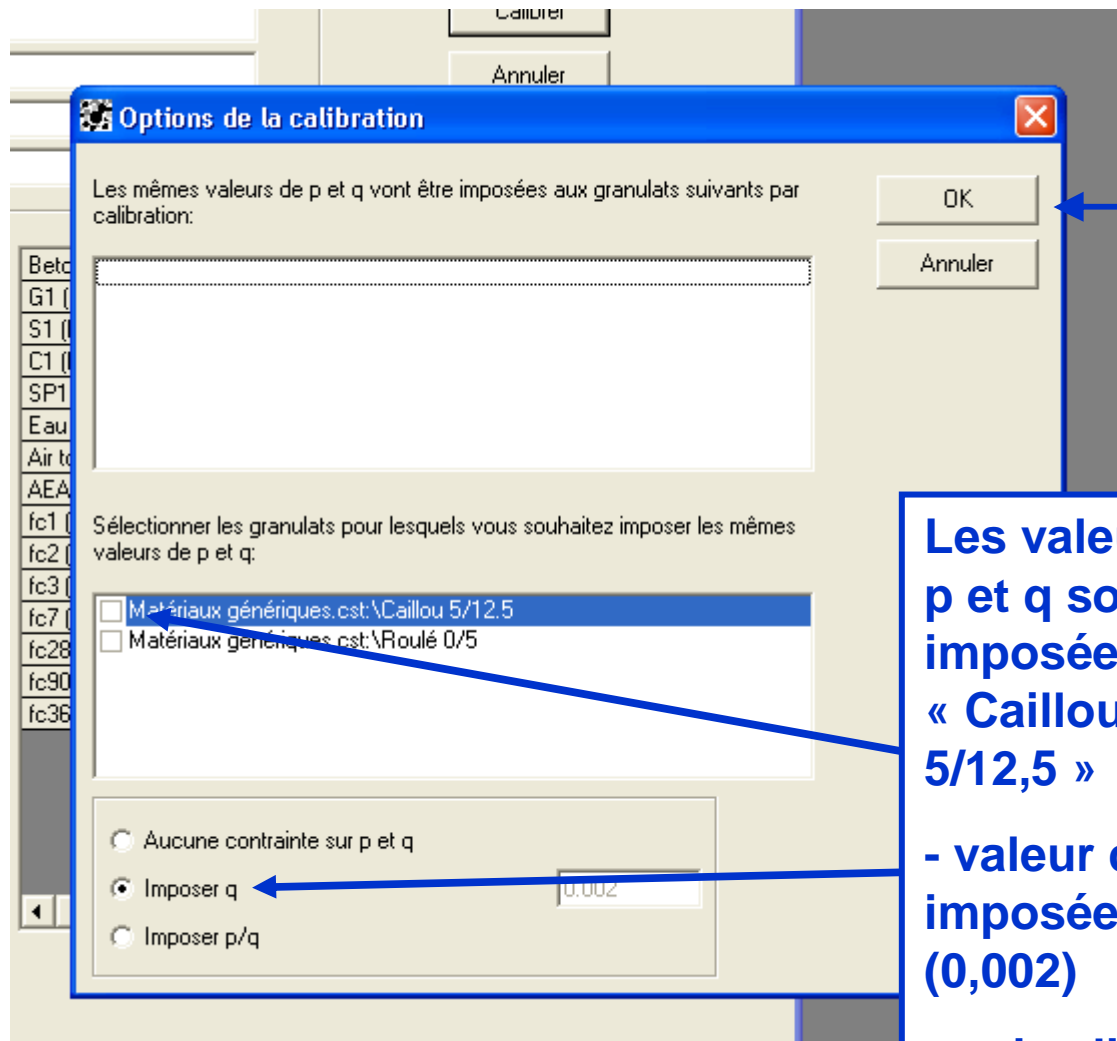
- Introduire les valeurs de Rc

- Cliquer sur « Entrer »

- Une fois tous les bétons entrés, cliquer sur « Calibrer »



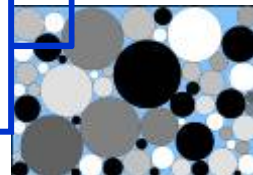
# Résistance en compression (suite)



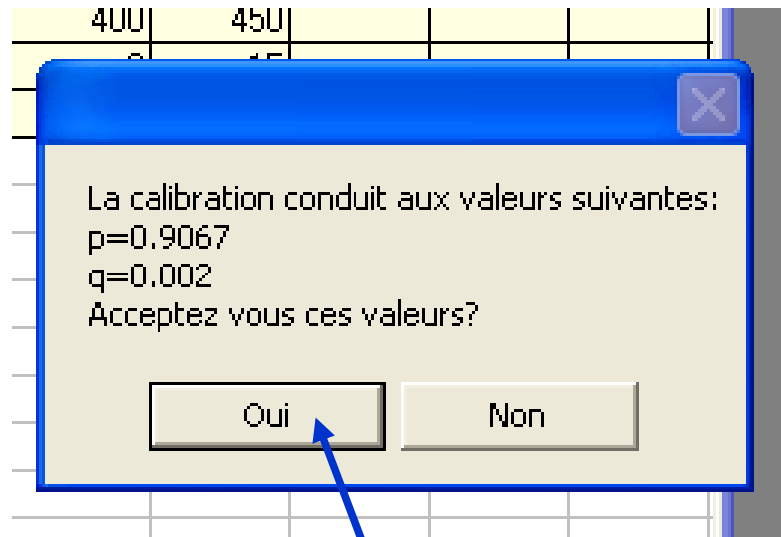
**Les valeurs de p et q sont imposées au « Caillou 5/12,5 »**

**- valeur de q imposée (0,002)**

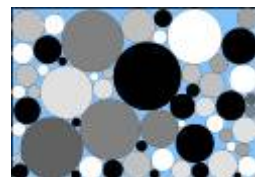
**- puis cliquer sur « OK »**



# Résistance en compression (suite)



cliquer sur  
« Oui »



# Résistance en compression (suite)

Vérification de la mise en mémoire des valeurs de p et q:

- revenir à la page d'accueil du logiciel

- Constituants

- Banque de constituants

- Matériaux génériques

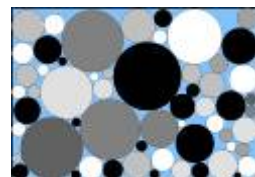
- « Caillou 5/12,5 »

- onglet « Propriétés »

The screenshot shows a software window titled 'Propriétés du gravillon' with a tabbed interface. The 'Propriétés' tab is active, displaying a list of material properties with input fields. A blue arrow points from the 'Propriétés' tab in the list box to the 'Propriétés' tab in the software window. A blue bracket groups the input fields for 'Coef. d'adhérence p' (0.9067) and 'Coef. profond q (MPa^-1)' (0.002). A blue arrow points from a text box to this bracketed area.

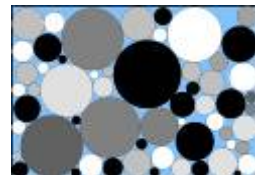
Propriété	Valeur
Coef. d'adhérence p	0.9067
Coef. profond q (MPa <sup>-1</sup> )	0.002
Coef. de traction Kt (MPa <sup>-0.43</sup> )	0.35
Module élastique (GPa)	75
Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	2666
Absorption d'eau (%)	0.3
Capacité thermique (kJ/K/Kg)	0.84
% moyen d'alcalins actifs	
% maximum d'alcalins actifs	

On retrouve les valeurs de p et q précédemment déterminées



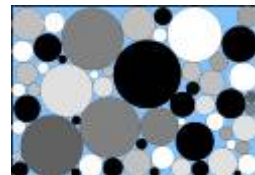
# Résistance en compression (suite)

- Si on simulait les bétons qui ont servi à la calibration avec ces valeurs, on trouveraient des  $R_c$  légèrement différents des valeurs expérimentales
- En effet, il y avait 6 valeurs de  $R_c$  et 1 paramètre à caler ( $q$  est imposé). Le logiciel a optimisé, mais ne peut pas coller exactement aux valeurs expérimentales



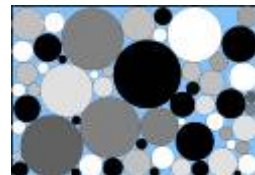
# Résistance en compression (suite)

- Chaque fraction granulaire a son propre jeu de paramètres  $p$  et  $q$
- Des fractions différentes d'une même carrière (par exemple un sable 0/4 et un gravillon 5/20) ont en principe les mêmes valeurs de  $p$  et  $q$



# Résistance en compression (suite)

- Si on doit calibrer à la fois plusieurs fractions d'une même carrière, on peut faire l'hypothèse qu'elles ont les mêmes valeurs
- BétonlabFree ne permet pas de déterminer  $p$  et  $q$  sur des résultats expérimentaux. Cependant, il est possible d'introduire dans la fiche du granulat tout couple de valeurs obtenu par d'autres moyens (et notamment, communiqué par le fournisseur)



# Module élastique

Propriétés du gravillon

Général Propriétés Squelette Coupure 1

Coef. d'adhérence p	1,0742
Coef. plafond q (MPa <sup>-1</sup> )	0,00512
Coef. de traction Kt (MPa <sup>-0.43</sup> )	0,35
Module élastique (GPa)	75

Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	2666
Absorption d'eau (%)	0,3

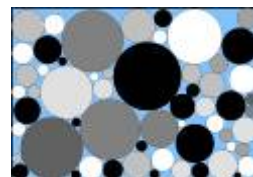
  

Capacité thermique (kJ/K/Kg)	0,84
------------------------------	------

% moyen d'alcalins actifs	
% maximum d'alcalins actifs	

Enregistrer  
Annuler  
Outils





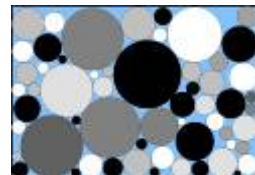
# Module élastique (suite)

- Le module élastique du granulat  $E_g$  influence les propriétés de déformabilité du béton: module élastique, retrait, fluage
- Si on s'intéresse aux prévisions de retrait faites par BétonlabFree, il faut s'intéresser aux valeurs de  $E_g$  des fractions granulaires utilisées dans les simulations



# Module élastique (suite)

- Le module élastique du granulat peut se mesurer sur des carottes de la roche d'origine (granulat de roche massive saine et homogène)
- A défaut, on peut l'évaluer par calibration sur des mesures de module de bétons utilisant le granulat en question
- Mais cette calibration doit être faite avec BétonlabPro



# Conclusion

- Dans BétonlabFree, les granulats sont caractérisés par 3 paramètres, distincts des propriétés normalement mesurées (Los Angeles, Micro-Deval etc.)
- Pour la résistance en compression:
  - paramètre  $p$  (traduit l'adhérence pâte de ciment/granulat)
  - paramètre  $q$  (traduit la résistance propre du granulat)



# Conclusion (suite)

- $p$  et  $q$  sont calibrés sur des résultats de béton. BétonlabFree propose un outil spécifique pour la calibration de  $p$ , en imposant  $q = 0,002$
- Cette simplification peut légèrement induire en erreur, si on veut simuler des bétons dont la résistance théorique est éloignée des valeurs qui ont servi à la calibration



# Conclusion (fin)

- Pour le module élastique, on utilise le paramètre  $E_g$  (module du granulat), que l'on mesure sur la roche ou qu'on détermine par calibration (avec BétonlabPro)
- $E_g$  permet à BétonlabFree de calculer le retrait total

