

# **Labo Béton**

**Version 2.0**

**Manuel d'utilisation**



(Page laissée intentionnellement blanche ...)



# Logiciel LABO BETON version 2.0

## SOMMAIRE

|          |                                                                       |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>GENERALITES.....</b>                                               | <b>10</b> |
| 1.1      | PRESENTATION GENERALE DU LOGICIEL .....                               | 10        |
| 1.2      | A PROPOS DE LA PRESENTE NOTICE .....                                  | 10        |
| 1.3      | CONFIGURATION REQUISE POUR L'UTILISATION DU LOGICIEL.....             | 11        |
| 1.3.1    | Exécution directe du logiciel.....                                    | 11        |
| 1.3.2    | Lecture du code source du logiciel – Compilation – Exécution.....     | 12        |
| 1.4      | TELECHARGEMENT DU LOGICIEL .....                                      | 12        |
| 1.4.1    | Sous format fichier d'installation :.....                             | 12        |
| 1.4.2    | Sous format code sources :.....                                       | 12        |
| 1.4.3    | Traitement de texte interne : .....                                   | 13        |
| 1.5      | INSTALLATION DU LOGICIEL .....                                        | 13        |
| 1.6      | PROCEDURE DE DESINSTALLATION DU LOGICIEL.....                         | 17        |
| 1.7      | LIMITES DU LOGICIEL .....                                             | 18        |
| 1.7.1    | Limites générales.....                                                | 18        |
| 1.7.2    | Limites particulières.....                                            | 18        |
| 1.7.2.1  | Adjuvant .....                                                        | 18        |
| 1.7.2.2  | Ciments et Additions .....                                            | 19        |
| 1.7.2.3  | Granulats .....                                                       | 19        |
| <b>2</b> | <b>MATERIAUX- FORMULATIONS .....</b>                                  | <b>20</b> |
| 2.1      | HYPOTHESES GENERALES DE CALCUL .....                                  | 20        |
| 2.1.1    | Dispositions générales .....                                          | 20        |
| 2.1.2    | Caractéristiques des tamis .....                                      | 21        |
| 2.2      | CARACTERISTIQUES GENERALES DU BETON .....                             | 22        |
| 2.2.1.1  | Généralités.....                                                      | 22        |
| 2.2.1.2  | Résistance caractéristique du béton à la compression à 28 jours ..... | 22        |
| 2.2.1.3  | Ouvrabilité du béton frais .....                                      | 22        |
| 2.3      | EAU DE GACHAGE .....                                                  | 24        |
| 2.4      | GRANULATS.....                                                        | 24        |
| 2.4.1    | Caractéristiques générales.....                                       | 24        |
| 2.4.2    | Caractéristiques du sable.....                                        | 25        |
| 2.4.2.1  | Définition du sable .....                                             | 25        |
| 2.4.2.2  | Module de finesse.....                                                | 26        |
| 2.4.2.3  | Mélange de 2 sables.....                                              | 26        |
| 2.4.3    | Caractéristiques des gravillons.....                                  | 27        |
| 2.5      | CIMENTS .....                                                         | 28        |
| 2.5.1    | Caractéristiques générales.....                                       | 28        |
| 2.5.2    | Densité .....                                                         | 30        |
| 2.5.3    | Types et classes de ciment utilisables dans le logiciel .....         | 31        |
| 2.5.4    | Classes vraies.....                                                   | 31        |
| 2.6      | ADDITIONS.....                                                        | 31        |
| 2.7      | FORMULATIONS DU BETON .....                                           | 34        |
| 2.7.1    | Formulation par la méthode Dreux-Gorisse .....                        | 34        |
| 2.7.1.1  | Généralité .....                                                      | 34        |
| 2.7.1.2  | Résistance moyenne du béton.....                                      | 35        |
| 2.7.1.3  | Qualité du granulat : .....                                           | 36        |
| 2.7.1.4  | Coefficient granulaire Kdg – Choix du tableau .....                   | 36        |



|          |                                                                                   |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.7.1.5  | Majoration ou minoration de la quantité d'eau – Choix du tableau .....            | 37        |
| 2.7.1.6  | Respect du rapport C/E en cas de majoration/minoration de la quantité d'eau ..... | 37        |
| 2.7.1.7  | Amendement ENS : .....                                                            | 38        |
| 2.7.1.8  | Précisions apportées concernant le Squelette granulaire.....                      | 39        |
| 2.7.1.9  | Compacité de la formulation de béton.....                                         | 39        |
| 2.7.1.10 | Différences autres : .....                                                        | 40        |
| 2.7.2    | <i>Formulation Baron – Ollivier</i> .....                                         | 41        |
| 2.7.2.1  | Généralités.....                                                                  | 41        |
| 2.7.2.2  | Compléments apportés par M. Chanvillard : .....                                   | 43        |
| 2.7.2.3  | La résistance caractéristique à la compression sur cylindre à 28 jours : .....    | 43        |
| <b>3</b> | <b>REGLES GENERALES D'UTILISATION DU LOGICIEL .....</b>                           | <b>46</b> |
| 3.1      | ENTREE DES DONNEES .....                                                          | 46        |
| 3.1.1    | <i>Depuis un fichier existant</i> .....                                           | 46        |
| 3.1.2    | <i>A partir d'un nouveau fichier</i> .....                                        | 47        |
| 3.2      | CALCUL .....                                                                      | 47        |
| 3.3      | RESULTATS .....                                                                   | 48        |
| <b>4</b> | <b>FORMULAIRES ET ECRANS .....</b>                                                | <b>49</b> |
| 4.1      | ORGANISATION GENERALE DU LOGICIEL.....                                            | 49        |
| 4.2      | ECRAN GENERAL.....                                                                | 50        |
| 4.2.1    | <i>Généralité</i> .....                                                           | 50        |
| 4.2.2    | <i>Les menus génériques</i> .....                                                 | 51        |
| 4.2.2.1  | Le menu Fichier.....                                                              | 51        |
| 4.2.2.2  | Menu Outils.....                                                                  | 51        |
| 4.2.2.3  | Menu « Configuration » : .....                                                    | 51        |
| 4.2.2.4  | Menu ? : .....                                                                    | 51        |
| 4.2.3    | <i>Les menus spécifiques</i> .....                                                | 52        |
| 4.3      | FORMULAIRE EXIGENCE DE FORMULATION .....                                          | 52        |
| 4.3.1    | <i>Généralités</i> .....                                                          | 52        |
| 4.3.2    | <i>Méthode de formulation Dreux -Gorisse</i> .....                                | 52        |
| 4.3.2.1  | Renseignements exigés par la méthode .....                                        | 52        |
| 4.3.2.2  | Choix du tableau du coefficient granulaire .....                                  | 53        |
| 4.3.2.3  | Choix du tableau de détermination des quantités d'eau.....                        | 54        |
| 4.3.2.4  | Majoration pâte à ciment .....                                                    | 54        |
| 4.3.2.5  | Composition volumique et pondérale sur matériaux secs .....                       | 54        |
| 4.3.2.6  | Composition pondérale humide .....                                                | 54        |
| 4.3.2.7  | Résistance moyenne à la compression du béton à 28 jours.....                      | 55        |
| 4.3.2.8  | Ouvrabilité du béton frais .....                                                  | 56        |
| 4.3.2.9  | Modes de vibration .....                                                          | 56        |
| 4.3.2.10 | Inclure les exigences de la classe d'exposition.....                              | 57        |
| 4.3.3    | <i>Méthode de formulation Baron -Ollivier</i> .....                               | 57        |
| 4.3.3.1  | Renseignements exigés par la méthode .....                                        | 57        |
| 4.3.3.2  | Ouvrabilité.....                                                                  | 59        |
| 4.3.3.3  | Mode de fabrication du béton.....                                                 | 59        |
| 4.3.3.4  | Délai de transport et de mise en œuvre du béton .....                             | 60        |
| 4.3.3.5  | La température du béton.....                                                      | 61        |
| 4.3.3.6  | Exigences de la classe d'exposition.....                                          | 61        |
| 4.3.3.7  | Composition pondérale humide .....                                                | 61        |
| 4.3.3.8  | Corrections pour droite de référence – Squelette granulaire .....                 | 61        |
| 4.4      | FORMULAIRE SABLE .....                                                            | 62        |
| 4.4.1    | <i>Présentation générale du formulaire</i> .....                                  | 62        |
| 4.4.2    | <i>Onglet n°1 – Caractéristique des tamis</i> .....                               | 63        |
| 4.4.3    | <i>Onglet n°2 et 3 – Caractéristiques des sables</i> .....                        | 64        |
| 4.4.3.1  | Identité du sable.....                                                            | 64        |
| 4.4.3.2  | Classe granulaire .....                                                           | 64        |



|          |                                                                    |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.4.3.3  | Forme du sable .....                                               | 64        |
| 4.4.3.4  | Coefficient granulaire du sable .....                              | 64        |
| 4.4.3.5  | Sable correcteur .....                                             | 64        |
| 4.4.3.6  | Densité .....                                                      | 65        |
| 4.4.3.7  | Teneur en humidité .....                                           | 65        |
| 4.4.3.8  | Coefficient d'absorption .....                                     | 66        |
| 4.4.3.9  | Teneur en fines .....                                              | 67        |
| 4.4.3.10 | Granulométrie du sable .....                                       | 67        |
| 4.4.3.11 | Analyse granulométrique du sable .....                             | 69        |
| 4.4.3.12 | Module de finesse cible (uniquement pour l'onglet Sable n°2) ..... | 70        |
| 4.4.4    | <i>Sauvegarde des données</i> .....                                | 70        |
| 4.5      | FORMULAIRE GRAVILLON .....                                         | 70        |
| 4.5.1    | <i>Présentation générale du formulaire</i> .....                   | 70        |
| 4.5.2    | <i>Onglet n°1 – Caractéristique des tamis</i> .....                | 71        |
| 4.5.3    | <i>Onglet n°2 et 3 – Caractéristiques des gravillons</i> .....     | 72        |
| 4.5.3.1  | Identité du gravillon .....                                        | 72        |
| 4.5.3.2  | Classe granulaire .....                                            | 72        |
| 4.5.3.3  | Forme du gravillon .....                                           | 73        |
| 4.5.3.4  | Coefficient granulaire .....                                       | 73        |
| 4.5.3.5  | Densité .....                                                      | 74        |
| 4.5.3.6  | Teneur en humidité .....                                           | 74        |
| 4.5.3.7  | Coefficient d'absorption .....                                     | 75        |
| 4.5.3.8  | Éléments de granularités et courbe granulométrique .....           | 76        |
| 4.5.4    | <i>Analyse granulométrique du gravillon</i> .....                  | 76        |
| 4.5.4.1  | Par entrée directe des valeurs .....                               | 76        |
| 4.5.4.2  | Par l'intermédiaire d'un fichier pré-renseigné .....               | 77        |
| 4.5.4.3  | Analyse granulométrique .....                                      | 77        |
| 4.5.5    | <i>Sauvegarde des données</i> .....                                | 78        |
| 4.6      | FORMULAIRE CIMENT ET ADDITION .....                                | 78        |
| 4.6.1    | <i>Présentation générale du formulaire</i> .....                   | 78        |
| 4.6.2    | <i>Le ciment</i> .....                                             | 79        |
| 4.6.2.1  | Choix du type de ciment .....                                      | 79        |
| 4.6.2.2  | Classe vraie du ciment .....                                       | 80        |
| 4.6.2.3  | Densité du ciment .....                                            | 81        |
| 4.6.3    | <i>L'addition</i> .....                                            | 81        |
| 4.6.3.1  | Généralités .....                                                  | 81        |
| 4.6.3.2  | Complément en fines .....                                          | 82        |
| 4.6.3.3  | Masse d'Addition imposée .....                                     | 82        |
| 4.7      | FORMULAIRE ADJUVANT .....                                          | 82        |
| 4.7.1    | <i>Généralités</i> .....                                           | 82        |
| 4.7.2    | <i>Taux de minoration de la teneur en eau</i> .....                | 83        |
| 4.7.3    | <i>Dosage</i> .....                                                | 84        |
| 4.7.4    | <i>Majoration de la teneur en fines</i> .....                      | 85        |
| 4.8      | FORMULAIRE CONFIGURATION DU LOGICIEL .....                         | 85        |
| 4.8.1    | <i>Présentation générale</i> .....                                 | 85        |
| 4.8.2    | <i>Onglet Général</i> .....                                        | 87        |
| 4.8.3    | <i>Onglet Editeur</i> .....                                        | 88        |
| 4.8.4    | <i>Onglet « Béton »</i> .....                                      | 88        |
| 4.8.5    | <i>Onglet Sable</i> .....                                          | 89        |
| 4.8.6    | <i>Onglet Gravillon</i> .....                                      | 89        |
| 4.8.7    | <i>Onglet Ciment &amp; Additions</i> .....                         | 90        |
| 4.8.8    | <i>Onglet Formulation Dreux-Gorisse</i> .....                      | 91        |
| 4.8.9    | <i>Onglet Formulation Baron - Ollivier</i> .....                   | 91        |
| 4.9      | ECRAN « A PROPOS... » .....                                        | 92        |
| 5        | <b>FORMULATION DU BETON</b> .....                                  | <b>94</b> |



|          |                                                                                        |            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.1      | NOTE DE CALCUL .....                                                                   | 94         |
| 5.2      | COURBES DU SQUELETTE GRANULAIRE.....                                                   | 95         |
| <b>6</b> | <b>OUTILS .....</b>                                                                    | <b>99</b>  |
| 6.1      | CLASSE D'EXPOSITION .....                                                              | 99         |
| <b>7</b> | <b>CARACTERISTIQUES DU LOGICIEL .....</b>                                              | <b>102</b> |
| 7.1      | FONCTIONNALITES PAR VERSION .....                                                      | 102        |
| 7.1.1    | Version 2.0 .....                                                                      | 102        |
| 7.1.2    | Version 1.0 .....                                                                      | 103        |
| 7.2      | AMELIORATIONS DU LOGICIEL A VENIR .....                                                | 103        |
| 7.3      | PARADIGME DE PROGRAMMATION .....                                                       | 104        |
| 7.4      | VALEURS INITIALISEES DE VARIABLES .....                                                | 104        |
| 7.5      | SPLINE CUBIQUE D'INTERPOLATION .....                                                   | 105        |
| 7.6      | STRUCTURE DU FICHIER DE DONNEES .....                                                  | 107        |
| 7.6.1    | Le fichier de données de la formulation .....                                          | 107        |
| 7.6.2    | Le fichier de données des granulats .....                                              | 108        |
| <b>8</b> | <b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>                                                             | <b>110</b> |
| <b>9</b> | <b>VALIDATIONS ET EXEMPLES .....</b>                                                   | <b>111</b> |
| 9.1      | EXEMPLES PROPOSES .....                                                                | 111        |
| 9.2      | EXEMPLES D'APPLICATIONS SUIVANT LA METHODE DE FORMULATION DREUX - GORISSE.....         | 111        |
| 9.2.1    | Exemple n°1 - 1 – Béton courant binaire 30 MPa .....                                   | 111        |
| 9.2.1.1  | Entrée des données .....                                                               | 111        |
| 9.2.1.2  | Comparaison des résultats .....                                                        | 116        |
| 9.2.1.3  | Fichiers de données et note de calcul.....                                             | 117        |
| 9.2.2    | Exemple n°1-2 – Béton courant 30 MPa 2 sables et 2 gravillons avec amendement ENS..... | 118        |
| 9.2.2.1  | Données .....                                                                          | 118        |
| 9.2.2.2  | Comparaison des résultats .....                                                        | 123        |
| 9.2.2.3  | Fichiers de données et note de calcul.....                                             | 123        |
| 9.3      | EXEMPLES D'APPLICATIONS SUIVANT LA METHODE DE FORMULATION BARON-OLLIVIER.....          | 124        |
| 9.3.1    | Présentation .....                                                                     | 124        |
| 9.3.2    | Exemples de l'ouvrage « Le matériau béton – Connaissances générales » .....            | 124        |
| 9.3.2.1  | Entrée des données .....                                                               | 124        |
| 9.3.2.2  | Comparaison des résultats .....                                                        | 126        |
| 9.3.2.3  | Fichiers de données et note de calcul.....                                             | 129        |
| 9.3.3    | Exemples de l'ouvrage « Les bétons – Bases et données pour leur formulation ».....     | 129        |
| 9.3.3.1  | Exemple 3.1 – Béton courant C25/30 .....                                               | 129        |
| 9.3.3.2  | Exemple 3.2 – C25/30 – XC1 avec fines .....                                            | 132        |
| 9.3.3.3  | Exemple 3.6 – C25/30 – XC4/XF1 – Addition CV + Superplastifiant .....                  | 134        |



(Page laissée intentionnellement blanche ...)



 **Avertissement :**

Le présent document constitue le manuel d'utilisation du logiciel « Labo Beton™ ».

Il ne s'agit aucunement d'un cours sur la formulation des bétons même si des rappels ou des éléments sont indiqués. L'utilisateur est réputé connaître les méthodes de formulation utilisées dans le présent logiciel, en connaître leurs limites, etc. .... C'est la raison pour laquelle ce logiciel s'adresse, avant tout, à des projeteurs ou à des étudiants en cycle génie civil maîtrisant leurs cours de béton et de matériaux et désirant approfondir leurs connaissances en matière de formulation de béton.

Le présent document explique essentiellement l'usage du logiciel « Labo Beton™ » et définit, autant que faire se peut, les conditions d'utilisation de celui-ci.

Le but de ce logiciel est pédagogique, et toute utilisation à des fins professionnelles ne saurait engager la responsabilité de l'auteur. Aucune garantie ne peut être donnée sur les performances de ce logiciel. Celui-ci n'a pas fait l'objet de l'ensemble des tests auxquels sont soumis les logiciels commerciaux ni des procédures d'assurance qualité.

L'utilisation du présent logiciel reste donc, sous la seule responsabilité de son utilisateur.

Il appartient à l'utilisateur de le tester et de valider les résultats obtenus.

Le lecteur voudra aussi m'excuser sur la forme, parfois chaotique, du présent document. Ce dernier sert aussi de document de travail et me permet de noter un élément particulier soit dans la partie formulaire servant au recueil de données soit dans la partie modélisation présentant l'algorithme de calcul. Ce dont profite aussi l'utilisateur final du logiciel.

Cela m'imposerait à chaque fois de reprendre l'ensemble du document pour vérifier l'absence de saut de page incongrue. Ce qui est un peu pénible et me ferait perdre beaucoup de temps vu le nombre de fois où je rajoute un commentaire à la présente notice. Voilà pour la forme.

Il est possible aussi que la présente notice présente quelques oublis. En effet, quand j'ai codé le logiciel, il peut m'être arrivé de mettre en place une fonctionnalité ou un algorithme particulier tout en ne le répertoriant pas dans la notice. Le lecteur aura la gentillesse de me le faire remarquer et je le corrigerai sur la version suivante.

Enfin, je vous remercie par avance pour toutes les observations et remarques que vous pourrez me communiquer concernant l'utilisation de ce logiciel.

Bonne lecture et bonne formulation !



(Page laissée intentionnellement blanche ...)



# **1 Généralités**

## **1.1 Présentation générale du logiciel**

Le logiciel Labo Béton® réalise la formulation d'un béton courant de bâtiments ou d'ouvrages d'Art suivant des résistances caractéristiques à 28 jours allant de 16 MPa à 40 MPa suivant deux méthodes de formulation :

- La formulation suivant la méthodologie Dreux-Gorisse, développée au Centre d'Essai des Structures au CEBTP à la fin des années 1960 (voir [\[1\]](#))
- La formulation suivant la méthodologie Baron – Ollivier, plus récente, (voir [\[3\]](#)) qui dérive de la méthodologie précédente.

La formulation établie par ce logiciel, ne donne qu'une valeur approchée de la composition et doit être impérativement ajustée expérimentalement par des essais effectués en laboratoire (essais d'étude) ou dans les conditions de chantier (épreuves de convenance).

Ce logiciel n'est pas approprié pour la formulation de béton à haute performance (BHP), béton autoplaçant (BAP), les bétons fibrés et les bétons fibrés à ultra haute performance (BFUP).

Ce programme offre les possibilités suivantes :

- Formulation comprenant jusqu'à deux sables
- Formulation comprenant jusqu'à deux gravillons
- Ouvrabilité comprise entre 1cm et 12cm au cône d'Abrams suivant la méthodologie Dreux-Gorisse (méthodologie plus ancienne) ou entre S1 et S4 suivant les classes d'affaissement de l'EN 206-1 suivant la méthodologie Baron – Ollivier (méthodologie plus récente).
- Différentes qualités de ciment disponibles
- Etc ...

Le logiciel produit la note de calcul de la formulation sous format .rtf, accessible depuis n'importe quel logiciel de traitement de texte. La note de calcul de formulation pourra donc être éditée et archivée ou transmise.

La conception de ce programme s'est appuyée sur la base documentaire détaillée au §8 - [Bibliographie](#) de la présente notice. Je vous invite, donc, à vous rendre à la page [110](#) pour prendre plus ample connaissance de cette base documentaire.



### **Rappel Important :**

Le but de ce logiciel est pédagogique, et toute utilisation à titre professionnel ne saurait engager la responsabilité de l'auteur. Aucune garantie ne peut donc être donnée sur les performances de ce logiciel. Il appartient à l'utilisateur de le tester et de valider les résultats obtenus.

## **1.2 A propos de la présente notice**

Le logiciel a été conçu pour une utilisation la plus intuitive possible à un projeteur chevronné. Il suit donc un enchaînement logique des tâches tel que :

- J'entre les données : les exigences que devra couvrir le béton et les caractéristiques des différents constituants le composant.
- Une fois toutes les données renseignées, je demande au logiciel d'effectuer les calculs de formulation
- J'étudie les résultats obtenus.



Mais la logique des uns n'est pas forcément la logique des autres. Aussi ce manuel a pris naissance pour bien préciser les éléments indispensables à l'utilisation du programme dans le cas où l'utilisateur serait pris de quelques doutes.

La lecture de ce manuel n'est donc pas indispensable à l'utilisation du logiciel, son utilisation par un projeteur maîtrisant les règles de formulation du béton doit se faire sans difficulté particulière, quelques fichiers d'aide accessibles par l'icône  disposés aux endroits pouvant donner lieu à interprétation, devraient permettre normalement d'éviter d'avoir recours à la présente notice. Si cela n'était pas le cas, l'auteur serait heureux de connaître les difficultés que vous avez rencontrées afin de pouvoir apporter une correction dans les éditions suivantes. N'hésitez donc pas à communiquer à l'auteur toutes vos remarques.

Toutefois, il n'y a aucune honte à lire le présent document. Déjà cela récompensera l'auteur du logiciel à l'avoir rédigé et l'auteur lui-même y fait quelque fois appel quand il ne souvient plus de l'intérêt de telle fonctionnalité, du sens de telle caractéristique, ...

Par contre, le manuel devient indispensable à celui qui voudrait apporter des modifications au logiciel, ce dernier étant livré avec son code source sans aucune restriction. Cela vous encourage donc à y apporter toutes les modifications souhaitables.

Par contre, le souhait de l'auteur est d'être informé de toutes modifications afin d'en profiter aussi. Merci pour lui.

Autre avantage à la rédaction de la présente notice : cela permet d'éclaircir les idées et de mieux définir les éléments à mettre en place dans les différents formulaires et écran constituant ce logiciel. La rédaction de la notice fait prendre du recul vis-à-vis de la conception globale du logiciel et c'est tout bénéfice.



**Important :**

Je rappelle que la présente notice ne constitue pas un cours de béton. Il est indispensable pour la bonne utilisation de ce logiciel que l'utilisateur connaisse les principes de formulation du béton et de son environnement réglementaire et notamment de l'EN 206-1 et de l'Eurocode 2.

Le niveau universitaire BUT – DUT - BTS Génie Civil est nécessaire et suffisant pour la bonne exploitation de ce logiciel.

## **1.3 Configuration requise pour l'utilisation du logiciel**

### **1.3.1 Exécution directe du logiciel**

Ce logiciel a été développé et testé sous système d'exploitation Windows 10 64 bits®. Il n'exige pas de ressources matérielles supplémentaires à celles nécessaires pour faire fonctionner Win10®.

Il fonctionne sur tout ordinateur de type PC équipé des versions de Windows 7 SP1 à 10 64bits (Mac et Linux non couvert).



**Important :**

Toutefois, le **framework .NET V4.6.1 devra être installé** sur votre ordinateur pour permettre le bon déroulement de la séquence d'installation. Sinon le programme d'installation du présent logiciel ne fonctionnera pas.

Le logiciel a été installé et testé sur PC équipé de Windows 7 SP1 comprenant le framework .NET V4.6.1. Il est parfaitement fonctionnel.

Ce framework .NET est normalement installé sous tout PC fonctionnant sous Windows 10 à jour. Sinon il se trouve librement téléchargeable sur le site de la société Microsoft®.



### 1.3.2 Lecture du code source du logiciel – Compilation – Exécution

---

Ce programme a été écrit en VB.Net 2017® sous Visual Studio 2017® de Microsoft®.

La configuration pour lire le code source et apporter des modifications doivent à minima respecter les préconisations pour l'utilisation du logiciel Visual Studio édition professionnelle 2017 (Voir site de Microsoft® pour les informations les plus pertinentes).

## 1.4 Téléchargement du logiciel

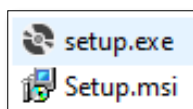
Ce logiciel peut être téléchargé à partir du site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, sous deux formes :

- **Avec le Setup d'installation.** Il suffira d'exécuter le fichier Setup avec les droits Administrateur pour lancer la séquence d'installation du logiciel. Le logiciel « Labo Béton™ » sera alors directement exécutable sur votre ordinateur sous réserve des prérequis indiqué au § 1.3.1 ci-dessus. Voir § 1.4.1 Sous format fichier d'installation : ci-dessous.
- **Sous format code source.** Vous disposez du code source du logiciel. Vous pouvez le compiler pour obtenir l'exécutable et l'utiliser alors pour faire les calculs correspondant. Vous pouvez aussi, y apporter des modifications en le chargeant via Visual Studio™.

### 1.4.1 Sous format fichier d'installation :

---

Dans l'archive téléchargé au format zip, vous trouverez 2 fichiers permettant l'installation du logiciel :



- Le fichier setup.exe
- Le fichier Setup.msi

La séquence d'installation est détaillée au § 1.5 - Installation du logiciel dans la présente notice, chapitre auquel je vous renvoie si vous souhaitez lancer l'installation du logiciel.

### 1.4.2 Sous format code sources :

---

Ce chapitre concerne uniquement ceux désirant comprendre et, éventuellement, modifier le logiciel. Ceux souhaitant seulement utiliser le logiciel, peuvent sauter le présent chapitre.

Dans le fichier compressé, vous allez trouver 4 projets :

- Projet « Labo Béton » correspondant au logiciel « Labo Béton™ »
- Les projets « complémentaires » :
  - Projet Editeur de texte correspondant au logiciel d'édition de texte interne au logiciel « Labo Béton™ ».
  - Projet Module RTF contenant le module de construction de fichier au format rtf
- L'installateur :
  - Porte le nom Setup. Il sert uniquement à créer la séquence d'installation du présent logiciel sous format directement exécutable Voir § 1.4.1 Sous format fichier d'installation :

L'avantage de cette construction modulaire est de bénéficier de la mise à jour des projets « complémentaires » pour les programmes les utilisant. Si vous avez déjà téléchargé et utilisé un de mes logiciels, il est donc fort possible que ces Adons soient déjà en place sur votre disque dur.

Si vous ne téléchargez pas et n'installez pas sur votre disque dur, ces 2 programmes Adons, vous ne pourrez pas compiler et donc exécuter le présent logiciel. Avec Visual Studio, vous pourrez toujours lire mais vous ne pourrez pas compiler, cela vous affichera une erreur comme quoi des fichiers ne peuvent être trouvés, et pour cause, puisqu'ils n'ont pas été installés.



Dans le répertoire accueillant le code source, vous devez retrouver les programmes suivants :

- Les fichiers :
  - Avec les extensions .vb, .resx, .vbproj, .sln, .vbproj.user : il s'agit des fichiers du logiciel proprement dit, soit les formulaires, écrans, module de calcul, etc. ...
- Les répertoires :
  - Data : répertoire dans lequel se trouvent les fichiers de données. Important : ne supprimez pas ce répertoire car les sauvegardes de vos données lors du calcul de nouveaux projets, sont enregistrées dans ce répertoire. Si vous supprimez ce répertoire, vous risquez de planter le logiciel lors d'une sauvegarde.
  - Aide : répertoire dans lequel se trouvent les fichiers d'aide auquel vous pouvez faire appel depuis les formulaires du logiciel. Ces fichiers se trouvent au format mht pour être lisible depuis un navigateur internet. Ils s'affichent automatiquement dès que vous cliquez sur un bouton présentant l'icône .
  - Note\_de\_calcul : ce répertoire est vide pour l'instant. Mais le logiciel y placera les notes de calcul au fur et à mesure de votre utilisation du logiciel.

Si vous avez téléchargé le logiciel uniquement sous format code source, vous devrez le compiler pour pouvoir l'exécuter. Vous pouvez utiliser Visual Studio Community 2017™ ou version ultérieure, gratuit sur le site de Microsoft, pour compiler et lancer l'exécution du logiciel.

Si vous utilisez Visual Studio™, je suppose que vous le maîtrisez, et donc vous saurez sans peine refaire l'édition de lien avec les 2 projets Adon indiqués ci-dessus (éditeur, module rtf, ...).

L'intérêt d'avoir sorti ces 3 parties du logiciel, est de permettre à chaque fois qu'une amélioration est portée à l'une ou l'autre de ces 3 parties, d'en faire profiter l'ensemble des logiciels intégrant ces 3 parties (Plancher BA, poutre BA, poteau BA, caleulette bâtiment, Structure, caleulette béton armé, ...). Et ça, c'est génial !

Voir [§4.1 Organisation générale du logiciel page 49](#) du présent manuel pour plus d'information.

### 1.4.3 Traitement de texte interne :

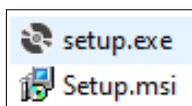
---

Le logiciel comprend un traitement de texte interne minimaliste pour afficher les notes de calcul. Ces dernières sont au format rtf 1.6. Ce format est libre de droit, il peut donc être ouvert avec Word®, OpenOffice® ou tout autre traitement de texte.

Il est possible d'imprimer cette note de calcul directement depuis le traitement de texte interne, ce dernier numérotant automatiquement les pages.

## 1.5 Installation du logiciel

Assurez-vous d'abord que votre ordinateur répond aux prérequis : voir [§1.3.1- Exécution directe du logiciel](#).



Après avoir téléchargé l'archive de la solution d'installation, il faut d'abord décompresser l'archive puis installer ces 2 fichiers (setup.exe et setup.msi) dans un répertoire quelconque (le nom et l'emplacement de ce dernier n'a pas d'importance).

Puis double-cliquez sur le fichier setup.exe pour lancer la procédure d'installation. Si possible, faites exécuter ce fichier avec les droits «Administrateur», cela évitera de bloquer des éléments d'installation. Eventuellement, faites l'installation en ayant arrêté votre antivirus. Ce dernier peut aussi poser problème. Cela m'est arrivé quelques fois mais ce n'est pas systématique.

Cela va lancer la séquence suivante :

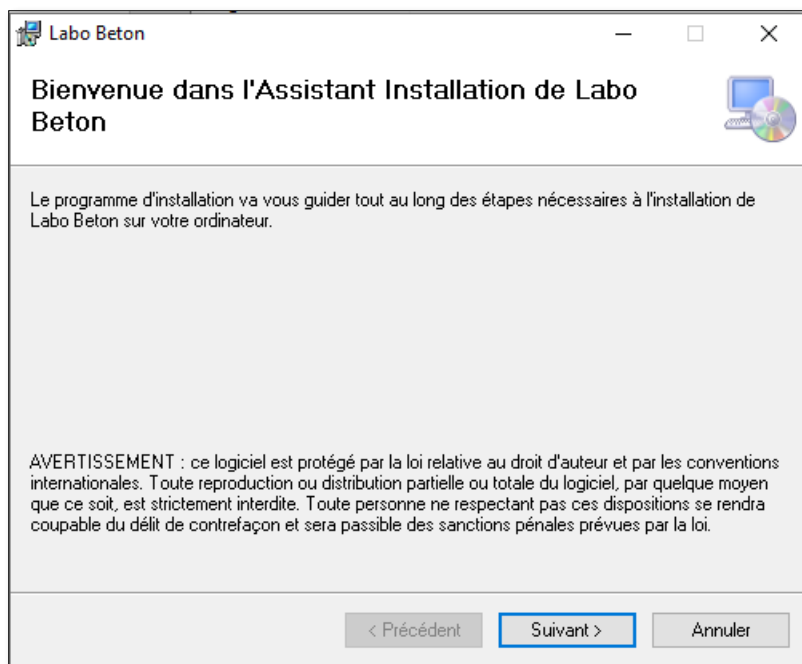


Figure 1-1 - Ecran initial de la séquence d'installation

Cliquez sur le bouton « Suivant ».

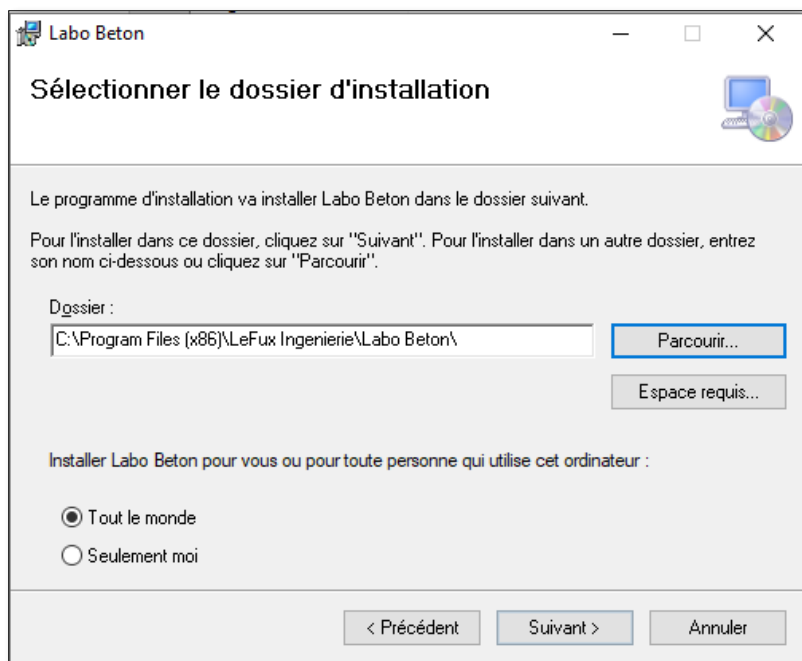


Figure 1-2 - Ecran pour sélectionner le répertoire d'installation

Préciser dans quel répertoire vous souhaitez installer le logiciel. Vérifier que dans ce répertoire, vous disposez des droits en écriture. Je vous conseille de choisir le répertoire « Mes documents » (en général, sous windows 10, ce dernier est de la forme C:\Users\p\_dej\Documents\...). Pour vous ce sera un autre nom que « p\_dej » mais la forme restera la même. Et, après, je vous conseille de créer deux sous-répertoires :



- 1<sup>er</sup> sous-répertoire que vous pouvez intituler « LeFux Ingenierie », ce qui vous permettra d'installer tous les logiciels que vous avez téléchargé depuis mon site dans un même sous-répertoire. C'est quand même plus facile pour s'y retrouver.
- 2<sup>ème</sup> sous-répertoire que vous intitulerez « Labo Beton » (original n'est-ce pas !) et dans lequel la procédure d'installation disposera de tous les fichiers nécessaires à la bonne exécution du logiciel.

Au final, cela donnera donc le dossier suivant : C:\Users\p\_dej\Documents\ LeFux Ingenierie\ Labo Beton \ dans lequel vous trouverez tous vos fichiers.

Précisez si tout le monde pourra avoir accès à ce logiciel ou uniquement vous (valable dans le cas d'un ordinateur partagé).

Puis cliquez sur le bouton « Suivant ».

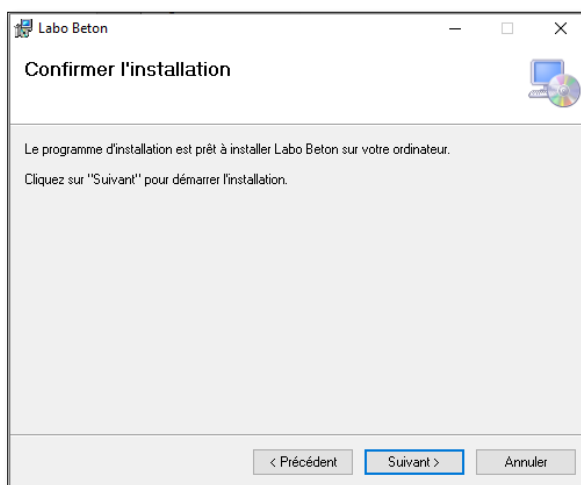


Figure 1-3 - Ecran de lancement de la séquence d'installation

Rien d'autre à faire que cliquer sur le bouton « Suivant »

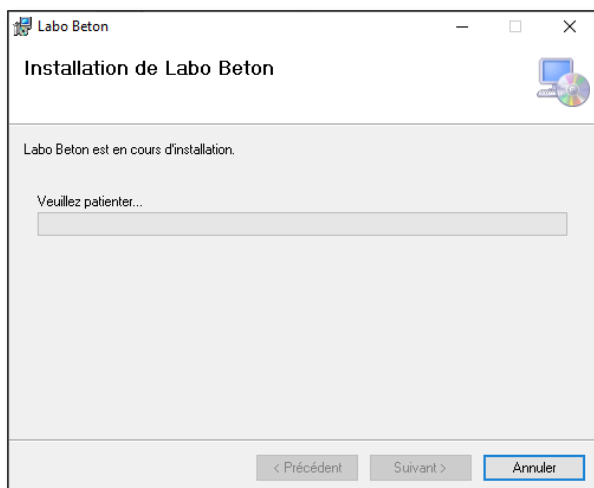


Figure 1-4 - Ecran de progression de l'installation

Rien d'autre à faire qu'attendre que le programme installe le logiciel. Le démarrage est assez long, soyez patient. L'écran suivant s'affiche lorsque l'installation est terminée, il n'y a rien à faire.

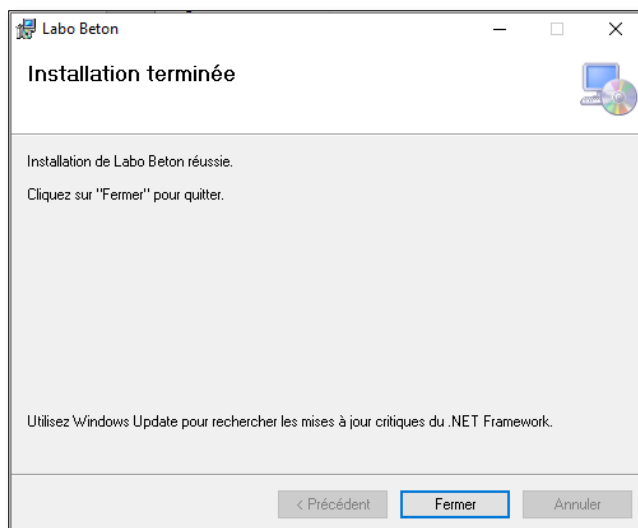


Figure 1-5 - Dernier écran

Il ne vous reste plus qu'à cliquer sur le bouton « Fermer » et la séquence d'installation du logiciel est terminée. Le logiciel est maintenant opérationnel et prêt à être exécuté (



**Rappel Important :**

- Vous devez exécuter le fichier Setup avec **les droits Administrateur** c'est-à-dire « Exécuter en tant qu'administrateur » suivant l'invite Windows.
- Dans la procédure d'installation, l'installateur va vous demander dans quel répertoire vous souhaitez installer ce logiciel. Indiquez-lui un répertoire dans lequel vous avez les droits en écriture sinon vous allez rencontrer des problèmes de fonctionnement. Je vous conseille de l'installer dans le répertoire « Mes documents ». Il est facile d'accès et vous pourrez récupérer facilement les notes de calcul.

Une fois l'installation terminée, tous les fichiers figurant dans l'image ci-dessous, doivent figurer dans le répertoire que vous avez choisi pour installer le logiciel.

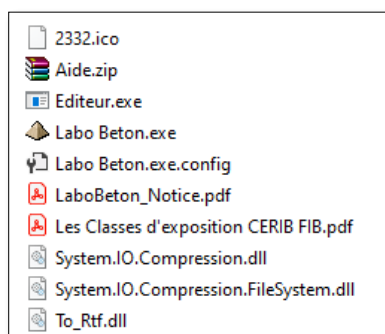


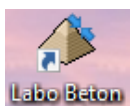
Figure 1-6 - Fichiers installés par le programme d'installation



**Important :**

Si les sous-répertoires « Aide », « Data » et « Note\_de\_calcul » ne sont pas affichés (comme dans la figure ci-dessus), ils vont automatiquement se créer lors de la 1<sup>ière</sup> utilisation du logiciel Labo Beton®.

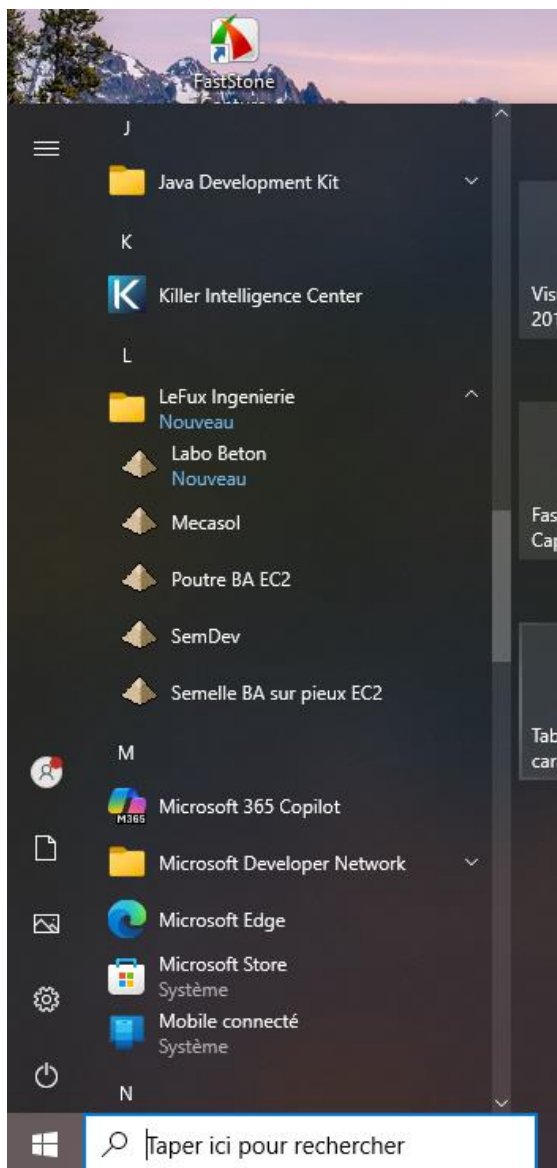
Pour l'utilisateur lambda, cela n'est pas très gênant dans le sens où un raccourci est placé sur le bureau pour lancer directement le programme.



Comme le montre l'image ci-contre, il figurera sur votre bureau une image composée d'une pyramide avec le nom du logiciel « Labo Beton ® » dessous et l'icône d'une flèche avant le nom pour symboliser un raccourci.

Figure 1-7 - Raccourci bureau

Si vous cliquez sur le raccourci, le logiciel correspondant est automatiquement lancé suivant la procédure habituelle des programmes sous Windows®.



Le programme d'installation installe aussi, dans le menu Windows, dans le sous-répertoire LeFux Ingenierie, la commande « Labo Beton® », pour l'exécution du logiciel.

Dans mon cas de figure, comme j'ai précisé, dans le programme d'installation, que tous ces logiciels composaient la suite « LeFux Ingenierie », ils viennent donc tous s'installer dans ce répertoire.

Vous pouvez d'ailleurs constater la présence de quelques autres logiciels faisant partie des programmes disponibles sur mon site : <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>,

Cela donne un aspect plus professionnel et évite de voir disperser ces programmes dans le menu Windows. Cela se présentera donc sous la forme de l'image ci-contre.

Le terme « Nouveau » vient simplement indiquer que le logiciel vient d'être installé tout récemment (identique à tout type de logiciel installé récemment sous Windows).

Vous pouvez donc lancer le logiciel depuis cette barre de tâches, comme n'importe quel autre logiciel.

Figure 1-8 - Commande depuis le menu

## 1.6 Procédure de désinstallation du logiciel

Si vous souhaitez désinstaller le logiciel, il vous suffit d'appliquer la même procédure que pour tous les logiciels Windows :

- Suivre le chemin suivant (identique à la désinstallation de n'importe quel type de logiciel sous Windows)  
Démarrer>Paramètres>Applications>Applications et fonctionnalités



- Sélectionner dans la liste le logiciel « Labo Beton™ » et vous cliquez sur le bouton « Désinstaller ». Et la procédure de désinstallation va démarrer.

L'image ci-dessous montre une étape de la désinstallation, habituelle à n'importe quelle désinstallation.

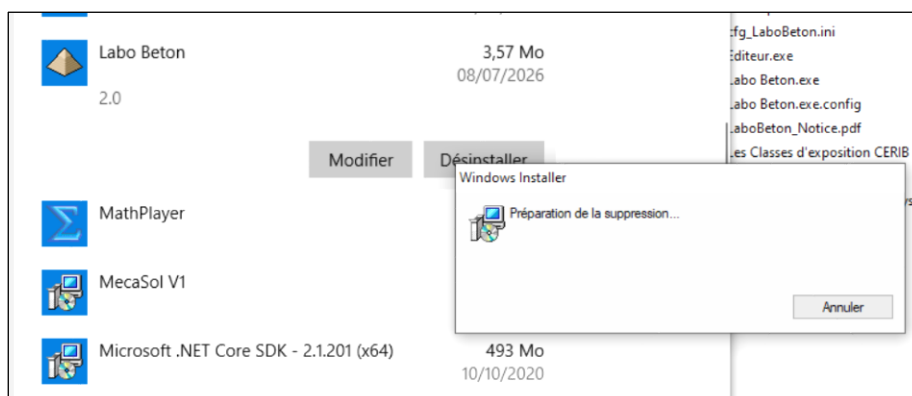


Figure 1-9 - Désinstallation du logiciel

## 1.7 Limites du logiciel

### 1.7.1 Limites générales

Ce logiciel permet la formulation d'un béton courant, de résistance à la compression sur cylindre, comprise entre 8 MPa et 50 MPa, et coulé sur chantier (c.à.d. hors éléments préfabriqués).

Le béton tel que formulé, peut être confectionné en centrale à béton sur chantier ou hors chantier.

Le logiciel ne prend pas en compte les béton léger (masse volumique  $< 2000 \text{ kg/m}^3$ ) et béton lourd (masse volumique  $> 2600 \text{ kg/m}^3$ ). Il ne prend pas non plus en compte les micro-béton (béton de sable).

Les règles de formulations utilisées par le logiciel sont les deux suivantes :

- Méthode Dreux-Gorisse avec quelques amendements
- Méthode Baron-Ollivier avec quelques amendements

Les règles de formulations utilisées sont des règles « Coin de table » qui nécessitent, par la suite, des essais de laboratoire et des essais de convenance pour valider et amender la composition pondérale obtenue théoriquement.

Le logiciel permet la prise en compte des exigences de l'EN206-1 en fonction de la classe d'exposition. Toutefois, il se limite aux exigences formulées dans le tableau NAF1 (c.à.d. tous produits hors produits en béton préfabriqués en usine).

### 1.7.2 Limites particulières

#### 1.7.2.1 Adjuvant

Le logiciel dans sa version 2.0 prend en compte les adjuvants uniquement de type, plastifiant, superplastifiant et réducteur d'eau uniquement dans leur rôle de réduction d'eau ou de majoration de l'ouvrabilité. Voir §4.7 - Formulaire Adjuvant page 82 de la présente notice.



#### 1.7.2.2 Ciments et Additions

Le logiciel dans sa version 2.0, limite le choix des ciments aux CEM I, CEMII et CEM III tels que validés par l'EN 197– Voir [§4.6 - Formulaire Ciment page 78](#) de la présente notice.

Le logiciel ne vérifie pas l'adéquation entre le ciment utilisé et l'ouvrage bétonné (ouvrage grande masse et ciment à faible chaleur d'hydratation, etc. ...).

Le logiciel autorise les additions uniquement dans le cadre de la formulation Baron-Ollivier.

Voir [§2.5 - Ciments page 28](#) du présent document pour les autres limites.

#### 1.7.2.3 Granulats

Il s'agit de granulats courants, conformes à la norme NF EN 12620+A1 et dont la masse volumique est supérieure à 2000 kg/m<sup>3</sup> et inférieure à 3000kg/m<sup>3</sup>.

Le logiciel dans sa version 2.0, ne prend pas en compte les granulats recyclés, ni les granulats légers.

Pour les diamètres maximums :

- Sable : D<sub>max</sub> = 10 mm
- Gravier : D<sub>max</sub> = 80 mm

Pour les autres limites, voir [§2.4.2 - Caractéristiques du sable page 25](#) pour le sable et [§2.4.3 - Caractéristiques des gravillons page 27](#) pour les gravillons



## 2 Matériaux- Formulations

### 2.1 Hypothèses générales de calcul

Ces hypothèses s'appliquent à la version dont le numéro figure sur la page de couverture de la présente notice.

#### 2.1.1 Dispositions générales

---

Le logiciel propose 2 méthodes de formulation des bétons :

1. La formulation par la méthode Dreux – Gorisse
2. La formulation par la méthode Baron – Ollivier

La méthode Baron – Ollivier est une amélioration et mise à jour de la méthode Dreux - Gorisse. Par exemple, cette dernière fait l'impasse sur la notion de liant équivalent alors que la méthode Baron – Ollivier la prend en compte.

Ces deux méthodes de formulation se décompose, à minima, en deux parties :

- Une partie concernant la détermination de la proportion des différents granulats (sables et gravillons) via une courbe granulométrique optimale des granulats, déterminée à partir d'une droite de référence. Cette partie est quasi-identique entre les 2 méthodes.
- Une partie concernant la détermination des quantités des autres constituants (eau, ciment, ...) et marquant une différence entre les deux méthodologies.

Cette 2<sup>ème</sup> partie marque des différences plus importantes entre les 2 méthodes, la méthode Baron – Ollivier incluant les fines et la notion de liant équivalent, éléments absent de la méthode Dreux-Gorisse.

Ces 2 parties sont quasi-indépendantes l'une de l'autre, quel que soit la méthodologie utilisée. Elles peuvent donc être évaluées dans n'importe quel ordre. La tradition veut que l'on commence par la partie 2 et réalise par la suite, l'optimisation granulaire. L'algorithme du logiciel suit la tradition.

Suivant la méthode de formulation adoptée, les formulaires pourront se présenter de manière différente. C'est la raison pour laquelle le 1<sup>er</sup> formulaire renseigné doit être celui des [exigences de formulation](#) et notamment, de la méthode de formulation retenue.

Je vous recommande d'utiliser la méthode Baron-Ollivier, plus récente (1996 quand même !) et qui corrige quelques insuffisances de la méthode Dreux-Gorisse. Si j'ai intégré cette dernière dans ce logiciel, c'est en raison de sa très grande diffusion, qu'elle est toujours enseignée (pour preuve, le TD de l'ENS de 2018) et enfin, la méthodologie pour le calcul de la répartition entre les différents granulats est quasi identique pour les deux méthodes et prend pour origine la méthode Dreux-Gorisse.



## 2.1.2 Caractéristiques des tamis

Un **tamis** est constitué d'une toile métallique ou d'une tôle perforée définissant des mailles de trous **carrés**.

Les tamis sont désignés par la longueur du côté de ces carrés c'est à dire par la taille des mailles.

Les mailles du plus petit tamis ont une dimension de 0,08mm. La taille des mailles des tamis est normalisée. Cette taille correspond aux termes d'une suite géométrique de raison 1,259. Chaque dimension de maille d'un tamis correspond donc à la dimension du précédent multipliée par 1,259. Le plus grand tamis a une dimension de 80mm.



Les tamis sont également repérés par un numéro d'ordre appelé **module**. Le premier tamis, 0,08 a comme module le numéro 20, le suivant le module 21 et ainsi de suite selon une progression arithmétique de raison 1.



Tamis 1,25mm de module 32

A chaque maille correspond un module et réciproquement.

Le tableau des modules avec la dimension du tamis correspondant, utilisé par le logiciel, pour les sables et gravillons est le suivant :

| Module | 19    | 20    | 21  | 22    | 23    | 24  | 25   | 26    | 27  |
|--------|-------|-------|-----|-------|-------|-----|------|-------|-----|
| Tamis  | 0.063 | 0.080 | 0.1 | 0.125 | 0.160 | 0.2 | 0.25 | 0.315 | 0.4 |

| Module | 28  | 29   | 30   | 31 | 32   | 33  | 34 | 35  | 36   |
|--------|-----|------|------|----|------|-----|----|-----|------|
| Tamis  | 0.5 | 0.63 | 0.80 | 1  | 1.25 | 1.6 | 2  | 2.5 | 3.15 |

| Module | 37 | 38 | 39   | 40 | 41 | 42   | 43 | 44 | 45 |
|--------|----|----|------|----|----|------|----|----|----|
| Tamis  | 4  | 5  | 6.30 | 8  | 10 | 12.5 | 16 | 20 | 25 |

| Module | 46   | 47 | 48 | 49 | 50 |
|--------|------|----|----|----|----|
| Tamis  | 31.5 | 40 | 50 | 63 | 80 |

L'analyse granulométrique est conduite suivant les termes de l'EN 933-1 et EN 933-2.

Il peut y avoir des différences avec des documents plus anciens sur les éléments suivants :

- Origine : le logiciel part sur le module 19 soit un tamis de 0.063 alors que sur des exemples anciens, l'origine était au module 20 soit un tamis de 0.080.
- Différence sur les modules suivants :
  - Module 28 : tamis de 0.50 pour le logiciel, certains documents prenant pour valeur un tamis de 0.60.
  - Module 39 : tamis de 6.30 pour le logiciel, certains documents prenant pour valeur un tamis de 8.30.
  - Module 40 : tamis de 8 pour le logiciel, certains documents prenant pour valeur un tamis de 9.

Pour des raisons de cohérence avec la méthode de formulation utilisée, logiciel utilise les dimensions de tamis développées avec la méthodologie employée (Dreux-Gorisse ou Baron-Ollivier).



## 2.2 Caractéristiques générales du béton

### 2.2.1.1 Généralités

Le présent chapitre traite des éléments qui vont être commun à l'ensemble des méthodes de formulation (à quelque chose près).

Le présent logiciel couvre :

- La réalisation de béton de masse volumique normale. L'EN206-1 indique en son article 3.1.7, une masse volumique supérieure à 2000kg/m<sup>3</sup> et inférieure à 3000kg/m<sup>3</sup>.
- La réalisation de béton avec des granulats naturels dont la masse volumique est comprise entre 2000 et 3000 kg/m<sup>3</sup> suivant la définition du granulat courant par l'EN 206-1 (article 3.1.25).
- L'incorporation d'Addition conforme à EN206-1 art.3.1.23 dans le cadre de la méthode Baron-Ollivier.
- L'incorporation de plastifiant et superplastifiant conforme à l'EN934-2 et normes associées dans le cadre de la méthode Baron-Ollivier

### 2.2.1.2 Résistance caractéristique du béton à la compression à 28 jours

Un calcul de structure d'une ossature en béton armé se base sur une résistance caractéristique à la compression à 28 jour du béton la composant. C'est cette valeur-là qui doit être indiquée dans les champs de texte ci-dessous :

Résistance à la compression du béton durci :

☒ Normalisé suivant EN 206.1 (tableau 7) : C25/30 ☐ Résistance caractéristique sur cylindre visée à 28 jours :

Valeur du coefficient de majoration :

Le logiciel offre la possibilité de définir la résistance caractéristique du béton à 28 jours de 2 manières :

- En faisant référence explicitement aux Eurocodes via les classes de résistance C12/15, C20/25, C35/45, etc. ... suivant l'EN 206-1 et l'EN 1992-1-1§3.1.2. La valeur de résistance prise en compte par le logiciel est la 1<sup>ière</sup> valeur, celle de résistance sur cylindre.
- En renseignant directement une valeur, ce qui était possible à l'époque du BAEL. Cette option devrait devenir désuète.

La formulation du béton va donc consister à obtenir cette valeur de résistance caractéristique via l'introduction d'un coefficient de majoration, objet du champ de texte correspondant dans l'image ci-dessus.

En effet, les deux méthodes de formulation ne formulent qu'en fonction d'une résistance moyenne. Elles utilisent toutes les deux, une formulation dérivée de la relation de Bolomey. Il faut donc, une majoration (coefficient de majoration ou valeur de majoration) pour passer d'une résistance moyenne à une résistance caractéristique.

### 2.2.1.3 Ouvrabilité du béton frais

Suivant l'EN206-1 :

| Classe suivant EN206-1 | Affaissement A (mm) au cône d'Abrams | Désignation    |
|------------------------|--------------------------------------|----------------|
| S1                     | 10 à 40                              | Ferme          |
| S2                     | 50 à 90                              | Plastique      |
| S3                     | 100 à 150                            | Très plastique |
| S4                     | 160 à 210                            | Fluide         |
| S5                     | ≥ 220                                | Très fluide    |

En règle générale :



- S1/S2 pour des grandes masses peu ferraillées (semelles, dallages),
- S3/S4 pour des éléments verticaux standards (voiles, poteaux),
- S4/S5 pour des éléments très fins ou inaccessibles à la vibration : pieux de fondations par exemple

Autre tableau figurant dans la littérature :

| Affaissement (cm) | Plasticité     | Désignation | Vibration conseillée | Usages fréquents                                 |
|-------------------|----------------|-------------|----------------------|--------------------------------------------------|
| 0 à 4             | Ferme          | F           | Puissante            | Bétons extrudés<br>Bétons de VRD                 |
| 5 à 9             | Plastique      | P           | Normale              | Génie Civil<br>Ouvrages d'Art<br>Bétons de masse |
| 10 à 15           | Très plastique | TP          | Faible               | Ouvrages courants                                |
| >15               | Fluide         | Fl          | Léger<br>Piquage     | Fondations profondes                             |

Tableau 10-5 tiré de [1]

| Plasticité       | Serrage             | Affaissement A en cm |
|------------------|---------------------|----------------------|
| Béton très ferme | Vibration puissante | 0 à 2                |
| Béton ferme      | Bonne vibration     | 3 à 5                |
| Béton plastique  | Vibration courante  | 6 à 9                |
| Béton mou        | Piquage             | 10 à 13              |
| Béton fluide     | Léger piquage       | ≥ 14                 |

Tableau 8-III tiré de [3]

| Type d'ouvrage                                                    | Affaissement au cône (cm) |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Bétons filés (séparateurs de voies, etc.), mise en place au tapis | 3                         |
| Mise en place à la pompe                                          | >7                        |
| Poteaux, piles, tabliers, semelles                                | 9                         |
| Mise en place à la benne (banches, planchers)                     | 12                        |
| Béton de fondation (non vibré), mise en place à la goulotte       | >14                       |
| Pieux, parois moulées                                             | >18                       |
| Béton à haute performance                                         | >18                       |

Exemple :



Consistance d'un béton pour poteau au ferrailage dense : S3. Il est assez fluide pour passer entre les aciers avec l'aide d'une vibration correcte, mais assez cohésif pour éviter que les gros granulats se séparent du mortier. Un béton S2 (plastique) aurait été trop ferme, un béton S4 (fluide) aurait aussi convenu, mais peut-être avec un risque de ségrégation légèrement plus élevé s'il n'est pas bien formulé.

Chaque méthode de formulation prend en compte l'ouvrabilité désirée du béton mais suivant des termes qui leurs sont propres.



#### **Rappel :**

Dans le cadre de la méthode Dreux-Gorisse, l'affaissement s'arrête à 12 cm. (Cf. Figure 2-1 - Abaque Dreux - C/E et Affaissement ) Si vous devez formuler un béton avec un affaissement plus important, utilisez la méthode Baron-Ollivier.

## **2.3 Eau de gâchage**

L'eau de gâchage du béton doit être conforme à la norme EN 1008.

La **norme NF EN 1008** s'applique aux eaux de gâchage pour bétons. Elle remplit plusieurs fonctions :

- Elle définit les spécifications relatives à la qualité de l'eau utilisable pour la production de béton,
- Elle décrit les méthodes qui permettent d'apprécier son aptitude à l'emploi selon des critères chimiques (teneur en chlorures, sulfates, alcalins, sucres...) et mécaniques (temps de prise, résistance...)
- Elle définit les différents types d'eau et leur aptitude à l'emploi.

L'eau du réseau de distribution d'eau potable convient parfaitement. Les eaux de nappes phréatiques ou de captage, doivent cependant être analysés par des essais définis par la **norme NF EN 1008**.

La note de calcul, éditée à la suite de la formulation du béton, rappelle cette obligation réglementaire.

## **2.4 Granulats**

### **2.4.1 Caractéristiques générales**

Le granulat est réputé être conforme à la norme NF EN 12620+A1 et aux critères de qualités imposés par la norme NF P 18-545. Il bénéficie d'une Fiche Technique Produit (FTP) de la part de son producteur, indiquant notamment sa classe de qualité.

Le présent logiciel ne vise que les granulats naturels et courants conforme à l'EN206-1. Les granulats artificiels ou recyclés ne sont pas pris en charge par le logiciel.

Les granulats courants ont une masse volumique comprise entre 2000kg/m<sup>3</sup> et 3000kg/m<sup>3</sup>. Si la densité renseignée dans le logiciel (Cf. §4.4.3.6 et §4.5.3.5) ne rentre pas dans ces limites, une erreur sera affichée.

Les granulats légers, conforme à la norme NF P 18-545, ne sont pas pris en compte dans cette version logicielle.

Les granulats recyclés ne sont pas pris en compte dans cette version logicielle. Seuls les granulats naturels au sens de l'EN206-1 sont pris en compte.

Dans le cadre de ce logiciel, le terme granulat regroupe 2 catégories :

- Le ou les sables. Le béton formulé peut comporter jusqu'à 2 sables si le premier sable nécessite une correction vis-à-vis d'un module de finesse insuffisamment adapté. Le 1<sup>er</sup> sable est le sable de base et le 2<sup>ème</sup> sable est le sable correctif. Etendue granulaire du sable : 0/4mm.



- Le ou les gravillons. Il s'agit du 2<sup>ème</sup> type de granulat dont l'étendue granulaire est 5/20 mm.

Le logiciel ne prend pas en compte dans la formulation du béton et donc dans la définition des granulats :

- Les graves 0/D avec D compris entre 6,3 mm et 80 mm.
- Les ballast 0/D avec D compris entre 25 mm et 50 mm.

Dans cette version logicielle, le programme peut réaliser une formulation du béton avec, au maximum, 2 sables d'étendue granulaire différente et 2 gravillons d'étendue granulaire différente.

## 2.4.2 Caractéristiques du sable

---

### 2.4.2.1 Définition du sable

Le sable est conforme à la norme NF EN 12620+A1 et aux critères de qualités imposés par la norme NF P 18-545. Il bénéficie d'une Fiche Technique Produit (FTP) de la part de son producteur, indiquant notamment sa classe de qualité.

Il est défini comme **Sable 0/d** tel que :

- le refus sur le tamis d est compris entre 1 % et 15 %,
- le refus sur le tamis 1.58 d est nul, sauf pour les fines où il doit être inférieur ou égal à 1 %.

Généralement d est égal à 4 ou 5 mm voire moins mais jamais plus, sinon il bascule dans la catégorie gravillon.

La qualité des sables est référencée suivant les caractéristiques définies dans la NF P 18-545 :

- Granulats présentant des caractéristiques indicées A
- Granulats présentant des caractéristiques indicées B
- Granulats présentant des caractéristiques indicées C
- Granulats présentant des caractéristiques indicées D

Ce classement permet d'adapter le coefficient granulaire (G ou K<sub>g</sub>) de la méthode Dreux-Gorisse (Cf. [§2.4.3 ci-dessous](#)) en établissant la correspondance suivante :

- Méthode Dreux-Gorisse – Granulat excellent = Granulats présentant des caractéristiques indicées A
- Méthode Dreux-Gorisse – Granulat bonne ou courante = Granulats présentant des caractéristiques indicées B ou C.
- Méthode Dreux-Gorisse – Granulat passable = Granulats présentant des caractéristiques indicées D

La méthode Baron-Ollivier ne fait aucune correspondance entre la qualité du granulat et le coefficient granulaire. Elle renvoie sur la nature pétrographique du granulat. Toutefois, l'EN206-1 imposant certains critères qualité de la NF P 18-545 suivant les caractéristiques du béton recherchées, l'indice de qualité devra être aussi renseigné.

Pour les 2 méthodes :

Si vous indiquez directement dans le logiciel, la valeur du coefficient granulaire, ce dernier devra être identique pour l'ensemble des granulats (sable + gravillon). Sinon, le logiciel affichera une incohérence et empêchera l'établissement du calcul pour incohérence.

Il s'agit d'un granulat courant suivant la définition de l'EN206-1 ce qui implique une masse volumique >2000 kg/m<sup>3</sup> et <3000 kg/m<sup>3</sup> déterminée selon l'EN 1097-6.



#### 2.4.2.2 Module de finesse

Permet de caractériser la granulométrie des sables utilisés pour la confection du béton

Module de finesse = mf

$$mf = \sum \% \text{ de refus cumulés} / 100$$

Les tamis à utiliser pour le calcul du module de finesse sont :

- Méthode Dreux-Gorisse :
  - 5 - 2,5 et 1,25 mm ; 630 – 315 et 160µm
- Méthode Baron-Ollivier :
  - 10 - 5 - 2,5 et 1,25 mm ; 630 – 315 et 160µm

La méthode Baron-Ollivier renvoie à la norme NF P18-541 pour le calcul du module de finesse. Cette norme est devenue obsolète et a été remplacée par la NF EN 12620 qui utilise des modules différents. Pour des raisons de cohérence, le logiciel utilise les modules qui sont indiqués par chaque méthode de formulation (et donc différent de l'EN 12620).

Recommandation : Un bon sable à béton compris entre  $2.2 < mf < 2.8$  (réf. [1] [2] et [3] ), l'optimum se trouvant être 2,5.

#### Avertissements et Erreurs :

Les 4 items ci-dessous ne s'appliquent que si le sable n'est pas considéré comme un sable correcteur :

- Si le module de finesse  $mf < 1,8$  : une erreur sera affichée et le logiciel affichera une boîte de dialogue indiquant une erreur sur la caractéristique du sable : sable beaucoup trop fin, la teneur en fine sera trop importante. Le calcul sera arrêté et la granulométrie du sable devra être corrigée. Ou alors, passer le sable en sable correcteur.
- Si le module de finesse  $mf < 2,15$  mais  $mf > 1,8$  : la note de calcul indiquera un avertissement indiquant un sable comprenant une partie trop importante d'éléments fins et qu'il conviendrait de rajouter des grains plus gros.
- Si le module de finesse  $mf > 3.2$  : une erreur sera affichée et le logiciel affichera une boîte de dialogue indiquant une erreur sur la caractéristique du sable : sable beaucoup trop grossier, manque de fine. Le calcul sera arrêté et la granulométrie du sable devra être corrigée. Ou alors, passer le sable en sable correcteur.
- Si le module de finesse  $mf < 3.2$  mais  $mf > 2.85$  : la note de calcul indiquera un avertissement indiquant un sable est constitué d'une partie trop importante d'éléments gros et qu'il conviendrait de rajouter des fines.

#### 2.4.2.3 Mélange de 2 sables

Le logiciel permet la possibilité de mélanger deux sables pour corriger le module de finesse du sable final et s'approcher du module de finesse de 2,5 qui est considérée comme le module de finesse optimal pour un sable à béton.

Cette valeur d'objectif de module de finesse optimal figure dans le formulaire Sable à l'onglet Sable n°2 (il vous faut bien 2 sables pour que l'un corrige l'autre) et cette valeur peut être modifiée au soin du projeteur. Toutefois, un avertissement sera affiché si  $mf \text{ cible} > 2,55$  ou  $< 2,45$ .

La proportionnalité des mélanges est régie par la règle d'Abrams.



Il convient de rappeler que si mf3 est le mf cible alors  $mf1 < mf3 < mf2$  avec mf1 = module de finesse du sable n°1 et mf2 est le module de finesse du sable n°2. Sinon, le programme sera arrêté pour incohérence.

### 2.4.3 Caractéristiques des gravillons

---

La qualité des granulats est référencée suivant les caractéristiques définies dans la NF P 18-545 :

- Granulats présentant des caractéristiques indicées A = assimilé à qualité **excellente** dans la méthode Dreux-Gorisse
- Granulats présentant des caractéristiques indicées B = assimilé à qualité **bonne** dans la méthode Dreux-Gorisse
- Granulats présentant des caractéristiques indicées C = assimilé à qualité **courante** dans la méthode Dreux-Gorisse
- Granulats présentant des caractéristiques indicées D = assimilé à qualité **passable** dans la méthode Dreux-Gorisse

#### Pour la méthode Dreux-Gorisse :

Le logiciel établit une correspondance entre les caractéristiques relevant de la NF P 18-545 (voir ci-dessus) et la qualité des granulats indiquée dans la méthode de formulation Dreux-Gorisse.

Comme la méthode ne précise pas comment est calculé le coefficient granulaire dans le cas d'une qualité différente pour le sable et le gravillon (bien qu'il semblerait que ce soit le sable qui gouvernerait), le logiciel ne propose qu'un seul choix dans l'onglet du gravillon n°1 : Cf. [§Erreur ! Source du renvoi introuvable.4.5.3.4 - REF\\_Ref233098465 \h Coefficient granulaire](#) .

#### Pour la méthode Baron-Ollivier :

La méthode Baron-Ollivier ne fait aucune correspondance entre la qualité du granulat et le coefficient granulaire. Elle renvoie sur la nature pétrographique du granulat. Toutefois, l'EN206-1 imposant certains critères qualité de la NF P 18-545 suivant les caractéristiques du béton recherchées, l'indice de qualité devra être aussi renseigné.

#### Pour les 2 méthodes :

Le logiciel vous laisse aussi la possibilité de renseigner directement le coefficient granulaire Kg.

La dénomination du gravillon ou gravier est indiquée suivant sa classe granulaire sous la forme gravier d/D tel que :

- Le refus sur le tamis D et le tamisat au tamis d sont compris entre :
  - 1 % et 15 % si  $D > 1.58 d$ ,
  - 1 % et 20 % si  $D < 1.58 d$ ,
- Le tamisat au tamis 0.63 d est inférieur à :
  - 3 % si  $D > 5 \text{ mm}$ ,
  - 5 % si  $D < 5 \text{ mm}$ .

Le diamètre maximal D doit vérifier être compatible avec l'ouvrage en béton armé suivant les règles de l'EN1992-1-1 [\[4\]](#)

La forme des gravillons, granulat roulé ou granulat concassé, doit être précisée :

- Méthode Dreux-Gorisse : pour le calcul de la compacité du béton frais
- Méthode Baron-Ollivier : pour le calcul du volume d'eau et du volume d'air.

Il s'agit d'un granulat courant suivant la définition de l'EN206-1 ce qui implique une masse volumique  $> 2000 \text{ kg/m}^3$  et  $< 3000 \text{ kg/m}^3$  déterminée selon l'EN 1097-6.



## 2.5 Ciments

### 2.5.1 Caractéristiques générales

---

La classe de résistance d'un ciment est la valeur minimale de résistance à la compression (exprimée en MPa), mesurée sur éprouvettes 4x4x16cm, 28 jours après leur confection et conservées dans l'eau à 20°C. Il existe trois classes de résistance courante d'un ciment, 32,5 42,5 et 52,5 définies dans la norme NF EN 197-1. À chaque classe de résistance courante correspondent trois classes de résistance à court terme : une classe de résistance à court terme ordinaire, notée N, une classe de résistance à court terme élevée, notée R, et une classe de faible résistance à court terme, notée L. La classe L est uniquement applicable aux ciments CEM III qui sont alors des ciments de haut fourneau à faible résistance à court terme.

La norme NF EN 197-1 (2011) définit 27 ciments courants regroupés en cinq types selon leur composition :

- CEM I Ciment Portland (ex CPA)
- CEM II Ciment Portland composé (ex CPJ)
- CEM III Ciment de haut fourneau (ex CHF)
- CEM IV Ciment pouzzolanique (ex CPZ)
- CEM V Ciment composé.

Voir tableau ci-dessous récapitulant les 27 types de ciment courant couvert par la norme EN 197-1.



| Principaux types                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Notation des 27 produits<br>(types de ciment courant) |             | Composition (pourcentage en masse <sup>a)</sup> ) |       |                 |       |       |       |       |       |       |       |                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|-----|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       |             | Constituants principaux                           |       |                 |       |       |       |       |       |       |       | Constituants secondaires |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       |             | K                                                 | S     | D <sup>c)</sup> | P     | Q     | V     | W     | T     | L     | LL    |                          |     |
| CEM I                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Ciment Portland                                       | CEM I       | 95-100                                            | -     | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
| CEM II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Ciment Portland au laitier                            | CEM II/A-S  | 80-94                                             | 6-20  | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM II/B-S  | 65-79                                             | 21-35 | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ciment Portland à la fumée de silice                  | CEM II/A-D  | 90-94                                             | -     | 6-10            | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ciment Portland à la pouzzolane                       | CEM II/A-P  | 80-94                                             | -     | -               | 6-20  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM II/B-P  | 65-79                                             | -     | -               | 21-35 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM II/A-Q  | 80-94                                             | -     | -               | -     | 6-20  | -     | -     | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM II/B-Q  | 65-79                                             | -     | -               | -     | 21-35 | -     | -     | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ciment Portland aux cendres volantes                  | CEM II/A-V  | 80-94                                             | -     | -               | -     | -     | 6-20  | -     | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM II/B-V  | 65-79                                             | -     | -               | -     | -     | 21-35 | -     | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM II/A-W  | 80-94                                             | -     | -               | -     | -     | -     | 6-20  | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM II/B-W  | 65-79                                             | -     | -               | -     | -     | -     | 21-35 | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ciment Portland au schiste calciné                    | CEM II/A-T  | 80-94                                             | -     | -               | -     | -     | -     | -     | 6-20  | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM II/B-T  | 65-79                                             | -     | -               | -     | -     | -     | -     | 21-35 | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ciment Portland au calcaire                           | CEM II/A-L  | 80-94                                             | -     | -               | -     | -     | -     | -     | -     | 6-20  | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM II/B-L  | 65-79                                             | -     | -               | -     | -     | -     | -     | -     | 21-35 | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM II/A-LL | 80-94                                             | -     | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 6-20  | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM II/B-LL | 65-79                                             | -     | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 21-35 | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ciment Portland composé <sup>b)</sup>                 | CEM II/A-M  | 80-88                                             | 12-20 |                 |       |       |       |       |       |       |       |                          | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM II/B-M  | 65-79                                             | 21-35 |                 |       |       |       |       |       |       |       |                          | 0-5 |
| CEM III                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ciment de haut fourneau                               | CEM III/A   | 35-64                                             | 36-65 | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM III/B   | 20-34                                             | 66-80 | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM III/C   | 5-19                                              | 81-95 | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -                        | 0-5 |
| CEM IV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Ciment pouzzolanique <sup>b)</sup>                    | CEM IV/A    | 65-89                                             | -     | 11-35           |       |       |       |       | -     | -     | -     | 0-5                      |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM IV/B    | 45-64                                             | -     | 36-55           |       |       |       |       | -     | -     | -     | 0-5                      |     |
| CEM V                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Ciment composé <sup>b)</sup>                          | CEM V/A     | 40-64                                             | 18-30 | -               | 18-30 |       |       | -     | -     | -     | -     | 0-5                      |     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                       | CEM V/B     | 20-38                                             | 31-49 | -               | 31-49 |       |       | -     | -     | -     | -     | 0-5                      |     |
| <sup>a)</sup> Les valeurs indiquées se réfèrent à la somme des constituants principaux et secondaires, à l'exclusion des sulfates de calcium (gypse et anhydrite), utilisés pour réguler la prise du ciment.<br><sup>b)</sup> Dans le cas des ciments Portland composés CEM II/A-M et CEM II/B-M, des ciments pouzzolaniques CEM IV/A et CEM IV/B et des ciments composés CEM V/A et CEM V/B, les constituants principaux, autres que le clinker, doivent être déclarés dans la désignation du ciment.<br><sup>c)</sup> La proportion de fumée de silice est limitée à 10% |                                                       |             |                                                   |       |                 |       |       |       |       |       |       |       |                          |     |

Le présent logiciel ne prend pas en compte :

- Les ciments comprenant plus de 2 composants tels que les CEM II/A-M, CEM II/B-M, CEM IV/A, CEM IV/B, CEM V/A et CEM V/B
- Les derniers ajouts de la norme, à savoir les Ciments composés CEM VI (Mai 2021)

Le ciment CEM I également appelé ciment Portland, contient au minimum 95 % de clinker et au maximum 5 % de constituants secondaires.

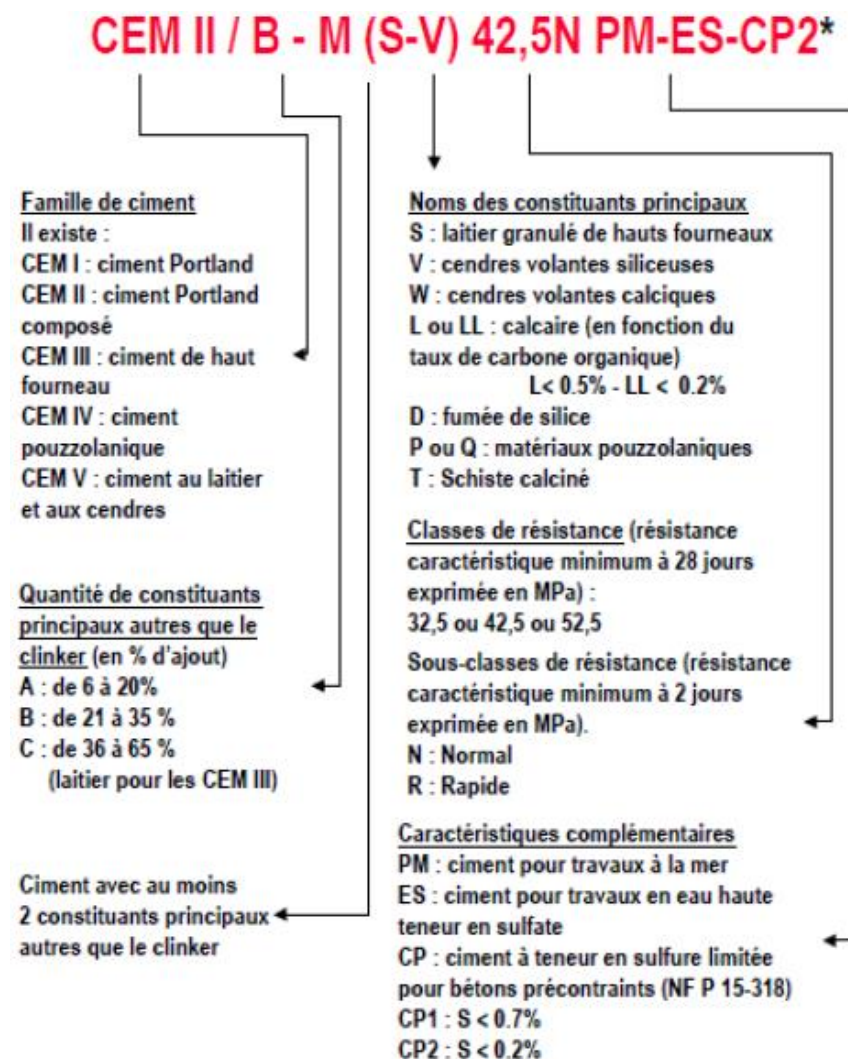


Les ciments CEM II (A ou B), contiennent au minimum 65 % de clinker et au maximum 35 % d'autres constituants comme le laitier de haut-fourneau, « la fumée de silice » (limitée à 10 %), la pouzzolane naturelle, les cendres volantes, les calcaires, etc. Les ciments CEM II sont bien adaptés pour les travaux massifs.

La classe 32,5 N ou 32,5 R ou 42,5 N ou 42,5 R, les chiffres c'est la résistance caractéristique minimale sur une éprouvette de mortier de ciment normalisé à 28 jours d'âge exprimée en MPa

Les lettres N et R c'est la résistance caractéristique minimum à 2 et 7 jours d'âge exprimée en MPa (N : normale, R : rapide)

Soit le résumé ci-dessous des énoncés ci-avant :



Lorsque l'on conçoit un ouvrage en béton, deux données pour déterminer le type de ciment à prévoir, sont indispensables :

- La résistance ciblée et donc la classe du ciment
- L'environnement du projet donc le type de ciment qui devra être utilisé.

## 2.5.2 Densité

La densité, par défaut, du ciment est prise égale à :

- CEM I : 3,15 T/m<sup>3</sup>.



- CEM II/A-L, CEM II/B-L : 3,07 T/m<sup>3</sup>. (Calcaire)
- CEM II/A-LL, CEM II/B-LL : 3,07 T/m<sup>3</sup>. (Calcaire)
- CEM II/A-V, CEM II/B-V : 3 T/m<sup>3</sup>. (Cendre Volante)
- CEM II/A-W, CEM II/B-W : 3 T/m<sup>3</sup>. (Cendre Volante)
- CEM II/A-S, CEM II/B-S : 3,1 T/m<sup>3</sup>. (Laitier vitrifié)
- CEM II/A-D : 3,06 T/m<sup>3</sup>. (Fumée de silice)

Ces densités sont celles qui figurent dans le formulaire Configuration.

D'autres densités sont possibles sous réserve de modification dans le formulaire Configuration Onglet Ciment & Additions.

### 2.5.3 Types et classes de ciment utilisables dans le logiciel

Le logiciel propose 14 modèles de ciments répartis sur 3 classes de résistance et 2 vitesses de prise (Normal et Rapide) :

1. Classe 32,5
2. Classe 42,5
3. Classe 52,5

Le ciment est réputé conforme aux normes

Le logiciel ne vérifie pas l'adéquation entre le ciment utilisé et la classe d'environnement (XC, XF, ...) de l'ouvrage bétonné.

### 2.5.4 Classes vraies

Le logiciel prend pour classe vraie du ciment, les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous (valeurs figurant dans le formulaire Configuration) :

| Classe caractéristique | Fm classe vraie (MPa) (28 jours) |
|------------------------|----------------------------------|
| 32,5                   | 45                               |
| 32,5 R                 | 45                               |
| 42,5                   | 55                               |
| 42,5 R                 | 55                               |
| 52,5                   | 65                               |
| 52,5 R                 | 65                               |

Ces valeurs sont des valeurs inscrites en dur dans le logiciel. Toutefois, vous avez la possibilité de les modifier via le fichier config

Pour ce faire vous devez aller dans le formulaire « Configuration » à l'onglet Ciment pour réaliser les modifications.

Toutefois, le logiciel offre la possibilité de renseigner directement la classe vraie dans le formulaire Ciment (Voir §4.6.2.2 - Classe ) pour éviter d'avoir à recourir systématiquement au formulaire configuration. La modification de la valeur dans le formulaire Configuration est intéressante si vous utilisez toujours le même ciment et que sa classe vraie est différente de celle prévue par défaut par le logiciel.

## 2.6 Additions

Suivant la définition figurant dans l'EN206-1, l'addition est un matériau minéral finement divisé utilisé dans le béton afin d'améliorer certaines propriétés ou pour lui conférer des propriétés particulières. La norme qualifie 2 types d'additions minérales :



- Type I : les additions quasiment inertes
- Type II : les additions à caractère pouzzolanique ou hydraulique latent

La quantité d'addition par rapport au ciment est encadrée par l'EN206-1 suivant la classe d'exposition.

Les additions de type II peuvent être prises en compte dans la composition du béton pour le respect de la teneur en ciment et du rapport eau/ciment suivant le coefficient k.

L'ajout d'une addition dans la formulation d'un béton peut être dictée par plusieurs intérêts :

- Cout économique : remplacement d'une partie du ciment par une addition de type II.
- Considération de durabilité : compacité du squelette granulaire
- Qualité du parement
- ....

Toutefois, cet ajout est encadré par l'EN206-1.

Les additions, proposées par cette version logicielle, sont :

- Addition calcaire de type A (= L)
- Addition calcaire de type B (= LL)
- Métakaolin de type A
- Addition siliceuse de minéralogie QZ
- Cendres volantes siliceuses
- Laitier vitrifié
- Fumées de silice

|                                            | Fines     |            | Cendres<br>volantes<br>siliceuses | Laitier<br>vitrifié      | Métakaolin | Fumées de<br>silice      |
|--------------------------------------------|-----------|------------|-----------------------------------|--------------------------|------------|--------------------------|
|                                            | Calcaires | Siliceuses |                                   |                          |            |                          |
| Masse<br>volumique<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 2700      | 2650       | 2200                              | 2850<br>(2700 –<br>3000) | 2500       | 2250<br>(2100 –<br>2400) |

Tableau 2-1 - Extrait de [3] - page 388

Détermination du coefficient k pour les additions dans le ciment suivant l'EN206-1 : 2004.



**NA.5.2.5.2.2 Concept du coefficient  $k$  pour les additions prises en compte**

L'aptitude générale à l'emploi pour des bétons dont le lieu d'utilisation est la France, est établie pour les valeurs suivantes du coefficient  $k$  données dans le Tableau NA.3.

**Tableau NA.3 — Valeurs du coefficient  $k$**

| Dénomination de l'addition                              | Valeur du coefficient $k$ | Conditions supplémentaires à remplir                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Additions de type II</b>                             |                           |                                                                                                                                                       |
| Cendres volantes pour béton                             | 0,60                      | Si $i_{28} \geq 0,83$ et $i_{90} \geq 0,95$                                                                                                           |
|                                                         | 0,50                      | Si $i_{28} \geq 0,80$ et $i_{90} \geq 0,90$                                                                                                           |
|                                                         | 0,40                      | Si $i_{28} \geq 0,75$ et $i_{90} \geq 0,85$                                                                                                           |
| Fumées de silice                                        | 2,00                      | Si dans les expositions XA<br>$E / C \leq 0,45$ et $C \geq 295 \text{ kg/m}^3$                                                                        |
|                                                         | 1,00                      | Si dans les expositions différentes de XA<br>$E / C \leq 0,45$ et $C \geq 280 \text{ kg/m}^3$<br>Dans les autres cas ou sur prescription particulière |
| Laitiers vitrifiés moulus de haut-fourneau, de classe B | 0,90                      | $h_{3/7} \geq 0,70$<br>$h_{3/28} \geq 0,85$                                                                                                           |

| Dénomination de l'addition                                                                                                                                                                        | Valeur du coefficient $k$ | Conditions supplémentaires à remplir |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| <b>Additions de type I</b>                                                                                                                                                                        |                           |                                      |
| Additions calcaires                                                                                                                                                                               | 0,25                      | $i_{28} \geq 0,71$                   |
| Additions siliceuses de classe A                                                                                                                                                                  | 0,25                      | $i_{28} \geq 0,71$                   |
| <b>Toutes additions</b>                                                                                                                                                                           |                           |                                      |
| Pour les quantités d'additions dépassant les valeurs indiquées au Tableau NA.F.1 ou au Tableau NA.F.2 et pour les autres ciments ou les autres additions que celles mentionnées dans NA.5.2.5.2.1 | 0,00                      |                                      |
| NOTE $i_{28}$ , $i_{90}$ , $h_{3/28}$ et $h_{3/7}$ sont des indices d'activité ou de pouvoir hydraulique déterminés selon les normes d'essais de l'addition considérée.                           |                           |                                      |

Détermination du coefficient  $k$  pour les additions dans le béton suivant l'EN206-1 : 2020 :

Identique à celle de 2004 sauf pour les points suivants :

- **Cendres volantes** :  $k=0.40$  quel que soit la valeur de  $i_{28}$  et de  $i_{90}$  alors que la norme de 2004 imposait  $i_{28} \geq 0.75$  et  $i_{90} \geq 0.85$
- **Fumées de silice** : le terme  $C$  dans le rapport  $E/C$  est remplacé par  $E/\text{liant équivalent}$ . Les valeurs des rapports restent identiques.
- **Laitiers vitrifiés** : introduction des classes A, B et C avec  $k=0.90$  si  $i_7 \geq 0.65$  et  $i_{28} \geq 0.85$  (classes A et B) et  $k=0.60$  pour la classe C. les termes  $h_{3/7}$  et  $h_{3/28}$  ne sont plus utilisés.
- **Métakaolins** de type A :  $k=1$
- **Additions calcaires** :  $k=0.25$  identique quel que soit la valeur de  $i_{28}$
- **Additions siliceuses** : classe A remplacer par « de minéralogie Qz » et  $k=0.25$  identique quel que soit la valeur de  $i_{28}$



Dans la formulation Baron-Ollivier (voir [\[3\]](#)), le terme Addition est remplacé par Fine.

La formulation par la méthode Dreux-Gorisse ignore les additions. La partie Addition n'est donc pas accessible si le projeteur a fait le choix de cette méthode.

## 2.7 Formulations du béton

### 2.7.1 Formulation par la méthode Dreux-Gorisse

#### 2.7.1.1 Généralité

Cette formulation est la plus classique et la plus ancienne utilisée par le logiciel et visiblement toujours enseignée et utilisée (hélas ! devrais-je dire, voir mon commentaire sur le livre M. DREUX et FESTA, « Nouveau guide du Béton et de ses constituants » [\[1\]](#)).

Elle a été développée au Centre d'Essai des Structures (CES) du CEBTP au début des années 70 et fait l'objet d'un article important dans les Annales de l'ITBTP de mai 1983 [\[9\]](#).

Elle a fait l'objet de nombreuses autres présentations dont celle figurant dans le livre M. DREUX et FESTA, « Nouveau guide du Béton et de ses constituants » [\[1\]](#), auquel je renvoie le lecteur pour plus de précisions.

La formulation mise en œuvre dans le présent logiciel est celle figurant dans la dernière édition du livre de M. DREUX et FESTA soit celle de 1998, 3<sup>ième</sup> tirage 2007 [\[1\]](#). Si vous souhaitez plus de précision sur la mise en œuvre de cette méthode, c'est dans cette édition que vous devez vous rendre. En effet, les auteurs ont procédé à des ajustements sur la formulation et il est tout à fait possible que certains éléments s'inscrivant dans l'algorithme du logiciel, ne figurent pas les éditions précédentes. Un exemple : La correction du dosage en eau en fonction du  $D_{max}$  ne figurait pas dans la version de 1983 (voir l'observation sur ce point dans l'article des Annales sur la mise en œuvre de cette méthode en Côte d'Ivoire).

Je vous recommande d'utiliser la méthode Baron-Ollivier, plus récente et qui corrige quelques insuffisances de la méthode Dreux-Gorisse. Si je l'ai intégré dans ce logiciel, c'est en raison de sa très grande diffusion.

Il est possible que dans les éditions précédentes, il figure des éléments différents par rapport à celle de 1998 mais je ne peux pas vous l'assurer car je ne dispose pas de ces dernières.

En conséquence, les tableaux, formules et figures (qui ont été modélisées pour celles où les auteurs ne donnaient pas de formule analytique) nécessaires aux calculs, sont ceux figurant dans l'édition de 1998.

La méthodologie Dreux-Gorisse comprend 2 parties :

1 - La détermination d'une résistance moyenne à la compression suivant la formule de Bolomey (voir équation ci-contre), fonction du rapport C/E, de la classe du granulat et de la résistance vraie de la pâte de ciment

$$f_{cm,exp} = K_{DG} \cdot F_{CE} \cdot \left( \frac{C}{E} - 0,5 \right)$$

(1)

2 - L'optimisation du squelette granulaire via le mélange d'un sable et d'un gravier devant se rapprocher autant que se peut de l'optimum granulaire symbolisé par une droite brisée.

3 - Détermination finale de la formulation en fonction des quantités de ciment et eau déterminées au point 1 ci-dessus, de la répartition entre sable(s) et gravillon(s) déterminée au point 2 ci-dessus et enfin, en fonction du degré de compacité du mélange de matériaux secs suivant la table de compacité indiquée par la présente formulation.

Les 2 premières parties sont décorréliées (elles pourraient donc démarrées dans n'importe quel ordre) sauf via le coefficient  $K_{DG}$  que l'on suppose aussi correspondre à un squelette granulaire optimisé suivant le point 2 ci-dessus



(et pas uniquement à la qualité du granulat comme indiqué ci-dessous). Ce point n'est pas explicitement dit dans la méthode Dreux-Gorisse à l'inverse de la méthode Baron – Ollivier plus récente que je vous conseille d'utiliser.

La partie n°1 ci-dessus s'appuie notamment sur la figure suivante :

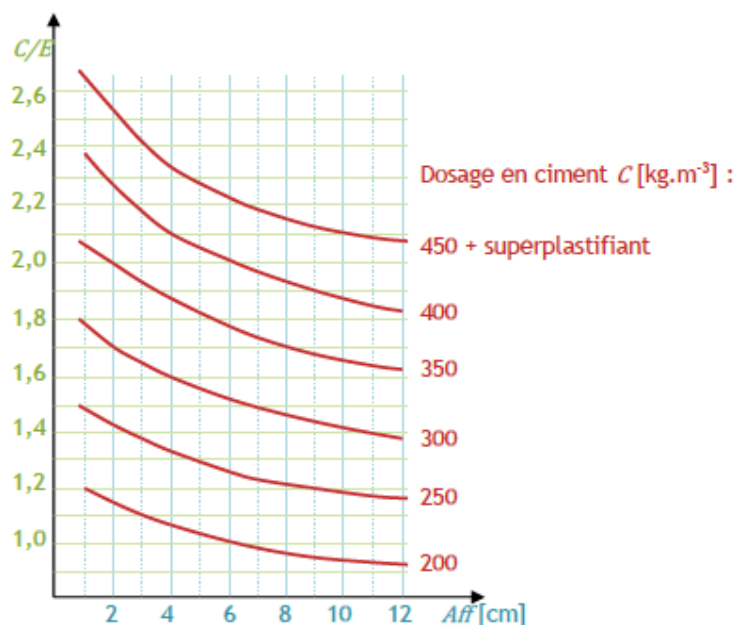


Figure 6 : Abaque pour l'estimation de la quantité de ciment [1]

Figure 2-1 - Abaque Dreux - C/E et Affaissement

granulats au couplage Affaissement / Rapport C/E. Voir l'article des Annales de l'ITBTP [9] en illustration de ce propos.

Enfin, quelques éléments de précisions complémentaires sont apportés ci-après concernant :

- La résistance moyenne à la compression déterminée en fonction de la résistance caractéristique à la compression, seul terme de résistance utilisé dans les calculs de structure. C'est d'ailleurs cette résistance qui figure dans le bon de commande établi auprès de centrale de BPE.
- Le mode de détermination du granulat vis-à-vis de sa qualité.
- Le coefficient granulaire Kdg apparaissant dans l'équation de Bolomey
- La majoration ou minoration de la quantité d'eau en fonction de la dimension maximale du granulat utilisé

Quelques éléments ont été complétés pour adapter cette méthode aux normes parues depuis 1998 ou simplement pour préciser quelques points quand les auteurs de la méthode pouvaient paraître ambiguë pour certains choix.

#### 2.7.1.2 Résistance moyenne du béton

Elle est prise égale à +15% à +20% de la résistance caractéristique. Cette valeur est fixée à la libre appréciation du projeteur via l'introduction d'un coefficient de majoration dans le formulaire « Exigences de formulation » - Voir image ci-dessous.

Résistance à la compression du béton durci :

☐ Normalisé suivant EN 206.1 (tableau 7) :  ☐ Résistance caractéristique sur cylindre visée à 28 jours :

Valeur du coefficient de majoration :



Ainsi, il suffira au projeteur d'indiquer une classe C25/30 comme ci-dessus et une valeur du coefficient de majoration de 20% soit coefficient de 1,20 à renseigner dans le champ ci-dessus, et la formulation sera établie pour une résistance de  $1,2 \times 25 = 30$  MPa.

### 2.7.1.3 Qualité du granulat :

Pour la détermination du coefficient granulaire (G ou Kg ou Kdg) dans l'équation reliant la résistance moyenne du béton au rapport C/E. Cf. §2.4.2.1 et §2.4.3, j'ai fait l'association suivante :

| Tableau de correspondance du logiciel |                               |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| Qualité du granulat suivant P18-545   | Qualité suivant Dreux-Gorisse |
| Caractéristiques indicées A           | Excellent                     |
| Caractéristiques indicées B           | Bonne                         |
| Caractéristiques indicées C           | Courante                      |
| Caractéristiques indicées D           | Passable                      |

Tableau 2-2 - Tableau de correspondance qualité Dreux-Gorisse

Comme le cas avec des granulats présentant plusieurs niveaux de qualité n'est pas explicitement traité par la méthodologie, le programme ne propose qu'une seule évaluation, pour le gravillon n°1, valable pour l'ensemble des granulats.

Sinon, il vous suffit d'indiquer le coefficient  $K_{DG}$  directement.

Un conseil : laissez d'abord faire le logiciel et si le coefficient Kdg ne vous convient pas, vous imposerez le vôtre.

### 2.7.1.4 Coefficient granulaire Kdg – Choix du tableau

Dans le cas de la méthode Dreux-Gorisse tel qu'exposé dans [1], le tableau de choix est le suivant :

**Tableau 10-8**

Valeurs approximatives du coefficient granulaire G. Ces valeurs supposent que le serrage du béton sera effectué dans de bonnes conditions (par vibration en principe).

| Qualité des granulats | Dimension D des granulats |                                     |                           |
|-----------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
|                       | Fins<br>( $D \leq 16$ mm) | Moyens<br>( $20 \leq D \leq 40$ mm) | Gros<br>( $D \geq 50$ mm) |
| Excellente            | 0,55                      | 0,60                                | 0,65                      |
| Bonne, courante       | 0,45                      | 0,50                                | 0,55                      |
| Passable              | 0,35                      | 0,40                                | 0,45                      |

Dans le cas du TD de l'ENS, le tableau de choix du coefficient est le suivant :

| Qualité des granulats | Granulats fins<br>( $D_{max} < 16$ mm) | Granulats moyens<br>( $25 < D_{max} < 40$ mm) | Gros granulats<br>( $D_{max} > 63$ mm) |
|-----------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|
| Excellente            | 0,55                                   | 0,60                                          | 0,65                                   |
| Bonne, courante       | 0,45                                   | 0,55                                          | 0,60                                   |
| Passable              | 0,35                                   | 0,40                                          | 0,45                                   |

Figure 3 : Coefficient granulaire  $K_{DG}$ , méthode Dreux-Gorisse [1]

Et vous pouvez constater comme moi, que les bornes de diamètre ne sont pas les mêmes et les valeurs de Kdg pour la qualité Bonne, Courante sur les diamètres 25mm et 63mm : 0,55 pour 0,50 et 0,60 pour 0,55 alors que les autres valeurs restent identiques. Je me pose la question s'il n'y a pas eu erreur de copie dans le document de l'ENS pour les 2 valeurs de Kdg, 0,55 pour 0,50 et 0,60 pour 0,55

Enfin, en faisant quelques recherches bibliographiques, il en ressort que le tableau majoritairement utilisé est un composé des 2 et figure dans le logiciel sous terme de tableau n°3 :



| Qualité des granulats | Granulats fins<br>( $D_{\max} < 16\text{mm}$ ) | Granulats moyens<br>( $25 < D_{\max} < 40\text{ mm}$ ) | Gros granulats<br>( $D_{\max} > 63\text{ mm}$ ) |
|-----------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Excellente            | 0,55                                           | 0,60                                                   | 0,65                                            |
| Bonne, Courante       | 0,45                                           | 0,50                                                   | 0,55                                            |
| Passable              | 0,35                                           | 0,40                                                   | 0,45                                            |

Et, vous pouvez constater que ce tableau n°3 est un peu le condensé des 2 premiers tableaux avec les valeurs de Kdg du tableau 1 et les bornes du tableau 2.

Enfin, le logiciel vous autorise à renseigner directement la valeur Kdg dans le cas où vous ne seriez convaincu par aucun des tableaux ci-dessus.

#### 2.7.1.5 Majoration ou minoration de la quantité d'eau – Choix du tableau

Il s'applique une majoration ou une minoration de la quantité d'eau suivant le Dmax du granulat (voir tableau ci-dessous) :

**Tableau 10-9**

Correction en pourcentage sur le dosage en eau (fig. X-15) en fonction de la dimension maximale D des granulats (si  $D \neq 20\text{ mm}$ ).

| Dimension maximale des granulats D en mm | 5    | 8 à 10 | 12,5 à 16 | 20 à 25 | 30 à 40 | 50 à 63,5 | 80 à 100 |
|------------------------------------------|------|--------|-----------|---------|---------|-----------|----------|
| Correction sur le dosage en eau (en %)   | + 15 | + 9    | + 4       | 0       | - 4     | - 8       | - 12     |

Dans le cas du TD de l'ENS, le tableau de correction de la quantité d'eau est le suivant :

| Correction en % sur le dosage en eau en fonction de D max |     |    |    |    |    |    |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|----|----|----|----|----|-----|
| Dimension maximale des granulats D en mm                  | 5   | 10 | 16 | 25 | 40 | 63 | 100 |
| Correction sur le dosage en eau (en %)                    | +15 | +9 | +4 | 0  | -4 | -8 | -12 |

Enfin, en faisant quelques recherches bibliographiques, il ressort que le tableau majoritairement utilisé est un composé des 2 et figure dans le logiciel sous terme de tableau n°3 :

**Tableau 29: Correction du dosage en eau selon le diamètre, D du mélange granulaire**

| Diamètre en mm  | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40  | 50 |
|-----------------|----|------|----|----|----|------|-----|----|
| Correction en % | +9 | +6   | +4 | +2 | 0  | - 2  | - 4 | -6 |

Comme pour le tableau de Kdg, nous pouvons constater que le tableau 3 est un condensé des tableaux 1 et 2 entre les bornes 5mm et 50mm.

Le tableau n°3 composé est donc identique au tableau 29 ci-dessus entre les bornes 10mm et 50 mm puis les valeurs du tableau de l'ENS entre les bornes 5mm et 10mm et entre les bornes 50mm et 100mm.

#### 2.7.1.6 Respect du rapport C/E en cas de majoration/minoration de la quantité d'eau

Dans le document du TD de l'ENS, la correction n'affecte que le dosage en eau. Ainsi, si le dosage initial était de 100L/m<sup>3</sup> et 300 kg de ciment par m<sup>3</sup>, le Dmax étant de 20mm, la correction est de +2% et donc le dosage en eau passe à 102L/m<sup>3</sup>, le dosage en ciment reste inchangé.



Par contre, dans l'exemple n°1 figurant dans [\[1\]](#) pages 257 et suivantes de l'ouvrage de M. Dreux et Gorisse, le dosage en eau passe aussi à 102L/m<sup>3</sup> mais le dosage en ciment est diminué de 2% pour conserver le même rapport E/C.

A mon avis, je pense qu'il y a une erreur dans le document de l'ENS, la quantité de pâte à ciment est aussi diminuée (et non seulement la quantité d'eau), ce qui permet de ne pas modifier le rapport E/C. Les valeurs calculées par la formule de Bolomey restent inchangées. C'est bien ce que semble dire M. Dreux et Gorisse même si leur formulation est un peu bancal !

Aussi, comme la littérature n'est pas claire sur ce point, j'ai introduit un choix dans le logiciel permettant de conserver identique la valeur du rapport E/C initial.



Si la case dans l'image ci-contre, est cochée, le rapport E/C sera conservé que la quantité d'eau soit majorée ou minorée.

La méthode Baron-Ollivier est différente sur ce point, le problème ne se pose donc pas. C'est la raison pour laquelle ce choix n'est pas proposé dans le cadre de la méthode Baron-Ollivier.

#### 2.7.1.7 Amendement ENS :

Des précisions ont été apportées à l'algorithme du logiciel, suite à la note diffusée par l'ENS Paris-Saclay en 2018 (Voir [\[5\]](#)), la note TD datant de 2018 et le livre de 2007 soit 11 ans d'écart.

La courbe la plus élevée, dans l'abaque C/E – Affaissement (voir Figure 2-1 - Abaque Dreux - C/E et Affaissement ci-avant) figure avec la légende « 450 + superplastifiant » dans le TD ENS alors qu'elle est intitulée « 400 + superplastifiant » dans [\[1\]](#).

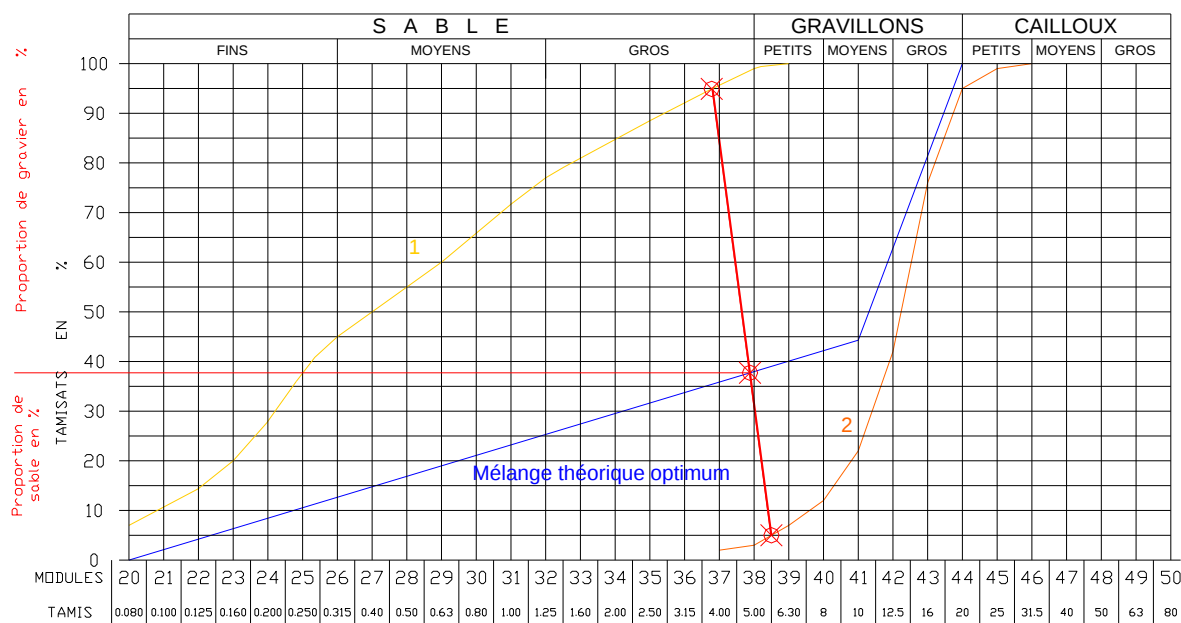
Si votre point de calcul se trouve entre les 2 courbes « 400kg » et « 400kg + plastifiant » (ou « 450 + superplastifiant » sur figure 2-1), votre dosage en ciment sera bien de 430, 440 ou 410 kg de ciment sans plastifiant (d'où l'intérêt du 450kg de l'ENS).

Si votre point se trouve au-dessus de la courbe « 400kg + plastifiant » (ou « 450 + superplastifiant » sur figure 2-1), cela signifie qu'il faudra doser votre béton à 400kg/m<sup>3</sup> + superplastifiant, augmenter le dosage en ciment ne présente plus d'intérêt (et donc de ne pas aller au-delà des 450 kg/m<sup>3</sup> d'où l'intérêt de l'indication de l'ENS).

Ce qui au final, pourrait apparaître contradictoire, ne l'est pas ! L'algorithme du logiciel a été bâti en ce sens. En fait, la méthode de Dreux-Gorisse a été élaborée pour des bétons non adjuvés et donc, paradoxalement, les 2 méthodes sont identiques



### 2.7.1.8 Précisions apportées concernant le Squelette granulaire



- Pour le calcul de l'ordonnée du point de brisure A, il est fait référence au type de granulat roulé ou concassé. Toutefois, les auteurs ne précisent pas les coefficients à prendre dans le cas où un granulat est concassé et l'autre roulé. Le logiciel considère qu'à partir du moment où un granulat est concassé, il faut prendre le coefficient correspondant aux granulats concassés.
- Origine du point O sur la droite brisée : pas très clair dans la méthode si cela doit être 0.063mm ou 0.08mm. Le logiciel a pris 0.08mm.
- Le calcul de l'ordonnée du point de brisure A prend en compte la qualité du béton pompable. Ce dernier doit être compris entre 5 et 10. Dans cette version logicielle, ce coefficient est pris égal à 8.

### 2.7.1.9 Compacité de la formulation de béton

La compacité du béton pour des granulats roulés est déterminée suivant les valeurs figurant dans le tableau ci-dessous (extrait de [1])

| Consistance | serrage             | Coefficient de compacité $\gamma$ |              |                |              |                |              |              |
|-------------|---------------------|-----------------------------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|--------------|
|             |                     | $D_{max}=5$                       | $D_{max}=10$ | $D_{max}=12,5$ | $D_{max}=20$ | $D_{max}=31,5$ | $D_{max}=50$ | $D_{max}=80$ |
| Molle       | Piquage             | 0,750                             | 0,780        | 0,795          | 0,805        | 0,810          | 0,815        | 0,820        |
|             | Vibration faible    | 0,755                             | 0,785        | 0,800          | 0,810        | 0,815          | 0,820        | 0,825        |
|             | Vibration normale   | 0,760                             | 0,790        | 0,805          | 0,815        | 0,820          | 0,825        | 0,830        |
| Plastique   | Piquage             | 0,760                             | 0,790        | 0,805          | 0,815        | 0,820          | 0,825        | 0,830        |
|             | Vibration faible    | 0,765                             | 0,795        | 0,810          | 0,820        | 0,825          | 0,830        | 0,835        |
|             | Vibration normale   | 0,770                             | 0,800        | 0,815          | 0,825        | 0,830          | 0,835        | 0,840        |
|             | Vibration puissante | 0,775                             | 0,805        | 0,820          | 0,830        | 0,835          | 0,840        | 0,845        |
| Ferme       | Vibration faible    | 0,775                             | 0,805        | 0,820          | 0,830        | 0,835          | 0,840        | 0,845        |
|             | Vibration normale   | 0,780                             | 0,810        | 0,825          | 0,835        | 0,840          | 0,845        | 0,850        |
|             | Vibration puissante |                                   | 0,815        | 0,830          | 0,840        | 0,845          | 0,850        | 0,855        |

Tableau 2-3 – Coefficient de compacité



Avec les précisions suivantes :

**Bornes :**

Les bornes considérées par défaut par le logiciel sur les affaissements au cône d'Abrams, sont les suivantes :

- $\geq 10$  cm : consistance molle
- $\geq 6$  cm : consistance plastique
- $< 6$  cm : consistance ferme.

Ces bornes peuvent être, toutefois, modifiées via le formulaire de configuration (voir [§4.8.8 - Onglet Formulation Dreux-Gorisse](#)) car la littérature, comme pour d'autres éléments vus plus haut, fait apparaître quelques différences (Voir exemple [§9.2.1 - Exemple n°1 - 1 – Béton courant binaire 30 MPa](#) )

**Valeurs de compacité :**

La valeur de compacité est prise égale à 0,785 pour consistance Ferme, vibration puissante et  $D_{max} = 5\text{mm}$

Dans le document [\[5\]](#) , l'ENS a apporté une correction par rapport au tableau 10-13 page 250 de [\[1\]](#), pour consistance plastique,  $D_{max}=5\text{mm}$  et piquage, avec une valeur 0,760 au lieu de 0,730. Effectivement, c'était une erreur de retranscription des courbes de compacité sur la figure X-13 page 232 de [\[1\]](#)).

Le logiciel prend en compte aussi 2 correctifs au coefficient  $\gamma$  :

$\gamma - 0,01$  si sable roulé et gravillon concassé

$\gamma - 0,03$  si sable concassé et gravillon concassé

Dans la littérature, il se trouve 2 autres correctifs sur le coefficient  $\gamma$  que je n'ai pas repris dans le logiciel car je ne les ai pas retrouvés dans les références [\[1\]](#) et [\[5\]](#) (à contrario des 2 ci-dessus, qui figurent bien dans les références données).

Par contre (et c'est peut-être curieux), il n'y a pas de correction si le sable est concassé et le gravillon roulé. Le logiciel n'applique donc pas de correction non plus dans ce cas et utilise les valeurs figurant dans le tableau ci-dessus (sable roulé et gravillon roulé).

**2.7.1.10 Différences autres :**

D'autres différences peuvent apparaître avec des présentations de cette méthode (notamment sur YouTube) sur les points suivants :

- Droite brisée du squelette granulaire optimum (origine de la droite, terme sous la racine carrée, ...)
- Correction % pâte ou % eau du rapport C/E pour un  $D_{max}$  différent de 20mm
- Coefficient de compacité si  $C <>$  de 350 kg/m<sup>3</sup>
- ...

Ces différences n'ont donc pas été pris en compte dans cette version logicielle.

Et puis soyez méfiant avec ce que vous trouvez sur Internet et YouTube, car certains prennent beaucoup de libertés avec la méthode voire se trompent.



## 2.7.2 Formulation Baron – Ollivier

### 2.7.2.1 Généralités

Cette méthode de formulation a été développée dans le livre « Les bétons – Bases et données pour leur formulation » écrit sous la direction de Jacques Baron et Jean-Pierre Ollivier et paru aux Editions Eyrolles en 1996 [3].

Cette formulation est dérivée de celle de Dreux-Gorisse et repose sur les hypothèses suivantes :

- Hypothèse 1 : si le dosage en fines est voisin de l'optimum, la courbe granulométrique optimale des granulats est indépendante de la composition du liant.
- Hypothèse 2 : le dosage optimal en fines ne dépend que de la dimension maximale des granulats D
- Hypothèse 3 : la quantité d'eau efficace pour une consistance donnée est indépendante de la proportion relative des constituants composant les fines (ciment et cendre volante par exemple). Cette hypothèse n'est pas applicable aux fumées de silice.

Cette méthode de formulation sera désignée dans la suite du document comme « Méthode Baron-Ollivier ».

L'algorithme du logiciel, reprend, point par point, les éléments figurant dans le chapitre « Cahier des bases générales pour la formulation », page 385 et suivantes de [3]. Si des éléments diffèrent, ils seront indiqués ci-dessous.

La méthode Baron-Ollivier permet de calculer de manière quasi-indépendante (à la dimension maximale du granulat près) les proportions en ciment, fines, eau et granulat puis de déterminer la courbe granulométrique optimale des granulats.

La méthodologie Baron – Ollivier, reprend, en partie celle de Dreux – Gorisse, et comprend, elle aussi, 2 parties :

- La détermination d'une résistance à la compression du béton formulé, suivant l'équation ci-dessous (dite équation de Bolomey modifiée) :

$$f_{c28} = f_m \cdot K_b \left( \frac{C+kA}{E+V} - 0,5 \right)$$

Équation 2-1

- L'optimisation du squelette granulaire via le mélange d'un sable (ou 2) et d'un gravier (ou 2) devant se rapprocher autant que faire se peut, de l'optimum granulaire symbolisé par une droite brisée OAB (droite quasi identique à celle utilisée dans la méthode Dreux-Gorisse).

Coefficient Kb :

Le coefficient Kb se base sur le tableau suivant (Tableau H – page 392 de [3]) :

| Nature pétrographique des granulats | D (mm)  |         |         |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|
|                                     | 10 à 16 | 20 à 25 | 30 à 40 |
| Siliceux, légèrement altérés        | 0.45    | 0.50    | 0.55    |
| Siliceux, roulés                    | 0.50    | 0.55    | 0.60    |
| Calcaires, durs                     | 0.55    | 0.60    | 0.65    |

Le logiciel vous demandera donc de préciser la nature pétrographique des granulats. Cette dernière devrait être identique pour l'ensemble des granulats. En effet, la méthode ne précise pas comment calculer Kgb en cas de nature pétrographique différente.



Sinon, il vous suffit d'indiquer le coefficient  $K_b$ , le logiciel permettant de renseigner directement la valeur de ce dernier. Un conseil : laissez d'abord faire le logiciel et si le coefficient  $K_g$  ne vous convient pas, vous imposerez le vôtre.

Le logiciel interpole linéairement entre 2 valeurs du tableau pour les dimensions intermédiaires de granulats.

#### Volume d'eau et d'Air :

Le volume d'eau et d'air est basé sur le tableau suivant (Tableau D page 389 de [3]) :

| Consistance         | Affaissement au cône (cm) | Eau (E) (L/m³) | Air (a) (L/m³) |
|---------------------|---------------------------|----------------|----------------|
| Ferme (F)           | 0 – 4                     | 160            | 25             |
| Plastique (P)       | 5 – 9                     | 190            | 20             |
| Très Plastique (TP) | 10 – 15                   | 210            | 15             |

Tableau 2-4 - Volume d'eau et d'air

Ce volume est modifié suivant les dispositions suivantes :

- Si  $D_{max}$  est différent de 20mm
- Si granulats concassés (Voir §0 - L'onglet peut se présenter sous la forme suivante suivant les valeurs de bornes renseignées (voir ci-dessous) :

Figure 4-23 - Onglet Formulation Dreux-Gorisse

Il permet de modifier les bornes entre les consistances Molle, Plastique et Ferme dans le tableau de valeurs du coefficient de compacité. Voir dans la notice du manuel du logiciel, l'exemple n°1 pour la méthode Dreux-Gorisse pour les attendus et conséquences de cette modification.

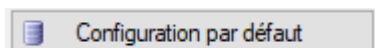
Suivant l'image ci-dessus, les bornes sont les suivantes :

- **Entre Plastique et Ferme** : ici, présenté à l'image ci-dessus = 5 cm. Tout **béton** dont l'affaissement au cône d'Abrams sera **inférieur à 5 cm** sera **classé** comme « **Ferme** ». Au-dessus ou égal, il sera classé « Plastique ».
- **Entre Molle et Plastique** : ici, présenté à l'image ci-dessus = 10 cm. Tout **béton** dont l'affaissement au cône d'Abrams sera **inférieur à 10 cm** sera **classé** comme « Plastique ». Au-dessus ou égal, il sera classé « Molle ».

Les bornes considérées par défaut par le logiciel, sont les suivantes :

- $\geq 10$  cm : consistance molle
- $\geq 6$  cm : consistance plastique
- $< 6$  cm : consistance ferme.

Ceux seront ces valeurs de bornes qui seront affichées si vous cliquez sur le bouton



ou si vous affichez pour la 1ère fois le logiciel.



Les valeurs des bornes sont des valeurs entières. Le logiciel n'accepte pas des bornes décimales.

La Figure 4-23 - Onglet Formulation Dreux-Gorisse ci-dessus, montre, par exemple, que la borne entre les consistances « Ferme » et « Plastique » a été modifiée (affiche 5 cm au lieu de 6 cm). Par contre, celle entre les consistances « Plastique » et « Molle » n'a pas été modifiée.

- Onglet Formulation Baron - Ollivier [page 91](#) dans la présente notice) Dans le cas de granulats concassés, les quantités d'eau et d'air occlus doivent être majorées de 10 à 15%. Le logiciel prend un coefficient de majoration de 13% et arrondit les valeurs trouvées. Vous pouvez modifier cette valeur en vous rendant dans le formulaire Configuration Onglet Formulation Baron – Ollivier.
- Suivant les conditions climatiques
- Suivant le délai de transport et de mise en œuvre du béton
- Suivant emploi d'un adjuvant : plastifiant, haut réducteur d'eau

#### 2.7.2.2 Compléments apportés par M. Chanvillard :

##### 2.7.2.2.1 Ordonnées du point de brisure

M. Chanvillard, dans son ouvrage [\[2\]](#), apporte une précision sur l'ordonnée du point de brisure A et se rapproche un peu plus de la méthode Dreux- Gorisse :

- Ajout de quelques % si le sable est grossier (module de finesse élevé) et réciproquement
- Quelques % si la vibration à la mise en œuvre est puissante.

La 1<sup>ère</sup> correction a été introduite via une case à cocher dans le formulaire « Exigences de formulation ». La correction reprend la même équation que pour la méthode Dreux-Gorisse :  $K_s = 6.M_f - 15$ , la valeur donnée correspondante à un pourcentage, est ajoutée à la valeur de l'ordonnée Y pour obtenir la valeur YA finale.

La 2<sup>ème</sup> correction n'a pas été introduite car dans la méthode Dreux- Gorisse, le mode de vibration peut être l'objet de pourcentages en plus mais aussi en moins. De plus, la méthode dreux-Gorisse prévoit 3 mode de vibrations : faible, normale puissante. Le commentaire de M. Chanvillard ne s'applique qu'au mode puissant. Ce qui pose en creux, la question du bétonnage sans vibration, exemple : le coulage de pieux. Je suppose que cela est corrigé par le terme correctif de +5% en cas de bétonnage d'un ouvrage de béton armé à densité <80kg/m3.

Bref, M. Chanvillard n'étant pas très précis, je n'ai pas donner de suite à cette correction dans cette version logicielle.

##### 2.7.2.2.2 Complément dosage en fines

M. Chanvillard précise à l'article 3.2 du chapitre 7 de [\[2\]](#), le mode de calcul du volume de fines optimal afin d'obtenir un béton le plus compact possible lors de l'intégration dans ce dernier d'un adjuvant de type plastifiant ou superplastifiant.

Ce mode de calcul a été intégré dans le moteur de calcul.

#### 2.7.2.3 La résistance caractéristique à la compression sur cylindre à 28 jours :

L'Équation 2-1 fait apparaître une résistance moyenne à la compression. Le logiciel passe de la résistance moyenne à la résistance caractéristique suivant les dispositions du §5 du cahier des bases générales pour la formulation figurant dans [\[3\]](#), et rappelé ci-dessous :

Mode de fabrication du béton :

☐ Fabrication en centrale équipée de sonde d'humidité, wattmètre différentiel, etc. ... ☐ Fabrication sur chantier ou en centrale non régulée, etc. ....

☐ Résistance moyenne visée :  (MPa) ?



Le 1<sup>ier</sup> item est typiquement le cas d'une centrale à béton prêt à l'emploi ou d'une centrale à béton instrumentée sur chantier.

Le 2<sup>ième</sup> item peut caractériser tout le reste.

Le 3<sup>ième</sup> item permet de renseigner directement la valeur de la résistance moyenne à la compression, qui est la valeur cible de la formule de Bolomey, utilisée dans cette méthode (comme dans la méthode Dreux-Gorisse).

Les 2 premiers items vont permettre de moduler la correction apportée à la valeur de compression caractéristique  $f_{ck}$  pour déterminer la résistance moyenne  $F_c$  :

- Item n°1 : Si le matériel de fabrication est régulé et calibré, l'écart type est pris égal à 2 MPa et la valeur moyenne de résistance est prise égale à  $f_{ck} + 3$  ou  $f_{ck} + 4$  MPa suivant si  $f_{ck}$  inférieur, égal ou supérieur à 25 MPa
- Item n°2 : Si l'on ne dispose pas d'information sur la fabrication, l'écart type est pris égal à 3 MPa et la valeur moyenne de résistance est prise égale à  $f_{ck} + 5$  MPa ou  $f_{ck} + 6$  MPa suivant si  $f_{ck}$  inférieur, égal ou supérieur à 25 MPa

En résumé :

- $F_c = f_{ck} + 1,58 s$  si  $f_{ck} \leq 25$  MPa
- $F_c = f_{ck} + 1,95 s$  si  $f_{ck} > 25$  MPa

Ou  $s$  représente l'écart type

Soit 1<sup>ier</sup> item :

- $F_c = f_{ck} + 3$  MPa si  $f_{ck} \leq 25$  MPa
- $F_c = f_{ck} + 4$  MPa si  $f_{ck} > 25$  MPa

Soit 2<sup>ième</sup> item :

- $F_c = f_{ck} + 5$  MPa si  $f_{ck} \leq 25$  MPa
- $F_c = f_{ck} + 6$  MPa si  $f_{ck} > 25$  MPa

Si vous n'êtes pas d'accord avec les majorations préconisées par la méthode Baron-Ollivier (notamment, la valeur de l'écart type), il vous suffit d'utiliser le 3<sup>ième</sup> item, ce qui vous permettra de renseigner directement la valeur de la résistance moyenne  $F_c$ .

La note de calcul rappelle systématiquement la résistance caractéristique et la résistance moyenne.

Pour mémoire et pour confirmer mes doutes, je renvoie à l'extrait ci-dessous provenant de [\[5\]](#) :

En admettant pour la résistance en compression un coefficient de variation moyen (rapport entre l'écart-type et la moyenne) de l'ordre de 10% ([4] tableau 1.5), la résistance moyenne  $f_{cm,exp}$  peut être estimée en fonction de la résistance caractéristique  $f_{c28}$  visée, en supposant que la répartition des résistances en compression suit une loi normale, à l'aide de la formule suivante :

$$f_{cm,exp} \approx f_{c28} + 20 \% \quad (2)$$



NB : L'Eurocode 2 précise que la différence entre la résistance moyenne  $f_{cm}$  et la résistance caractéristique  $f_{ck}$  est de 8 MPa. Nous sommes ici dans une approche expérimentale, d'où la distinction entre la résistance moyenne expérimentale  $f_{cm,exp}$  et la résistance moyenne normative  $f_{cm}$  qui ont de fortes probabilités d'être différentes. Il en est de même pour les résistances caractéristiques expérimentale et normative qui vont elles aussi être différentes. C'est néanmoins la résistance caractéristique à 28 jours  $f_{c28}$  qui intervient dans notre formule 2 puisque c'est cette valeur la plus importante à valider afin de garantir la conformité du béton formulé.

Comme indiqué ci-dessus, pour l'Eurocode 2, le calcul de  $f_{cm}$  est simple :  $f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ MPa}$

Je n'ai pas implémenté cette méthode pour plusieurs raisons :

- Le logiciel vous donne le choix, pour les 2 méthodes de formulation, de renseigner directement la valeur  $f_{cm}$
- Pour les raisons indiquées dans l'extrait du TD de l'ENS
- Pour un  $f_{ck}=20 \text{ MPa}$ , 8 MPa représente presque 50% !



**Important :**

Même remarque que pour la méthode Dreux-Gorisse : méfiez-vous de ce que vous trouvez sur YouTube, car il y a un joyeux mélange entre les 2 méthodes.



## 3 Règles générales d'utilisation du logiciel

Une session de calcul se déroule en 3 étapes :

1. **Entrée des données :** renseignez les différents formulaires pour préciser les exigences, les caractéristiques du ciment, sable, gravillon, ... Tous les formulaires sont présentés au [chapitre 4](#) de la présente notice. Le logiciel impose de **renseigner en premier le formulaire « Exigences de formulation »**, en raison du choix que vous allez opérer sur la méthode de formulation et des conséquences de ce choix.
2. **Calcul :** pour lancer le calcul, vous devez cliquer sur le menu « Formulation ».
3. **Résultats :** cliquez sur le menu « Formulation » pour faire afficher le type de résultats que vous souhaitez connaître. Les différents types de résultats proposés par le logiciel, sont présentés en détail, au [§5 - Formulation du béton](#).

### 3.1 Entrée des données

L'entrée des données peut se faire de deux façons :

- Soit depuis un fichier existant
- Soit à partir d'un nouveau fichier

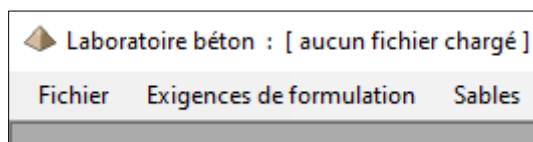
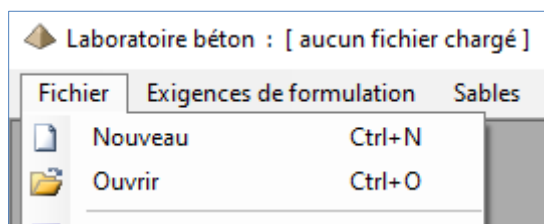


Figure 3-1 - Entrée des données

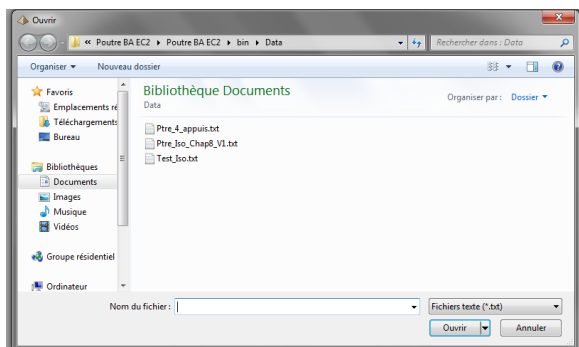
Initialement, aucune entrée n'est renseignée et la barre de titre de l'écran général n'affiche aucun nom de fichier (voir image ci-contre).

#### 3.1.1 Depuis un fichier existant



Vous avez déjà renseigné une formulation et vous voulez refaire un calcul, ou alors, légèrement modifiée une formulation précédemment renseignée, dans ce cas vous allez cliquer sur le menu « **Fichier** » puis le sous-menu « **Ouvrir** » (voir image ci-contre).

La boîte de dialogue standard d'ouverture de fichier s'affiche et vous propose une liste de fichier de données à charger. Cette boîte de dialogue fonctionne de la même façon que toute autre boîte de dialogue de chargement de fichier sous système d'exploitation Windows dans un logiciel quelconque comme Word, Excel, etc. ...

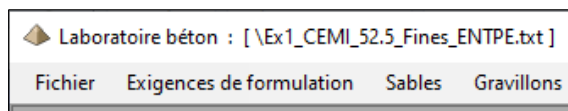


L'image ci-contre présente la boîte de dialogue sous format Windows 7, elle peut être légèrement différente sous un autre Windows.

Le répertoire dans lequel sont sauvegardés les fichiers de données, est indiqué dans le formulaire de configuration (voir [§4.8.2 Onglet Général](#)). Il est donc important de bien le renseigner si vous ne voulez pas chercher partout vos données.



Une fois que vous avez choisi votre fichier et cliqué sur le bouton « Ouvrir », le fichier est chargé et le nom du fichier s'affiche dans la barre de titre (voir image ci-dessous).

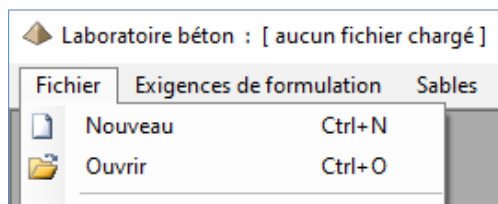


Le nom du fichier de données (en l'occurrence, ici, Ex1\_CEMI\_52.5\_Fines\_ENTPE.txt) s'affiche bien dans la barre de titre de l'écran général.

Une fois le fichier de données chargé, vous pouvez vous rendre dans n'importe quel formulaire de données pour visualiser ou modifier ces dernières ou alors lancer directement le calcul.

### 3.1.2 A partir d'un nouveau fichier

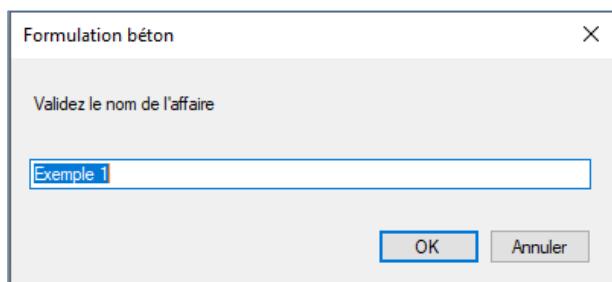
Vous voulez faire un calcul sur une nouvelle poutre. Dans ce cas et pour être sûr que toutes les variables internes au logiciel ont bien été réinitialisées, vous devez ouvrir un nouveau fichier.



Pour ce faire, cliquez sur le menu « **Fichier** » puis le sous-menu « **Nouveau** » (voir image ci-contre).

Vous pouvez faire la même chose en cliquant sur l'icône feuille blanche dans le menu « boîte à outil » qui se trouve sous la barre des menu (c'est plus rapide).

Après avoir cliqué, une boîte de dialogue s'affiche demandant le nom du fichier dans lequel seront sauvegardées les données renseignées (voir image ci-dessous).



Vous pouvez rentrer n'importe quel nom mais évitez les caractères spéciaux que Windows n'accepte pas dans les noms de fichiers et les espaces. Pensez toujours que ce nom est le nom sous lequel vos données seront sauvegardées. Essayez de lui donner un nom parlant : B30\_CEMI plutôt que B3\_12\_2008 (vous vous souvenez de la formulation que vous avez calculé le 3 décembre 2008 ?)

Cliquez sur OK et le nom du fichier va alors s'afficher dans la barre du formulaire. Ceci est un bon moyen mnémotechnique pour être sûr que vous travaillez sur le bon fichier.

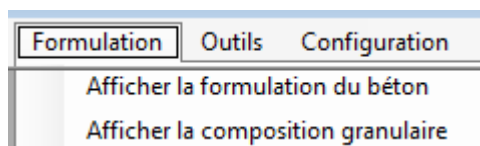
Vous n'êtes pas obligé d'appliquer cette procédure pour le 1<sup>er</sup> calcul après avoir démarré le logiciel.

Par contre, vous devez obligatoirement l'adopter pour tout nouveau calcul sous peine de bug logiciel ou de résultats erratiques par défaut de réinitialisation de variables.

Cette procédure oblige à renseigner en 1<sup>er</sup> le formulaire « Exigences de formulation » car tous les autres formulaires découlent de celui-ci.

Le renseignement des autres formulaires peut se faire dans n'importe quel ordre.

## 3.2 Calcul



Pour lancer le calcul de la formulation du béton, vous devez cliquer sur le menu « **Afficher la formulation du béton** » du menu Formulation de l'écran général (voir image ci-contre).

Le logiciel procède d'abord à une vérification de la cohérence des données : vérification que les sables et gravillons ont bien été renseignés, le ciment identifié, etc. ...

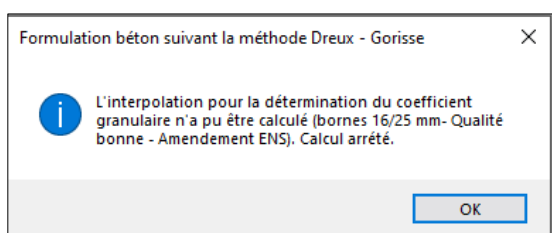


Si le logiciel ne détecte aucune incohérence à ce stade, le calcul de la formulation est lancé (attention, le logiciel est loin de vérifier toutes les incohérences possibles, à vous d'être méfiant et, éventuellement, de compléter les vérifications de cohérence, le code source fourni vous le permet).

Le calcul est effectué par le module Calcul.vb qui agit comme un moteur de calcul et contient tout la logique métier. Ce module détermine la répartition des différents constituants (sables, ciment, gravillon, adjuvant, etc...) qui vont rentrer dans la composition du béton.

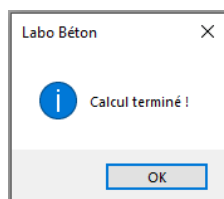
Ce moteur de calcul est lui-même divisé en plusieurs sous-modules, ce qui s'avère extrêmement pratique pour toute correction et évolution ultérieure, pour ceux qui auront téléchargé le code source du logiciel. Cela permet d'avoir des modules moins importants et donc plus facilement lisibles et modifiable.

Le calcul peut donner lieu à des avertissements (voir un exemple ci-dessous) :



Cet avertissement correspond à un défaut de calcul sur le coefficient granulaire dans l'équation de détermination du rapport C/E.

Lorsque le calcul se termine :



Une fois le calcul terminé, un écran d'information s'affiche (voir ci-contre). Si des avertissements figurent dans la note de calcul, cet écran l'indique. Dans la figure ci-contre, aucun avertissement n'y figure, la note de calcul ne comporte pas d'avertissement.

Cliquez sur le bouton « OK » ou la touche « Enter » du clavier pour effacer cet écran et activer le reste du logiciel.

### 3.3 Résultats

Une fois le calcul de la formulation terminé, le logiciel affiche automatiquement la note de calcul de cette formulation et la commande d'affichage de la courbe granulométrique du mélange granulaire devient accessible dans le même menu (voir [§5.2 - Courbes du squelette granulaire page 95](#) du présent document).

Pour résumé, la version actuelle du présent logiciel propose 2 types de résultats :

- La note de calcul détaillée de la formulation au format rtf. La note de calcul s'affiche automatiquement dans l'éditeur par défaut que vous avez choisie dans le formulaire « Configuration » onglet éditeur (voir [§ 4.8.3 Onglet Editeur page 88](#)).
- Les courbes granulométriques des différents granulats et celui du squelette granulaire, avec la droite brisée de référence.

Il suffit de cliquer sur l'une des deux commandes pour faire afficher le résultat correspondant. Attention : la commande « Afficher la composition granulaire » n'est accessible qu'une fois la formulation calculée.

Voir le [§5 - Formulation du béton page 94](#) du présent manuel pour plus de détail.



## 4 Formulaire et écrans

### 4.1 Organisation générale du logiciel

Avant tout, il est bon de rappeler les définitions suivantes :

- Un **formulaire** est un document interactif dans lequel l'utilisateur est invité à renseigner des données (formulation choisie, forme du gravillon, etc. ...). Pour aller plus vite et éviter d'augmenter le nombre de saisies, certaines valeurs sont déjà pré-remplies en fonction des indications que l'utilisateur a fait figurer dans la configuration générale du logiciel. Toujours pour faciliter la navigation à travers le logiciel, un formulaire peut regrouper toutes les thématiques proches de son objet.
- Un **écran** est une feuille totalement passive : elle sert uniquement à informer l'utilisateur. Exemple : l'écran de présentation du logiciel, l'affichage des courbes granulométriques, etc. ....
- L'**Ecran Général** est un formulaire un peu particulier dans le sens où il ne recueille aucune donnée. Il sert uniquement de tour de contrôle, à présenter l'ensemble des formulaires, à orienter, à lancer le calcul et recueillir les résultats. Aussi, il est affiché en permanence et permet l'accès à tous les autres formulaires et écrans.

Le logiciel est composé d'une barre de menu général permettant l'accès aux 5 formulaires d'entrée des données, à la commande du calcul et, enfin, à l'édition des résultats sous forme d'écrans ou de fichiers (note de calcul, courbes granulométriques).

Les formulaires d'entrées de données sont, dans l'ordre :

- [Formulaire « Exigence de formulation »](#)
- [Formulaire « Sables »](#)
- [Formulaire « Gravillons »](#)
- [Formulaire « Ciments et Additions »](#)
- [Formulaire « Adjuvant »](#)

Les résultats du calcul de formulation du béton sont accessibles, via le menu « Formulation » :

- Via la commande *Afficher la composition du béton*, .Ecran « Composition du béton »
- Via la commande *Afficher la composition granulaire*, .Ecran « Composition granulaire »

Pour vous aider, il figure un menu « Outils » comprenant :

- La calculatrice Windows™ (bien commode quand la sienne est tombée en panne !).
- Le formulaire « [Classe d'exposition](#) »

Il figure, en avant dernière position de la barre générale du menu, la commande configuration permettant l'accès au formulaire [Configuration](#). Ce formulaire permet de pré-configurer le logiciel avec des valeurs revenant souvent.

Enfin, sous le menu « ? », vous trouverez :

- La commande d'accès à la notice du logiciel (soit le présent document) via le menu « Aide »
- La commande à la page de présentation de version du logiciel. Voir [Ecran « A propos »](#).

Pour faciliter la saisie, le logiciel démarre avec des valeurs pré-établies. Ces dernières peuvent être conservées si le projet ne présente pas de caractéristiques différentes sinon, il suffit d'effacer ces valeurs.

Les chapitres suivants vont expliquer plus en détail chaque écran et chaque formulaire, ses particularités et ses limites.



Les exemples figurant au dernier chapitre, que je vous encourage à exécuter, permettent d'illustrer par la pratique, les éléments présentés dans ce manuel.



**Important :**

Le formulaire « [Exigences de formulation](#) » doit toujours être renseigné en premier. En effet, suivant la méthode de formulation choisie (Méthode Dreux-Gorisse, Méthode Baron-Ollivier), certains items seront demandés dans les autres formulaires ou pas.

## 4.2 Ecran général

### 4.2.1 Généralité

Au lancement du logiciel, apparaît l'écran principal à partir duquel, le logiciel va pouvoir établir la formulation du béton demandé.

Cet écran reste en permanence affiché tant que le logiciel est fonctionnel.

Pour éviter de dérouter l'utilisateur, le logiciel reprend les grands principes de la programmation Windows, à savoir :

- Les menus génériques, comprenant :
  - Le menu **Fichier** regroupe tout ce qui traite de l'enregistrement, de l'impression, de nouveaux fichiers de données et enfin de l'arrêt du logiciel.
  - Le menu **Outils** permettant de vous aider dans l'entrée des données.
  - Le menu **Configuration** qui permet de configurer le présent logiciel aux besoins du projeteur : préférence sur l'éditeur, nom du projeteur, et tout autre élément pouvant revenir d'une affaire à l'autre, etc ...
  - Le menu « ? » permettant l'affichage des différentes aides (manuels, exemples, etc. ...) et de l'écran de présentation du présent logiciel avec, notamment, son numéro de version.
- Les menus propres à l'objet du logiciel, à savoir :
  - Le menu **Exigences de formulation** : définit les attentes auxquelles devra répondre la formulation du béton
  - Le menu **Sables** : pour caractériser le ou les sables rentrant dans la composition du béton
  - Le menu **Gravillon** : pour caractériser le ou les gravillons rentrant dans la composition du béton
  - Le menu **Ciments et Additions** : pour caractériser le ciment rentrant dans la composition du béton
  - Le menu **Adjuvant** : pour caractériser les adjuvants rentrant dans la composition du béton
  - Le menu **Formulation** : permet de lancer le calcul de la formulation du béton

Cet écran général permet l'appel à tous les formulaires et écran pour la réalisation d'une formulation de béton.

Cette page se présente de la manière suivante lors de son lancement initial :

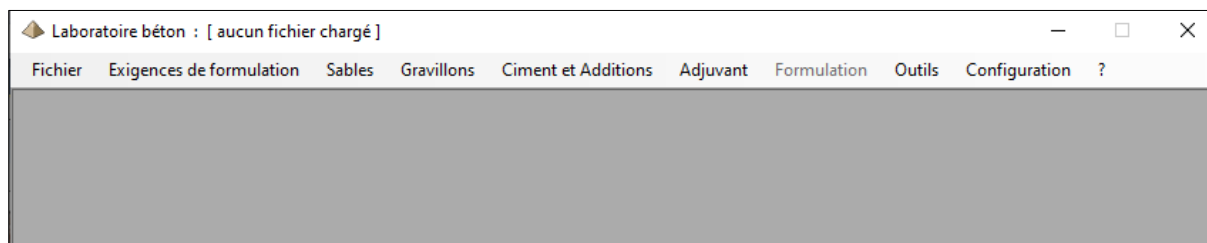


Figure 4-1 - Ecran général – état initial



## 4.2.2 Les menus génériques

---

Pour rappel, le logiciel comprend quatre menus génériques :

- Le menu **Fichier** regroupe tout ce qui traite de l'enregistrement, de l'impression, de nouveau fichier et enfin de l'arrêt du logiciel.
- Le menu **Outils** permettant l'accès à la calculatrice Windows™ et au formulaire « [Classe d'exposition](#) »
- Le menu **Configuration** qui permet de configurer le logiciel pour l'adapter de façon plus précise à vos besoins.
- Le menu **Aide** (ou ?) permettant l'affichage des différentes aides (manuels, exemples, etc. ...) et du numéro de version du logiciel

### 4.2.2.1 Le menu Fichier

Le Menu « **Fichier** » fait apparaître les sous-menus suivant :

- **Nouveau** : efface les données existantes et permet le recueil de nouvelles données pour une nouvelle affaire
- **Ouvrir** : efface les données existantes et ouvre un fichier de données préalablement enregistrées
- **Enregistrer** : enregistrera sous le nom qui figure à côté de l'icône du logiciel et dans le répertoire par défaut.
- **Enregistrer sous ...** : permet d'enregistrer l'ensemble des données sous le format explicité au [§7.6 - Structure du fichier de données page 107](#) de la présente notice, sous le nom que vous souhaitez et dans le répertoire de votre choix. C'est la commande à utiliser lors d'une première sauvegarde.
- **Imprimer** : Non fonctionnel dans cette version. Servira à imprimer la dernière note de calcul
- **Aperçu avant impression** : Non fonctionnel dans cette version. Permet l'aperçu avant impression de la dernière note de calcul.
- **Configuration de l'impression** : Non fonctionnel dans cette version. Servira à choisir l'imprimante.
- **Quitter** : pour quitter le logiciel

### 4.2.2.2 Menu Outils

Le Menu « **Outils** » fait apparaître les sous-menus suivant :

- Calculatrice : accès direct à la calculatrice Windows™
- Classe d'exposition : vous permet de qualifier l'environnement dans lequel se retrouvera le béton formulé.

### 4.2.2.3 Menu « Configuration » :

Pas de sous-menu.

Configuration du logiciel : affiche la configuration par défaut du logiciel (code de formulation retenu, éditeur utilisé, ...)

Voir [§4.8 - Formulaire configuration du logiciel page 85](#) dans la suite du présent document, pour des informations plus détaillées..

### 4.2.2.4 Menu ? :

Le Menu « **?** » fait apparaître les deux sous-menus suivant :

- Aide : Affichage du manuel d'utilisation du logiciel, l'affichage s'effectue sous format pdf. Vérifiez que votre ordinateur possède un lecteur pdf.



- A propos de ... : Affichage de la version logicielle.

### 4.2.3 Les menus spécifiques

---

Les menus spécifiques comprennent :

- Le menu **Exigences de formulation** : définit les exigences auxquelles devra répondre la formulation du béton – Voir [§4.3 - Formulaire Exigence de formulation](#)
- Le menu **Sables** : pour caractériser le sable rentrant dans la composition du béton
- Le menu **Gravillon** : pour caractériser les gravillons rentrant dans la composition du béton
- Le menu **Ciments et Additions** : pour caractériser le ciment et les additions rentrant dans la composition du béton
- Le menu **Adjuvants** : pour caractériser les adjuvants rentrant dans la composition du béton
- Le menu **Formulation** : permet de lancer le calcul de la formulation du béton et d'afficher les courbes granulométriques.

Les menus spécifiques sont propres à ce logiciel et permettent de définir les attendus et éléments de matériaux pour la formulation du béton.

## 4.3 Formulaire Exigence de formulation

### 4.3.1 Généralités

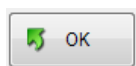
---

Le formulaire « Exigences de formulation » permet de renseigner :

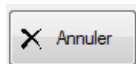
- La méthode de formulation adoptée :
  - Méthode Dreux- Gorisse
  - Méthode Baron – Ollivier
- Les exigences auxquelles la formulation du béton devra répondre. Ces exigences sont différentes suivant la méthode ci-dessus adoptée.

Le formulaire se présente sous une forme différente suivant la méthode de formulation adoptée.

Les boutons « OK » et « Annuler » produisent les mêmes effets quel que soit la méthode de formulation adoptée.



Le bouton « OK » valide les données renseignées et ferme le formulaire. L'appui sur la touche « Enter » du clavier produit le même effet.



Le bouton « Annuler » permet de quitter le formulaire sans valider les données renseignées. Ce bouton est équivalent à cliquer sur la croix rouge, en haut à droite du formulaire. L'appui sur la touche « Echap » du clavier produit le même effet.

### 4.3.2 Méthode de formulation Dreux -Gorisse

---

#### 4.3.2.1 Renseignements exigés par la méthode

Avec le choix de cette méthode, le formulaire se présente sous la forme suivante :



Figure 4-2 - Formulaire dans le cadre de la méthode Dreux - Gorisse

Seuls, trois renseignements sont nécessaires à la méthode pour la détermination de la quantité d'eau et de ciment :

- La résistance caractéristique à la compression sur cylindre à 28 jours
- L'ouvrabilité du béton frais au cône d'Abrams au demi cm près (en raison d'un exemple particulier, j'ai été obligé de partir sur une graduation en demi cm). Vu la précision du cône d'Abrams et la tolérance prévue par l'EN206-1, le cm était largement suffisant !
- Le mode de vibration lors de la réalisation de l'ouvrage

Toutefois, vu la variabilité des tableaux figurant dans la littérature et des usages divers pour cette méthode de formulation, trois choix complémentaires vous sont proposés :

- Le tableau de détermination du coefficient granulaire Kdg – Voir §2.7.1.4 - Coefficient granulaire Kdg
- Le tableau de détermination des quantités d'eau si Dmax diffèrent de D nominal – Voir §2.7.1.5 - Majoration ou minoration de la quantité d'eau – Choix du tableau
- Le choix de conserver ou pas le rapport C/E si majoration/minoration de la quantité d'eau E.

Pour permettre la préparation des formulaires « Sable » et « Gravillon », il est aussi demandé le nombre de sable et de gravillon qui composeront le béton dans cette fenêtre. Dans l'image ci-dessus, il est possible de voir que le béton formulé sera un béton binaire (1 composant de chaque).

Enfin, il reste une case à cocher concernant la prise en compte ou pas des exigences de la classe d'exposition sur le béton tels qu'ils figurent en annexe F de la norme. Cette case à cocher figure à l'identique pour les deux méthodes.

#### 4.3.2.2 Choix du tableau du coefficient granulaire

Voir §2.7.1.4 - Coefficient granulaire Kdg pour le détail du choix.

Le choix se réalise par le biais d'une liste déroulante.

Si vous choisissez l'entrée directe du coefficient Kdg, le champ de texte Kdg s'affiche.



#### 4.3.2.3 Choix du tableau de détermination des quantités d'eau

Voir §2.7.1.5 - Majoration ou minoration de la quantité d'eau – Choix du tableau pour le détail du choix.

Le choix se réalise par le biais d'une liste déroulante.

#### 4.3.2.4 Majoration pâte à ciment



Dans le cadre de la méthode de Dreux-Gorisse, il est appliqué une correction en minoration/majoration sur la quantité d'eau si  $D_{max} \neq 20\text{mm}$  ( $D_{max} \neq 25\text{mm}$  pour d'autres contributeur – Cf. TD ENS)

Dans le cadre de la méthode Dreux\_Gorisse stricte, cette majoration/minoration sur la quantité d'eau entraîne ipso-facto une majoration/minoration sur la quantité de ciment pour conserver identique le rapport C/E.

Pour d'autres contributeurs (Cf. TD ENS), la correction n'affecte que le dosage en eau.

Aussi, comme la littérature n'est pas claire sur ce point, j'ai introduit un choix dans le logiciel permettant de prendre en compte ou pas cette majoration/minoration de la quantité de ciment suivant la modification de la quantité d'eau, pour conserver identique le rapport C/E.

En résumé, si la case est cochée, une majoration/minoration de la quantité d'eau entraîne automatiquement une majoration/minoration de la quantité de ciment afin de garder le rapport E/C constant.

Voir §2.7.1.6 - Respect du rapport C/E en cas de majoration/minoration de la quantité d'eau pour plus de détails.

#### 4.3.2.5 Composition volumique et pondérale sur matériaux secs

Si vous ne cochez pas l'item « Composition Pondérale humide » (voir ci-dessous), la répartition entre les différents granulats sera indiquée en volume et masse mais uniquement sur des granulats considérés comme secs (ce qui n'est jamais le cas dans la vraie vie !).

Si vous souhaitez une répartition un peu plus conforme à la réalité, vous devez cocher l'item « Composition Pondérale humide », et indiquer les pourcentages d'humidité dans les formulaires Sable (cf. §4.4.3.7 - Teneur en humidité page 65) et Gravillon (cf. §4.5.3.6 - Teneur en humidité page 74)

#### 4.3.2.6 Composition pondérale humide

En complément du § précédent.

☐ **Composition Pondérale humide** La présente coche impose à la note de calcul de prendre en compte la teneur en eau des granulats. Sinon, les valeurs pondérales des différents constituants du béton seront calées sur des granulats secs (0% en teneur en eau). Ce qui est loin d'être la réalité pour des granulats stockés à l'air libre et donc soumis à la pluie.

La composition pondérale humide est calculée à partir de la composition pondérale sèche, c'est-à-dire avec tous les granulats sans humidité (teneur en humidité = 0%).

Elle va diminuer la quantité d'eau libre dans le béton, soit l'eau que l'on rajoute lors de la fabrication du béton.

Cet item est commun aux deux méthodes et permet simplement de prévoir dans les formulaires « Sable » et « Gravillon », le champ pour renseigner l'humidité du granulat.



#### 4.3.2.7 Résistance moyenne à la compression du béton à 28 jours

La méthode de formulation calcule à partir d'une résistance moyenne.

Cette résistance moyenne est obtenue de la manière suivante : Résistance moyenne = Résistance caractéristique x coefficient de majoration (compris généralement entre 1,15 et 1,20).

Le coefficient de majoration 1,15 est défini dans le formulaire Configuration. C'est ce dernier qui va s'afficher à l'initialisation du logiciel si vous utilisez cette méthode de formulation. Si vous souhaitez le modifier, vous devez vous rendre dans le formulaire Configuration à l'onglet béton (Voir §4.8.4 - Onglet « Béton » de la présente notice).

La méthodologie Dreux-Gorisse établit la formulation vis-à-vis d'une résistance moyenne à la compression et les calculs de structure sont réalisés vis-à-vis d'une résistance caractéristique (Voir §2.2.1.2 - Résistance caractéristique du béton à la compression à 28 jours ).

$$f_{cm,exp} = K_{DG} \cdot F_{CE} \cdot \left( \frac{c}{E} - 0,5 \right) \quad (1)$$

La méthode de Dreux – Gorisse établit donc une formulation sur la base d'une résistance moyenne souhaité :  $f_{cm,exp}$  (Voir équation 1 ci-dessus).

Il faut donc passer d'une résistance moyenne à une résistance caractéristique, d'où l'apparition d'un coefficient de majoration, majoration car la résistance moyenne devra toujours être supérieure à la résistance caractéristique.

Valeur du coefficient de majoration :



La méthode Dreux-Gorisse formule le béton par rapport à une résistance moyenne.

Or, les calculs de structures se basent sur une résistance caractéristique du béton. Il faut donc passer d'une résistance caractéristique à une résistance moyenne afin que le béton formulé corresponde à celui exigé pour le calcul de la structure.

En conséquence, il est nécessaire de prévoir un coefficient de majoration pour permettre de passer de la résistance caractéristique à la résistance moyenne.

Ce coefficient, qui est toujours supérieur à 1, peut s'étager de 1,15 à 1,20 suivant ce qui figure dans la littérature.

Voir, par exemple ci-dessous, un extrait tiré de [5] :

En admettant pour la résistance en compression un coefficient de variation moyen (rapport entre l'écart-type et la moyenne) de l'ordre de 10% ([4] tableau 1.5), la résistance moyenne  $f_{cm,exp}$  peut être estimée en fonction de la résistance caractéristique  $f_{c28}$  visée, en supposant que la répartition des résistances en compression suit une loi normale, à l'aide de la formule suivante :

$$f_{cm,exp} \approx f_{c28} + 20 \% \quad (2)$$

NB : L'Eurocode 2 précise que la différence entre la résistance moyenne  $f_{cm}$  et la résistance caractéristique  $f_{ck}$  est de 8 MPa. Nous sommes ici dans une approche expérimentale, d'où la distinction entre la résistance moyenne expérimentale  $f_{cm,exp}$  et la résistance moyenne normative  $f_{cm}$  qui ont de fortes probabilités d'être différentes. Il en est de même pour les résistances caractéristiques expérimentale et normative qui vont elles aussi être différentes. C'est néanmoins la résistance caractéristique à 28 jours  $f_{c28}$  qui intervient dans notre formule 2 puisque c'est cette valeur la plus importante à valider afin de garantir la conformité du béton formulé.

Le coefficient de majoration doit être supérieur à 1. Une erreur s'affichera si le logiciel détecte une valeur inférieure à 1.



Il est donc généralement compris entre 1,10 et 1,20 soit entre 10% et 20%.

#### 4.3.2.8 Ouvrabilité du béton frais

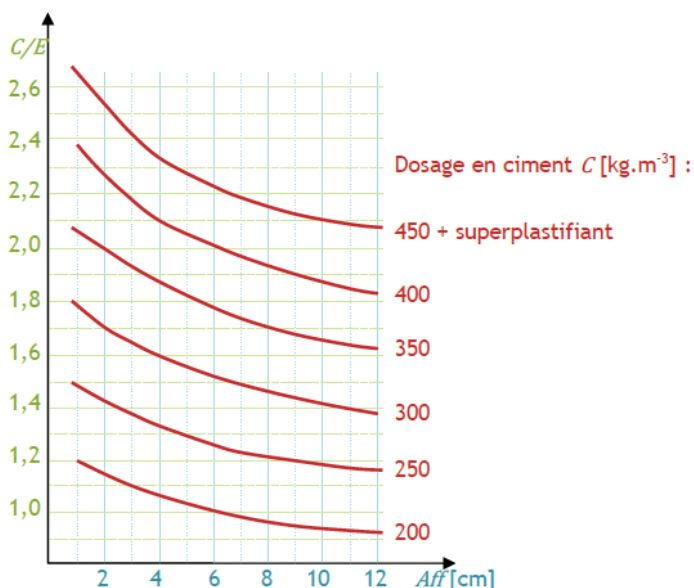


Figure 6 : Abaque pour l'estimation de la quantité de ciment [1]

d'Abrams. Les valeurs d'ouvrabilité pour cette méthode devront donc être spécifiées en cm, compris entre 1 et 12 cm. L'abaque ne va pas au-delà de 12 cm.

En conséquence, les valeurs d'ouvrabilité sont comprises entre 1cm et 12 cm par pas de 0,5cm. En dessous du demi cm, la précision n'a pas de signification pratique, nous restons sur chantier, dans le cadre d'un béton courant.

#### 4.3.2.9 Modes de vibration

Mode de vibration pour la réalisation de l'ouvrage :

☐ Leger ☐ Faible ☒ Normale ☐ Puissante ?

La méthodologie impose de connaître le type de vibration prévue pour la réalisation de l'ouvrage.

Elle répartie la vibration en 4 modes :

- Leger
- Faible
- Normal
- Puissant

Le mode de vibration léger correspond à un piquage ou léger piquage ou damage suivant le tableau ci-dessus.

Le mode de vibration faible pourra correspondre, par exemple, à l'utilisation d'une règle vibrante pour un plancher de forte épaisseur.

Le mode de vibration normal correspond à l'usage d'une aiguille vibrante, soit la classification vibration courante ou bonne vibration suivant le tableau ci-dessus.

Le mode de vibration puissant correspond à l'usage d'une table vibrante, de banche vibrante, de coffrage vibrant.

La détermination de ces modes de vibration est nécessaire pour :

- Le calcul de la compacité suivant le tableau 10-13 de [1]



- Le calcul du coefficient correctif pour le point de brisure A dans le tracé de la courbe granulaire de référence (tableau 10-12 de [\[1\]](#)). Pour ce tableau, Leger et Faible sont assimilés à Faible.

#### 4.3.2.10 Inclure les exigences de la classe d'exposition



En cochant cette case, vous allez imposer à la formulation du béton, les exigences de l'EN206-1. **Attention**, le logiciel propose 2 normes en référence : EN206-1 de 2000 [\[7\]](#) et celle de novembre 2022 [\[8\]](#). Par défaut, le logiciel prend la norme la plus récente soit celle de novembre 2022 [\[8\]](#).

Ainsi, si dans la formulation, vous demandez une résistance caractéristique de 25 MPa mais que la classe d'exposition impose une classe C30/37, le logiciel retiendra la valeur de résistance caractéristique 30 MPa.

Toutefois, la méthode Dreux-Gorisse étant relativement ancienne (développée dans les années 70), elle ne prend pas en compte certains éléments comme les additions minérales. Ces points-là ne seront donc pas contrôlés et figureront dans les avertissements.

La classe d'exposition est renseignée via exclusivement le formulaire « Classe d'exposition » accessible par :

- Le menu Outils>Classes d'exposition pour afficher ce formulaire.
- Le plus facile, en cliquant sur le bouton « Affichage du formulaire des classes d'exposition ».

Vous devez ensuite renseigner ce formulaire et cliquez sur le bouton « Ok » du même formulaire pour valider le choix du ou des classes d'exposition retenues que devra respecter la formulation du béton.

Voir aussi [§ 6.1- Classe d'exposition, page 99](#) de la présente notice pour plus de détails sur le formulaire des classes d'exposition.

### 4.3.3 Méthode de formulation Baron -Ollivier

---

#### 4.3.3.1 Renseignements exigés par la méthode

Avec le choix de cette méthode, le formulaire se présente sous la forme suivante :



Figure 4-3 - Formulaire dans le cadre de la méthode Baron - Ollivier

Dans le cadre de cette méthode, certaines données ne sont pas demandées et d'autres complémentaires sont nécessaires telles que :

1. La résistance caractéristique à la compression sur cylindre à 28 jours Voir §2.2.1.2 - Résistance caractéristique du béton à la compression à 28 jours pour plus de détail sans toutefois faire apparaître le coefficient de majoration Voir §4.3.3.2 ci-dessous qui est censé apporté plus précision (avec mes doutes toutefois). Il n'y a pas de différence entre les deux méthodes, simplement un cadre un peu plus précis pour la présente méthode avec, toutefois, un doute de ma part sur la qualité de cette précision. C'est la raison pour laquelle j'ai laissé l'éventail de choix de la résistance moyenne complètement ouvert, avec même la possibilité de renseigner directement la valeur de cette résistance moyenne.
2. Ouvrabilité du béton frais suivant les dispositions de l'EN206-1- Voir §2.2.1.3 - Ouvrabilité du béton frais pour plus de détail.
3. Mode de fabrication du béton qui permet d'obtenir la résistance moyenne à partir de la résistance caractéristique définie au point 1 ci-dessus- Voir §4.3.3.4
4. Le délai de mise en place du béton frais – Voir §4.3.3.5
5. La température du béton frais – Voir §4.3.3.5
6. Prise en compte de corrections pour la correction de la droite de référence dans la composition du squelette granulaire – Voir §4.3.3.8

Pour permettre la préparation des formulaires « Sable » et « Gravillon », il est aussi demandé le nombre de sable et de gravillon qui composeront le béton dans cette fenêtre. Dans l'image ci-dessus, il est possible de voir que le béton formulé sera un béton binaire (1 composant de chaque).

Les éléments figurant dans le box « Correction pour la composition granulaire » sont aussi à renseigner car ils vont permettre la construction de la droite de référence OAB correspondant à l'optimum granulaire.



Enfin, il reste une case à cocher concernant la prise en compte ou pas des exigences de la classe d'exposition sur le béton tels qu'ils figurent en annexe F de la norme EN 206-1. Cette case à cocher figure à l'identique pour les deux méthodes.

#### 4.3.3.2 Ouvrabilité

L'ouvrabilité dans la méthode Baron-Ollivier est légèrement différente de celle de la méthode Dreux-Gorisse dans le sens où elle renvoie au §4.2.1 de l'EN206-1 tableau 3 qui répertorie l'affaissement au cône d'Abrams en 5 classes S1 à S5.

Rappel du tableau des classes d'affaissement suivant l'EN206-1 :

| Classe suivant EN206-1 | Affaissement A (mm) au cône d'Abrams | Désignation    |
|------------------------|--------------------------------------|----------------|
| S1                     | 10 à 40                              | Ferme          |
| S2                     | 50 à 90                              | Plastique      |
| S3                     | 100 à 150                            | Très plastique |
| S4                     | 160 à 210                            | Fluide         |
| S5                     | $\geq 220$                           | Très fluide    |

Ces classes doivent être indiquées, en l'occurrence S2 dans [l'image ci-dessus](#).

La méthode Baron-Ollivier prend en compte les 3 premières classes (S1 à S3) et renvoie à l'usage de superplastifiant pour les classes S4 et S5. Le logiciel s'arrête à la classe S4.

La mise en place du béton dans son coffrage nécessite une certaine ouvrabilité (voir [§2.2.1.3 Ouvrabilité du béton frais](#)).

#### 4.3.3.3 Mode de fabrication du béton

Cet item renseigné permettra de calculer la résistance moyenne à partir de la résistance caractéristique renseignée précédemment, en fonction du mode de fabrication. Si vous avez un doute sur la méthode utilisée (comme moi), il vous suffit de renseigner directement la résistance moyenne.

Le 1<sup>er</sup> item est typiquement le cas d'une centrale à béton prêt à l'emploi ou d'une centrale à béton instrumentée sur chantier.

Le 2<sup>ème</sup> item peut caractériser tout le reste.

Le 3<sup>ème</sup> item permet de renseigner directement la valeur de la résistance moyenne à la compression, qui est la valeur cible de la formule de Bolomey, utilisée dans cette méthode (comme dans la méthode Dreux-Gorisse).

Les 2 premiers items vont permettre de moduler la correction apportée à la valeur de compression caractéristique  $f_{ck}$  pour déterminer la résistance moyenne  $F_c$  :

- Item n°1 : Si le matériel de fabrication est régulé et calibré, l'écart type est pris égal à 2 MPa et la valeur moyenne de résistance est prise égale à  $f_{ck} + 3$  ou  $f_{ck} + 4$  MPa suivant si  $f_{ck}$  inférieur, égal ou supérieur à 25 MPa
- Item n°2 : Si l'on ne dispose pas d'information sur la fabrication, l'écart type est pris égal à 3 MPa et la valeur moyenne de résistance est prise égale à  $f_{ck} + 5$  MPa ou  $f_{ck} + 6$  MPa suivant si  $f_{ck}$  inférieur, égal ou supérieur à 25 MPa



En résumé :

- $F_c = f_{ck} + 1,58$  s si  $f_{ck} \leq 25$  MPa
- $F_c = f_{ck} + 1,95$  s si  $f_{ck} > 25$  MPa

Ou s représente l'écart type

Soit 1<sup>er</sup> item :

- $F_c = f_{ck} + 3$  MPa si  $f_{ck} \leq 25$  MPa
- $F_c = f_{ck} + 4$  MPa si  $f_{ck} > 25$  MPa

Soit 2<sup>ème</sup> item :

- $F_c = f_{ck} + 5$  MPa si  $f_{ck} \leq 25$  MPa
- $F_c = f_{ck} + 6$  MPa si  $f_{ck} > 25$  MPa

Quel que soit le mode de fabrication, la formule de Bolomey modifiée est basée sur une résistance moyenne et cette dernière sera toujours supérieure à la résistance caractéristique par définition de cette dernière. La caractérisation du mode de fabrication permet de manière simple, d'indiquer la plage de valeur entre la résistance caractéristique et la résistance moyenne.

Si vous n'êtes pas d'accord avec les majorations préconisées par la méthode Baron-Ollivier (notamment, la valeur de l'écart type), il vous suffit d'utiliser le 3<sup>ème</sup> item, ce qui vous permettra de renseigner directement la valeur de la résistance moyenne  $F_c$ .

#### 4.3.3.4 Délai de transport et de mise en œuvre du béton

La valeur d'ouvrabilité indiquée plus haut dans le formulaire, est une valeur mesurée après vingt ou trente minutes d'attente. Pour une durée plus longue, on visera la classe immédiatement plus fluide que celle nécessaire à la mise en place : par exemple, pour un béton « plastique », viser un béton « très plastique ». Si l'on doit disposer d'un béton « fluide », on fera appel à un superplastifiant complété, au besoin, par un retardateur de prise.

En résumé :

- Si vous considérez que les délais de transport et de mise en œuvre ne modifieront pas la consistance du béton de manière à remettre en cause le bétonnage, alors vous cochez le bouton « Délai inférieur à 30 mn ». Dans ce cas, le niveau de consistance indiqué précédemment (Voir §4.3.3.2 - Ouvrabilité) est conservé.
- Si vous considérez que les délais de transport et de mise en œuvre peuvent altérer grandement la consistance du béton au point de remettre en cause le bétonnage, alors vous cochez le bouton « Délai supérieur à 30 mn ». Dans ce cas, le niveau de consistance indiqué précédemment, est augmenté d'un niveau par le logiciel. Ainsi si l'indication précédente était S3, le niveau va passer à S4.

Pour rappel (tableau extrait de [2], page 99)

| Température                      | 5°C                  |                   | 10°C                 |                   | 20°C                 |                   | 30°C                 |                   |
|----------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| Classe de résistance des ciments | Début de prise ± 1 h | Fin de prise ± 1h | Début de prise ± 1 h | Fin de prise ± 1h | Début de prise ± 1 h | Fin de prise ± 1h | Début de prise ± 1 h | Fin de prise ± 1h |
| 52.5                             | 7h00                 | 12h00             | 5h00                 | 8h00              | 3h00                 | 5h30              | 2h00                 | 4h00              |
| 42.5                             | 9h30                 | 14h30             | 6h00                 | 10h30             | 3h30                 | 6h00              | 2h30                 | 4h30              |
| 32.5                             | 10h00                | 15h30             | 7h00                 | 11h30             | 4h00                 | 7h00              | 3h00                 | 4h30              |

Tableau 4-1 - Influence de la température et de la classe de résistance du ciment sur la prise



Comme le montre le tableau ci-dessus et l'indique M. Chanvillard dans son ouvrage, le temps de prise du béton est suffisamment long pour permettre une mise en œuvre normale du béton. D'ailleurs, cette notion n'apparaît pas dans la méthode Dreux-Gorisse.

#### 4.3.3.5 La température du béton

Cette température renvoie aux conditions climatiques dans lesquelles vont se dérouler le bétonnage. Un temps froid à très froid (ne pas descendre en dessous de 5°C) pourra permettre d'abaisser la quantité d'eau. Par contre, un temps chaud devrait conduire à augmenter la quantité d'eau pour faire face à une évaporation accélérée.

Or, c'est une mauvaise pratique d'accroître la quantité d'eau par temps chaud car on réduit sensiblement la résistance du béton durci (d'où la zone grisée sur le tableau ci-dessous). Utiliser plutôt des adjuvants.

| Température (°C)           | 5    | 10   | 15   | 20 | 25   | 30   | 35   |
|----------------------------|------|------|------|----|------|------|------|
| Coefficient multiplicateur | 0.94 | 0.96 | 0.98 | 1  | 1.04 | 1.08 | 1.12 |

Si vous ne souhaitez aucune modification, laissez la température à 20°C.

#### 4.3.3.6 Exigences de la classe d'exposition

Pour partie, identique au formulaire de la méthode « Dreux-Gorisse » - Voir [§4.3.2.10 ci-dessus](#)

Toutefois, les exigences sur les additions minérales au ciment seront prises en compte uniquement par la méthode « Baron-Ollivier ».

Voir aussi [§ 6.1- Classe d'exposition, page 99](#) de la présente notice.

#### 4.3.3.7 Composition pondérale humide

Idem au formulaire « Dreux-Gorisse » - Voir [§4.3.2.5 - Composition volumique et pondérale](#) et [§4.3.2.6 - Composition pondérale humide](#)

#### 4.3.3.8 Corrections pour droite de référence – Squelette granulaire

Cette correction se présente sous la forme suivante :

Corrections pour la composition de la courbe granulaire :

☐ Béton non armé      ☐ Densité de ferrailage  $\leq$  à 80 kg/m<sup>3</sup>      ☐ Densité de ferrailage  $>$  à 80 kg/m<sup>3</sup>      ?

☐ Béton destiné à être pompé      ☐ Correction module de finesse

Figure 4-4 - Correction droite de référence

En cochant ou pas, une ou plusieurs des options proposées ci-dessus, vous allez modifier l'ordonnée du point de brisure de la courbe de référence.

Les corrections sont les suivantes :

- Béton non armé : aucune correction
- Béton armé avec une densité de ferrailage  $\leq$  à 80kg/m<sup>3</sup> : majoration de 5% de l'ordonnée, ce qui majore la quantité de sable par rapport à la quantité de gravillon.
- Béton armé avec une densité de ferrailage  $>$  à 80kg/m<sup>3</sup> : majoration de 10% de l'ordonnée, ce qui majore la quantité de sable par rapport à la quantité de gravillon.
- Béton destiné à être pompé : majoration de 10% de l'ordonnée, ce qui majore la quantité de sable par rapport à la quantité de gravillon. Cette majoration ne vient pas en sus des majorations pour béton armé.



Si le béton est suffisamment fluide pour être pompé, il sera suffisamment fluide pour passer à travers les cages de ferrailage.

- Correction du module de finesse : majoration/minoration suivant la même règle que la méthode Dreux-Gorisse suivant l'équation 6.mf-15 soit une majoration de 1,8% (soit +1,8 puisque l'ordonnée est en % de tamisat) pour un mf=2,8 et une minoration de 2,4 (soit -2,4) pour un mf = 2,1. Cette correction figure dans [2] mais pas dans la méthode originale [3].

Enfin, M. Chanvillard propose à travers [2], quelques % si la vibration à la mise en œuvre est puissante. La méthode Dreux-Gorisse propose aussi la même modification mais en étant bien plus précise. La méthode originale Baron-Ollivier ne prévoyant rien de la sorte, j'ai préféré m'abstenir de la mettre en place.

Certains éléments peuvent être cumulatifs (densité >80kg/m3 + module de finesse par exemple).

Enfin, une correction est prise en compte de manière automatique sans qu'elle n'apparaissent ci-dessus : majoration de 3% en cas d'utilisation de granulats concassés (idem que pour la méthode Dreux-Gorisse).

## 4.4 Formulaire Sable

### 4.4.1 Présentation générale du formulaire

Le formulaire comprend 2 à 3 onglets suivant le nombre de sables :

- Le 1<sup>er</sup> onglet est l'onglet définissant les tamis utilisés pour l'analyse granulométrique des sables n°1 et n°2 (si ce dernier existe).
- Le 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> onglet définissent les caractéristiques des sables n°1 et n°2 utilisés dans la formulation du béton. Si le béton ne comporte qu'un seul sable, le 3<sup>ème</sup> onglet n'apparaît pas.

Le formulaire comprend les éléments figurant dans l'image ci-dessous. Tous les éléments ne sont pas forcément visibles simultanément. Certains n'apparaissent pas car non exigés par la méthode de formulation utilisée.

Figure 4-5 - Formulaire Sable

L'image figurant ci-avant, montre le formulaire vierge, sans aucun renseignement, dans le cadre où la formulation demande 2 sables.

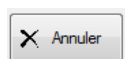
L'onglet n°1 est toujours affiché en premier lors de l'appel au formulaire depuis le menu général.

Comme pour tous les formulaires, il comporte les boutons « OK » et « Annuler » dont la définition est rappelée ci-après :



Le bouton « OK » valide les données renseignées et ferme le formulaire.

L'appui sur la touche « Enter » du clavier produit le même effet.



Le bouton « Annuler » permet de quitter le formulaire sans valider les données renseignées. Ce bouton est équivalent à cliquer sur la croix rouge, en haut à droite du formulaire. L'appui sur la touche « Echap » du clavier produit le même effet.



#### 4.4.2 Onglet n°1 – Caractéristique des tamis

L'onglet « Tamis » se présente sous la forme suivante :

Figure 4-6 - Formulaire Sable - Onglet Tamis

cochées pour tous les sables utilisés. Sinon, cela fera l'objet d'un message d'erreur de la part du logiciel et le calcul de formulation ne pourra être exécuté.



##### Remarques importantes :

##### Remarque n°1 :

Il ne doit pas y avoir de trou dans la suite des dimensions de tamis que vous utilisez pour la détermination de la granulométrie de votre sable dans le cas où vous utilisez 2 sables.

Ainsi, dans le cadre d'une granulométrie par cumul de tamisât en %, vous indiquez 20% pour le module 25 et 30% pour le module 27, vous créez un trou car aucun renseignement ne figure pour le module 26. Si vous n'utilisez qu'un seul sable, cela n'aura pas de conséquence. Par contre, si vous utilisez 2 sables, le logiciel ne pourra pas déterminer la valeur du tamisât pour le module 26 car elle n'aura pas été renseignée.

##### Remarque n°2 :

La qualité du sable utilisé est fonction du module de finesse. Pensez donc à renseigner les modules de tamis permettant le calcul du module de finesse dans le cadre de la méthode de calcul adoptée.

Pour rappel :

L'image ci-contre correspond au formulaire avec l'ensemble de ses champs. Il est possible que lors de votre utilisation, vous ne voyez pas apparaître tous ces champs en raison de la formulation utilisée. Voir détail dans le reste de la notice.

L'onglet Tamis présente toutes les dimensions de tamis qui pourront être utilisées pour l'analyse granulométrique des sables n°1 et n°2.

Comme les sables peuvent être différents en terme de taille, il ne sera pas forcément utilisé les mêmes dimensions de tamis pour le sable n°1 et pour le sable n°2. Le logiciel différencie donc l'utilisation des tamis en réservant la partie haute du formulaire pour le sable n°1 et la partie basse du formulaire pour le sable n°2. Toutefois, prendre en compte la remarque n°1 ci-dessous.

Les méthodes de formulation exigent la détermination du module de finesse pour les sables (Cf. §2.4.2.2 - Module de finesse). Ces dimensions de tamis doivent donc être obligatoirement



- Méthode Dreux-Gorisse : 5 - 2,5 et 1,25 mm ; 630 – 315 et 160µm
- Méthode Baron-Ollivier : 10 - 5 - 2,5 et 1,25 mm ; 630 – 315 et 160µm

#### 4.4.3 Onglet n°2 et 3 – Caractéristiques des sables

---

##### 4.4.3.1 Identité du sable

Sert à identifier le sable utilisé – Exemple : 0/4, S1, Sable 0/4, etc....

Le nom est rentré sous un format libre (voir ci-dessus). C'est ce nom qui sera repris dans la note de calcul de la formulation.

##### 4.4.3.2 Classe granulaire

Cela se présente sous la forme :

Classe granulaire : d  / D

Avec :

- d le diamètre minimal. Pour le sable, il est généralement égal à 0.
- D, le diamètre maximal

Le diamètre maximal doit toujours être supérieur au diamètre minimal.

##### 4.4.3.3 Forme du sable

La production du sable doit être identifiée : roulé ou concassé. Ces qualités résultent :

- Roulé : généralement produit naturel obtenu par criblage, exemple sable de rivière, grains plus ou moins arrondis.
- Concassé : produit de concassage, grains plus ou moins anguleux

Les méthodes de formulation nécessitent la connaissance de cet item vis-à-vis de 2 points :

- Adaptation de la droite de référence pour le squelette granulaire
- Adaptation de l'ouvrabilité (formulation Dreux-Gorisse)
- Adaptation de la quantité d'eau efficace (formulation Baron-Ollivier)

##### 4.4.3.4 Coefficient granulaire du sable

Pour mémoire.

Le coefficient granulaire Kg de [l'équation de Bolomey](#) ou de [Bolomey simplifié](#) caractérise l'ensemble du squelette granulaire. Il est donc unique pour l'ensemble des granulats composant le squelette granulaire du béton.

Pour éviter toute incohérence, il doit être renseigné uniquement dans l'onglet du gravillon n°1 – Voir [§4.5.3.4 - Coefficient granulaire page 73](#) de la présente notice.

##### 4.4.3.5 Sable correcteur

Dans le cas où le sable renseigné agit comme un sable correcteur, vous devez cocher cet item.

Sinon, le logiciel vous renverra une erreur lors du calcul du module de finesse en indiquant que ce sable n'est pas approprié pour la confection du béton.



Il n'y a pas d'ordre pour le sable correcteur. Il peut aussi bien s'agir du sable n°1 que du sable n°2, voire des 2 sables si c'est la composition des deux qui assure  $m_f = 2,5$ .

Voir §9.2.2 - Exemple n°1-2 – Béton courant 30 MPa 2 sables et 2 gravillons avec amendement ENS dans le chapitre des exemples pour un exemple de sable correcteur.

#### Rappel du rôle du sable correcteur :

Dans le cas où le 1<sup>er</sup> sable renseigné dispose d'un module de finesse éloigné de la valeur optimale qui est 2,5, vous avez la possibilité de rajouter un sable correcteur qui, vous permettra d'obtenir par le mélange des 2 sables, un module de finesse de 2,5.

Voir §2.4.2.2 - Module de finesse et §2.4.2.3 - Mélange de 2 sables du présent document pour plus de détail.

#### 4.4.3.6 Densité

Dans le cadre d'une composition pondérale, il est nécessaire de connaître la densité du sable. Il s'agit d'une densité sèche, c.à.d. avec un sable sans aucune teneur en eau.

Celle-ci s'exprime en tonne par m<sup>3</sup> ou en kg/l. C'est équivalent car 1m<sup>3</sup>=1000L et 1 tonne = 1000 kg.

La densité figure sur la fiche technique du sable fournie par le producteur de granulat.

Si vous affichez la page sans avoir téléchargé de fichier de données, il affichera, dans le champ de texte correspondant, la densité renseignée au formulaire de configuration. Voir §4.8.5 - Onglet Sable page 89 à la fin de la présente notice.

La valeur prise par défaut par le logiciel, est de 2,7 T/m<sup>3</sup>.

Il s'agit d'un granulat courant suivant la définition de l'EN206-1 ce qui implique une masse volumique >2000kg/m<sup>3</sup> et <3000kg/m<sup>3</sup> déterminée selon l'EN 1097-6. Si la densité renseignée ne se trouve pas entre ces 2 bornes, le logiciel affichera une erreur.

#### 4.4.3.7 Teneur en humidité

Dans le [formulaire des exigences de formulation](#), le projeteur a demandé la note de calcul avec la composition pondérale humide, soit la prise en compte de l'eau contenue dans les granulats. Cela impose de connaître la teneur en eau du sable utilisé dans la composition du béton.

Cette teneur en eau est exprimée en %. Ainsi, si un sable a une teneur en humidité de 7,5%, la valeur indiquée dans le champ de texte sera de 7,5.

Cela permet d'apporter les corrections suivantes, comme le montre l'exemple ci-dessous :

- Masse totale du sable sec : 200 kg
- Teneur en humidité du sable : 10%
- Masse totale du sable humide à la teneur indiquée ci-dessus : 200 kg de sable sec + 20 litres d'eau = 220 kg de sable humide à la teneur de 10%
- Ces 20 litres d'eau seront retirés du volume total d'eau nécessaire à la composition du béton. Voir [Exemple n°1](#) à la fin du présent document pour la mise en œuvre de cette procédure.

Pour rappel :

| Degré d'humidité des granulats | Sec    | Humide | Mouillé | Trempé   |
|--------------------------------|--------|--------|---------|----------|
| Pourcentage d'eau              | 0 à 3% | 4 à 7% | 8 à 11% | 12 à 15% |

**Sec :** cas rare, les granulats présentent un aspect mat et laissent la main un peu poussiéreuse.



**Humide** : cas le plus courant, l'aspect des granulats est brillant et ils laissent la main mouillée : les grains de sable y adhèrent légèrement et on peut en faire une boulette en les comprimant.

**Mouillé** : cas ne se présentant guère que pour des granulats subissant ou venant de subir une pluie importante.

**Trempe** : cas rare, cela suppose des granulats complètement saturés d'eau et à peine égouttés.

Une alerte est affichée par le logiciel si vous indiquez une valeur supérieure à 15% ou une valeur à 0%.

Si vous réalisez votre formulation sur granulats secs, ces demandes d'information n'apparaîtront pas.

Par contre, si vous formulez avec des granulats intégrant une teneur en humidité, il vous faudra préciser :

- La teneur en humidité du granulat en %.
- Le coefficient d'absorption du granulat avec les fines (Passant < 63µm) en %. Cet élément figure sur la Fiche Technique Produit du granulat qui doit vous être remise par le producteur de granulat.

Pour rappel :

- La méthode Dreux-Gorisse travaille en Eau Totale
- La méthode Baron-Ollivier travaille en Eau Efficace

Il faut donc faire attention quand on compare les résultats obtenus par les 2 méthodes sur la quantité d'eau. Et comparer ce qui est comparable !

Les limites de la teneur en humidité pour le sable ont été fixées entre 0,1% et 20%. La valeur prise par défaut par le logiciel est de 7%.

#### 4.4.3.8 Coefficient d'absorption

Il se présente sous la forme suivante :

Coefficient d'absorption :  (%) ?

Ce coefficient s'exprime en %. Il figure sur la Fiche Technique Produit remise par le producteur de granulats.

Ce coefficient permet de prendre en compte l'eau qui sera absorbée par le sable et qui ne servira pas à l'hydratation du ciment ou à l'ouvrabilité du béton.

Ce coefficient a un impact sur la quantité nécessaire au gâchage du béton suivant la méthode de formulation utilisée Dreux-Gorisse ou Baron-Ollivier. Voir les 2 exemples ci-dessous.

##### Exemple n°1 avec un calcul en Eau Efficace (Baron-Ollivier) :

Eau Efficace : 200 L

Masse totale du gravillon sec : 300 kg

Teneur en humidité du sable : 4%

Coefficient d'absorption du sable : 1%

La quantité d'eau Efficace s'établira à :

- Humidité du sable déduction faite de l'absorption : 3% soit  $0.03 \times 300 = 9$  L
- Quantité d'eau efficace nécessaire à fournir pour le gâchage du béton :  $200 - 9 = 191$  L



Exemple n°2 avec un calcul en Eau Totale (Dreux-Gorisse) :

Eau Totale : 200 L

Masse totale du gravillon sec : 300 kg

Teneur en humidité du sable : 4%

Coefficient d'absorption du sable : 1% - Sans objet dans le cadre de la méthode Dreux-Gorisse. Cet item n'apparaît pas. Il n'y aura donc pas besoin de le renseigner.

La quantité d'eau Totale s'établira à :

- Humidité du sable : 4% soit  $0.04 \times 300 = 12$  L
- Quantité d'eau totale nécessaire à fournir pour le gâchage du béton :  $200 - 12 = 188$  L

C'est la raison pour laquelle le coefficient d'absorption n'apparaît pas dans le formulaire lors de l'utilisation de la méthode Dreux-Gorisse car on utilise uniquement la teneur en humidité.

Les limites du coefficient d'absorption pour le sable ont été fixées entre 0,01% et 2%. La valeur prise par défaut par le logiciel est de 0,15%.

#### 4.4.3.9 Teneur en fines

Uniquement dans le cadre de la méthode Baron-Ollivier.

Par « Fines », on entend l'ensemble des grains solides d'un béton passant au tamis de maille 63µm.

Teneur en fines :  (%) ?

La teneur doit être indiquée en %. Ainsi, une teneur en fines de 2 % doit être renseigné dans le champ de texte comme 2 (comme sur l'image ci-contre) et non 0,02.

Figure 4-7 - Teneur en fines

Le logiciel permet la prise en compte des fines provenant du sable. Elles viendront s'ajouter au ciment et aux additions afin de déterminer le volume total de fines et ainsi, pouvoir établir une comparaison avec le volume optimal pour une porosité minimale (important pour éviter les risques de ségrégation).

Le pourcentage indiqué est un pourcentage sur le volume. Ainsi, si le volume de sable entrant dans 1 m<sup>3</sup> de béton est de 250L et que le pourcentage de fines naturelles de ce sable est de 10%, le volume de fines apporté par ce sable sera de 25L ( $250 \times 0,10$ ). C'est aussi le Tamisat (ou passant cumulé) au tamis de maille 63µm.

#### **Teneur en fines = % en volume**

#### 4.4.3.10 Granulométrie du sable

Vous pouvez renseigner les valeurs granulométriques par deux méthodes :

- Soit directement dans le formulaire
- Soit, plus simplement, depuis un fichier texte. Cela peut s'avérer plus rapide surtout s'il y a beaucoup de données, en raison de la simplicité de ce fichier (voir ci-dessous).

##### 4.4.3.10.1 Directement par le formulaire :

Vous pouvez renseigner la granulométrie par 4 modes différents :

1. En indiquant les valeurs en grammes, des refus pour les dimensions de tamis sélectionnés



2. En indiquant les valeurs en grammes, des refus cumulés pour les dimensions de tamis sélectionnés
3. En indiquant les valeurs en grammes, des tamisât cumulés (= passants cumulés) pour les dimensions de tamis sélectionnés
4. En indiquant les valeurs en pourcentage (20% = 20 et non 0,2), des refus cumulés pour les dimensions de tamis sélectionnés. Les valeurs numériques doivent être entières. Ainsi, le logiciel ne prendra pas en compte 20,3% mais 20%. Cela simplifie l'écriture du logiciel et ne modifie pas les performances de la formulation.
5. En indiquant les valeurs en pourcentage (50% = 50 et non 0,5), des tamisât cumulés pour les dimensions de tamis sélectionnés. Même remarque que ci-dessus pour les valeurs numériques (valeurs entières).

Pour les choix 1 à 3, vous devez indiquer la masse totale de l'échantillon et le logiciel calculera les valeurs de tamisât cumulés en %.

Pour les choix 4 et 5, il n'est pas nécessaire d'indiquer une masse totale d'échantillon, le logiciel ne prend pas en compte cette donnée.



**Attention : pas de panachage**

Si vous indiquez les premières valeurs en mode Refus, alors toutes les valeurs doivent être en mode refus. Vous ne pouvez pas panacher et indiquer certaines valeurs en mode Refus et d'autres en tamisât cumulés.

4.4.3.10.2 Depuis un fichier de données sous format texte

Il s'agit d'un fichier en format .txt même s'il porte l'extension .granulo. Cette extension permet simplement au programme de retrouver plus rapidement le fichier granulométrique.

Ces fichiers texte peuvent être écrits et lus avec le logiciel NotePad de Windows ou le logiciel gratuit Notepad++.

Présentation du fichier de données pour l'analyse granulométrique :

| SableOFBTP.granulo - Bloc-notes |         |        |           |
|---------------------------------|---------|--------|-----------|
| Fichier                         | Edition | Format | Affichage |
| 530                             |         |        |           |
| Refus                           |         |        |           |
| 0.08                            | 12      |        |           |
| 0.16                            | 75      |        |           |
| 0.315                           | 73      |        |           |
| 0.63                            | 102     |        |           |
| 1.25                            | 124     |        |           |
| 2.5                             | 89      |        |           |
| 5                               | 26      |        |           |

Pour simplifier l'entrée des données pour l'analyse granulométrique du sable, il peut être utilisé un fichier au format texte mais qui portera l'extension .granulo et qui se présentera de la façon très simple, suivante :

- La 1<sup>ère</sup> ligne correspond à la masse totale sèche de l'échantillon de sable en grammes, qui a fait l'objet de l'analyse granulométrique. Dans l'image ci-contre, la masse de l'échantillon est de 530 grammes. Toutefois, si vous renseignez un fichier en refus cumulé % ou tamisât cumulé %, il vous sera nécessaire de mettre un chiffre (0 par exemple) pour assurer la compatibilité entre tous les fichiers. [Voir fichier Gravillon par exemple.](#)
- La 2<sup>ème</sup> ligne est une ligne d'entête qui comportera la mention « refus » ou « refuscumuleg » ou « refuscumule% » ou « tamisât cumuleg » ou « tamisât cumule% » avec
  - Refuscumuleg = refus cumulé en g
  - refuscumule% = refus cumulé en %
  - tamisât cumuleg = tamisât cumulé en g
  - tamisât cumule% = tamisât cumulé en %
- **Attention : cette mention ne doit être composée que d'un seul mot. Ainsi refuscumuleg est bon mais refus cumule g n'est pas bon car composé de 3 mots (pas de blancs entre les mots).**
- Autant de ligne qu'il y a de valeurs avec la décomposition suivante :
  - 1<sup>ère</sup> valeur = valeur de la dimension du tamis
  - 2<sup>ème</sup> valeur = valeur du refus ou du tamisât suivant ce qui a été indiqué en entête



Dans le cas de la figure ci-dessus, nous avons à gauche la dimension du tamis et à droite la valeur du refus en gramme puisque la 2<sup>ème</sup> ligne indique « refus ».

L'image ci-dessus montre bien la simplicité de ce type de fichier.

#### 4.4.3.11 Analyse granulométrique du sable

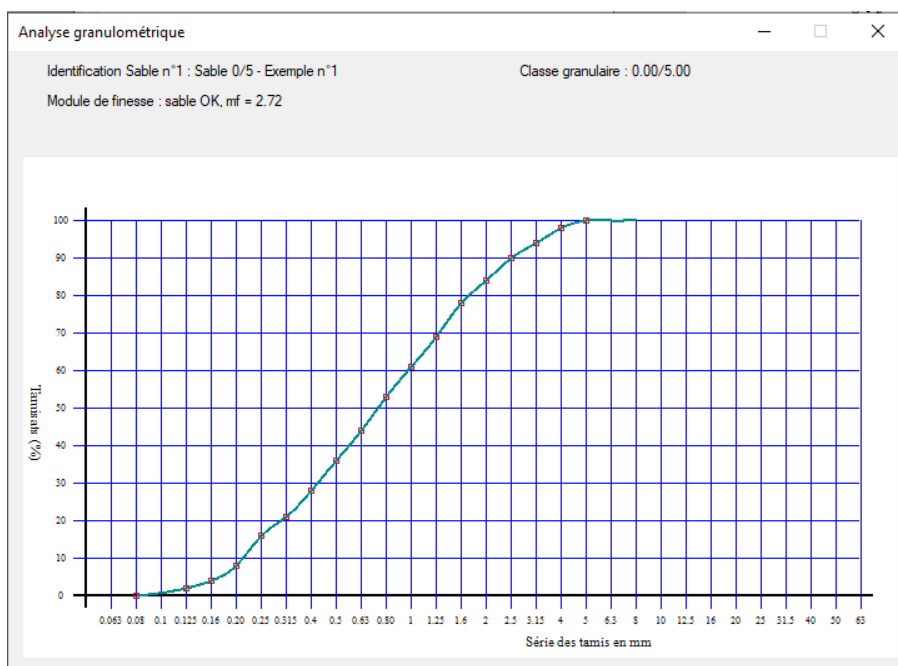
Une fois l'ensemble des données indiquées ci-avant renseignées, vous avez la possibilité de procéder à l'analyse granulométrique du sable avec le calcul de son module de finesse, ce qui est intéressant à plusieurs titres :

- Vérifier si vous n'avez pas fait d'erreur dans l'entrée des données granulométriques.
- Vérifier si vos données sont cohérentes. Il n'est pas toujours facile de lire les courbes granulométriques et, parfois, il est facile de se tromper de quelques % sur une donnée. Le tracé de la courbe par [spline cubique](#) va vous le montrer de suite.
- Vérifier si le module de finesse est proche ou éloigné de l'optimum de 2,5
- Voir si la granulométrie est continue ou si elle présente des manques (manque en fines par exemple ou, au contraire en gros éléments). Et ainsi de prévoir un sable correcteur.
- Et enfin, vérifier que les valeurs des tamis nécessaire au calcul du module de finesse ont bien été renseignées.

Procéder à l'analyse granulométrique

Pour procéder à l'analyse granulométrique, vous devez cliquer sur le bouton ci-contre.

Ce dernier affichera, alors, l'écran ci-dessous :



Affichage comprenant :

- L'identification du sable. Ici, sable n°1 : Sable 0/5 – exemple 1
- La classe granulaire du sable. Dans notre cas : 0/5
- Le module de finesse : ici, mff = 2,72.

Figure 4-8 - Affichage courbe granulométrique

Rappel des modules de tamis pour le calcul du module de finesse :

- Méthode Dreux-Gorisse 5 - 2,5 et 1,25 mm ; 630 – 315 et 160µm
- Méthode Baron-Ollivier 10 - 5 - 2,5 et 1,25 mm ; 630 – 315 et 160µm



#### 4.4.3.12 Module de finesse cible (uniquement pour l'onglet Sable n°2)

Pour l'onglet Sable n°2, vous devez renseigner le module de finesse cible par mélange des deux sables (Voir §2.4.2.3 - Mélange de 2 sables pour la partie théorique).

Cette valeur est déjà pré-remplie à 2,5. Vous pouvez la modifier si vous le souhaitez. Toutefois, au-delà de 0,05 d'écart par rapport à la valeur de 2,5, un avertissement sera affiché.

### 4.4.4 Sauvegarde des données

---

Le formulaire propose 2 niveaux de sauvegarde :

- La sauvegarde propre aux données granulométriques (voir §4.4.3.10.2 ci-dessus 4.4.3.10.2)
- La sauvegarde complète des caractéristiques du sable y compris les données granulométriques via le bouton « Sauvegarder les caractéristiques du sable » (Voir §7.6.2 - Le fichier de données des granulats )

L'avantage de cette disposition est de vous permettre d'utiliser les caractéristiques générales d'un sable avec des données granulométriques différentes sans devoir tout renseigner de nouveau.

Quand vous sauvegardez les données de l'affaire via la commande « Enregistrer sous ... » dans le menu « Fichier », vous sauvegardez aussi, les données des sables renseignés. Mais cette fois-ci, les données sont « noyées » dans les données des composants du béton. Elles ne sont donc plus utilisables pour la formulation d'un autre béton.

## 4.5 Formulaire Gravillon

### 4.5.1 Présentation générale du formulaire

---

Le formulaire « Gravillon » se présente sous la forme suivante :



Caractéristiques des gravillons

Dimensions de tamis   Caractéristiques du gravillon   Caractéristiques du gravillon n°2

Dimensions des tamis utilisés pour la détermination de la granulométrie du gravillon :

|                                            |                                           |                                           |                                         |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 - Module 31     | <input type="checkbox"/> 4 - Module 37    | <input type="checkbox"/> 16 - Module 43   | <input type="checkbox"/> 63 - Module 49 |
| <input type="checkbox"/> 1.125 - Module 32 | <input type="checkbox"/> 5 - Module 38    | <input type="checkbox"/> 20 - Module 44   | <input type="checkbox"/> 80 - Module 50 |
| <input type="checkbox"/> 1.6 - Module 33   | <input type="checkbox"/> 6.30 - Module 39 | <input type="checkbox"/> 25 - Module 45   |                                         |
| <input type="checkbox"/> 2 - Module 34     | <input type="checkbox"/> 8 - Module 40    | <input type="checkbox"/> 31.5 - Module 46 |                                         |
| <input type="checkbox"/> 2.5 - Module 35   | <input type="checkbox"/> 10 - Module 41   | <input type="checkbox"/> 40 - Module 47   |                                         |
| <input type="checkbox"/> 3.15 - Module 36  | <input type="checkbox"/> 12.5 - Module 42 | <input type="checkbox"/> 50 - Module 48   |                                         |

**Cochez uniquement les dimensions de tamis utilisées pour l'analyse granulométrique du gravillon**

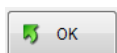
Dimensions des tamis utilisés pour la détermination de la granulométrie du gravillon n°2 :

|                                            |                                           |                                           |                                         |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 - Module 31     | <input type="checkbox"/> 4 - Module 37    | <input type="checkbox"/> 16 - Module 43   | <input type="checkbox"/> 63 - Module 49 |
| <input type="checkbox"/> 1.125 - Module 32 | <input type="checkbox"/> 5 - Module 38    | <input type="checkbox"/> 20 - Module 44   | <input type="checkbox"/> 80 - Module 50 |
| <input type="checkbox"/> 1.6 - Module 33   | <input type="checkbox"/> 6.30 - Module 39 | <input type="checkbox"/> 25 - Module 45   |                                         |
| <input type="checkbox"/> 2 - Module 34     | <input type="checkbox"/> 8 - Module 40    | <input type="checkbox"/> 31.5 - Module 46 |                                         |
| <input type="checkbox"/> 2.5 - Module 35   | <input type="checkbox"/> 10 - Module 41   | <input type="checkbox"/> 40 - Module 47   |                                         |
| <input type="checkbox"/> 3.15 - Module 36  | <input type="checkbox"/> 12.5 - Module 42 | <input type="checkbox"/> 50 - Module 48   |                                         |

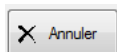
OK   Annuler

Figure 4-9 - Formulaire Gravillon

Comme tous les formulaires, il comporte les boutons « OK » et « Annuler » dont la définition est rappelée ci-après :



Le bouton « OK » valide les données renseignées et ferme le formulaire. L'appui sur la touche « Enter » du clavier produit le même effet.



Le bouton « Annuler » permet de quitter le formulaire sans valider les données renseignées. Ce bouton est équivalent à cliquer sur la croix rouge, en haut à droite du formulaire. L'appui sur la touche « Echap » du clavier produit le même effet.

## 4.5.2 Onglet n°1 – Caractéristique des tamis

L'onglet est constitué de la façon suivante :

L'image ci-contre présente le cas de figure où le squelette granulaire du béton comporte 2 gravillons (nombre maximal autorisé dans cette version logicielle).

Dans le cas où le squelette granulaire ne comporte qu'un seul gravillon, l'onglet dénommé « Caractéristiques du gravillon n°2 » n'apparaît pas.

De même n'apparaît pas les tamis figurant en partie basse du formulaire.

Ne sont affichés uniquement les éléments nécessaires aux renseignements et calculs de formulation. Cela rend le formulaire plus lisible et plus facilement compréhensible.



| Dimensions de tamis                                                                                    | Caractéristiques du gravillon             | Caractéristiques du gravillon n°2         |                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Dimensions des tamis utilisés pour la détermination de la granulométrie du gravillon :</b>          |                                           |                                           |                                         |
| <input type="checkbox"/> 1 - Module 31                                                                 | <input type="checkbox"/> 4 - Module 37    | <input type="checkbox"/> 16 - Module 43   | <input type="checkbox"/> 63 - Module 49 |
| <input type="checkbox"/> 1.125 - Module 32                                                             | <input type="checkbox"/> 5 - Module 38    | <input type="checkbox"/> 20 - Module 44   | <input type="checkbox"/> 80 - Module 50 |
| <input type="checkbox"/> 1.6 - Module 33                                                               | <input type="checkbox"/> 6.30 - Module 39 | <input type="checkbox"/> 25 - Module 45   |                                         |
| <input type="checkbox"/> 2 - Module 34                                                                 | <input type="checkbox"/> 8 - Module 40    | <input type="checkbox"/> 31.5 - Module 46 |                                         |
| <input type="checkbox"/> 2.5 - Module 35                                                               | <input type="checkbox"/> 10 - Module 41   | <input type="checkbox"/> 40 - Module 47   |                                         |
| <input type="checkbox"/> 3.15 - Module 36                                                              | <input type="checkbox"/> 12.5 - Module 42 | <input type="checkbox"/> 50 - Module 48   |                                         |
| <b>Cochez uniquement les dimensions de tamis utilisées pour l'analyse granulométrique du gravillon</b> |                                           |                                           |                                         |
| <b>Dimensions des tamis utilisés pour la détermination de la granulométrie du gravillon n°2 :</b>      |                                           |                                           |                                         |
| <input type="checkbox"/> 1 - Module 31                                                                 | <input type="checkbox"/> 4 - Module 37    | <input type="checkbox"/> 16 - Module 43   | <input type="checkbox"/> 63 - Module 49 |
| <input type="checkbox"/> 1.125 - Module 32                                                             | <input type="checkbox"/> 5 - Module 38    | <input type="checkbox"/> 20 - Module 44   | <input type="checkbox"/> 80 - Module 50 |
| <input type="checkbox"/> 1.6 - Module 33                                                               | <input type="checkbox"/> 6.30 - Module 39 | <input type="checkbox"/> 25 - Module 45   |                                         |
| <input type="checkbox"/> 2 - Module 34                                                                 | <input type="checkbox"/> 8 - Module 40    | <input type="checkbox"/> 31.5 - Module 46 |                                         |
| <input type="checkbox"/> 2.5 - Module 35                                                               | <input type="checkbox"/> 10 - Module 41   | <input type="checkbox"/> 40 - Module 47   |                                         |
| <input type="checkbox"/> 3.15 - Module 36                                                              | <input type="checkbox"/> 12.5 - Module 42 | <input type="checkbox"/> 50 - Module 48   |                                         |

Figure 4-10 - Onglet Tamis

Il s'utilise de la même façon que pour les tamis du sable.

Les dimensions de tamis commencent au module 31 pour correspondre à l'appellation « Gravillon ».

Dans l'image ci-contre, les 2 séries de tamis sont affichées car le squelette granulaire du béton comporte 2 gravillons.

Sinon, dans le cas d'un seul gravillon, la série du tamis du bas n'est pas affichée.

Dans le cas des gravillons, il n'y a pas de tamis « obligatoire », à contrario des sables avec l'exigence du calcul du module de finesse.

### 4.5.3 Onglet n°2 et 3 – Caractéristiques des gravillons

#### 4.5.3.1 Identité du gravillon

Sert à identifier le gravillon – Exemple : G5/20, G1, etc....

#### 4.5.3.2 Classe granulaire

Cela se présente sous la forme :

Classe granulaire : d  / D

Avec :

- d le diamètre minimal du granulat
- D, le diamètre maximal du granulat

La classe granulaire d'un gravillon est définie par 2 chiffres d/D avec :

- d = dimension du tamis en mm ou le passant est compris entre 0 et 15% - Petite dimension
- D = dimension du tamis en mm ou le refus est compris entre 1% et 15% - Grande dimension

La valeur de D doit respecter la condition du §8.2(2) de l'EN1992-1-1. Le logiciel suppose que le projeteur a validé cette condition.



Ainsi, une formulation type gravillon 5/20 signifie que le passant au tamis de 5mm sera au maximum de 15% et que le refus au tamis de 20mm sera au maximum de 15%.

#### 4.5.3.3 Forme du gravillon

La forme du gravillon doit être identifiée : roulé ou concassé. Ces qualités résultent :

- Roulé : généralement produit naturel obtenu par criblage, exemple sable de rivière, grains plus ou moins arrondis.
- Concassé : produit de concassage, grains plus ou moins anguleux

Les méthodes de formulation nécessitent la connaissance de cet item vis-à-vis des points suivants :

- Adaptation de la droite de référence pour le squelette granulaire
- Adaptation de l'ouvrabilité (formulation Dreux-Gorisse)
- Adaptation de la quantité d'eau efficace (formulation Baron-Ollivier)

#### 4.5.3.4 Coefficient granulaire

Ce coefficient granulaire sera valable pour l'ensemble des granulats (sable(s) et gravillon(s)).

Aussi, pour éviter toute incohérence, il figure seulement dans l'onglet « Caractéristiques du gravillon n°1 », le béton comprenant dans son squelette granulaire au moins 1 gravillon.

Cela se présente sous la forme suivante :

Figure 4-11 - Coefficient granulaire

Ce coefficient granulaire est utilisé par les 2 méthodes de formulation et qualifie la qualité du granulat dans le cadre de l'équation de Bolomey (voir [§Méthode Dreux-Gorisse – Formule Bolomey](#) et [§Méthode Baron-Ollivier – Formule Bolomey modifiée](#)).

Il permet d'intégrer la qualité du granulat dans la résistance finale à la compression, attendue de la formulation du béton.

Le logiciel vous laisse le choix :

- En renseignant directement le coefficient Kg
- En renseignant :
  - Pour la méthode Dreux-Gorisse : uniquement l'indice de qualité (A à D). (1<sup>ère</sup> liste de choix sur la figure ci-dessus).
  - Pour la méthode Baron-Ollivier : l'indice de qualité (A à D). (1<sup>ère</sup> liste de choix sur la figure ci-dessus) et la nature pétrographique du granulat (2<sup>ème</sup> liste de choix dans la figure ci-dessus).

La qualité du granulat est prise en référence à la norme NF P 18-545 qui prévoit 4 niveaux, du meilleur (A) au plus faible (D) :

- Caractéristiques indicées A
- Caractéristiques indicées B
- Caractéristiques indicées C
- Caractéristiques indicées D

Le producteur de granulat indique la qualité du granulat dans la fiche technique du produit suivant les indications de l'article 10 de la NF P 18-545 soit, sous la forme suivante (extrait de la norme) :

- Sable 0/4, NF P 18-545, article 10, code B sauf absorption code C



- Gravillon 4/20, NF P 18-545, article 10, code C sauf sensibilité au gel-dégel  $G_D$  Vss 8.

#### Formulation Dreux-Gorisse :

La méthode Dreux-Gorisse nécessite de classer la qualité du granulat pour déterminer la valeur du coefficient granulaire rentrant dans l'équation reliant la résistance finale du béton au rapport C/E.

Pour répondre aux exigences de la méthode de formulation, le logiciel réalise l'équivalence suivante :

| <b>Qualité du granulat : correspondance entre NF EN et méthode Dreux - Gorisse</b> |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <i>Suivant la NF P 18-545</i>                                                      | <i>Suivant la méthode Dreux - Gorisse</i> |
| Caractéristiques indicées A                                                        | Excellente                                |
| Caractéristiques indicées B                                                        | Bonne                                     |
| Caractéristiques indicées C                                                        | Courante                                  |
| Caractéristiques indicées D                                                        | Passable                                  |

#### Formulation Baron-Ollivier :

Le coefficient  $K_b$  se base sur le tableau suivant (Tableau H – page 392 de [3]) :

| <b>Nature pétrographique des granulats</b> | <b>D (mm)</b>  |                |                |
|--------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
|                                            | <b>10 à 16</b> | <b>20 à 25</b> | <b>30 à 40</b> |
| Siliceux, légèrement altérés               | 0.45           | 0.50           | 0.55           |
| Siliceux, roulés                           | 0.50           | 0.55           | 0.60           |
| Calcaires, durs                            | 0.55           | 0.60           | 0.65           |

#### Pour toutes les méthodes de formulation :

Pour les bétons de classe égale ou supérieure à C35/45, le logiciel affichera un avertissement si les granulats sont indicés C ou D suivant §NA5.2.3.1 de l'EN 206 CN/A2

#### 4.5.3.5 Densité

Dans le cadre d'une composition pondérale, il est nécessaire de connaître la densité du gravillon. Il s'agit d'une densité sèche, c.a.d avec un gravillon sans aucune teneur en eau.

Celle-ci s'exprime en tonne par m<sup>3</sup> ou en kg/l. C'est équivalent car 1m<sup>3</sup>=1000L et 1 tonne = 1000 kg.

La densité figure sur la fiche technique du gravillon fournie par le producteur de granulat.

Si vous affichez la page sans avoir téléchargé de fichier de données, il affichera, dans le champ de texte correspondant, la densité renseignée au formulaire de configuration. Voir § - 4.8.6 page 89 à la fin de la présente notice.

La valeur prise par défaut par le logiciel, est de 2,7 T/m<sup>3</sup>.

Il s'agit d'un granulat courant suivant la définition de l'EN206-1 ce qui implique une masse volumique >2000kg/m<sup>3</sup> et <3000kg/m<sup>3</sup> déterminée selon l'EN 1097-6. Si la densité renseignée ne se trouve pas entre ces 2 bornes, le logiciel affichera une erreur.

#### 4.5.3.6 Teneur en humidité

Dans le [formulaire des exigences de formulation](#), le projeteur a spécifié une note de calcul avec la composition pondérale humide, c.a.d. la prise en compte de l'eau contenue dans les granulats. Cela impose de connaître la teneur en eau du gravillon utilisé dans la composition du béton.



Cette teneur en eau est exprimée en %. Ainsi, si un gravillon a une teneur en humidité de 3%, la valeur indiquée dans le champ de texte correspondant sera de 3.

Attention :

La teneur en eau indiqué dans le champ, est une teneur en eau TOTALE, c.à.d. comprenant la quantité d'eau absorbable par le granulat.

Ce qui implique :

Soit le producteur de granulat vous indique une masse volumique pour une teneur en eau donnée. Par exemple : 2340 kg/m<sup>3</sup> pour une teneur en eau de 2,5%. Il faudra alors renseigner les champs de la façon suivante :

- Densité :  $(1-0.025) \times 2.34 = 2.282$
- Teneur : 2,5

Soit le producteur de granulat vous indique une masse volumique SECHE avec une teneur en eau donnée. Par exemple : 2340 kg/m<sup>3</sup> avec une teneur en eau de 2,5%. Il faudra alors renseigner les champs de la façon suivante :

- Densité : 2.34
- Teneur : 2,5

Cela permet d'apporter les corrections suivantes suivant l'exemple ci-dessous :

- Masse totale du gravillon sec : 300 kg
- Teneur en humidité du gravillon : 3 %
- Masse totale du gravillon humide à la teneur indiquée ci-dessus : 300 kg de gravillon sec + 9 litres d'eau = 309 kg de gravillon humide à la teneur de 3%

Pour rappel :

| Degré d'humidité des granulats | Sec | Humide | Mouillé | Trempé |
|--------------------------------|-----|--------|---------|--------|
| Pourcentage d'eau              | 1 % | 3 %    | 5 %     | 6 %    |

**Sec** : cas rare, les granulats présentent un aspect mat et laissent la main un peu poussiéreuse.

**Humide** : cas le plus courant, l'aspect des granulats est brillant et ils laissent la main mouillée : les grains de sable y adhèrent légèrement et on peut en faire une boulette en les comprimant.

**Mouillé** : cas ne se présentant guère que pour des granulats subissant ou venant de subir une pluie importante.

**Trempé** : cas rare, cela suppose des granulats complètement saturés d'eau et à peine égouttés.

Une alerte est affichée par le logiciel si vous indiquez une valeur supérieure à 10%.

Si vous affichez la page sans avoir téléchargé de fichier de données, il affichera, dans le champ de texte correspondant, la teneur en humidité renseignée au formulaire de configuration. Voir § - 4.8.6 page 89 à la fin de la présente notice.

Les limites de la teneur en humidité pour le gravillon ont été fixées entre 0,1% et 10%. La valeur prise par défaut par le logiciel, est de 3%.

#### 4.5.3.7 Coefficient d'absorption

Le coefficient d'absorption caractérise la quantité d'eau qui va être absorbée par les pores du granulat.



Chaque granulats possède sa propre caractéristique d'absorption en fonction de la nature de sa porosité. A titre d'exemple et d'ordre de grandeur, un sable peut avoir un coefficient d'absorption de l'ordre de 1% et un gravillon 5/15 alluvionnaire, un coefficient d'absorption d'environ 0,15%.

Cette absorption va donc retrancher l'eau nécessaire à l'hydratation de la pâte de ciment et à l'ouvrabilité du béton. Il en est donc tenu compte dans la quantité d'eau calculée. Cette dernière figure sous le terme d'Eau Efficace, terme calculé dans le cadre de la méthode Baron-Ollivier et figurant dans les spécifications de l'EN206-1 (raison de plus pour préférer cette dernière méthode à la méthode Dreux-Gorisse).

Voir exemples au §4.4.3.8 - Coefficient d'absorption page 66 de la présente notice pour le calcul de l'eau de gâchage en tenant compte ou pas du coefficient d'absorption.

Dans le cadre de la méthode de formulation Dreux-Gorisse, ce coefficient n'apparaît pas car il est seulement tenu compte de la teneur en humidité du granulats.

Les limites du coefficient d'absorption pour le gravillon ont été fixées entre 0,01% et 2%. La valeur prise par défaut par le logiciel est de 0,15%.

Le coefficient d'absorption figure sur la Fiche Technique Produit (FTP) du producteur de granulats.

#### 4.5.3.8 Éléments de granularités et courbe granulométrique

Le granulats est défini par sa courbe granulométrique.

Le logiciel propose 5 modes de définition de la granulométrie :

- Le refus en g
- Le refus cumulé en g
- Le refus cumulé en %
- Le tamisât cumulé en g
- Le tamisât cumulé en %



**Mais interdit tout panachage.**

Ainsi, si vous définissez la granulométrie par la mesure des refus cumulés en g, alors l'ensemble de la granulométrie devra être définie vis-à-vis de cette référence.

### 4.5.4 Analyse granulométrique du gravillon

---

#### 4.5.4.1 Par entrée directe des valeurs

- Pour le refus en g, le refus cumulé en g et le tamisât cumulé en g :
  - Vous devez d'abord indiquer la masse totale sèche (% d'humidité= 0%) de l'échantillon en g.
  - Puis rentrer les valeurs de masse en g pour chaque valeur de tamis que vous avez sélectionné à l'onglet « Tamis ».
- Pour le refus cumulé en % et le tamisât cumulé en %:
  - La masse totale sèche de l'échantillon n'a pas besoin d'être renseigné, vous pouvez mettre 0 sinon le logiciel risque de vous indiquer une erreur.
  - Puis rentrer les valeurs de masse en % pour chaque valeur de tamis que vous avez sélectionné à l'onglet « Tamis ».

Et vérifiez dans le tableau en dessous du bon affichage des valeurs.



#### 4.5.4.2 Par l'intermédiaire d'un fichier pré-renseigné

Vous pouvez renseigner les valeurs granulométriques directement depuis un fichier texte. Cela peut s'avérer plus rapide surtout s'il y a beaucoup de données, en raison de la simplicité de ce fichier (voir ci-dessous).

Il s'agit d'un fichier en format .txt même s'il porte l'extension .granulo. Cette extension permet simplement au programme d'aller chercher plus rapidement le fichier granulométrique.

Ces fichiers texte peuvent être écrits et lus avec le logiciel NotePad de Windows ou le logiciel gratuit Notepad++.

Présentation du fichier de données pour l'analyse granulométrique :

Pour simplifier l'entrée des données pour l'analyse granulométrique du sable, il peut être utilisé un fichier au format texte mais qui portera l'extension .granulo et qui se présentera de la façon très simple, suivante :

|    |                |
|----|----------------|
| 1  | 0              |
| 2  | Tamisatcumule% |
| 3  | 5 0            |
| 4  | 6.3 1          |
| 5  | 8 3            |
| 6  | 10 24          |
| 7  | 12.5 64        |
| 8  | 16 93          |
| 9  | 20 100         |
| 10 |                |

- La 1<sup>ière</sup> ligne correspond à la masse totale sèche de l'échantillon de gravier en grammes, qui a fait l'objet de l'analyse granulométrique. Dans l'image ci-contre, la masse de l'échantillon est prise égale à 0 grammes car nous travaillons directement sur les pourcentages. Et dans ce cas, nous n'avons pas besoin de connaître la masse totale sèche de l'échantillon. Toutefois, pour des raisons de compatibilité des fichiers entre eux, nous devons mettre un chiffre. [Voir le même fichier Sable dans le cas d'un refus.](#)
- La 2<sup>ième</sup> ligne est une ligne d'entête qui comportera

l'une des mentions indiquées ci-dessous avec

- refus = refus en g
- refuscumuleg = refus cumulé en g
- refuscumule% = refus cumulé en %
- tamisatcumuleg = tamisât cumulé en g
- tamisatcumule% = tamisât cumulé en %

**Attention :** cette mention ne doit être composée que d'un seul mot. Ainsi refuscumuleg est bon mais refus cumule g n'est pas bon car composé de 3 mots (pas de blancs entre les mots).

- Autant de ligne qu'il y a de valeurs avec la décomposition suivante :
  - 1<sup>ière</sup> valeur = valeur de la dimension du tamis
  - 2<sup>ième</sup> valeur = valeur du refus ou du tamisât suivant ce qui a été indiqué en entête

Dans le cas de la figure ci-dessus, nous avons à gauche la dimension du tamis et à droite la valeur du refus en gramme puisque la 2<sup>ième</sup> ligne indique « refus ».

L'image ci-dessus montre bien la simplicité de ce type de fichier.

#### 4.5.4.3 Analyse granulométrique

Accessible en ayant cliqué le bouton « Procéder à l'analyse granulométrique ». Identique au [formulaire Sable](#).

Identique à l'analyse granulométrique pour les sables à la seule différence du module de finesse qui n'est pas calculé pour les gravillons. Cf. §4.4.3.11 - Analyse granulométrique du sable.

L'intérêt de la courbe granulométrique pour les gravillons est de pouvoir contrôler visuellement l'absence ou le manque de certaines tailles de granulat, et ainsi d'avoir une courbe la plus continue possible, ce qui permettra d'obtenir un squelette granulaire le plus compact possible.

Ecran de l'analyse granulométrique :

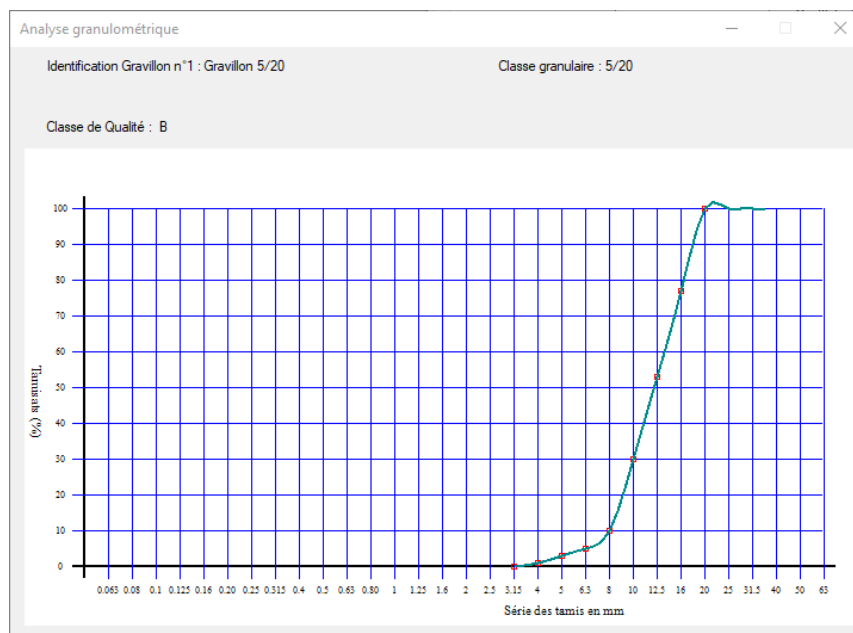


Figure 4-12 - Ecran Analyse granulométrique

L'écran comprend les éléments suivants :

- L'identification du gravillon. Ici, Gravillon n°1 – Gravillon 5/20. Le champ reprend exactement les termes que vous avez introduit dans le formulaire Gravillon sous le champ identification.
- La classe granulaire. Ici : 5/20.
- La classe de qualité du granulat : ici, classe de qualité B.

## 4.5.5 Sauvegarde des données

Le formulaire dispose de 2 niveaux de sauvegarde :

- La sauvegarde propre aux données granulométriques (voir §4.5.4.1 ci-dessus)
- La sauvegarde complète des caractéristiques du gravillon y compris les données granulométriques via le bouton « Sauvegarder les caractéristiques du gravillon ». (Voir §7.6.2 - Le fichier de données des granulats )

L'avantage de cette disposition est de vous permettre d'utiliser les caractéristiques générales d'un gravillon avec des données granulométriques différentes sans devoir tout renseigner de nouveau.

Quand vous sauvegardez les données de l'affaire via la commande « Enregistrer sous ... » dans le menu « Fichier », vous sauvegardez aussi, les données des gravillons renseignés. Mais cette fois-ci, les données sont « noyées » dans les données du béton. Elles ne sont donc plus utilisables pour la formulation d'un autre béton.

La procédure est identique à celle concernant les sables.

## 4.6 Formulaire Ciment et Addition

### 4.6.1 Présentation générale du formulaire

Le formulaire « Ciment et Additions » permet de renseigner :

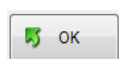
- Le ciment employé pour la confection du béton.
- L'addition éventuelle

Le formulaire comprend tous les items présents sur l'image ci-dessous. Toutefois, tous les items n'apparaissent pas simultanément, ceci pour garder au formulaire une certaine clarté et rendre son utilisation plus facile.

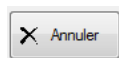


Figure 4-13 - Formulaire Ciment et Addition

Comme tous les autres formulaires, il comporte les boutons **OK** et **Annuler** :



Le bouton « OK » valide les données renseignées et ferme le formulaire. L'appui sur la touche « Enter » du clavier produit le même effet.



Le bouton « Annuler » permet de quitter le formulaire sans valider les données renseignées. Ce bouton est équivalent à cliquer sur la croix rouge, en haut à droite du formulaire. L'appui sur la touche « Echap » du clavier produit le même effet.

## 4.6.2 Le ciment

### 4.6.2.1 Choix du type de ciment

Le choix du type de ciment est fonction de plusieurs critères :

- La disponibilité
- Le cout
- La durabilité, notamment vis-à-vis des prescriptions des tableaux N.A.F.1 à N.A.F.4 de l'EN206-1

Le logiciel laisse libre choix au projeteur sur le type de ciment à employer.



Le choix du type de ciment n'influe pas dans le cadre des méthodes de formulation Dreux-Gorisse et Baron-Ollivier puisqu'elles ne tiennent compte uniquement que de la classe vraie du ciment choisi.

Son seul intérêt est de rappeler, dans la note de calcul, le type de ciment choisi (voir §4.6.2.2 ci-dessous).

Pour en revenir aux choix proposés par le logiciel, à travers ses 3 listes déroulantes :

- Type : soit CEM I, soit CEM II soit CEM III
- Clinker : soit A ou B pour le CEM II et soit A, B ou C pour le CEM III
- Constituant : soit P, Q, L, LL, ... suivant la liste ci-dessus de la correspondance avec le constituant choisi.

Il suffit d'afficher dans les 3 zones de liste déroulante la composition du ciment avec son type (CEM I, CEM II et CEM III), le taux de clinker (A, B ou C suivant CEM II ou CEM III) et le constituant secondaire pour les CEM II et CEM III (L, S, U, ... suivant norme EN197-1) pour sélectionner le ciment qui rentrera dans la composition de la formulation du béton

Ainsi, si vous souhaitez utiliser un ciment portland au calcaire soit un CEM II/B-L 32,5 R dans votre formulation de béton, il vous suffira de sélectionner dans les listes déroulantes les items correspondants soit :

- Type : CEM II
- Clinker : B
- Constituant : L
- Classe de résistance : 32,5 et dans la liste adjacente : R

Le logiciel ne permet de sélectionner qu'un seul ciment à la fois. Vous ne pouvez pas formuler un béton avec 2 ciments.

Si vous souhaitez comparer une formulation avec 2 ciments différents, il vous sera nécessaire de réaliser 2 formulations différentes : 1<sup>ière</sup> formulation avec le ciment n°1 et 2<sup>ième</sup> formulation avec le ciment n°2.

#### 4.6.2.2 Classe vraie du ciment

L'affichage peut se présenter sous 2 formes :

| Forme n°1                                                                                                                     | Forme n°2                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Classe vraie : <input type="text" value="63"/> (MPa) ? <input checked="" type="checkbox"/> Classe vraie suivant valeurs types | Classe vraie : <input type="text" value="50"/> (MPa) ? <input type="checkbox"/> Classe vraie suivant valeurs types |

Si le champ de texte est ombré (forme n°1) :

Vous avez le choix de valider la classe vraie figurant dans le formulaire [Configuration](#), avec la coche « Classe vraie suivant valeurs types » cochée comme le montre l'image ci-dessous :

Classe vraie :  (MPa) ? ☒ Classe vraie suivant valeurs types

Vous ne pouvez pas modifier cette valeur car le champ de texte est ombré.

Pour ce faire, vous devez décocher la coche « Classe vraie ... » et alors le champ de texte devient accessible, comme le montre l'image ci-dessous :

Classe vraie :  (MPa) ? ☐ Classe vraie suivant valeurs types

Si le champ de texte n'est pas ombré (Forme n°2) :

Vous avez fait le choix de renseigner une valeur de classe vraie spécifique (voir image ci-dessus).



Les méthodes de formulation Dreux-Gorisse et Baron-Ollivier nécessitent de connaître la classe vraie du ciment, c.a.d la résistance à la compression sur un mortier normalisé confectionné à partir du ciment sélectionné. Cette classe vraie varie suivant la classe du ciment et suivant le cimentier. Aussi, le logiciel propose :

- Soit d'utiliser le tableau de classe vrai figurant dans le formulaire de configuration du logiciel (issue de la littérature technique voir §8 - Bibliographie en fin du présent document). Mais ces valeurs sont variables d'un auteur à l'autre.
- Soit de renseigner directement la classe vraie (donnée directement par le cimentier par exemple).

Rappel du tableau figurant dans le formulaire de configuration :

| Classe caractéristique | Fm classe vraie (MPa) (28 jours) |
|------------------------|----------------------------------|
| 32,5                   | 45                               |
| 32,5 R                 | 45                               |
| 42,5                   | 55                               |
| 42,5 R                 | 55                               |
| 52,5                   | 65                               |
| 52,5 R                 | 65                               |

La vitesse de prise N ou R est affichée mais n'est pas prise en compte dans les méthodes de formulation Dreux-Gorisse et Baron-Ollivier.

#### 4.6.2.3 Densité du ciment

Sa valeur peut être modifiable. Certaines valeurs sont indiquées par défaut.

Vous pouvez, vous-même, faire le calcul de densité du ciment employé et l'indiquer dans le champ de texte correspondant. Ainsi, en suivant l'exemple figurant dans [2], densité d'un ciment II/B-V,  $0.65 \times 3150$  (densité clinker) +  $0.35 \times 2200$  (densité cendre volante) = 2820 kg/m<sup>3</sup>.

La densité du CEM II/B-S sera donc indiqué comme 2,82 T/m<sup>3</sup>.

La valeur moyenne peut être prise égale à 3,1 T/m<sup>3</sup>, mais au détriment de la précision de la formulation.

### 4.6.3 L'addition

#### 4.6.3.1 Généralités

Voir §2.6 - Additions pour plus d'information.

Les valeurs de densité proposées sont celles figurant dans le formulaire [Configuration](#).

Les valeurs du coefficient k sont celles figurant dans l'EN 2016-1 de 2024. Elles peuvent être modifiées.

Votre addition va jouer un rôle hydraulique avec le ciment suivant sa quantité et son coefficient d'activité et sa quantité sera optimisée en fonction de la quantité de ciment et de la limitation imposée par l'EN206-1.

L'EN206-1 limite la quantité d'addition. Toutefois, 2 coches peuvent modifier cette limitation :

- La coche « En complément des fines »
- La coche « Masse d'addition imposée »

Voir ci-dessous ces 2 cas particuliers.



#### 4.6.3.2 Complément en fines

L'addition peut venir **uniquement** en complément de fines pour atteindre le volume optimal préconisé par la méthode de formulation et ainsi avoir une solution béton la plus compacte possible. Il vous suffit de cocher l'item « En complément des fines » (image ci-dessous).



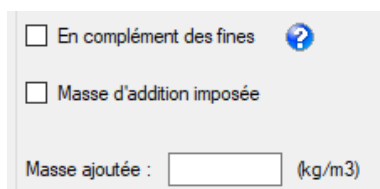
Figure 4-14 - "En complément de fines"

Dans ce cas, il n'est pas recherché l'action hydraulique de l'addition et il en découle trois conséquences :

- La teneur en liant est calculée uniquement sur la quantité de ciment
- La limitation de la quantité d'addition par rapport au ciment imposée par l'EN206-1 n'est pas vérifiée.
- Le rapport E/C ne prend en compte que la quantité de ciment.

Si vous cochez cet item, la coche « Masse d'addition imposée » disparaît. Vous ne pouvez pas imposer une masse d'addition, cette dernière étant calculée par le logiciel pour atteindre le volume optimal.

#### 4.6.3.3 Masse d'Addition imposée



Si vous ne cochez pas la coche « En complément des fines », la coche « Masse d'addition imposée » devient accessible.

Le champ de texte « Masse ajoutée » apparaît si la coche « Masse d'addition imposée » est cochée.

Dans le cas de la figure ci-dessus, il se présente alors deux choix :

1. Vous ne cochez pas la coche « Masse d'addition imposée » et dans ce cas le logiciel calculera la quantité de ciment et la quantité complémentaire d'Addition pour établir le liant équivalent afin de satisfaire la condition de résistance (équation de Bolomey) et les conditions de durabilité de l'EN206-1. Il complète si nécessaire avec une quantité de ciment. Et, enfin, il ajoute une quantité d'Addition pour satisfaire au volume optimal de fines. Voir exemple §9.3.3.3 - Exemple 3.6 – C25/30 – XC4/XF1 – Addition CV + Superplastifiant. Toutefois, cet exemple ne prend pas en compte l'effet de défloculation du plastifiant.
2. Vous cochez cette coche « Masse d'addition imposée » et vous devez alors renseigner la quantité en kg/m3 d'addition que vous ajoutez à votre formulation. Bien sûr, cette quantité sera aussi comptée dans le volume des fines. Dans le cas où la quantité d'Addition excède les limites imposées par l'EN206-1, seule une partie sera compte dans le liant équivalent. Par contre, l'ensemble est systématiquement compté dans le volume des fines.

## 4.7 Formulaire Adjuvant

### 4.7.1 Généralités

Ce formulaire permet la prise en compte de l'ajout d'un adjuvant dans la formulation du béton dans le cadre d'une réduction de la demande en eau efficace.

L'adjuvant sera de type :

- Plastifiant
- Superplastifiant
- Réducteur d'eau



Ces 3 adjuvants sont pris en compte uniquement dans leur rôle de réducteur d'eau et modifierons en conséquence, la valeur du rapport C/E (formule de Bolomey) ou E/C (condition de l'EN 206-1).

Ce formulaire se présente sous la forme suivante :

Figure 4-15 - Formulaire Adjuvant

☐ **Plastifiant - Superplastifiant - Réducteur d'eau** : Si la formulation du béton comprend un plastifiant, superplastifiant ou réducteur d'eau, la coche, ci-contre, « Plastifiant - Superplastifiant - Réducteur d'eau » devra être cochée.

Si elle est cochée, il apparaît tous les champs à renseigner suivants :

- « Taux de minoration de la teneur en eau » dans laquelle vous allez renseigner le taux de réduction d'eau efficace.
- « Dosage » soit le dosage de l'adjuvant rapporté à la masse de liant.
- « Extrait sec de l'adjuvant » de l'adjuvant. Figure sur la fiche technique de l'adjuvant utilisé (voir exemple ci-dessous).
- « Densité de l'adjuvant » Figure sur la fiche technique de l'adjuvant utilisé (voir exemple ci-dessous).
- « Majoration de la teneur en fines » : Voir §4.7.4 ci-dessous.

 Ce formulaire ne peut être utilisé que dans le cadre de la méthode de formulation Baron-Ollivier.

#### 4.7.2 Taux de minoration de la teneur en eau

Le taux de minoration de la quantité d'eau efficace est obtenu après essai. Toutefois, un plastifiant conforme à la NF EN 934 doit assurer une réduction du dosage en eau de 5% minimum. Pour un superplastifiant, la réduction minimale garantie est de 12%.

Aussi, le taux de réduction ne pourra être inférieur à 5% sauf dans le cas où votre exigence de formulation impose une ouvrabilité du béton frais S4 pour la formulation Baron-Ollivier. Dans ce cas, le plastifiant permet de passer d'une classe S3 à S4.

Ainsi, si votre taux de réduction est de 13% comme le montre l'image ci-dessus, vous devrez indiquer « 13 » dans le champ de texte.

Le champ de texte prend en charge uniquement des entiers. Ce qui signifie que la réduction se fait à 1% près. Pas de valeur de type 6,5%, ce sera 6% ou 7%. Les 0,5% sont illusoires.

La valeur du taux de réduction du plastifiant doit être comprise entre 0% et 30%. Au-delà de ces bornes, une erreur sera affichée.

Exemple :



Si le plastifiant utilisé permet une réduction d'eau efficace de 10%, cela signifie que si le besoin en eau de votre formulation est de 180L/m<sup>3</sup> avant plastifiant, il va s'établir alors, après versement du plastifiant, à  $180 - 18 (=10\%) = 162 \text{ L/m}^3$ .

### 4.7.3 Dosage

Les 3 autres items (dosage, Extrait sec et Densité) permettent simplement de calculer et d'indiquer le dosage en pourcentage de la masse de liant dans la formulation, en fonction de la quantité d'extrait sec de l'adjuvant. Cela permet de conserver la cohérence de la formulation même si le producteur d'adjuvant modifie la teneur en extrait sec de son produit suivant son mode de distribution (vrac, conteneurs ou bidons).

#### Exemple :

Pour permettre de mieux comprendre l'exemple ci-dessous :

- Les chiffres en **rouge** sont ceux qui proviennent de la fiche technique de l'Adjuvant, fiche qui vous est fournie par le producteur de l'adjuvant.
- Le chiffre en gras **vert** est le chiffre renseigné par le projeteur pour permettre à l'adjuvant de faire son effet.
- Les chiffres en gras **bleu** sont ceux qui figurent sur la note de calcul découlant du calcul du logiciel

Béton dosé en ciment à 350 kg/m<sup>3</sup> contenant un plastifiant pour 1,5% en masse de ciment.

Cela donne :

1. Masse de plastifiant = **1,5%** de 350 kg = 5,25 kg/m<sup>3</sup>
2. Dosage en extrait sec :  $5,25 \times 0,31 = 1,6275 \text{ kg/m}^3$  d'extrait sec d'adjuvant (extrait sec du plastifiant Sika<sup>TM</sup> Plastiment<sup>TM</sup>-24R = **31%** – voir fiche technique du produit) soit  $1,6275/350 = \mathbf{0,465\%}$  de la masse de ciment
3. Volume en liquide du plastifiant :  $5,25/1,175 = \mathbf{4,468 \text{ L/m}^3}$  avec une densité de **1,175** (densité du plastifiant Sika<sup>TM</sup> Plastiment<sup>TM</sup>-24R – voir fiche technique du produit). Ces 4,47 L représente le volume d'adjuvant qui sera versé en même temps que l'eau de gâchage.

Soit l'image ci-dessous en entrée de donnée :

|                             |                                    |                                  |
|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Dosage :                    | <input type="text" value="1.5"/>   | (exprimé en % de masse de Liant) |
| Extrait sec de l'adjuvant : | <input type="text" value="31"/>    | (%)                              |
| Densité de l'adjuvant :     | <input type="text" value="1.175"/> | (Kg/L)                           |

Soit les chiffres en rouge figurant ci-dessus.

Ce qui permettra d'afficher dans la note de calcul la formulation suivante concernant le plastifiant :

Dosage plastifiant : 0,465% en extrait sec (ou 4,47 L/m<sup>3</sup> pour un extrait sec de 31%) soit les chiffres en bleu aux points 3 et 2 ci-dessus.

#### Extrait sec :

Il faut comprendre par extrait sec, extrait sec massique.

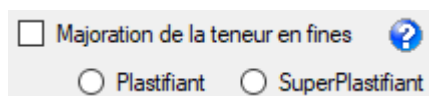
Ainsi, un extrait sec de 40% signifie que la solution liquide comporte 60% d'eau.

Ce qui veut dire que lorsque vous versez 5 litres d'adjuvant à l'eau de gâchage, vous rajoutez  $5 \times 1,2 \times 0,6 = 3,6$  L au volume d'eau de gâchage en prenant, dans ce calcul, une densité du liquide d'adjuvant à 1,20 kg/l. Le logiciel tient compte de ce volume d'eau dans le calcul de la quantité d'Eau Efficace.



#### 4.7.4 Majoration de la teneur en fines

Le logiciel offre la possibilité d'améliorer la compacité du squelette granulaire grâce à la défloculation réalisée par l'adjuvant plastifiant ou superplastifiant.



Si vous souhaitez mettre en œuvre cette majoration, il vous faudra cocher l'item « Majoration de la teneur en fines » et préciser le type d'adjuvant : plastifiant ou superplastifiant.

Dans ce cas, le logiciel affichera, dans la note de calcul, la nouvelle valeur optimale de fines en fonction du  $D_{Max}$  et de l'adjuvant utilisé. Pour information, il indiquera aussi le volume de fine sans l'effet de défloculation.

La procédure de calcul est issue de l'article 3.2 du chapitre 7 de [2].

En résumé :

- Case non cochée : le volume de fines reste identique quel que soit l'adjuvant et son action
- Case cochée : augmentation du volume de fines suivant le type d'adjuvant : plastifiant ou superplastifiant.

L'exemple 9.3.1 - Présentation

Ces 4 exemples sont tirés des ouvrages suivants :

[2] - « Le matériau béton : Connaissances générales » - Collection Les cours de l'ENTPE – G. Chanvillard - Edition ENTPE ALEAS 1999 pour l'exemple n°1

- [3] - « Les bétons – Bases et données pour leur formulation » écrit sous la direction de Jacques Baron et Jean-pierre Ollivier et paru aux Editions Eyrolles 1996 pour les exemples 2 à 4.

Je conseille de commencer plutôt par l'exemple 2, puis par ordre croissant et enfin de terminer par l'exemple n°1. En effet, ce dernier est l'exemple le plus complexe avec l'ajout d'additions, la mise en œuvre d'un plastifiant et la prise en compte de l'effet de défloculation. Si vous êtes à l'aise avec la méthode Baron – Ollivier, vous pouvez démarrer directement par ce dernier.

Exemples de l'ouvrage « Le matériau béton – Connaissances générales » page 124 de la présente notice, illustre la mise en œuvre de ce concept.

## 4.8 Formulaire configuration du logiciel

### 4.8.1 Présentation générale

Ce formulaire est particulier dans le sens où il ne nécessite pas d'être renseigné pour chaque formulation béton calculée. En effet, il propose des choix pouvant être utilisé pour un chantier comme pour plusieurs chantiers.

Ce formulaire permet de configurer le logiciel suivant les préférences de l'utilisateur.

Les caractéristiques de la configuration sont sauvegardées dans le fichier  **cfg\_LaboBeton.ini** qui se trouve impérativement dans le même répertoire que le fichier exécutable (fichier en .exe) du logiciel. Le nom de ce fichier ne doit pas être modifié sous peine de perdre votre configuration personnelle.

Le formulaire se présente sous la forme suivante :

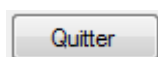


Figure 4-16 - Formulaire "Configuration du logiciel"

Ce formulaire présente plusieurs onglets :

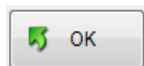
- [Onglet Général](#) : fichiers de configuration du logiciel
- [Editeur](#) : choix de l'éditeur pour l'affichage de la note de calcul
- [Béton](#) : méthode de formulation par défaut, résistance à la compression par défaut, ...
- [Sable](#) : densité sèche par défaut, teneur en humidité par défaut
- [Gravillons](#) : densité sèche par défaut, teneur en humidité par défaut
- [Ciments et additions](#) : caractéristiques du ciment et des Additions par défaut
- [Formulation Dreux-Gorisse](#) : éléments propres à cette formulation
- [Formulation Baron-Ollivier](#) : éléments propre à cette formulation

Commun à tous les onglets, le formulaire présente, dans sa partie basse, 4 boutons qui proposent les fonctions suivantes :



Permet de quitter le logiciel pour revenir à l'écran principal sans avoir pris en compte les données figurant dans les onglets. Produit le même effet que cliquer sur la croix rouge en bordure haute du formulaire. L'appui sur la touche « Echap » du clavier produit le même effet.

**Attention : en appuyant sur le bouton « Quitter », vous n'enregistrez pas les éventuelles modifications portées à la configuration.** Si vous voulez prendre en compte les modifications apportées, vous devez d'abord enregistrer les modifications en cliquant sur le bouton « Sauvegarder » puis cliquer sur le bouton « Quitter » pour sortir du formulaire.



Le bouton « OK » valide les données renseignées sur l'ensemble des onglets mais n'écrit pas ces données dans le fichier `cfg_LaboBeton.ini` et ferme le formulaire. Ces données ne seront pas donc disponibles lors du prochain appel à ce logiciel.

L'appui sur la touche « Enter » du clavier produit le même effet.

Intérêt du bouton « OK » par rapport au bouton « Sauvegarder » :

Le bouton « OK » va vous permettre de réaliser des formulations avec un jeu de configuration provisoire sans toucher à votre fichier de configuration initial. Si votre jeu de configuration vous convient, il vous suffira de vous rendre de nouveau dans le formulaire configuration et de cliquer sur le bouton « Sauvegarder » et le jeu provisoire de données deviendra le jeu définitif.



 **Configuration par défaut**

Affiche la configuration inscrite « en dur » dans le logiciel.

Ainsi, en cas de manipulation malheureuse du logiciel, il est toujours possible de revenir à la configuration par défaut. Toutefois, pour la prendre en compte, vous devrez, de nouveau, la sauvegarder. Pour se faire, deux choix :

- Soit vous cliquez sur le bouton « OK » : vous repartez provisoirement (voir ci-dessus) avec les données en dur et vous quittez le formulaire. Toutefois, vous n'aurez pas sauvegardé les données.
- Soit vous cliquez sur le bouton « Sauvegarder » (bouton ci-dessous). Vos données sont sauvegardées dans le fichier ini mais vous resterez dans le formulaire. Il vous faut par la suite, cliquez sur le bouton « OK » ou « Quitter »

 **Sauvegarder**

Permet de sauvegarder la nouvelle configuration renseignée dans le fichier **cfg\_LaboBeton.ini**. Si vous ne sauvegardez pas, toutes les modifications apportées à la configuration ne seront pas prises en compte. L'intérêt de ce bouton, c'est de sauvegarder vos données et de pouvoir faire un dernier contrôle avant de quitter le formulaire.

## 4.8.2 Onglet Général

Cet onglet s'affiche sous la forme suivante :

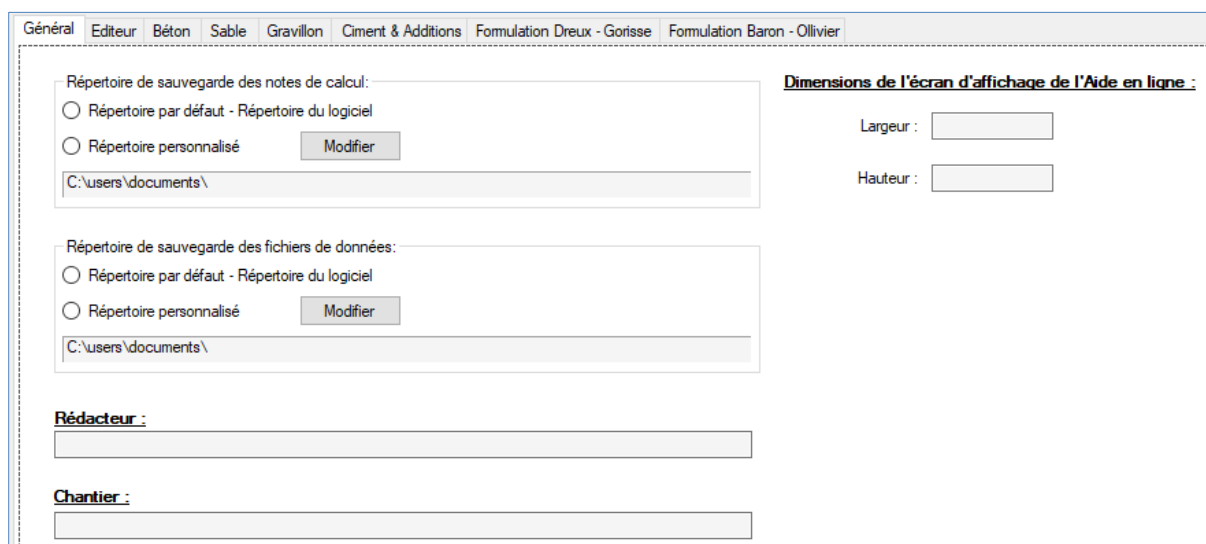


Figure 4-17 - Onglet Général

Cet onglet permet :

- De choisir le répertoire dans le lequel vont être rangées les notes de calcul
- De choisir le répertoire dans le lequel vont être rangées les fichiers de données décrivant la semelle à calculer.
- Le nom du rédacteur de la note de calcul
- Le nom du chantier en référence de la semelle calculée
- Dimension en pixels, de l'écran d'affichage de l'Aide en ligne.

Le bouton « Modifier » face à la case à cocher « Répertoire personnalisé » permet de pouvoir choisir le nouveau répertoire par simple click sur liste déroulante, suivant la méthode habituelle de Windows®. Il renseigne automatiquement le champ de texte figurant en dessous.

Les champs de texte se trouvant dans chaque paragraphe indique le répertoire choisi.

Si un champ de texte se termine par 3 petits points, cela signifie que le champ de texte n'a pas pu afficher en entier le texte complet de cheminement du répertoire.

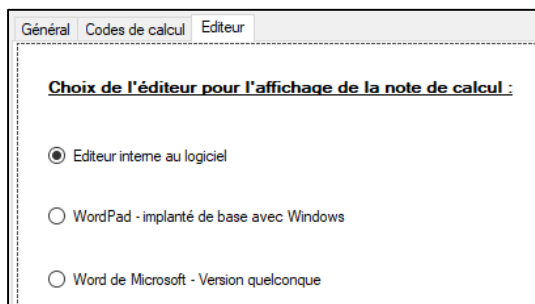


 Important :

Dans la version actuelle, il faut que tous les mots affichés dans les champs « Rédacteur » et « Chantier » se tiennent. Sinon, le logiciel ne retiendra que le 1<sup>er</sup> mot. Exemple : si vous écrivez « Exemple 1 » avec un blanc entre exemple et 1, le logiciel n'affichera que le terme « exemple ». C'est la raison pour laquelle dans l'exemple ci-dessus, exemple et 1 sont reliés par \_.

### 4.8.3 Onglet Editeur

Cet onglet s'affiche sous la forme suivante :



3 choix sont possibles :

- L'éditeur interne au logiciel. Il sera toujours accessible car inclus dans le logiciel.
- Le logiciel WordPad® de Microsoft qui est livré avec le système d'exploitation Windows et normalement installé avec ce dernier.
- Le logiciel de traitement de texte Word® de Microsoft, version indifférente.

Figure 4-18 - Affichage des éditeurs disponibles

Si vous cliquez sur « Word », vérifiez que ce traitement de texte soit bien installé sur votre ordinateur. Sinon, le logiciel indiquera une erreur.

La note de calcul est écrite sous format « rtf », format universel et libre de droit, affichable depuis n'importe quel traitement de texte prenant en charge le format rtf.

Le logiciel étant livré avec son code source, vous avez la possibilité de rajouter d'autres éditeur de texte comme « libreoffice », etc. ...

### 4.8.4 Onglet « Béton »

Cet onglet se présente sous la forme suivante :

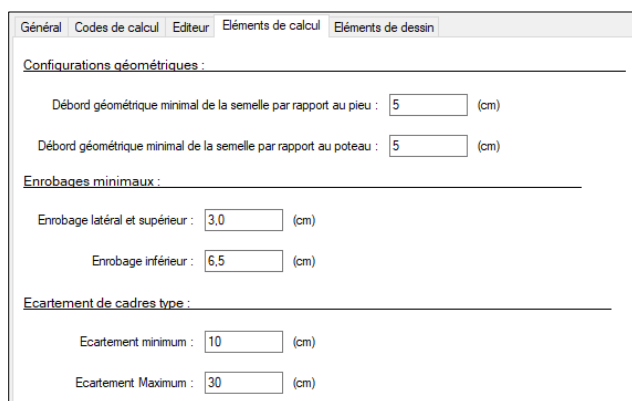


Figure 4-19 - Onglet éléments de calcul

Cet onglet permet de fixer plusieurs éléments de calculs qui peuvent être communs à l'ensemble des calculs de formulation de vos bétons à savoir :

- La méthode de formulation
- La résistance à la compression à 28 jours



- La valeur du coefficient de majoration
- L'ouvrabilité du béton frais
- Le mode de vibration

#### 4.8.5 Onglet Sable

Cet onglet se présente sous la forme suivante :

Figure 4-20 - Onglet Sable

Cet onglet permet de renseigner les valeurs par défaut suivantes :

- L'identité du sable
- Sa classe granulaire d/D
- La forme du gravillon : roulé ou concassé
- La densité sèche
- La teneur en humidité
- Le coefficient d'absorption
- Le mode de mesurage de la granulométrie du gravillon

#### 4.8.6 Onglet Gravieron

Cet onglet se présente sous la forme suivante :

Figure 4-21 - Onglet Gravieron



Cet onglet permet de renseigner les valeurs par défaut suivantes :

- L'identité du gravillon
- Sa classe granulaire d/D
- La forme du gravillon : roulé ou concassé
- Suivant la méthode de formulation utilisée :
  - Méthode Dreux-Gorisse : la qualité du granulat indiquée de A à D. Voir [§4.5.3.4 - Coefficient granulaire](#) de la présente notice.
  - Méthode Baron-Ollivier : la pétrographie du granulat. Voir [§4.5.3.4 - Coefficient granulaire](#) de la présente notice.
- La densité sèche
- La teneur en humidité
- Le coefficient d'absorption
- Le mode de mesurage de la granulométrie du gravillon

#### 4.8.7 Onglet Ciment & Additions

Cet onglet se présente sous la forme suivante :

Figure 4-22 - Onglet Ciment & Additions

Pour le ciment, il permet de renseigner les valeurs par défaut de :

- Le type (CEM I, CEM II, ...), l'étendue du constituant principal (clinker pour A et B, C, ...) et le constituant secondaire (S, Z, V, W, ...)
- La densité volumique en T/m<sup>3</sup>
- La classe vraie pour les ciments de classe 32.5 et 32.5R, 42.5 et 42.5R, 52.5 et 52.5R.

Ainsi, dans la figure ci-dessus, le projeteur a retenu comme valeur par défaut, un ciment CEM II/A-LL de densité 3,07 tonne/m<sup>3</sup>.

Pour les additions, le formulaire indique la valeur par défaut pour la densité volumique (T/m<sup>3</sup>) et le coefficient k (extrait de l'EN 206-1 de 2024) concernant les additions figurant dans l'image ci-dessus.

Les additions ne sont pas prises en compte dans la méthode de formulation Dreux-Gorisse.



#### 4.8.8 Onglet Formulation Dreux-Gorisse

L'onglet peut se présenter sous la forme suivante suivant les valeurs de bornes renseignées (voir ci-dessous) :

Figure 4-23 - Onglet Formulation Dreux-Gorisse

Il permet de modifier les bornes entre les consistances Molle, Plastique et Ferme dans le tableau de valeurs du coefficient de compacité. Voir dans la notice du manuel du logiciel, l'exemple n°1 pour la méthode Dreux-Gorisse pour les attendus et conséquences de cette modification.

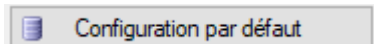
Suivant l'image ci-dessus, les bornes sont les suivantes :

- **Entre Plastique et Ferme** : ici, présenté à l'image ci-dessus = 5 cm. Tout **béton** dont l'affaissement au cône d'Abrams sera **inférieur à 5 cm** sera **classé** comme « **Ferme** ». Au-dessus ou égal, il sera classé « Plastique ».
- **Entre Molle et Plastique** : ici, présenté à l'image ci-dessus = 10 cm. Tout **béton** dont l'affaissement au cône d'Abrams sera **inférieur à 10 cm** sera **classé** comme « **Plastique** ». Au-dessus ou égal, il sera classé « Molle ».

Les bornes considérées par défaut par le logiciel, sont les suivantes :

- $\geq 10$  cm : consistance molle
- $\geq 6$  cm : consistance plastique
- $< 6$  cm : consistance ferme.

Ceux seront ces valeurs de bornes qui seront affichées si vous cliquez sur le bouton



ou si vous affichez pour la 1<sup>ière</sup> fois le logiciel.

Les valeurs des bornes sont des valeurs entières. Le logiciel n'accepte pas des bornes décimales.

La Figure 4-23 - Onglet Formulation Dreux-Gorisse ci-dessus, montre, par exemple, que la borne entre les consistances « Ferme » et « Plastique » a été modifiée (affiche 5 cm au lieu de 6 cm). Par contre, celle entre les consistances « Plastique » et « Molle » n'a pas été modifiée.

#### 4.8.9 Onglet Formulation Baron - Ollivier

L'onglet se présente sous la forme suivante :

Figure 4-24 - Onglet Formulation Baron-Ollivier



La méthode impose de majorer le volume d'eau et d'air prévue dans le tableau D (voir tableau ci-dessous) en cas de granulats concassés.

| Consistance         | Affaissement au cône (cm) | Eau (E) (L/m³) | Air (a) (L/m³) |
|---------------------|---------------------------|----------------|----------------|
| Ferme (F)           | 0 – 4                     | 160            | 25             |
| Plastique (P)       | 5 – 9                     | 190            | 20             |
| Très Plastique (TP) | 10 – 15                   | 210            | 15             |

Tableau 4-2 - Tableau D de la méthode Baron-Ollivier

La valeur par défaut, inscrite en dur, dans le logiciel est 13% (voir figure ci-dessus).

Vous avez la possibilité de la modifier en vous rendant dans cet onglet et en remplaçant 13% par une autre valeur (voir l'exemple 3.2).

La valeur indiquée doit être en pourcentage. Ainsi si vous souhaitez majorer de 5%, il vous faudra inscrire dans le champ de texte, 5 et pas 1,05. Ainsi, dans le champ de texte ci-dessus, il est inscrit 13 soit 13% soit un coefficient majorateur de 1,13.

## 4.9 Ecran « A propos... »

Cet écran est accessible via le menu « ? » et le sous-menu « A propos ... ».

L'écran « A propos... » indique le numéro de version du logiciel installé sur votre ordinateur.

Il se présente de la manière suivante :



### 4-25 - Ecran A propos

Le numéro de version est important pour connaître les fonctionnalités offertes. Ainsi, une fonctionnalité sera disponible dans la version N+1.0 mais pas nécessairement dans la version N.0. Toutefois, dans le présent cas, la version n°2 n'est pas compatible avec la version précédente 1.0, en raison des nombreuses évolutions du logiciel. Les fichiers de données de la version 1.0 ne seront pas utilisables pour la présente version.

La notice vous indique, en général, à partir de quelle version, une fonctionnalité est disponible (cf. §7.1 Fonctionnalités par version page 102)



Il est donc important de connaître la version du logiciel avec laquelle vous effectuez les calculs.

La 1<sup>ière</sup> année figurant à côté du copyright est la 1<sup>ière</sup> année de programmation du logiciel. Il est indiqué, ici, 2008 car le démarrage de l'écriture du logiciel est de novembre 2008 et la 1<sup>ière</sup> version opérationnelle (soit la V1.0) date de février 2009, soit presque 17 ans au moment où je tape cette ligne !

Et depuis, je n'y avais pas retouché.

Et encore, c'est l'année dernière, en septembre 2025, en voulant tester la page du présent logiciel sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, que je me suis aperçu que l'installateur initial ne fonctionnait pas. Et, du coup, en voulant le corriger, et en étant un peu plus attentif à la qualité du code et de la notice, et en l'absence de tout exemple, je me suis lancé dans quelque chose d'un peu plus structuré. C'est ainsi qu'est née la version 2.0.



## 5 Formulation du béton

Le logiciel édite :

- La note de calcul de la formulation du béton Voir [§5.1](#) Note de calcul [ci-dessous](#)
- Les courbes granulométriques des différents constituants et du mélange granulaire. Voir [§5.2](#) - Courbes du squelette granulaire

Ces sorties sont accessibles via le menu « Formulation », en cliquant sur l'item vous intéressant (voir figure ci-dessous).

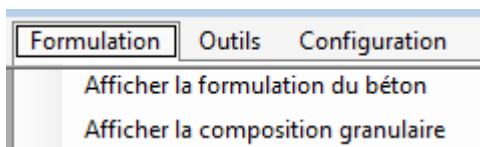


Figure 5-1 - Menu Formulation

Les commandes « Afficher la formulation du béton » et « Afficher la composition granulaire » activent l'affichage :

Pour le 1<sup>er</sup> : la note de calcul de la formulation

Pour le second : l'affichage des courbes granulométriques du squelette granulaire.

### 5.1 Note de calcul

La note de calcul détaille les étapes de la formulation du béton demandé.

Elle peut afficher aussi des avertissements.

Le sommaire de la note de calcul est différent suivant la méthode de formulation utilisée.

#### **Pour la formulation Dreux-Gorisse:**

Avec 2 sables et 2 gravillons, la note de calcul suivra le plan suivant :

1. Rappel des hypothèses
  - 1.1. Normes et documents
  - 1.2. Exigences formulées pour la formulation du béton
  - 1.3. Caractéristiques des composants constituant le béton
2. Détails de la formulation
  - 2.1. Calcul du rapport C/E - Dosage en eau et en ciment
  - 2.2. Détermination de la répartition en % des différents granulats - Sables et Gravillons
    - 2.2.1. Caractéristiques des sables
    - 2.2.2. Composition des 2 sables
    - 2.2.3. Caractéristiques des gravillons
3. Répartition volumique de la solution
4. Répartition pondérale
  - 4.1. Dosage en matériaux secs
  - 4.2. Dosage en matériaux humides
5. Avertissements

Dans le cas d'un seul sable, le chapitre 2.2.2 n'existe pas.

#### **Pour la formulation Baron-Ollivier :**

Avec 2 sables et 2 gravillons, la note de calcul suivra le plan suivant :

1. Rappel des hypothèses



- 1.1. Normes et documents
- 1.2. Exigences formulées pour la formulation du béton
- 1.3. Caractéristiques des composants constituant le béton
2. Eléments de formulation Eau Liant Fines Adjuvant
  - 2.1. Dosage en eau efficace et teneur prévisible en air
  - 2.2. Valeurs des rapports  $E/C$  ou  $(C+kA)/(E+V)$  et résistance cible
  - 2.3. Dosage optimal en fines en fonction de  $D$
3. Squelette granulaire de la composition du béton - Répartition Sables et Gravillons
  - 3.1. Caractéristiques des sables
  - 3.2. Composition des 2 sables
  - 3.3. Caractéristiques des gravillons
  - 3.4. Composition du mélange de granulats sable + gravillon
4. Répartition volumique de la solution
5. Répartition pondérale
  - 5.1. Dosage en matériaux secs
  - 5.2. Dosage en matériaux humides
6. Vérification de la teneur en fines
7. Avertissements

Dans le cas d'un seul sable, le chapitre 3.2 n'existe pas.

Vous trouverez un exemple de note de calcul dans les fichiers d'exemple.

## 5.2 Courbes du squelette granulaire

Le logiciel permet l'affichage des courbes granulométriques des constituants sable(s) et gravillon(s) composant le squelette granulaire de la formulation du béton.

Il présente sur le même écran :

- La répartition en volume absolu entre le gravillon et le sable et pour chaque sable et chaque gravillon, le volume absolu de chacun.
- La droite OAB représentant l'optimum granulaire.
- La méthode graphique de répartition volumique des différentes composantes, sable(s) et gravillon(s), sachant que cette méthode graphique est quasiment la même pour les deux méthodes de formulation : les bornes peuvent être différentes et le point de brisure A peut aussi, être légèrement différent mais le principe de calcul est strictement identique, avec la recherche des points 5% et 95% et l'intersection avec la droite OAB.



### Important :

Les courbes ne s'affichent que si vous avez procédé au calcul de la formulation du béton. Ainsi, tant que le calcul de formulation n'a pas été réalisé, la commande correspondante dans le menu « Formulation » (voir [Figure 5-1 - Menu Formulation](#)), est apparente mais inactive.

La répartition figurant dans les champs de texte correspondants, indique des % en volume absolu. Il faut donc comprendre que si le volume pour le gravillon n°2 indique 12%, cela signifie 12% du volume global de granulat. Et le volume global de granulat est tout ce qui reste une fois décompté, le volume occupé par le ciment, l'eau, l'air, les fines et les adjuvants. Dans la méthode Dreux-Gorisse, cette dernière indique un coefficient de compacité ce qui donne directement ce volume. Dans la méthode Baron-Ollivier, il est nécessaire de faire le décompte indiqué ci-avant. Voir les notes de calculs correspondantes pour le détail des calculs.

L'écran de présentation des courbes granulométriques disposent de 3 compteurs :

1. 1 compteur pour le volume général de sable



2. 1 compteur pour le volume de sable n°1 dans le cas où la formulation dispose de 2 sables.
3. 1 compteur pour le volume de gravillon n°1 dans le cas où la formulation dispose de 2 gravillons.

Lors de l'affichage initial, les différents compteurs reflètent les résultats de la note de calcul de la formulation béton.

Ainsi, dans de l'exemple 9.2.2 - Exemple n°1-2 – Béton courant 30 MPa 2 sables et 2 gravillons avec amendement ENS, la solution comporte 2 sables et 2 gravillon avec la répartition suivante :

- Sable n°1 : 27%
- Sable n°2 : 7%
- Gravillon n°1 : 9%
- Gravillon n°2 : 27%

Les résultats ci-dessus sont toujours arrondis au % près.

Pour rappel :

- La répartition entre les 2 sables, est réalisée suivant la règle d'Abrams et conduit au mélange de sable apparaissant dans les figures ci-après.
- La répartition entre le mélange de sable et les gravillons est réalisée suivant la répartition graphique illustrée dans les figures ci-après.

L'écran affichera donc cette répartition dans les champs correspondants.

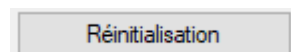
Il vous sera possible de modifier le compteur n°1 et le compteur n°3. Pas de modification possible du compteur n°2 car cela signifierait modifier la valeur cible du module de finesse.

Pour le compteur du point n°1 (compteur du volume général de sable) :

Ce compteur va agir sur la répartition entre le sable et le gravillon. Ainsi, si votre volume initial de sable était de 40% pour 60% de gravillon, si vous réduisez le volume de sable à 39%, le volume de gravillon va passer à 61% et vice-versa.

Et dans ce cas, si le volume du gravillon n°1 était de 40%, il restera à 40% mais celui du gravillon n°2 passera à 21%. Toutefois, si vous souhaitez que la majoration de gravillon porte sur le gravillon n°1, alors il suffira de cliquer sur le compteur du gravillon 1 et ce dernier sera majoré de 1%. Bien entendu, le volume du gravillon 2 sera minoré de 1%. Et vice-versa.

Tout cela se fait de manière automatique, entièrement géré par le logiciel.



Le bouton « Réinitialisation » (cf. ci-contre) permet d'afficher, de nouveau, les % issus de la note de calcul.

Exemples d'écrans :

Ecran avec 2 sables et 2 gravillons

Dans le cas de 2 sables, l'écran n'affiche que la courbe granulaire du mélange des 2 sables afin d'avoir un affichage plus lisible sinon voir les figures suivantes.



## Notice d'utilisation du logiciel LABO BETON

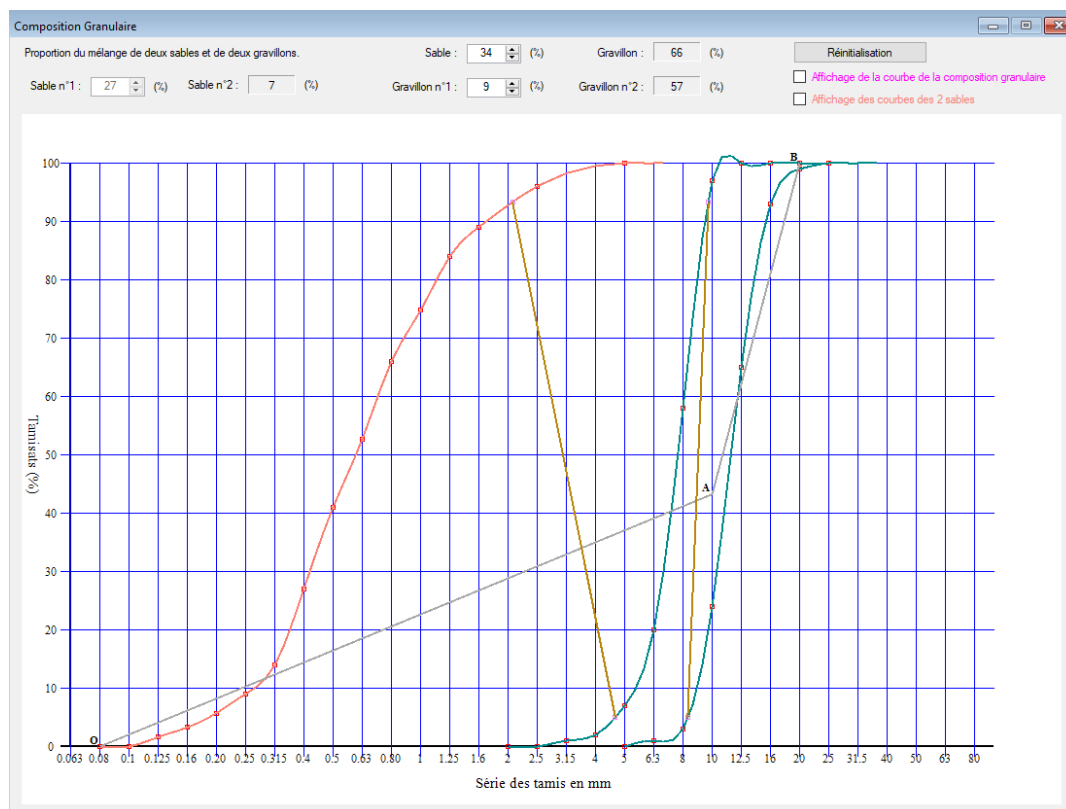


Figure 5-2 - Affichage initial

Ecran avec 2 sables et 2 gravillons et affichage de la courbe de mélange

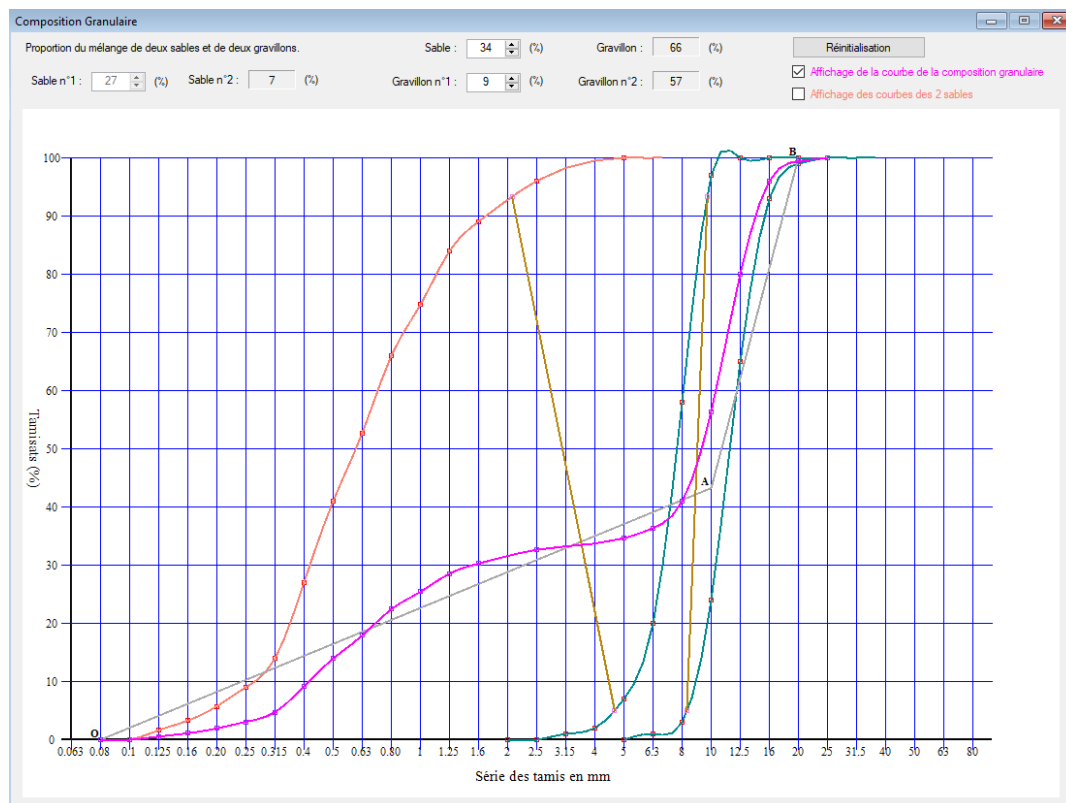


Figure 5-3 - Affichage avec courbes de mélange



Ecran avec 2 sables et 2 gravillons et affichage de la courbe de mélange et affichage des 2 courbes de sables

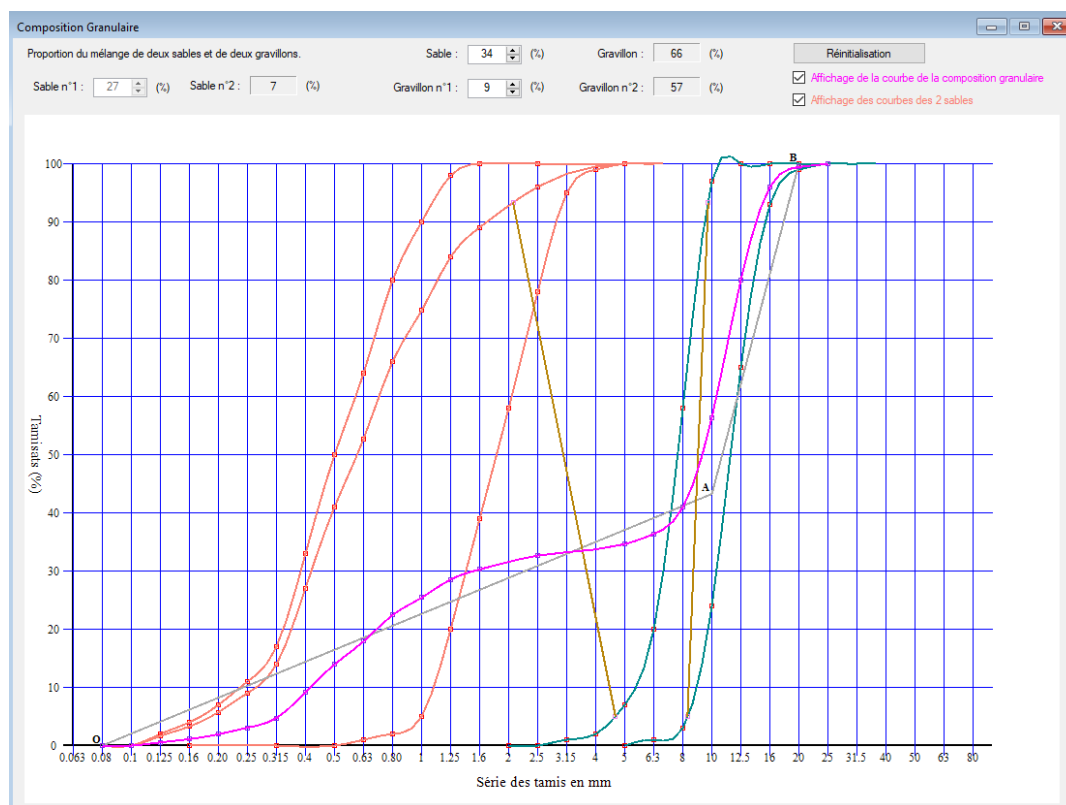


Figure 5-4 - Affichage complet



## 6 Outils

Plusieurs outils sont accessibles depuis le menu général du logiciel (voir image ci-dessous).

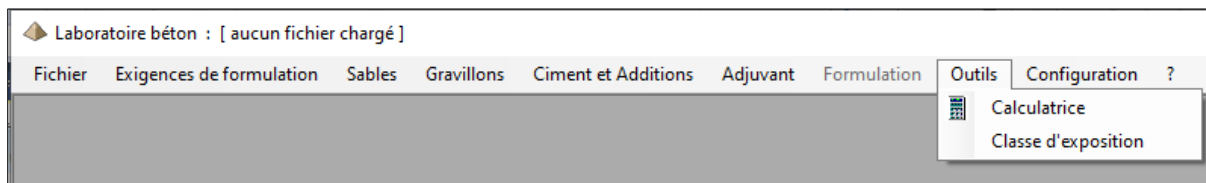


Figure 6-1 - Barre Outils

Cet item « Outils » donne accès à plusieurs aides/utilitaires :

- La calculatrice Windows (bien commode quand la sienne est tombée en panne de pile !!!)
- Le formulaire « Classe d'exposition »

### 6.1 Classe d'exposition

Cet outil se présente sous la forme suivante :

Figure 6-2 - Formulaire Classe d'exposition

Cet outil demande de classer le béton dans plusieurs classes :

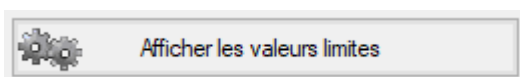
- X0
- XC1 à XC4
- XD1 à XD3
- XS1 à XS3
- XF1 à XF4
- XA1 à XA3



Avec les particularités suivantes :

- X0 est exclusif de toutes les autres classes. Si l'environnement du béton est classé X0, il ne pourra pas être classé autre chose que X0.
- Les classes XC, XD, XF ou XA sont exclusives à l'intérieur d'elle-même. Ainsi, si l'environnement du béton est classé XC1, il ne sera pas simultanément XC4, raison pour laquelle figurent des ronds à cocher et non des cases à cocher. Le projeteur devra donc choisir la classe la plus sévère pour chaque catégorie d'agression.
- Pour la classe XA, vous pouvez préciser si le risque chimique est en correspondance avec la présence de sulfates dans l'environnement du béton (case à cocher si c'est le cas). Cela influencera la qualité de l'Addition au ciment.
- Un même béton peut se trouver simultanément dans plusieurs classes d'environnement. Ainsi suivant le document du CERIB [6], un plancher intermédiaire de parking ouvert en bord de mer peut être classé simultanément XC3, XS1, XD1 et XF2. Dans ce cas, ces 4 ronds à cocher seront marqués, soit l'image ci-dessous avec son résultat suivant l'EN206-1 de 2000.

Vous devez aussi préciser si l'ouvrage auquel s'appliquent les classes d'exposition, est un ouvrage en béton armé ou béton précontraint (cliquez la coche « Ouvrage en BP » si l'ouvrage est en BP).



Il suffit de cliquer sur le bouton « Afficher les exigences suivant classes d'exposition » et automatiquement, le logiciel va calculer les exigences suivant le tableau NA.F.1 de

l'EN206-1 :2000 et afficher celles les plus élevées.

Classe d'exposition :

☐ X0 - aucun risque d'attaque et de corrosion

Corrosion induite par la carbonatation :

☐ XC1 - sec ou humide en permanence ☐ XC2 - humide, rarement sec ☒ XC3 - humidité modérée ☐ XC4 - alternativement humide et sec

Corrosion induite par les chlorures :

☒ XD1 - humidité modérée ☐ XD2 - humide, rarement sec ☐ XD3 - alternativement humide et sec

Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer :

☒ XS1 - Air marin ☐ XS2 - Immergé ☐ XS3 - Marnage, projections, embruns

Attaque gel / dégel :

☐ XF1 - saturation modérée sans déverglaçage ☒ XF2 - saturation modérée avec déverglaçage ☐ XF3 - saturation forte sans déverglaçage ☐ XF4 - saturation forte avec déverglaçage

Attaques chimiques :

☐ XA1 - faible agressivité ☐ XA2 - agressivité modérée ☐ XA3 - forte agressivité

Résultats :

Classe d'exposition : XC3 XD1 XS1 XF2  
Rapport Eau efficace/Liant maximal : 0.55  
Classe de résistance minimale : C30/37  
Teneur minimale en liant équivalent (kg/m3) : 330  
Teneur minimale en air (%) : 4  
Rapport maximal A/(A+C) - Cendres volantes : 0.15  
Rapport maximal A/(A+C) - Fumées de silice : 0.10  
Rapport maximal A/(A+C) - Laitier moulu : 0.15  
Rapport maximal A/(A+C) - Addition calcaire : 0.05  
Rapport maximal A/(A+C) - addition siliceuse : 0.15  
Nature du ciment : Ciment Prise Mer

☒ Exigences suivant EN206-1:2000 + A1 + A2  
☐ Exigences suivant EN206 : 2013 + A2:2021

 Afficher des exigences suivant classes d'exposition

Ainsi, dans l'exemple ci-dessus, la formulation doit répondre aux exigences imposées par :

- Une classe XC3
- Une classe XD1
- Une classe XS1
- Et une classe XF2

La classe XC3 impose une classe de résistance de C25/30 alors que la classe XS1 impose une classe de résistance de C30/37. C'est cette dernière qui est affichée dans le champs de texte « Résultats ». Le logiciel prendra toujours en compte la clause la plus contraignante.

Et ainsi de suite pour toutes les autres exigences : E/C, teneur minimale en liant équivalent, etc. ...



☐ **Ouvrage en béton précontraint**

Les exigences sont calculées pour des pièces coulées en place, en BA ou en BP, et non pour des produits préfabriqués en usine (Cf. case à cocher ci-contre)

La quantité de liant équivalent affichée dans le champ de texte est calculée pour un Dmax de 20mm. Toutefois, le logiciel prend bien en compte le Dmax du granulat utilisé pour la formulation du béton.

 **Classes d'exposition suivant CERIB - FIB**

Si vous avez un doute sur la bonne classe d'exposition à adopter pour votre ouvrage, vous pouvez afficher les recommandations « Les classes d'exposition – Aides à la prescription – Recommandations professionnelles – CERIB – FIB – Décembre 2009 » en cliquant sur le bouton ci-contre. Document sous format pdf, assurez-vous bien que vous avez un lecteur pdf sur votre ordinateur.

Les exigences réglementaires peuvent être déterminées par rapport à 2 références, au choix du projeteur :

- EN206-1 :2000 + amendement A1 + amendement A2
- EN206+A2/CN de novembre 2022



## **7 Caractéristiques du logiciel**

### **7.1 Fonctionnalités par version**

#### **7.1.1 Version 2.0**

Diffusée le 28 juin 2026 sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>.

Basculement du programme sous le .NET Framework 4.6.1 pour permettre de le rendre compatible avec la solution de déploiement comprenant Setup.exe et Setup.msi (voir §1.5 - Installation du logiciel).

Introduction de la formulation du béton par la méthode Dreux-Gorisse avec plusieurs amendements possibles – Voir les exemples 1 et 2 au §9.2 - Exemples d'applications suivant la méthode de formulation Dreux - Gorisse.

Tous les formulaires existant dans la précédente version ont été réécrits pour diverses raisons :

- Soit la formulation par la méthode Dreux-Gorisse exigeait des données complémentaires et pour des raisons de cohérence, le formulaire devait être modifié.
- Soit la suppression des variables générales suite à la reprogrammation suivant les paradigmes de la Programmation Orienté Objet, imposait de repenser le formulaire
- Soit d'autres raisons comme la recherche d'un meilleur enchaînement entre formulaires, une meilleure cohérence, une meilleure lisibilité, etc. ...

Gestion de la sauvegarde des données entièrement reprise ce qui la rend incompatible avec les versions précédentes. Suppression des variables générales.

Introduction de nouveaux formulaires :

- Formulaire Adjuvant
- Formulaire Ciment et Additions
- Formulaire de classe d'exposition pour qualifier l'environnement du béton.
- Formulaire de configuration, ce qui permet au projeteur de mettre en place et conserver ses préférences.

Le moteur de calcul est constitué d'un seul module identifié « Calcul.vb », comprenant tous les éléments de calcul des différentes formulations. Le moteur de calcul a été entièrement réécrit avec :

- Introduction des paradigmes de la programmation orienté objet ce qui rend les variables plus facilement compréhensibles et mémorisables
- Introduction des éléments nouveaux suivants :
  - Méthode de formulation Dreux – Gorisse avec prise en compte ou pas de l'amendement ENS
  - Possibilité d'avoir jusqu'à 2 sables et jusqu'à 2 gravillons
  - Apparition des Additions dans la formulation Baron-Ollivier
  - Possibilité de mise en œuvre d'un plastifiant dans la formulation Baron-Ollivier
  - Prise en compte ou pas des prescriptions de l'EN206-1. La non prise en compte de l'EN206-1 est surtout intéressante pour faire un comparatif avec les temps anciens ou l'on ne se préoccupait que de la résistance cible.
- Séparation des 2 formulations Dreux-Gorisse et Baron-Ollivier avec une meilleure différenciation pour chacune d'entre-elle.
- Etc. ...

Apparition d'une note de calcul détaillée sous format rtf donc facilement éditable et modifiable depuis n'importe quel éditeur (Word™, Open Office™, Libre Office™, etc. ...).



Création d'une véritable notice de présentation et d'utilisation du logiciel (le présent document !).

Le seul élément commun entre cette version et la version précédente est l'organisation générale à savoir l'entrée des données, le calcul puis l'affichage des résultats. Cette démarche était cohérente et l'ajout de méthodes de formulation n'ont pas engendré de modifications majeures. Par contre, chaque phase a été profondément modifiée en raison de l'introduction du paradigme programmation objet et de la prise en compte de nouvelles formulations.

Attention pour les puristes : le programme n'est pas en pur objet et ne respecte pas tous les attendus de cette programmation. J'ai fait un mixte entre la programmation structurée (ou procédurale) et la programmation objet. Je suis un « programmeur du dimanche », que les puristes veuillent bien me pardonner.

J'ai pris dans la programmation objet, tout ce qui facilitait le code et notamment, sa compréhension. Et ne plus avoir de variables générales mais que des classes à la place, cela rend le programme beaucoup plus facile à comprendre, surtout quand ces classes sont documentées (ce qui est mon cas !) et aussi, à faire évoluer.



### **Rappel important :**

Je précise que le présent logiciel est un logiciel de formulation. Il n'exclue en aucune sorte les essais de laboratoire et les essais de convenance. Seuls, ces derniers pourront valider la formulation proposée par le logiciel.

## **7.1.2 Version 1.0**

---

La version 1.0 a été écrite de novembre 2008 à février 2009, sous Visual Studio 2005™ de chez Microsoft™ et fonctionnait sous système d'exploitation Windows XP™.

L'origine de ce logiciel provient d'un autre logiciel intitulé « Formulation béton », réalisé en 2006, mais que je n'ai jamais diffusé. En effet, il était la transcription en VB.net d'un fichier Excel qui avait été mis à disposition par US30 sur le site <http://www.codes-sources.com/>. Ce site n'existant plus, ce fichier Excel n'est plus accessible.

Mais je n'avais pas été spécialement satisfait de ce programme car je n'avais pas su retrouver l'origine des équations utilisées dans ce fichier Excel par rapport à la méthodologie Dreux – Gorisse.

Aussi, quand je suis rentré en possession du livre « Les bétons – Bases et données pour leur formulation » [3], j'ai repris ce logiciel en l'adaptant aux éléments figurant dans ce dernier document, mais de façon un peu trop rapide, sans vraiment rentrer trop dans les détails.

Et, en aout 2025, en faisant une mise à jour de mon site [Ingenierie Civile](#), je me suis aperçu que l'installateur de ce logiciel ne fonctionnait pas sous Windows 10 (ni d'ailleurs sous Windows 7). Aussi, j'ai décidé de revoir cet installateur. En le mettant à jour, je me suis aperçu de quelques coquilles ; puis, en corrigeant les coquilles, je me suis aperçu de certaines incohérences par rapport à la méthodologie de formulation, ... bref, j'ai décidé de le reprendre. Mais, je ne pensais pas que la refonte serait aussi importante.

La construction générale était cohérente mais il y avait beaucoup de corrections/améliorations/modifications à apporter pour le porter au même niveau de standard de qualité que les autres logiciels présents sur le site. Ne serait-ce déjà qu'une notice d'utilisation digne de ce nom. Ce que vous avez actuellement sous les yeux et qui n'a pas à rougir vis-à-vis de certaines notices de logiciel professionnel.

Et, enfin, l'ajout d'exemples et de vidéo pour illustrer les capacités du logiciel.

Vu l'importance de sa refonte, ce logiciel a basculé en version V2.0 (voir [§7.1.1 ci-dessus](#)).

Il est donc impératif de ne plus utiliser la version 1.0 et de basculer sur la version 2.0.

## **7.2 Améliorations du logiciel à venir**

Les éléments suivant sont prévus dans les prochaines versions du logiciel (mais aucun délai n'est fixé !) :



- Formulation Dreux-Gorisse:
  - Le calcul de l'ordonnée du point de brisure A prend en compte la qualité du béton pompable. Ce dernier doit être compris entre 5 et 10. Dans cette version logicielle, ce coefficient est pris égal à 8 (inscrit en dur dans le programme et donc non modifiable). Dans une prochaine version, cette valeur pourra être modifiée via le formulaire de configuration.
- La formulation proposée par le LCPC à travers le bulletin « Ouvrages d'art OA 34 » d'avril 2000 et la méthode des empilements compressibles. La méthode Dreux-Gorisse date de la fin des années 60 (1960, je précise pour les plus jeunes, soit près de 60 ans pour 2026) et la méthode Baron-Ollivier n'est finalement, qu'une mise à jour de la méthode Dreux-Gorisse et parue en 1996 (soit près de 30 ans pour 2026). C'est aussi ma surprise de voir l'ENS faire travailler encore les étudiants sur la méthode Dreux-Gorisse. En fait, je ne trouve pas de méthode plus récente que celle du LCPC (qui a maintenant 26 ans). Et dans l'article des Techniques de l'Ingénieur, l'article correspondant à la formulation date de 2004 et n'a pas été remis à jour depuis.
- Menu Fichier :
  - Commande **Imprimer** : Implémenter l'impression de la dernière note de calcul
  - Commande **Aperçu avant impression** : Implémenter l'aperçu avant impression de la dernière note de calcul.
  - Commande **Configuration de l'impression** : Implémenter le choix l'imprimante.
- 

### 7.3 Paradigme de programmation

Les formulaires d'entrée de données ou d'affichage des résultats n'effectuent aucun calcul à part les transformations d'unité. Ainsi, il est plus facile et usuel d'indiquer une quantité en Litres ou en m<sup>3</sup> suivant le produit auquel se rattache cette quantité.

Toutes les unités sont conformes au système SI : kg, m<sup>3</sup>, etc. ...

Tous les calculs de formulation et autres sont effectués dans le moteur de calcul « Calcul.vb ».

Les formulaires d'entrées de données ne réalisent que les calculs strictement nécessaires à la bonne formulation des données pour le moteur de calcul. Ainsi, pour un volume, s'il est plus commun de parler en litres, le logiciel demandera l'entrée des données en litres et les transformera en m<sup>3</sup> à l'usage interne du moteur de calcul, et ce, de manière transparente pour l'utilisateur.

Pour faciliter la lecture du logiciel, les noms des variables reprennent autant que faire se peut, les noms canoniques figurant dans les équations ou les formules issues de la littérature ou de la réglementation.

Si la formule de calcul figurant dans la littérature ou la norme est trop longue, elle peut être coupée en plusieurs parties pour la rendre plus intelligible et plus facile à vérifier.

### 7.4 Valeurs initialisées de variables

**A lire uniquement par ceux intéressés par le code source.**

Certaines variables sont initialisées par le logiciel lors de son lancement. Ces valeurs numériques sont directement inscrites en dur dans le logiciel. Il s'agit simplement de rendre le logiciel plus rapide à utiliser avec des données pré-remplies ou des choix préétablis. Toutefois, certaines variables peuvent être modifiées via le formulaire Configuration (Cf. §4.8 - Formulaire configuration du logiciel) afin de mieux coller aux affaires en charge du projeteur.

Ainsi, ce dernier pourra choisir d'utiliser systématiquement, la méthode de formulation Baron – Ollivier. Et dans ce cas, la variable Formulation prendra la valeur 2 (voir ci-dessous).



Il s'agit des variables suivantes :

- NomBeton As String = "Beton BCS01"
- Le choix de la formulation : Formulation = 1 soit Dreux-Gorisse
- Le nombre de sable : NbSable = 1
- Le nombre de gravillon : NbGravillon = 1
- Contrainte caractéristique du béton (MPa) : Fck = 20
- Quantité de ciment en kg/m<sup>3</sup>, calée de base à 300
- Variable indiquant si la résistance à la compression correspond aux classe de l'EN206 , True si c'est le cas, False dans le cas contraire. Pour rappel, le BAEL laissait toute caractéristique au projeteur sur sa valeur de résistance à la compression. On pouvait ainsi avoir Fck = 23 MPa, ce qui n'est plus le cas avec l'Eurocode 2. De base, dans le logiciel, FcEN206 = False

Variables propres à la méthode Dreux – Gorisse :

- La valeur du coefficient de majoration pour passer de la valeur caractéristique à la valeur moyenne de compression FcmCoef = 1.2
- Vibration du béton frais - Unité: 1 pour vibration légère / 2 pour vibration Faible / 3 pour vibration Normale / 4 pour vibration Puissante – Valeur prise égale par défaut à 3
- Affaissement en cm au cône d'Abrams : Slump = 8

Variables propres à la méthode Baron - Ollivier :

- Fabrication en centrale à béton non instrumentée - Fabrication = 1
- Densité du ferrailage du béton - Méthode Baron-Ollivier - Unité: 0 pour béton non armé / 1 pour béton avec densité inf 80kg/m<sup>3</sup> / 2 pour béton avec densité sup 80kg/m<sup>3</sup> – valeur de base = 0
- Présence ou pas de SuperPlastifiant = False (pas de superplastifiant)
- Délai de transport et de mise en oeuvre du béton - Unité: 0 pour moins de 30 minutes / 1 pour plus de 30 minutes. Calée de base à 0

Toutes ces valeurs peuvent être modifiées via le fichier cfg\_LaboBeton.ini.

Les éléments indiqués ci-avant ne sont qu'un échantillon des variables pré-configurées. Il vous faudra vous rendre dans le code source pour voir l'intégralité des variables initialisées.

Le fichier cfg\_LaboBeton.ini s'adapte à vos besoins (Cf. §4.8 - Formulaire configuration du logiciel).

## 7.5 Spline cubique d'interpolation

**A lire uniquement par ceux intéressés par le code source.**

La courbe granulométrique du sable ou du gravillon n'est renseignée que par point. Il est donc nécessaire de la tracer entre ces points, et donc de réaliser une interpolation entre ces derniers.

Pour effectuer ce traçage, le logiciel utilise la méthodologie des splines cubiques. Une interpolation polynomiale « normale » donne le phénomène de Runge comme expliqué dans l'extrait ci-dessous.

L'interpolation par spline cubique permet d'avoir une interpolation « propre », comme si elle avait été tracée à la main (au perroquet, les plus anciens d'entre nous comprendront).

Voir les explications sur cette méthode dans les 2 extraits ci-dessous.

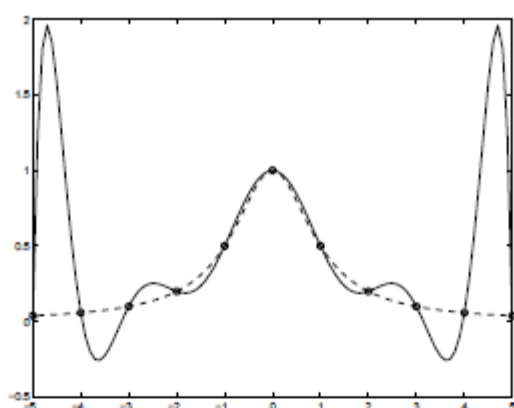


FIG. 2.5 – Divergence de l'interpolation polynomiale pour la fonction  $y = \frac{1}{1+x^2}$ . Phénomène de Runge. En pointillés : la fonction, en traits pleins : le polynôme d'interpolation de degré 10 construit sur 11 points régulièrement espacés.

tout en restant dans un procédé d'interpolation, on subdivise l'ensemble des points donnés en plusieurs sous-ensembles. On réalise les interpolations sur ces petits sous-ensembles, ce qui permet de se limiter à des polynômes de bas degré. Les fonctions polynomiales par morceaux obtenues sont à la base des éléments finis de Lagrange.

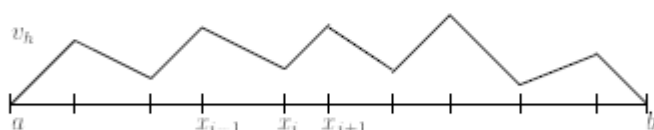


FIG. 2.6 – Une fonction affine par morceaux.

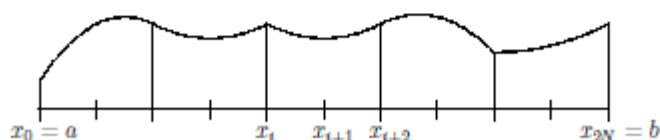


FIG. 2.7 – Une fonction polynomiale de degré deux par morceaux.

Les interpolations ci-dessus produisent des fonctions globalement continues mais non continûment dérivables.



Les *splines cubiques* d'interpolation sont des fonctions cubiques par morceaux, globalement  $C^2$ . On obtient leur expression analytique, segment par segment, en imposant les conditions suivantes aux points  $x_i$  d'interpolation

$$s(x_i) = y_i \text{ donné pour } i = 0, ..n, \quad s' \text{ et } s'' \text{ continues}$$

Les inconnues du problème sont alors les dérivées secondes  $C_i$  de la spline aux

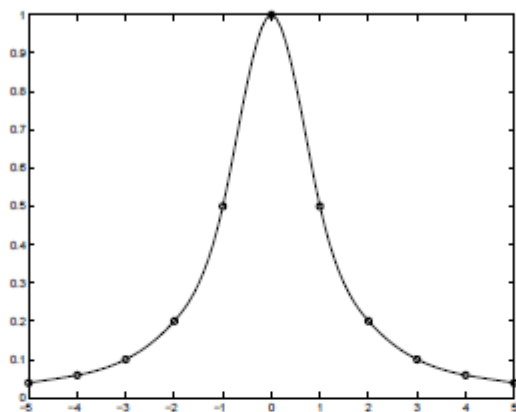


FIG. 2.8 – Spline cubique d'interpolation pour  $y = \frac{1}{1+x^2}$ .

points  $x_i$ . On suppose la dérivée seconde de la spline affine par intervalles. On intègre deux fois en prenant en compte les conditions de continuité de la dérivée et les valeurs données  $y_i$  aux points  $x_i$ . On en déduit les expressions suivantes de la spline sur chaque intervalle  $[x_i, x_{i+1}]$  :

$$S_i(x) = \frac{C_i}{6} \left[ \frac{(x_{i+1}-x)^3}{h_i} - h_i(x_{i+1}-x) \right] + \frac{C_{i+1}}{6} \left[ \frac{(x-x_i)^3}{h_i} - h_i(x-x_i) \right] + y_i \frac{(x_{i+1}-x)}{h_i} + y_{i+1} \frac{(x-x_i)}{h_i} \quad (2.10)$$

avec  $h_i = x_{i+1} - x_i$ , et où les  $C_i$  sont solutions du système tridiagonal :

$$\frac{h_{i-1}}{6} C_{i-1} + \frac{h_{i-1} + h_i}{3} C_i + \frac{h_i}{6} C_{i+1} = \frac{y_{i+1} - y_i}{h_i} - \frac{y_i - y_{i-1}}{h_{i-1}}$$

pour  $i = 1, ..n - 1$ , complété, en général, par  $C_0 = C_n = 0$ .

Voici par exemple (Figure 2.8) la spline cubique d'interpolation de la fonction  $f(x) = \frac{1}{1+x^2}$  sur 10 intervalles. On observe la stabilité de cette interpolation par contraste avec le résultat obtenu (Figure 2.5) par interpolation polynomiale.

Extrait d'un document pdf que j'ai trouvé sur Internet mais dont je suis incapable de retrouver l'auteur. Que ce dernier veuille bien me pardonner (et se signaler, je rendrais à César ce qui appartient à César).

Les fonctions S et h utilisées dans le logiciel, sont les mêmes que celles indiquées ci-dessus, ceci afin de rendre le logiciel plus compréhensible.

## 7.6 Structure du fichier de données

### 7.6.1 Le fichier de données de la formulation

Le fichier de données est écrit et lu dans le module « General.vb » du logiciel.



Comme le programme est écrit sous paradigme objet, la sauvegarde des données et la lecture de ces dernières utilise la sérialisation des objets proposée par le framework .Net.

La sauvegarde est donc constituée d'un ensemble de fichiers comportant un fichier texte (format .txt lisible avec NotePad™) qui va indiquer au programme, les données objets sérialisés, et de 5 fichiers au format .xml contenant les données des 5 objets sérialisés.

De base, tous ces fichiers se trouvent dans le répertoire « Data ». Et, je vous invite, dans ce répertoire, à créer autant de sous-répertoires que vous avez de calcul de formulation. Sinon, cela va vite ressembler à un vaste capharnaüm.

L'image ci-dessous représente un sous-répertoire dans lequel a été sauvegardé l'ensemble des données d'une formulation : le fichier texte et les 5 fichiers xml correspondant aux objets sauvegardés.

L'image est tirée de [l'exemple n°1](#) pour la formulation d'un béton courant suivant la méthode Dreux-Gorisse, exemple qui figure dans le document de validation n°1 du présent logiciel. Vous trouverez ce document sur le site Web du logiciel.

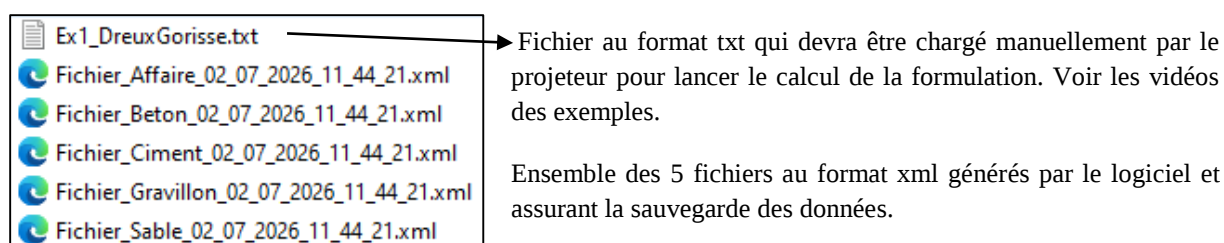


Figure 7-1 - Ensemble des données sauvegardées

Seul le fichier sous format txt doit être appelé par le projeteur.

Dans l'image ci-contre, le projeteur chargera le fichier « Ex1\_DreuxGorisse.txt ».

Les autres fichiers xml seront chargés automatiquement par le logiciel via le fichier .txt appelé précédemment. Si vous appelez un fichier xml directement, le logiciel plantera.

Les noms de ces fichiers xml figurent dans le fichier texte et ne doivent jamais être modifiés.

Si une erreur se produit en indiquant qu'un fichier n'a pas été trouvé par le programme, vérifiez en tout premier lieu que les fichiers indiqués dans le fichier texte se trouvent bien **tous** dans le même répertoire où se trouve le fichier txt.

Pour plus de précisions, voir le code de ce module pour comprendre l'arrangement des données dans le fichier de sauvegarde.

#### **Important - A retenir :**

Assurez-vous **toujours** que le fichier texte (fichier avec la terminaison .txt) se trouve dans le même répertoire que les 5 fichiers à terminaison xml.

## 7.6.2 Le fichier de données des granulats

Ce logiciel a la particularité de mettre à disposition du projeteur, deux types de fichiers :

1. Le fichier général de données qui rassemble toutes les données nécessaires à l'élaboration de la formulation. Il fait l'objet de la présentation du chapitre précédent. C'est le même type de fichier que mes autres logiciels.
2. Les fichiers de données des granulats.



Les sables et gravillons disposent de leurs propres caractéristiques physiques, indépendantes de la formulation du béton.

Il aurait été dommage de ne pas profiter de ces données pour d'autres formulations et qu'elles soient prisonnières d'une seule et unique formulation.

Aussi, le logiciel vous donne la possibilité de sauvegarder sous format de fichier xml, toutes les caractéristiques physiques de votre granulat, qu'il soit sable ou gravillon.

Toutes les données renseignées dans les formulaires Sable ou Gravillon seront donc sauvegardées dans un fichier xml, que vous pourrez intituler Sable\_0\_4 par exemple ou Gravillon\_5\_15 autre exemple.

La sauvegarde de ces données est réalisée, dans les formulaires Sable ou Gravillon, chacun pour leur partie :

| Pour la partie Sable                                                                                                                        | Pour la partie Gravillon                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <u>Bibliothèque de données du sable</u><br><br>Charger les caractéristiques d'un sable ...<br><br>Sauvegarder les caractéristiques du sable | <u>Bibliothèque de données du gravillon</u><br><br>Charger les caractéristiques d'un gravillon ...<br><br>Sauvegarder les caractéristiques du gravillon |

Avec :

- Le bouton « Sauvegarder ... » pour créer le fichier de données.
- Le bouton « Charger ... » pour charger les données du fichier du matériau (sable ou gravillon) et d'éviter ainsi de devoir tout renseigner de nouveau.

Ce qui vous permettra, par exemple, d'obtenir les fichiers suivants :

|                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  G1_4-10.xml  | 2 gravillons ont été sauvegardés : le G1 de granulométrie 4/10 et le G2 de granulométrie 10/20 et 2 sables ont été sauvegardés : le S1 de granulométrie 0/1 et le S2 de granulométrie 1/4 sous forme de 4 fichiers xml.      |
|  G2_10-20.xml |                                                                                                                                                                                                                              |
|  S1_0-1.xml   |                                                                                                                                                                                                                              |
|  S2_1-4.xml   | Ces 2 gravillons et ces 2 sables pourront donc être utilisés pour l'élaboration pour toute nouvelle autre formulation sans avoir besoin de devoir, de nouveau, renseigner « à la main », les formulaires Sable et Gravillon. |

L'intitulé des fichiers est libre. Je vous invite donc à faire comme moi, d'indiquer par S ou G si c'est un sable ou un gravillon, un n° d'ordre ou un lieu de carrière ou de fournisseur et enfin, la granulométrie. Vous vous constituerez ainsi une bibliothèque de matériaux à peu de frais.

Dans les exemples figurant en fin de la présente notice, vous aurez la possibilité de récupérer, pour certains exemples, les fichiers individuels des granulats.



## 8 Bibliographie

La conception du logiciel s'est appuyée sur les documents suivants :

Cours et TD béton :

- [5] - TD – Formulation d'un béton ordinaire – ENS Paris Saclay – 15/10/2018 (librement accessible sur Internet).

Normes et recommandations :

- [4] - L'EN 1992-1-1 AC2008 AC2010 : 2004 et son Annexe Nationale Française d'octobre 2007
- [7] - L'EN 206-1 de juin 2005 et son Annexe Nationale Française de septembre 2006
- [8] - Le complément national de l'EN 206-1 de juin 2013 soit NF EN 206+A2/CN novembre 2022
- [6] - Les classes d'exposition – Aides à la prescription – Recommandations professionnelles – CERIB – FIB – Décembre 2009

Livres pour l'ensemble du logiciel :

- [1] - « Nouveau guide du béton et de ses constituants » - 8<sup>ième</sup> édition 1998 3<sup>ième</sup> tirage 2007 – G. Dreux & J. Festa- Edition Eyrolles
- [2] - « Le matériau béton : Connaissances générales » - Collection Les cours de l'ENTPE – G. Chanvillard - Edition ENTPE ALEAS 1999
- [3] - « Les bétons – Bases et données pour leur formulation » écrit sous la direction de Jacques Baron et Jean-pierre Ollivier et paru aux Editions Eyrolles 1996.

Articles :

- Technique de l'Ingénieur –Article C2 210 - Formulation des bétons - Bernier – 2004
- Technique de l'Ingénieur –Article C2 210 - Formulation des bétons - Bibliographie - 2004
- Technique de l'Ingénieur –Article C2 220 - Composition des bétons – G. Dreux – 1980
- [9] – Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics (ITBTP) – n°414 – Mai 1983  
Série : béton 214

Voici la liste bibliographique sur laquelle je me suis appuyé pour la réalisation du présent logiciel. Certains documents sont accessibles sur internet (Goggle est votre ami).

Certains documents présentés ci-avant, ne sont pas forcément indispensables à la compréhension du logiciel.

Rassurez-vous, la compréhension du logiciel ne nécessite pas la lecture de tous ces ouvrages mais cette liste pourra vous être utile si vous souhaitez retrouver l'origine de telle ou telle formule utilisée par le logiciel, pour comprendre la méthodologie utilisée, ou, éventuellement, apporter des modifications au logiciel si vous êtes intéressés par le code source.



## 9 Validations et Exemples

### 9.1 Exemples proposés

Ces exemples sont tirés de la littérature technique. Ils ont pour but de balayer l'ensemble des méthodes de formulation proposées par le logiciel.

Les exemples proposés sont les suivants :

- Exemples concernant la méthode Dreux-Gorisse
  - [Exemple n°1 – Béton binaire courant 30 MPa](#)
  - [Exemple n°2 – Béton courant 30 MPa 2 sables et 2 gravillons avec amendement ENS](#)
- Exemples concernant la méthode Baron-Ollivier
  - [Exemple n°1 – Béton XA1 avec fines optimisée et plastifiant](#)
  - [Exemple n°2 - Béton binaire courant 25 MPa](#)
  - [Exemple n°3 - Béton binaire courant 25 MPa avec fines optimisées](#)
  - [Exemple n°4 – Béton XC4 XF1 avec plastifiant et addition en Cendre Volante](#)

Un même exemple peut comporter plusieurs fichiers de sauvegardes suivant la prise en compte ou pas de différentes options.

Chaque exemple donne la référence de l'ouvrage dont il est extrait.

Tous les fichiers de données de ces exemples ainsi que les notes de calcul correspondantes, se trouvent sur le site internet <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, dans la page dédiée au présent logiciel. Vous pourrez donc, par vous-même, reprendre les exemples décrits ci-dessous, les faire tourner sur le logiciel, les modifier, etc. ....

Il est possible que les captures d'écran que vous trouverez ci-après, ne correspondent pas tout à fait à celles que vous obtiendrez avec la présente version logicielle. En effet, ces exemples ont servi aussi de test et de mise au point du logiciel. Ils ont aussi à valider les évolutions. Dans le cas où l'évolution n'apporte pas de modification à l'entrée de données de manière substantielle, je n'ai pas refait de capture d'écran, considérant que les captures précédentes étaient suffisamment explicites.

De toute façon, je vous invite à vous rendre sur mon site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, pour télécharger ou visualiser les vidéos explicatives des exemples ci-après. En effet, chaque exemple a fait l'objet d'une vidéo pour illustrer les capacités du logiciel.

### 9.2 Exemples d'applications suivant la méthode de formulation Dreux - Gorisse

#### 9.2.1 Exemple n°1 - 1 – Béton courant binaire 30 MPa

##### 9.2.1.1 Entrée des données

Cet exemple est tiré du livre [\[1\]](#), exemple 3.10.1 page 253.

Il s'agit de formuler un béton de résistance  $F_{c28} = 30$  MPa, ouvrabilité 5 cm, avec une mise en place par vibration normale suivant la méthode Dreux-Gorisse, présentée dans [\[1\]](#),

**Etape1 :** le renseignement des exigences de formulation via le formulaire idoine.

Les exigences sont donc renseignées dans le formulaire « Exigences de formulation ».



A la suite de l'écriture de ces renseignements, le formulaire doit être identique à la figure ci-dessous.

Figure 9-1 - Formulaire "Exigence de formulation" complètement renseigné

Nous sommes dans le cas de la méthode Dreux-Gorisse stricte (Cf. §2.7.1 - Formulation par la méthode Dreux-Gorisse pour plus de détail) ce qui implique les choix de tableaux Dreux-Gorisse strict.

La pâte à ciment est bien majorée comme le demande la méthode initiale.

La résistance moyenne visée est de 34,5 MPa, la valeur du coefficient de majoration est pris égal à 1,15 (valeur figurant dans [1]), c'est donc cette valeur qui est renseignée dans le formulaire ci-dessus.

Je rappelle que ce coefficient de majoration est indépendant de la méthode de calcul de formulation car les formulations visent uniquement une résistance moyenne de compression. Et les calculs de structure sont réalisés à partir d'une résistance à la compression caractéristique. Ce coefficient sert donc uniquement à passer d'une résistance caractéristique à une résistance moyenne.

Il ne reste plus qu'à cliquer sur le bouton « Ok » pour continuer l'entrée des données.

Vous pouvez laisser cocher les exigences de l'EN206-1 en XC1. Cela ne changera pas grand-chose à la formulation de la solution.

## **Etape 2 :** le renseignement du sable utilisé

Il s'agit d'un béton binaire donc, un seul sable, en l'occurrence ici, un sable de classe 0/5.

L'exemple donne directement la courbe granulométrique suivant la figure ci-dessous. J'ai donc dû lire la courbe granulométrique pour déterminer pour chaque tamis, la valeur du tamisât et renseigner ainsi, les valeurs de tamisât dans le formulaire sable (voir image ci-dessous).

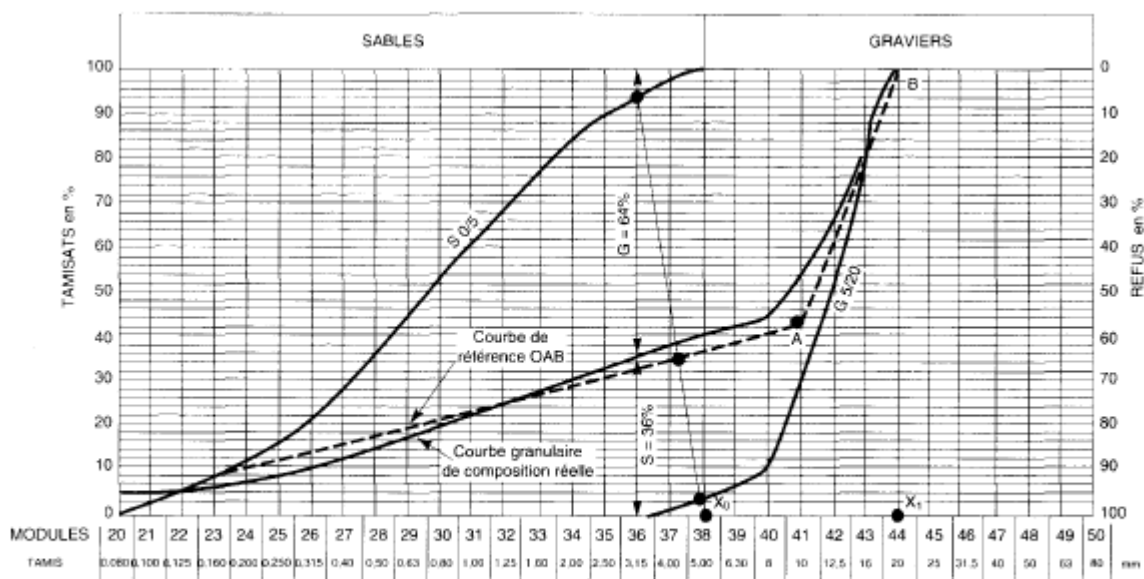


Fig. X-17 – Analyse granulométrique.  
Exemple d'étude de la composition granulair d'un béton binaire continu  $D = 20$  mm.

#### Figure 9-2 - Analyse granulométrique du sable et du gravillon utilisé pour confectionner ce béton

Le livre indique un module de finesse de 2,71 et suite à ma lecture et au calcul du logiciel, j'obtiens un module de finesse de 2,72. On peut donc considérer que les 2 sables sont identiques en granulométrie. Vous devez d'abord renseigner les dimensions de tamis que vous allez utiliser pour caractériser la granulométrie du sable utilisé.

Les tamis figurent sur l'onglet n°1 (voir image ci-contre).

Ainsi, dans le cadre de notre exemple, j'ai renseigné les valeurs de tamisât en % (c'est bien ce qui figurent sur l'image ci-dessus) pour les tamis de module 20 et 22 à 38.

Il faut donc cocher les tamis correspondant (voir image ci-contre pour renseigner l'ensemble des tamis utilisés).

Une fois que cet onglet a été renseigné, vous pouvez vous rendre sur l'onglet sable n°1 ou onglet sable n°2 pour indiquer la granulométrie et les autres renseignements.

Dans notre cas, nous n'avons qu'un seul sable, donc un seul onglet sable comme le montre l'image ci-contre.

Outre la granulométrie, vous devez aussi renseigner son nom, sa classe, sa qualité, sa forme, sa densité et sa teneur en humidité si dans les exigences de formulation, vous avez indiqué souhaiter la composition pondérale humide (ce qui est le cas ici).

Figure 9-3 - Exemple n°1 - Formulaire Sable - Onglet Tamis



Le formulaire a été renseigné. Il figure donc :

Caractéristiques du sable

Dimensions de tamis Caractéristiques du sable

Identité du sable : Sable 0/5 - Exemple n°1 Qualité du sable : Caractéristiques indicées B

Classe granulaire : d 0 / D 5 Formes : ☐ Concassé ☒ Roulé

Densité sèche : 2.54 (T/m<sup>3</sup>) Teneur en humidité : 7.50 (%)

Analyse granulométrique du sable

Masse totale sèche de l'échantillon de sable : 500 (g)

Tamisât cumulé en % 0 (%) pour le tamis de 0.08

|                    | 0.080 | 0.125 | 0.160 | 0.200 | 0.250 | 0.315 | 0.400 | 0.50 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Tamisât cumulé (%) | 0     | 2     | 4     | 8     | 16    | 21    | 28    | 36   |

Charger ... Sauvegarder ... Procéder à l'analyse granulométrique

Bibliothèque de données du sable

Charger les caractéristiques d'un sable ... Effacer toutes les données du sable

Sauvegarder les caractéristiques du sable

OK Annuler

Figure 9-4 - Formulaire Sable - Onglet Sable

dans l'entrée des données granulométriques.

Si ce dernier point est bon, vous pouvez sauvegarder ces données, en cliquant sur le bouton « Sauvegarder ». Attention, ce bouton ne sauvegarde que les données granulométriques dans un fichier portant l'extension granulo.

Si vous voulez sauvegarder l'ensemble des données, il faut cliquer sur le bouton « Sauvegarder les caractéristiques du sable ». Dans ce cas, vous allez sauvegarder l'ensemble des données : données granulométriques et caractéristiques du sable (qualité granulat, angularité, etc. ...). L'intérêt de cette sauvegarde est de pouvoir vous assurer un catalogue de données de sables et pouvoir vous en réserver pour d'autres formulations sans avoir à de nouveau devoir renseigner tous ces items.

Les données introduites dans ce formulaire sont les données figurant dans l'exemple.

### **Etape 3 :** le renseignement du gravillon utilisé

L'entrée des données est identique à celle réalisée pour le sable.

Comme pour le sable, j'ai lu la courbe granulométrique pour déterminer pour chaque dimension de tamis, la valeur du tamisât et renseigner ainsi, les valeurs de tamisât dans le formulaire gravillon (voir image ci-dessous).

Les formulaires sont quasi-identiques entre le sable et le gravillon.

Comme pour le sable, il faut d'abord renseigner l'onglet Tamis puis l'onglet Gravillon.

Le nom du sable

La qualité du sable : ici, qualité B soit granulat bon.

Sa classe granulaire : 0/5

La forme du sable (ou son angularité) : le sable mis en œuvre est un sable roulé.

Sa densité sèche : 2,54 T/m<sup>3</sup>

Sa teneur en humidité (composition pondérale demandée) : 7,5%

Et enfin, il faut indiquer pour chaque dimension de tamis, la valeur de tamisât cumulé en %.

La masse totale de l'échantillon n'a pas besoin d'être renseignée. N'importe quelle valeur suffit, elle n'intervient pas dans ce calcul.

Vous pouvez cliquer sur le bouton « Procéder à l'analyse granulométrique » pour vérifier que toutes les valeurs de tamisât ont bien été prises en compte. Et pour vérifier aussi, qu'il n'y a pas eu d'erreur



Mode de renseignement identique à celui du formulaire Sable.

Les valeurs de dimensions de tamis sont propres au gravillon utilisé et figurent sur la courbe granulométrique en support de l'exemple – Voir [Figure 9-2 - Analyse granulométrique du sable et du gravillon utilisé pour confectionner ce béton](#)

Modalité de renseignement de ce formulaire identique à celle du formulaire Sable.

Sable 5/20

Forme : roulé et granulat de bonne qualité soit indice B

Densité : 2,62

Teneur en humidité : 1,5%

Comme pour le formulaire Sable, vous avez la possibilité :

De sauvegarder les données granulométriques : bouton « Sauvegarder »

De sauvegarder les données granulométriques et les caractéristiques du gravillon : bouton « Sauvegarder les caractéristiques du gravillon », toujours dans l'idée de se constituer une bibliothèque de composants (et d'éviter de devoir tout se retaper !).

Figure 9-6 - Gravillon

#### Etape 4 : le renseignement du Ciment utilisé

L'exemple indique simplement une classe de ciment 32,5 sans plus de précision.

Dans le cadre de la méthode de formulation Dreux-Gorisse, cela ne représente aucune importance puisque seule compte la classe vraie du ciment employé.

Aussi, j'ai choisi un CEM II/A-L 32.5 N (ex CPJ-CEM II/A 32,5) comme j'aurais pu aussi cocher le CEM II/B-L 32.5 N



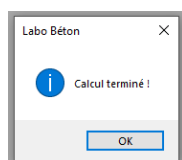
Figure 9-7 - Formulaire Ciment et Addition

Et j'ai décoché la case « Valeur type » pour la classe vraie du ciment car cette dernière propose une classe vraie de 39 MPa pour un ciment de classe 32,5. L'exemple impose une classe vraie de 48 MPa. C'est donc cette dernière qui a été renseignée.

Et j'ai décoché « Valeur type » pour afficher la densité de 3.10 (voir ci-contre).

L'ensemble des éléments indiqués ci-avant donne donc le formulaire ci-contre, une fois ce dernier complètement rempli.

Une fois ces 4 formulaires renseignés, il ne reste plus qu'à cliquer sur la commande Formulation >> Afficher la composition du béton pour lancer le calcul de la formulation.



Une fois ce dernier terminé, un écran s'affiche (voir image ci-contre)

Vous cliquez sur le bouton « OK » et l'éditeur interne va s'afficher avec la note de calcul produisant la note détaillée de calcul de formulation du béton. Cette note est au format rtf, vous pouvez aussi l'éditer sous Word ou un autre logiciel de traitement de texte.

### 9.2.1.2 Comparaison des résultats

Le tableau ci-dessous permet de faire le comparatif entre les résultats de l'exemple et ceux du logiciel :

| Valeur                                        | Exemple   | Logiciel         | Observation                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------|-----------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rapport C/E                                   | 1,94      | 1,94             | Identique                                                                                                                                           |
| Quantité de ciment C                          | 375 kg/m3 | 374 kg/m3        | Quasi-identique                                                                                                                                     |
| Quantité d'eau E                              | 195 L     | 193 L            | Quasi-identique                                                                                                                                     |
| Module de finesse du sable mf                 | 2.71      | 2.72             | Quasi-identique                                                                                                                                     |
| Point de brisure A : XA                       | 10mm      | 10mm             | Identique                                                                                                                                           |
| Point de brisure A : YA                       | 44%       | 45,89 %          | La différence provient de la valeur de K que l'exemple valide à -2 et que le logiciel valide à -0.96 + quelques arrondis « légers » de l'auteur (1) |
| Répartition S/G : Sable                       | 36%       | 39%              | Acceptable (2)                                                                                                                                      |
| Répartition S/G : Gravillon                   | 64%       | 61%              | Acceptable (2)                                                                                                                                      |
| Coefficient de compacité : $\gamma$           | 0,825     | 0,825<br>(0,835) | Identique mais incohérence de l'exemple – Voir observation n°3 pour le détail                                                                       |
| Volume absolu de l'ensemble des granulats Vag | 704 L     | 704 L<br>(714 L) | (4)                                                                                                                                                 |
| Volume de sable                               | 253 L     | 274 L<br>(278 L) | (4)                                                                                                                                                 |
| Volume de gravillon                           | 451 L     | 429 L<br>(435 L) | (4)                                                                                                                                                 |

- (1) Quand on regarde le tableau correspondant de la méthode Dreux-Gorisse, on est plus proche de 1 que de 2. Toutefois, vu le faible affaissement (5 cm) qui nous rapproche plutôt d'un béton ferme, nous serions dans ce cas plus proche aussi de la colonne vibration puissante. Et dans ce cas, le coefficient -2 peut s'expliquer (ce n'est pas la 1<sup>ière</sup> incohérence que je vois dans cet exemple !).



- (2) La différence s'explique en partie par la différence sur le calcul de l'ordonnée du point de brisure A et sur la lecture sur le graphique des courbes granulométrique. Dans le cas du logiciel, le point d'intersection est calculé. Mais obtenir un résultat à 3% prêt me semble tout à fait acceptable.
- (3) Si on prend le tableau 10-5 page 238 du livre, un affaissement de 5 cm classe ce béton dans la catégorie « béton ferme ». Et un béton ferme, pour une vibration normale et un  $D_{max}=20mm$  donne un coefficient de compacité de 0,835 (chiffre initialement trouvé par le logiciel et que j'ai mis en bleu dans tableau ci-dessus). Or l'auteur de l'exemple trouve un coefficient de compacité égal à 0,825 soit une consistance plastique au lieu de ferme. Donc, nouvelle incohérence de l'auteur, qui ne respecte pas ce qu'il énonce une vingtaine de pages avant ! Aussi, pour permettre de valider le logiciel, j'ai introduit, dans le formulaire « Configuration », des valeurs d'affaissement frontière paramétrable qui permettront suivant le cas de figure de pouvoir définir un béton une fois dans la case « Plastique » et une autre fois « Ferme ». Dans le cadre de cet exemple, il ne faudra pas oublier d'aller modifier la configuration sur ce paramètre. La configuration est sauvegardée dans les fichiers de données.
- (4) Les chiffres en bleu correspondent au coefficient de compacité 0,835. En fait, on s'aperçoit que la différence n'est pas significative. Il est bien plus significatif les 3% de différence sur les volumes du sable et du gravillon.

En vertu des éléments figurant ci-avant, cela donne les compositions pondérales suivantes :

Composition pondérale matériaux secs : (en bleu, les données venant du logiciel pour un coefficient de compacité de 0,835, en rouge, les données venant du logiciel pour un coefficient de compacité de 0,825, et en noir celles venant de l'exemple)

- Ciment : 374 k/374 kg / 375 kg.
- Eau : 193 L/193 L./ 193 L
- Sable n°1 : 706 kg/695 kg./ 643 kg
- Gravillon n°1 : 1139 kg/1121 kg./ 1182 kg

-----  
Total Général : 2412 kg/ 2385 kg./ 2395 kg

La différence de valeurs entre les données du logiciel et de l'exemple livresque vient des 3% de différence sur la lecture du point d'intersection entre la droite reliant les points 95% - 5% et la droite brisée. D'où l'importance des essais de laboratoire et des essais de convenance une fois la formulation réalisée pour ajuster et valider cette dernière.

Composition pondérale humide :

- Ciment : 374kg/374 kg./375 kg
- Eau : 122L/124 L./ 129 L
- Sable n°1 : 758kg/747 kg./ 691 kg
- Gravillon n°1 : 1156kg/1137 kg./ 1200 kg

-----  
Total Général : 2410kg/2382 kg./ 2395 kg

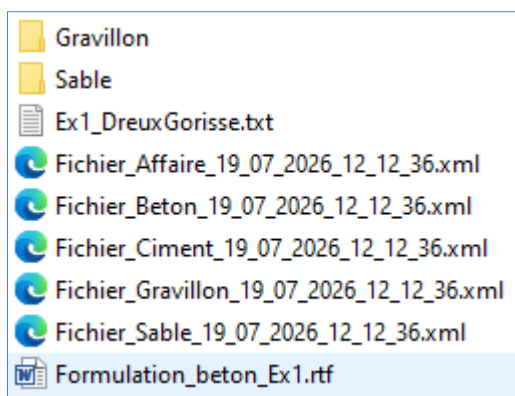
Suite à la prise en compte de l'humidité dans les granulats, vous pouvez remarquer une diminution de la quantité d'eau générale (prise en compte de l'apport de l'eau contenu dans les granulats) et une augmentation des masses des granulats, pour au final, obtenir la même masse volumique. La différence de 1 à 2 kg peut provenir du cumul des arrondis sur les différents postes.

Je ne retrouve pas les valeurs pondérales humides du livre dans [1]. Pourtant, je ne les ai pas inventés ! Elles doivent figurer ailleurs que dans les pages 253 et suivantes.

### 9.2.1.3 Fichiers de données et note de calcul

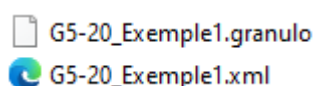
Vous pourrez récupérer sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, à la page consacrée au présent logiciel, le fichier de validation du logiciel dans lequel vous trouverez dans le répertoire « Méthode Dreux-Gorisse – Ex 1 », les fichiers suivants :

Les 2 sous-répertoires « Gravillon » et « Sable » comprenant chacun les fichiers de sauvegarde de données du gravillon et du sable, présent ci-contre en haut de l'image.



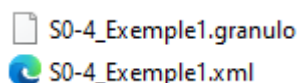
L'ensemble des fichiers de données de l'affaire comprenant le fichier en .txt et les 5 fichiers en .xml. Le fichier « Ex1\_DreuxGorisse.txt » est celui qu'il faudra charger depuis le logiciel.

La note de calcul « Formulation\_beton\_Exemple1.rtf » que vous pouvez ouvrir avec n'importe lequel éditeur de texte. Cela vous montrera comment se compose la note de calcul et ce que vous devez obtenir en chargeant les données ci-dessus et en lançant le calcul.



Composition du sous-répertoire Gravillon avec le fichier de données du gravillon au format xml et son fichier de granulométrie au format .granulo. Le format granulo est lisible avec NotePad (simple fichier texte).

Vous pourrez ainsi comparer la différence des données contenus dans ces 2 fichiers en les appelant l'un et l'autre.



Composition du sous-répertoire Sable avec le fichier de données du sable au format xml et son fichier de granulométrie au format .granulo.

Idem que pour le gravillon, je vous invite à faire la comparaison entre les deux fichiers.

## 9.2.2 Exemple n°1-2 – Béton courant 30 MPa 2 sables et 2 gravillons avec amendement ENS

### 9.2.2.1 Données

Cet exemple est tiré du TD béton de l'Ecole Normale Supérieure Paris – Saclay voir [5]. Cet exemple accompagne la livraison du présent exemple n°2 sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>.

Il s'agit de formuler un béton de résistance  $F_{c28} = 30$  MPa, ouvrabilité 7,5 cm, avec une mise en place par vibration normale. Ce béton comprend 2 sables et 2 gravillons.

L'ordre de renseignement est le même que pour l'exemple précédent.

**Etape1 :** le renseignement des exigences de formulation via le formulaire idoine.

Pour le choix des tableaux Coefficient Granulaire et quantité d'eau, les choix doivent porter sur les tableaux ENS (Cf. §2.7.1.4 - Coefficient granulaire Kdg – Choix du tableau et §2.7.1.5 - Majoration ou minoration de la quantité d'eau – Choix du tableau )

La valeur du coefficient de majoration est pris égal à 1,20 puisque la résistance moyenne visée est de 36 MPa.

Pas de majoration de la quantité de ciment si la quantité d'eau initiale est modifiée : la coche « Majoration pâte à ciment » n'est donc pas cochée.

Pas de composition pondérale humide, uniquement matériaux secs.

Les exigences ci-avant sont donc renseignées dans le formulaire « Exigences de formulation » ce qui donne :



**Exigences de formulation**

Méthode de formulation du béton :

☒ Par la Méthode Dreux - Gorisse ☐ Par la Méthode Baron - Ollivier

Coefficient granulaire :  ?

Quantité d'eau Majoration/minoration :  ? ☐ Majoration pâte à ciment ?

☒ Inclure les exigences de la classe d'exposition ?

Résistance à la compression du béton durci :

☒ Normalisé suivant EN 206.1 (tableau 7) :  ☐ Résistance caractéristique sur cylindre visée à 28 jours: ?

Valeur du coefficient de majoration :  ?

Ouvrabilité du béton frais:  (cm) ? ☐ Béton destiné à être pompé

Mode de vibration pour la réalisation de l'ouvrage :

☐ Leger ☐ Faible ☒ Normale ☐ Puissante ?

**Granulats composant la formulation du béton :**

Nombre de sable(s) :  Nombre de gravillon(s) :  ☐ Composition Pondérale humide ?

Figure 9-8 - Formulaire "Exigences de formulation" renseignée

Il ne reste plus qu'à cliquer sur le bouton « Ok » pour continuer l'entrée des données.

**Etape 2 :** le renseignement des deux sables utilisés et des deux gravillons utilisés

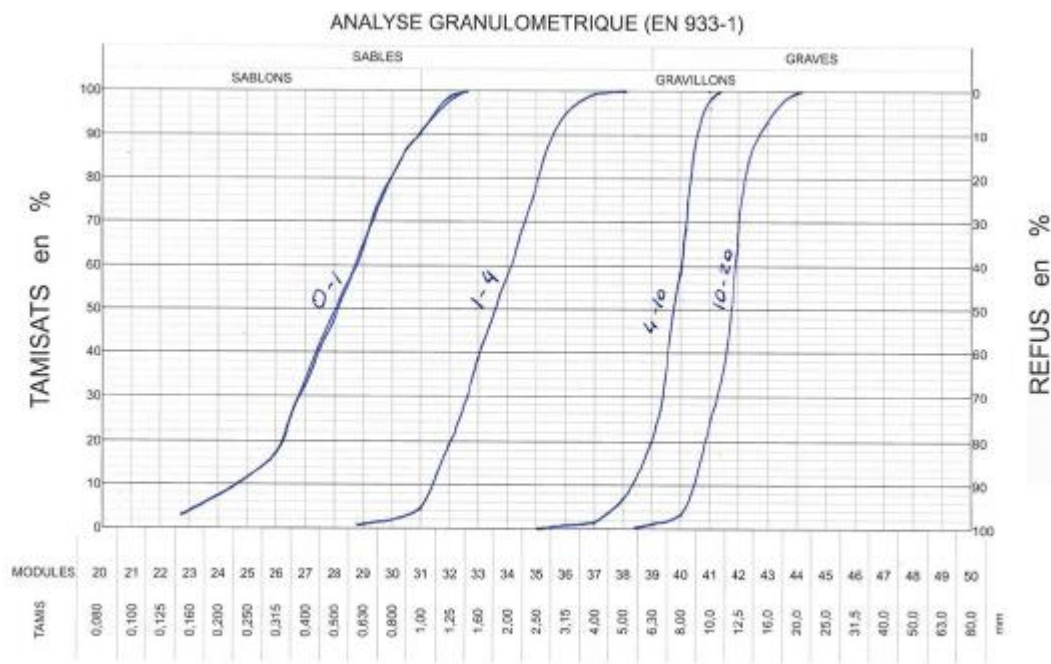


Figure 13 : Courbes granulométriques des deux sables et deux graviers



L'exemple donne directement les courbes granulométriques suivant la figure ci-dessous. J'ai donc dû lire la courbe granulométrique pour déterminer pour chaque tamis, la valeur du tamisât pour chaque sable et chaque gravillon.



Figure 9-11 - Formulaire Sable - Onglet Sable n°2

2,5.

Globalement, méthodologie de renseignement à peu identique à celle de l'onglet du sable n°1.

Il faut penser qu'avec un 2<sup>ème</sup> sable, il faut renseigner le module de finesse visé par le mélange des 2 sables, soit un module de finesse de 2,5.

Attention, cette fois-ci, il faudra cocher la coche « Sable correcteur ».

En effet, si vous demandez l'analyse granulométrique de ce sable, vous constaterez un module de finesse de ce sable égal à 4,01 soit bien au-delà de la limite de 3,2 pour un sable à béton.

Et le logiciel ne vous laissera pas valider ces données sans correction.

Aussi, pour un sable correcteur qui ne sera pas forcément dans l'intervalle 1,8/3,2, cette coche vous permet de ne pas mettre en œuvre cette protection logicielle.

Suivant le cas de figure, vous pouvez être amené à devoir cocher cette coche pour les 2 sables et ce sera le mélange de ces deux sables qui assurera un module de finesse de

Figure 9-12 - Formulaire Gravillons - Choix des tamis

Mêmes principes que pour les tamis du sable



| Dimensions de tamis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Caractéristiques du gravillon | Caractéristiques du gravillon n°2 |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |                   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|-------------------|---|---|---|---|---|----|----|----|-----|
| <p>Type de gravillon : <input type="radio"/> concassé <input checked="" type="radio"/> roulé ? Qualité du granulat : Caractéristiques indicées B</p> <p>Identité du gravillon : Gravillon 4/10 ENS</p> <p>Classe granulaire : d 4 / D 10</p> <p>Densité sèche : 2.50 (T/m3) ?</p> <p>Analyse granulométrique du gravillon</p> <p>Masse totale sèche de l'échantillon : 500 (g)</p> <p>Tamisé cumulé en % 0 (g) pour le tamis de 2</p> <table border="1"><thead><tr><th></th><th>2.00</th><th>2.50</th><th>3.15</th><th>4.00</th><th>5.0</th><th>6.3</th><th>8.0</th><th>10.0</th><th>12.5</th></tr></thead><tbody><tr><td>Tamisé cumulé (%)</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>7</td><td>20</td><td>58</td><td>97</td><td>100</td></tr></tbody></table> <p>Charger ... Sauvegarder ... Procéder à l'analyse granulométrique</p> <p>Bibliothèque de données du gravillon</p> <p>Charger les caractéristiques d'un gravillon ... Effacer toutes les données du gravillon</p> <p>Sauvegarder les caractéristiques du gravillon</p> |                               |                                   |      | 2.00 | 2.50 | 3.15 | 4.00 | 5.0  | 6.3  | 8.0 | 10.0 | 12.5 | Tamisé cumulé (%) | 0 | 0 | 1 | 2 | 7 | 20 | 58 | 97 | 100 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2.00                          | 2.50                              | 3.15 | 4.00 | 5.0  | 6.3  | 8.0  | 10.0 | 12.5 |     |      |      |                   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |
| Tamisé cumulé (%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0                             | 0                                 | 1    | 2    | 7    | 20   | 58   | 97   | 100  |     |      |      |                   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |
| <p>Caractéristiques du gravillon n°1</p> <p>Même méthodologie de renseignement que pour l'exemple n°1.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                               |                                   |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |                   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |
| <p>Caractéristiques du gravillon n°2</p> <p>Même méthodologie de renseignement que pour le gravillon n°1 ci-contre.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                               |                                   |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |                   |   |   |   |   |   |    |    |    |     |

#### Etape 4 : le renseignement du Ciment utilisé

Figure 9-13 - Formulaire Ciment

L'exemple précise un ciment CEM I 42,5 avec une classe de résistance commerciale de 51 MPa et une densité de 3,1.

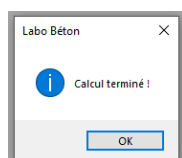
Vous remarquerez que le champ de texte est ombré : cela signifie que la classe vraie renseignée est identique à celle figurant dans le formulaire Configuration. Raison pour laquelle la case est cochée pour l'item « Classe vraie suivant valeurs types ».

Aucune addition.

Tous ces éléments sont renseignés dans le formulaire ci-dessus.

Pas de difficulté particulière à renseigner ce formulaire par rapport aux données de l'exemple.

Une fois ces 4 formulaires renseignés, il ne reste plus qu'à cliquer sur la commande Formulation >> Afficher la composition du béton pour lancer le calcul de la formulation.



Une fois ce dernier terminé, un écran s'affiche (voir image ci-contre)

Vous cliquez sur le bouton « OK » et l'éditeur interne va s'afficher avec la note de calcul produisant la note détaillée de calcul de formulation du béton. Cette note est au format rtf, vous pouvez aussi l'éditer sous Word ou un autre logiciel de traitement de texte.



### 9.2.2.2 Comparaison des résultats

Le tableau ci-dessous permet de faire le comparatif entre les résultats de l'exemple et ceux du logiciel :

| Valeur                                        | Exemple                         | Logiciel                        | Observation                                                                 |
|-----------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Kdg                                           | 0.48                            | 0.49                            | Identique à la précision de l'interpolation près.                           |
| Rapport C/E                                   | 1.97                            | 1.94                            | (1)                                                                         |
| Quantité de ciment C                          | 400 kg/m <sup>3</sup>           | 393 kg/m <sup>3</sup>           | Quasi-identique – 1,8% de différence                                        |
| Quantité d'eau E                              | 203 L et 207 L après correction | 202 L et 206 L après correction | Identique.<br>(2)                                                           |
| Mf sable 0-1 – S1                             | 2.16                            | 2.17                            | (3)                                                                         |
| Mf sable 1-4 – S2                             | 4.02                            | 4.01                            | (3)                                                                         |
| Répartition pour mf = 2.50                    | S1 : 82%<br>S2 : 18%            | S1 : 82.07 %<br>S2 : 17.93%     | Identique                                                                   |
| Point de brisure A : XA                       | 10mm                            | 10mm                            | Identique                                                                   |
| Point de brisure A : YA                       | 43,5%                           | 43.81%                          | La différence provient de la quantité de Ciment. Mais elle est très minime. |
| Répartition S/G : Sable composé               | 35 %                            | 34 %                            | Quasi-identique                                                             |
| Répartition S/G : Gravillon                   | 65 %                            | 66 %                            | Quasi-identique                                                             |
| S0-1                                          | 28.7%                           | 27%                             |                                                                             |
| S1-4                                          | 6.3%                            | 7%                              |                                                                             |
| G4-10                                         | 8 %                             | 9 %                             |                                                                             |
| G10-20                                        | 57 %                            | 57 %                            |                                                                             |
| Coefficient de compacité : $\gamma$           | 0.825                           | 0.825                           | Identique                                                                   |
| Volume absolu de l'ensemble des granulats Vag | 696 L                           | 698.23 L                        | (4) – Identique                                                             |
| Masse de sable 0-1                            | 519 kg/m <sup>3</sup>           | 488 kg/m <sup>3</sup>           |                                                                             |
| Masse de sable 1-4                            | 114 kg/m <sup>3</sup>           | 124 kg/m <sup>3</sup>           |                                                                             |
| Masse de gravillon 4-10                       | 139 kg/m <sup>3</sup>           | 155 kg/m <sup>3</sup>           |                                                                             |
| Masse de gravillon 10-20                      | 992 kg/m <sup>3</sup>           | 992 kg/m <sup>3</sup>           |                                                                             |
| Masse volumique totale du béton               | 2371 kg/m <sup>3</sup>          | 2369 kg/m <sup>3</sup>          |                                                                             |

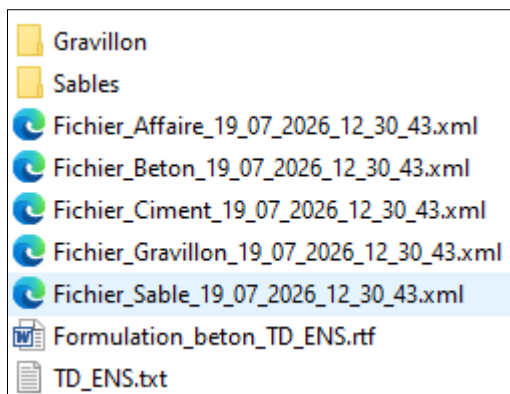
- (1) La différence entre les 2 valeurs provient de la valeur calculée du coefficient granulaire Kdg par interpolation.
- (2) Le TD de l'ENS ne maintient pas le rapport E/C malgré l'augmentation de la quantité d'eau. C'est un des points qui n'est pas très clair dans la méthode Dreux-Gorisse. C'est la raison pour laquelle le logiciel laisse la possibilité au projeteur de maintenir ou pas ce rapport E/C constant suivant ne modifie pas le rapport E/C au contraire. Voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ci-dessus.
- (3) Les valeurs granulométriques relevées sont donc exactes car donnant quasiment les mêmes modules de finesse.
- (4) La différence entre les 2 valeurs est de 0,32% soit identique, la différence à ce niveau-là n'est pas significative.

Conclusion : les valeurs sont quasi-identiques entre l'exemple littéraire et le logiciel.

### 9.2.2.3 Fichiers de données et note de calcul

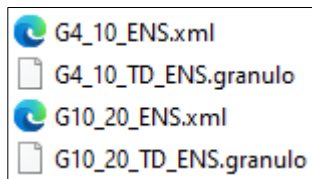
Vous pourrez récupérer sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, à la page consacrée au présent logiciel, le fichier de validation du logiciel dans lequel vous trouverez dans le répertoire « Méthode Dreux-Gorisse – Ex 2 ENS », les fichiers suivants :

Les 2 sous-répertoires « Gravillon » et « Sable » comprenant chacun les fichiers de sauvegarde de données du gravillon et du sable, présent ci-contre en haut de l'image.



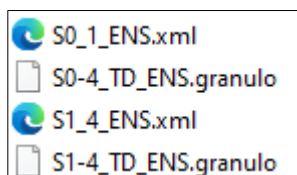
L'ensemble des fichiers de données de l'affaire comprenant le fichier en .txt et les 5 fichiers en .xml. Le fichier « TD\_ENS.txt » est celui qu'il faudra charger depuis le logiciel.

La note de calcul « Formulation\_beton\_TD\_ENS.rtf » que vous pouvez afficher avec n'importe quel éditeur de texte. Cela vous montrera comment se compose la note de calcul et ce que vous devez obtenir en chargeant les données ci-dessus et en lançant le calcul.



Composition du sous-répertoire Gravillon avec le fichier de données des 2 gravillons au format xml et au format .granulo (fichiers de granulométrie). Le format granulo est lisible avec NotePad (simple fichier texte).

Vous pourrez ainsi comparer la différence des données contenus dans ces 2 fichiers en les appelant l'un et l'autre.



Composition du sous-répertoire Sable avec le fichier de données des 2 sables au format xml et au format .granulo.

Idem que pour le gravillon, je vous invite à faire les comparaisons pour bien comprendre la différence entre les 2 types de fichiers.

## 9.3 Exemples d'applications suivant la méthode de formulation Baron-Ollivier

### 9.3.1 Présentation

Ces 4 exemples sont tirés des ouvrages suivants :

- [2] - « Le matériau béton : Connaissances générales » - Collection Les cours de l'ENTPE – G. Chanvillard - Edition ENTPE ALEAS 1999 pour l'exemple n°1
- [3] - « Les bétons – Bases et données pour leur formulation » écrit sous la direction de Jacques Baron et Jean-pierre Ollivier et paru aux Editions Eyrolles 1996 pour les exemples 2 à 4.

Je conseille de commencer plutôt par l'exemple 2, puis par ordre croissant et enfin de terminer par l'exemple n°1. En effet, ce dernier est l'exemple le plus complexe avec l'ajout d'additions, la mise en œuvre d'un plastifiant et la prise en compte de l'effet de défloculation. Si vous êtes à l'aise avec la méthode Baron – Ollivier, vous pouvez commencer directement par ce dernier.

### 9.3.2 Exemples de l'ouvrage « Le matériau béton – Connaissances générales »

#### 9.3.2.1 Entrée des données

Cet exemple est tiré de livre de M. Chanvillard [2]. Il en constitue l'exemple n°2.

Résumé : 32MPa – XA1+XC4 – Addition en fines et Plastifiant

Exigences formulées :

- Voile de mur de soutènement appuyé contre la terre : XA1+XC4
- Fck : 32 MPa avec une résistance moyenne visée de 36 MPa



- Consistance Très plastique
- Adjuvant de type plastifiant avec une demande de réduction d'eau de 5% = minimum réglementaire
- Granulats roulés siliceux
  - Sable : 0/6 – densité 2,65
  - Gravillon 5/16 – densité 2,65
- Ciment : 2 types de ciments sont proposés
  - CEM I 42,5 N – Classe vrai : 55 MPa - densité 3.15
  - CEM I 52,5 N – Classe vrai : 65 MPa - densité : 3.15

Complément ajouté par le logiciel :

- Classe d'exposition : 5b suivant P18-305 ( $E/C = 0.55$ ,  $f_{c28} = 35$  MPa, nature du liant = ES, Teneur Leq = 367.5 kg/m<sup>3</sup> pour  $D_{max} = 16$  mm), ce qui équivaut peu ou prou à la classe XA1 ( $E/C = 0.55$ , C30/37, Teneur Leq :  $330 \times 1.05 = 346.5$  kg/m<sup>3</sup> pour  $D_{max} = 16$  mm, nature du ciment suivant FD P18-011)
- Le type de centrale utilisé : non précisé mais la valeur de la résistance moyenne est prise égale à 36 MPa. Il est donc possible d'indiquer directement cette valeur dans le champ de texte « Résistance moyenne ».
- Le délai de transport et de mise en œuvre : non précisé mais la note de calcul ne majore pas l'ouvrabilité. Ainsi, cette dernière est donc calée sur délai inférieur à 30 minutes.
- La température du béton frais : non précisé mais aucune modification sur la quantité d'eau. La valeur reste calée à 20°C.
- Béton armé car il s'agit d'un voile de mur de soutènement. Et prise en compte du module de finesse du sable
- Avec Adjuvant plastifiant type SIKA Plastiment permettant de renseigner :
  - Taux de minoration de la teneur en eau : 5% (données de l'exemple)
  - Dosage : 0.25% suivant recommandation SIKA figurant sur la FTP
  - Extrait sec : 31% suivant FTP SIKA
  - Densité : 1,175 suivant FTP SIKA
  - L'effet de défloculation est pris en compte ou pas pour l'ajustement du volume de fines (voir ci-dessous).

Formulaire du gravillon 5/16 :

Attention à certaines limites concernant les granulats :

Le logiciel ne vérifie pas la qualité des bornes par rapport à l'analyse granulométrique.

Ainsi, dans l'exemple ci-contre, nous avons un refus cumulé de 210g pour une masse totale de 1537 g soit un refus de 13% soit un passant de 87%.

Or, la norme impose pour  $D_{max}$ , un passant supérieur à 85%. Nous sommes donc à la limite. Et comme beaucoup d'expression dans la formulation, joue sur  $D_{max}$ , cela peut avoir des conséquences

importantes.



### 9.3.2.2 Comparaison des résultats

Les tableaux ci-dessous permettent de faire le comparatif entre les résultats de l'exemple et ceux du logiciel, suivant le type de ciment et autres hypothèses.

Vu que la résistance moyenne est importante (36 MPa) et que l'ouvrabilité est aussi importante (S3), le seul moyen pour satisfaire le rapport E/C relativement imposé par la classe XA1 est d'utiliser un plastifiant pour réduire la quantité d'eau pour la même ouvrabilité.

Deux ciments vont être testé : un CEM I 42,5 et un ciment CEM I 52,5

#### Avec le CEM I 42,5 avec plastifiant mais sans addition

| Valeur                     | Exemple               | Logiciel              | Observation                                                                   |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Dosage en Eau              | 210 L/m <sup>3</sup>  | 209 L/m <sup>3</sup>  | identique                                                                     |
| Fm                         | 55 MPa                | 55 MPa                |                                                                               |
| Kv                         | Non calculé           | 0.93                  |                                                                               |
| Kb                         | 0.55                  | 0.50                  | Erreur du livre car la méthode indique une valeur de 0.50 pour un Dmax = 16mm |
| E + a                      | 210 + 15              | 224.73                |                                                                               |
| C initial                  | 380 kg/m <sup>3</sup> | 429 kg/m <sup>3</sup> |                                                                               |
| Rapport E/C                | 0.55                  | 0.49                  |                                                                               |
| C final                    | 440 kg/m <sup>3</sup> | 429 kg/m <sup>3</sup> | La différence provient de la valeur Kb différente.                            |
| Volume optimal de fines    | 135 L                 | 126 L                 | (1)                                                                           |
| Volume en fines            | 140 L et 0 L          | 136 L + 3.2 L         | (1)                                                                           |
| Répartition Sable 0 - 6    | 45%                   | 46%                   | (2)                                                                           |
| Répartition Gravillon 5-20 | 55%                   | 54%                   | (2)                                                                           |

(1) Le livre ne prend aucune fine en compte sur le sable. Le logiciel n'a pas pris en compte l'effet de la défloculation amenée par le plastifiant ou superplastifiant. En le prenant en compte, 138L soit une quantité de ciment égale à celle du livre.

(2) Identique par pur hasard

Ce qui donne les formules théoriques suivantes (Attention : dosage en matériaux secs et sans l'effet défloculant pour la partie logiciel) :

| Constituants      | Livre    |        | Logiciel   |         |
|-------------------|----------|--------|------------|---------|
|                   | Masse    | Volume | Masse      | Volume  |
| Ciment CEM I 42.5 | 440      | 140    | 429        | 136     |
| Eau               | 210      | 210    | 209        | 209     |
| Air               |          | 15     |            | 15      |
| Adjuvant          | (2)      | (2)    | 0.91 L (1) |         |
| Sable 0/6         | 755      | 285    | 779        | 294     |
| Gravillon 5/16    | 925      | 350    | 914        | 345     |
| Masse volumique   | 2330 (4) | 1000   | 2331 (4)   | 999 (3) |

(1) Non compté dans la masse mais indiqué dans la note de calcul pour informer le prestataire sur la quantité d'adjuvant à verser avec l'eau de gâchage. Ici, il faudra verser 91 centilitres avec l'eau de gâchage. Bien sûr, cela reste une quantité théorique qu'il faudra ajuster lors des essais.

(2) Non compté dans l'exemple du livre.

(3) La formulation est bonne car nous sommes à 1L des 1000L, la différence provenant des arrondis.

(4) Valeurs identiques

Même évaluation mais cette fois-ci avec un CEM I 52,5



**Avec le CEM I 52,5 avec plastifiant mais sans addition**

| Valeur                     | Exemple               | Logiciel              | Observation                                                                      |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Dosage en Eau              | 210 L/m <sup>3</sup>  | 209 L/m <sup>3</sup>  | identique                                                                        |
| Fm                         | 65 MPa                | 65 MPa                | Valeur de fm renseignée directement,, le logiciel ne proposant pas cette valeur. |
| Kv                         | Non calculé           | 0.93                  |                                                                                  |
| Kb                         | 0.55                  | 0.50                  | Erreur du livre car la méthode indique une valeur de 0.50 pour un Dmax = 16mm    |
| E + a                      | 210 + 15              | 224.73                | Idem que pour le CEMI 42.5                                                       |
| C initial                  | 340 kg/m <sup>3</sup> | 361 kg/m <sup>3</sup> |                                                                                  |
| Rapport E/C                | 0.62                  | 0.58                  | (1)                                                                              |
| C final                    | 380 kg/m <sup>3</sup> | 380 kg/m <sup>3</sup> | Identique                                                                        |
| Volume en fines            | 140 L et 0 L          | 121 L + 3 L           | (2)                                                                              |
| Répartition Sable 0 - 6    | 45%                   | 46%                   |                                                                                  |
| Répartition Gravillon 5-20 | 55%                   | 54%                   |                                                                                  |

- (1) Pour le logiciel : Non satisfaisant, ce qui va majorer la quantité de ciment. Voir C final  
 (2) Le livre ne prend aucune fine en compte sur le sable. Dans le tableau ci-dessus, le logiciel n'a pas pris en compte l'augmentation du dosage en fines en raison de la défloculation amenée par le plastifiant. Avec la prise en compte, le logiciel trouve une valeur de 138L/m<sup>3</sup> soit un rajout de 15L/m<sup>3</sup> à effectuer, identique à la valeur du livre ; voir tableau ci-dessous ligne Filler calcaire.

Ce qui donne les formules théoriques suivantes (Attention : dosage en matériaux secs et sans l'effet défloculant pour la partie logiciel)) :

| Constituants      | Livre    |        | Logiciel   |         |
|-------------------|----------|--------|------------|---------|
|                   | Masse    | Volume | Masse      | Volume  |
| Ciment CEM I 52.5 | 380      | 120    | 380        | 120     |
| Filler calcaire   | 40       | 15     |            | (4)     |
| Eau               | 210      | 210    | 209        | 209     |
| Air               |          | 15     |            | 15      |
| Adjuvant          |          |        | 0.81 L (1) |         |
| Sable 0/6         | 765      | 290    | 797        | 301     |
| Gravillon 5/16    | 930      | 350    | 935        | 353     |
| Masse volumique   | 2325 (3) | 1000   | 2321 (3)   | 998 (2) |

- (1) Voir remarque tableau identique pour CEMI 42.5  
 (2) Tolérance acceptable en raison des arrondis.  
 (3) Valeurs quasi-identiques : 0,17% de différence  
 (4) Uniquement pour les fines pour l'exemple du livre. Voir remarque n°2 sur le tableau précédent et l'exemple suivant. Pour le logiciel : une fois que l'on a travaillé avec un ciment et un plastifiant et que le résultat n'est pas satisfaisant comme le montre le tableau ci-dessus, de lancer une 3<sup>ème</sup> évaluation en intégrant cette fois-ci une addition, et, à tout prendre, l'addition la moins chère, une addition calcaire.

**Avec le CEM I 52,5 avec plastifiant et avec addition :**

A la suite des deux premières évaluations, prise en compte d'une addition calcaire pour compléter en fines et substituer éventuellement, ce qui nous ferait gagner en quantité de ciment.

Ces conditions imposent :

|                                  |                         |
|----------------------------------|-------------------------|
| Formulaire « Ciment & Addition » | Formulaire « Adjuvant » |
|----------------------------------|-------------------------|



## Notice d'utilisation du logiciel LABO BETON

**Ciment et Addition**

**Ciment :**

CEM - Type : I ?

Classe de résistance : 52.5 N

Classe vraie : 65 (MPa) ? ☐ Classe vraie suivant valeurs types

Densité : 3.15 (T/m3) ? ☐ Densité suivant valeurs types

**Addition :** ?

☐ Aucune addition ajoutée au béton

Addition ajoutée :

☐ Caractéristiques de l'Addition suivant valeur type

☒ Addition calcaire catégorie A - Densité : 2.70 (T/m3) - k : 0.25

☐ Addition calcaire catégorie B

☐ Métakaolin type A

☐ Addition siliceuse de minéralogie QZ

☐ Cendres volantes siliceuses

☐ Latier vitrifié

☐ Fumées de silice

☐ En complément des fines ?

☐ Masse d'addition imposée ?

**Adjuvant**

☒ Plastifiant - Superplastifiant - Réducteur d'eau

Taux de minoration de la teneur en eau : 5.0 (%) ?

Dosage : 0.25 (exprimé en % de masse de Liant)

Extrait sec de l'adjuvant : 31.0 (%)

Densité de l'adjuvant : 1.175 (Kg/L)

☒ Majoration de la teneur en fines ?

☒ Plastifiant ☐ SuperPlastifiant

Avec addition de filler calcaire comme indiqué dans l'exemple : densité : 2,7 et k=0.25

| Valeur                      | Exemple            | Logiciel           | Observation                                                                      |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Dosage en Eau               | 210 L/m 3          | 209 L/m 3          | identique                                                                        |
| Fm                          | 65 MPa             | 65 MPa             | Valeur de fm renseignée directement,, le logiciel ne proposant pas cette valeur. |
| Kv                          | Non présenté       | 0.93               |                                                                                  |
| Kb                          | 0.55               | 0.50               | Erreur du livre car la méthode indique une valeur de 0.50 pour un Dmax = 16mm    |
| E + a                       | 210 + 15           | 224.73             | Idem que pour le CEMI 42.5                                                       |
| C initial                   | 340 kg/m3          | 361 kg/m3          |                                                                                  |
| Rapport E/C                 | 0.62               | 0.58               | (1)                                                                              |
| C final                     | 380 kg/m3          | 380 kg/m3          | Identique                                                                        |
| Volume optimal en fines     | 135 L              | 138 L              | Le livre indique « environ »                                                     |
| Filler calcaire             | 40 kg (15 L)       | 40 kg (14,7 L)     |                                                                                  |
| Volume en fines             | 120 L + 0 L + 15 L | 121 L + 3 L + 14 L | (2)                                                                              |
| Répartition Sable 0 - 6     | 45%                | 46%                |                                                                                  |
| Répartition Graviillon 5-16 | 55%                | 54%                |                                                                                  |

(1) Pour le logiciel : Non satisfaisant, ce qui va majorer la quantité de ciment. Voir C final

(2) Le livre ne prend aucune fine en compte sur le sable.

Par contre, ce que fait bien apparaitre la note de calcul logicielle, c'est que le filler calcaire ne peut être pris en compte comme substitut au ciment en classe XA1, le rapport  $A/(A+C) = 0$ . Il pourrait être lancé une dernière évaluation avec cette fois ci, une addition pouvant venir en substitution au ciment.

Ce qui donne les formules théoriques suivantes (Attention : dosage en matériaux secs) :

| Constituants      | Livre |        | Logiciel |        |
|-------------------|-------|--------|----------|--------|
|                   | Masse | Volume | Masse    | Volume |
| Ciment CEM I 52.5 | 380   | 120    | 380      | 120    |
| Filler calcaire   | 40    | 15     | 40       | 14,7   |

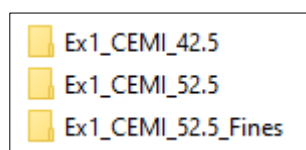


|                 |          |      |            |         |
|-----------------|----------|------|------------|---------|
| Eau             | 210      | 210  | 209        | 209     |
| Air             |          | 15   |            | 15      |
| Adjuvant        |          |      | 0.81 L (1) |         |
| Sable 0/6       | 765      | 290  | 779        | 294     |
| Gravillon 5/16  | 930      | 350  | 916        | 346     |
| Masse volumique | 2325 (3) | 1000 | 2321 (3)   | 998 (2) |

- (1) Voir remarque tableau identique pour CEMI 42.5  
 (2) Tolérance acceptable en raison des arrondis.  
 (3) Valeurs quasi-identiques : 0,17% de différence – identique au tableau précédent.

### 9.3.2.3 Fichiers de données et note de calcul

Vous pourrez récupérer sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, à la page consacrée au présent logiciel, le fichier de validation du logiciel dans lequel vous trouverez dans le répertoire « Methode Baron-Ollivier - Ex1 ENTPE», les répertoire suivants :



Le 1<sup>er</sup> répertoire, le répertoire « Ex1\_CEMI\_42.5 » comprend les données de formulation avec un ciment CEM I 42,5.

Le 2<sup>ème</sup> répertoire, le répertoire « Ex1\_CEMI\_52.5 » comprend les données de formulation avec un ciment CEM I 52,5.

Le 3<sup>ème</sup> répertoire, le répertoire « Ex1\_CEMI\_52.5\_Fines » comprend les données de formulation avec un ciment CEM I 52,5 et les fines.

Ces répertoires répondent aux différentes évaluations figurant dans les tableaux comparatifs du chapitre précédent.

Chaque répertoire comprend la note de calcul correspondante.

## 9.3.3 Exemples de l'ouvrage « Les bétons – Bases et données pour leur formulation »

### 9.3.3.1 Exemple 3.1 – Béton courant C25/30

#### 9.3.3.1.1 Données

Cet exemple est extrait du livre de M. Baron – Ollivier [3]. Les données du problème sont indiquées au paragraphe 3.1 du chapitre 12 « Formuler les bétons en fonction des objectifs visés » (pages 368 et suivantes de l'édition de 1997). Cet exemple est repris à l'identique dans l'ouvrage de M. Chanvillard [2] dans son exemple 1.

#### **Enoncé :**

Rappel des données :

- Au choix entre 2 Ciments : CEM I 42,5 classe vraie : 55 MPa densité : 3,15 T/m<sup>3</sup> ou CEM II 32,5 classe vraie : 45 MPa densité : 3,07 T/m<sup>3</sup> – Voir point ci-dessous pour la densité.
- Granulats siliceux roulés, un sable 0/6 et un gravillon 5/20, densité identique pour le sable et le gravillon : 2,65 T/m<sup>3</sup>.

Exigences :

- Classe C25/30 avec une résistance moyenne visée de 30 MPa
- Consistance plastique soit S2
- En raison de l'enrobage et taux de ferrailage, le diamètre maxi sera de D=25mm



Pour faire « coller » les données avec les détails du calcul présenté, il est précisé les points suivants :

- Le type de centrale utilisé : non précisé mais la valeur de la résistance moyenne est prise égale à 30 MPa. Il est donc possible d'indiquer directement cette valeur dans le champ de texte « Résistance moyenne » ou alors de cocher l'item « Fabrication en centrale non instrumenté ».
- Le délai de transport et de mise en œuvre : non précisé mais la note de calcul ne majore pas l'ouvrabilité. Ainsi, cette dernière est donc calée sur délai inférieur à 30 minutes.
- La température du béton frais : non précisé mais aucune modification sur la quantité d'eau. La valeur reste calée à 20°C.
- Béton non armé : aucune correction sur l'ordonnée Y du point de brisure n'apparaît dans la note de calcul des auteurs. Et pas de prise en compte du module de finesse du sable.
- La densité n'est pas indiquée pour les ciments. Pour le CEM I, les auteurs prennent une valeur de 3,15. C'est bien cette valeur qui a été utilisée dans le calcul. Pour le CEM II où le constituant secondaire n'est pas indiqué, la valeur de densité est de 3,070 pour retrouver la valeur de 119L/m<sup>3</sup> pour une quantité de 365 kg/m<sup>3</sup>. Ce qui nous indique que le ciment utilisé serait de type CEM II/A-L (ciment d'usage courant et le plus économique, ce qui semble cohérent avec l'exemple).

La granulométrie du sable S1 a été renseigné sous forme de refus cumulé. Comme le livre ne donne pas la granulométrie exacte, il est possible que des divergences apparaissent au niveau des résultats. La valeur du module de finesse (Mf) s'établit à 2,69. La granulométrie de ce sable est bien dans la plage pour sable à béton. L'énoncé indique un sable renfermant moins de 2% de fines et le refus cumulé au tamis de 0,080 mm est de 891 g pour un échantillon de masse totale de 903 g soit 1,32% de passant à 0,080. Ce qui conduit à estimer un pourcentage de fines (passant à 0,063 mm) aux environs de 1,1%, valeur qui a été retenue.

La granulométrie du gravillon 5/20 est aussi renseigné sous forme de refus cumulé. Même remarque que pour le sable.

La composition pondérale n'est pas cochée, les valeurs de calcul indiquées sont sur granulats secs. Ce qui peut d'ailleurs poser problème car la quantité d'eau donnée est une valeur efficace.

Dans le formulaire « Exigence », j'ai aussi coché « Inclure les exigences de la classe d'environnement » soit XC1 dans notre cas de figure soit une poutre BA à l'intérieur d'un bâtiment d'habitation par exemple. Ce qui ne devrait pas s'avérer trop contraignant. Et comme le livre date de 1998, j'ai pris en compte l'EN206-1 de 2004.

Pas d'Additions et pas d'adjuvant.

#### 9.3.3.1.2 Comparaison des résultats

Le tableau ci-dessous permet de faire le comparatif entre les résultats de l'exemple et ceux du logiciel :

##### Avec le CEM I 42,5

| Valeur                  | Exemple               | Logiciel              | Observation                                                                                                           |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dosage en Eau           | 190 L/m <sup>3</sup>  | 190 L/m <sup>3</sup>  | identique                                                                                                             |
| Fm                      | 55 MPa                | 55 MPa                |                                                                                                                       |
| Kb                      | 0.55                  | 0.55                  |                                                                                                                       |
| Kv                      | 0.90                  | 0.90                  |                                                                                                                       |
| fc                      | 30 MPa                | 30 MPa                |                                                                                                                       |
| Rapport E/C             | 0.60                  | 0.60                  |                                                                                                                       |
| Quantité de ciment C    | 317 kg/m <sup>3</sup> | 314 kg/m <sup>3</sup> | Quasi-identique – moins de 1% de différence                                                                           |
| Volume en fines         | 101 L et 6 L          | 105 L                 | Le livre est très approximatif et conclue ne pas pouvoir passer. Le logiciel montre que l'on passe à la limite basse. |
| Répartition Sable 0 - 6 | 40%                   | 40%                   | (1)                                                                                                                   |



|                            |     |     |     |
|----------------------------|-----|-----|-----|
| Répartition Gravillon 5-20 | 60% | 60% | (1) |
|----------------------------|-----|-----|-----|

**Tableau 9-1 - Solution en CEM I 42,5**

- (1) Identique par le plus grand des hasards car la granulométrie du sable et du gravillon n'est pas indiquée dans l'exemple
- (2) Pas d'autres données de comparaison car le reste du calcul a été réalisé avec le ciment CEM II (voir tableau ci-après).

**Avec le Ciment CEMII/A-L 32,5 :**

| Valeur                          | Exemple                                                | Logiciel               | Observation                                                                          |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Dosage en Eau                   | 190 L/m <sup>3</sup>                                   | 190 L/m <sup>3</sup>   | identique                                                                            |
| Fm                              | 45 MPa                                                 | 45 MPa                 |                                                                                      |
| Kb                              | 0.55                                                   | 0.55                   |                                                                                      |
| Kv                              | 0.90                                                   | 0.90                   |                                                                                      |
| fc                              | 30 MPa                                                 | 30 MPa                 |                                                                                      |
| Rapport E/C                     | 0.52                                                   | 0.53                   |                                                                                      |
| Quantité de ciment C            | 365 kg/m <sup>3</sup><br><b>360 kg/m<sup>3</sup></b>   | 361 kg/m <sup>3</sup>  | Quasi-identique – moins de 1% de différence. En rouge, la valeur dans l'ouvrage [2]. |
| Volume en fines                 | 119 L                                                  | 120.5 L                | (1)                                                                                  |
| Répartition Sable 0 - 6         | 40%                                                    | 40%                    | (2)                                                                                  |
| Répartition Gravillon 5-20      | 60%                                                    | 60%                    | (2)                                                                                  |
| Volume granulats                | 671 L/m <sup>3</sup><br><b>673 L/m<sup>3</sup></b>     | 672 L/m <sup>3</sup>   | Quasi-identique En rouge, la valeur dans l'ouvrage [2].                              |
| Point de brisure A : XA         | 10mm                                                   | 10mm                   | Identique                                                                            |
| Point de brisure A : YA         | 46%                                                    | 45.53%                 | .                                                                                    |
| Volume de sable 0-6             | 268 L                                                  | 268 L                  |                                                                                      |
| Masse de sable 0-6              | 711 kg/m <sup>3</sup><br><b>713 kg/m<sup>3</sup></b>   | 710 kg/m <sup>3</sup>  | Différence due à l'arrondi<br>En rouge, la valeur dans l'ouvrage [2].                |
| Volume de gravillon 5-20        | 403 L                                                  | 403 L                  |                                                                                      |
| Masse de gravillon 5-20         | 1067 kg/m <sup>3</sup><br><b>1070 kg/m<sup>3</sup></b> | 1067 kg/m <sup>3</sup> | En rouge, la valeur dans l'ouvrage [2].                                              |
| Masse volumique totale du béton | 2333 kg/m <sup>3</sup>                                 | 2328 kg/m <sup>3</sup> |                                                                                      |

**Tableau 9-2 - Solution en CEM II/A-L 32,5**

- (1) Le livre ne prend pas en compte le volume de fines provenant du sable en indiquant une teneur en fines inférieure à 2%. Avec une teneur à 1,1%, la différence est de 1,5 L sachant que les auteurs ne précisent pas le chiffre après la virgule. Ce qui peut ramener la différence à 1 L soit moins de 0,9% ce qui est effectivement négligeable.
- (2) Identique par le plus grand des hasards car la granulométrie du sable et du gravillon n'est pas indiquée dans l'exemple. Identique aussi à [2].

**Conclusion :**

Les résultats sont identiques aux arrondis près, entre l'exemple et le logiciel.

On s'aperçoit que les deux formulations répondent aux contraintes de l'EN206-1 sur la classe d'exposition XC1.

**9.3.3.1.3 Fichiers de données et note de calcul**

Vous pourrez récupérer sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, à la page consacrée au présent logiciel, le fichier de validation du logiciel dans lequel vous trouverez, dans le répertoire « Methode Baron-Ollivier - Ex2 Baron Ollivier Ex1 », les fichiers nécessaires au calcul de la solution par le ciment CEM II.

Je ne propose pas de fichiers pour la solution en CEM I car les fichiers sont strictement identiques à la solution en CEM II sauf pour celui concernant le ciment où il faut changer le CEM II par un CEM I. Vous pouvez le faire



vous-même. Cela vous fera un exercice d'entraînement et vous devrez retrouver les valeurs indiquées dans le Tableau 9-1 - Solution en CEM I 42,5 .

L'ensemble des fichiers figure dans l'image ci-dessous avec le fichier « Ex1BaronOllivier.txt » qu'il faudra charger depuis le logiciel

Les 2 sous-répertoires « Gravillon » et « Sable » comprenant chacun les fichiers de sauvegarde de données du gravillon et du sable, présent ci-contre en haut de l'image.

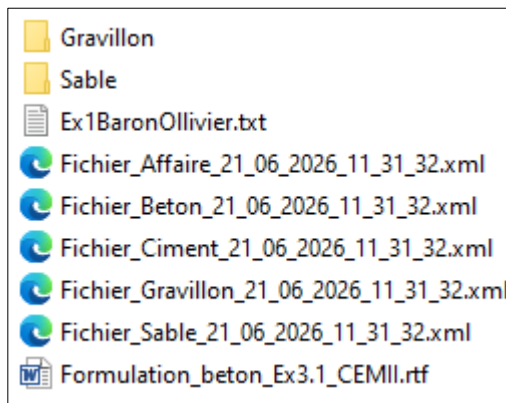
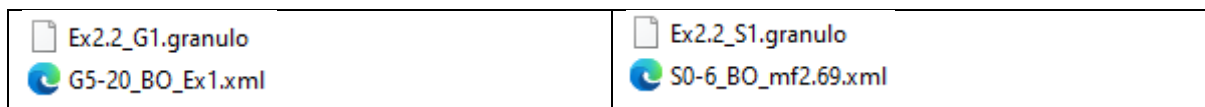


Figure 9-14 - Fichiers de la solution CEM II

L'ensemble des fichiers de données de l'affaire comprenant le fichier en .txt et les 5 fichiers en .xml. Le fichier « Ex1BaronOllivier.txt » est celui qu'il faudra charger depuis le logiciel pour pouvoir lancer le calcul de formulation. Comme vous le constater, le fichier .txt se trouve bien dans le même répertoire que les fichiers .xml.

La note de calcul « Formulation\_beton\_Ex3.1\_CEMII.rtf » que vous pouvez ouvrir avec n'importe lequel éditeur de texte. Cela vous montrera comment se compose la note de calcul et ce que vous devez obtenir en chargeant les données ci-dessus et en lançant le calcul.

les 2 images ci-dessous :



Même dispositif que pour §9.2.1.3 - Fichiers de données et note de calcul Voir ce chapitre pour toute information.

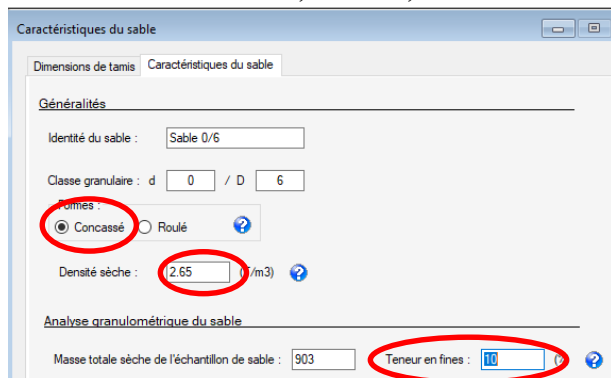
### 9.3.3.2 Exemple 3.2 – C25/30 – XC1 avec fines

#### 9.3.3.2.1 Données

Cet exemple est l'exemple 3.2 tiré du livre de M. Baron – Ollivier [3].

Idem que l'exemple 3.1 ci-dessus mais avec la différence suivante :

- (1) Sable calcaire concassé 0-6 renfermant 10% de fines, densité 2,7T/m<sup>3</sup> au lieu d'un sable roulé siliceux 0-6 renfermant 2% de fines, densité 2,65T/m<sup>3</sup>. La valeur Mf reste identique = 2.69.



Seuls les éléments cerclés en rouge ont été modifiés par rapport à l'exemple précédent.

Toutefois, un 2<sup>ème</sup> essai a été réalisé avec un sable incorporant réellement 10% de fines, ce qui m'a conduit à modifier la granulométrie sur les tamis les plus petits (Mf = 2.36), ce qui « relève » la courbe granulométrique. Les modifications que cela engendre, figurent dans les 2 tableaux de comparaison ci-dessous.

- (2) Vous devez vous rendre dans le formulaire configuration Onglet Formulation Baron-Ollivier et régler le coefficient de majoration sur le volume d'air et d'eau en cas de granulats concassés à 5%. En effet, l'exemple rajoute 10L au 190L soit un peu plus que 5% alors que théoriquement le tableau D de la méthode prévoit 10%. Aucune explication n'est avancée sur cette valeur. Est-ce le fait que seul le sable



est concassé alors que le gravillon est roulé ? Cela fait partie des imprécisions et autres erreurs de cet ouvrage.

Pas d'Additions et pas d'adjuvant.

#### 9.3.3.2.2 Comparaison des résultats

Le tableau ci-dessous permet de faire le comparatif entre les résultats de l'exemple et ceux du logiciel :

#### Avec le CEM I 42,5

| Valeur                          | Exemple                | Logiciel                       | Observation                                    |
|---------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|
| Dosage en Eau                   | 200 L/m <sup>3</sup>   | 199 L/m <sup>3</sup>           | (1)                                            |
| Fm                              | 55 MPa                 | 55 MPa                         |                                                |
| Kb                              | 0.55                   | 0.55                           |                                                |
| Kv                              | 0.90                   | 0.90                           |                                                |
| fc                              | 30 MPa                 | 30 MPa                         |                                                |
| Rapport E/C                     | 0.60                   | 0.60                           |                                                |
| Quantité de ciment C            | 333 kg/m <sup>3</sup>  | 329 kg/m <sup>3</sup>          | Quasi-identique – moins de 1,21% de différence |
| Volume en fines                 | 131 L                  | 133 ou 132 L                   | (2)                                            |
| Répartition Sable 0 - 6         | 39%                    | 43% Ou 42%                     | (2)                                            |
| Répartition Gravillon 5-20      | 61%                    | 57% Ou 58%                     | (2)                                            |
| Volume granulats                | 674 L/m <sup>3</sup>   | 675 L/m <sup>3</sup>           | (3)                                            |
| Volume de sable 0-6             | 255 L                  | 290L ou 283 L                  | (2)                                            |
| Masse de sable 0-6              | 710 kg/m <sup>3</sup>  | 783 kg/m <sup>3</sup>          | (4) (6)                                        |
| Volume de gravillon 5-20        | 400 L                  | 385L ou 391 L                  | (2)                                            |
| Masse de gravillon 5-20         | 1090 kg/m <sup>3</sup> | 1020 kg/m <sup>3</sup>         | (4) (6)                                        |
| Masse volumique totale du béton | 2333 kg/m <sup>3</sup> | 2331 ou 2328 kg/m <sup>3</sup> | (2) (5)                                        |

- (1) Voir point 2 des différences en introduction au présent exemple. La différence de 1L provient de l'arrondi.
- (2) Chiffres en rouge correspondant à la modification de la granulométrie du sable pour avoir les 10% en fines. **Fichier S0-6\_Ex3.2.xml**. Les chiffres de l'exemple sont incohérents car, avec un granulat concassé, l'ordonnée du point de brisure est majorée, donc, proportionnellement, un volume de sable plus important. Ce que rend compte le logiciel. Or, pour les auteurs, elle est plus basse !  
Les chiffres en bleu correspondent au sable identique à l'exemple 3.1 (pas de modification de la granulométrie). On voit bien qu'ils sont encore plus fort car l'ordonnée du point de brisure restant identique mais avec une courbe granulométrique plus basse, il était logique que le volume de sable en % soit plus fort.
- (3) Quasi identique ce qui est normal, les volumes d'eau, d'air et de ciment étant quasi-identique entre le logiciel et l'exemple. Et pas de modification non plus entre les 2 sables.
- (4) Si la différence en volume n'est pas très importante, elle le devient un peu plus importante en masse (5% sur la masse du gravillon et 7% sur la masse de sable). Elle devient plus importante encore avec le sable dont la granulométrie n'a pas été modifiée. Ce qui est logique par rapport au point (2) ci-dessus. Ce qui me fait penser que les auteurs n'ont rien modifié du tout entre les 2 exemples.
- (5) Par contre, la différence de masse entre les 2 calculs ne joue quasiment pas sur la masse totale du béton.
- (6) Les chiffres en noir sont calculés avec le sable à granulométrie modifié.

#### Avec le Ciment CEMII/A-L 32,5 :

Le tableau ci-dessous a été réalisé avec le sable à granulométrie modifié.

| Valeur        | Exemple              | Logiciel             | Observation |
|---------------|----------------------|----------------------|-------------|
| Dosage en Eau | 200 L/m <sup>3</sup> | 199 L/m <sup>3</sup> | identique   |
| Fm            | 45 MPa               | 45 MPa               |             |
| Kb            | 0.55                 | 0.55                 |             |



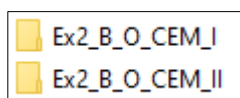
|                      |           |           |                             |
|----------------------|-----------|-----------|-----------------------------|
| Kv                   | 0.90      | 0.90      |                             |
| fc                   | 30 MPa    | 30 MPa    |                             |
| Rapport E/C          | 0.52      | 0.53      |                             |
| Quantité de ciment C | 385 kg/m3 | 378 kg/m3 | Environ 1,85% de différence |
| Volume en fines      | 150 L     | 150.6 L   | (1)                         |
| Volume de sable 0-6  |           | 275 L     |                             |
|                      |           |           |                             |

(1) La note de calcul affiche bien l'avertissement d'un volume de fines trop important.

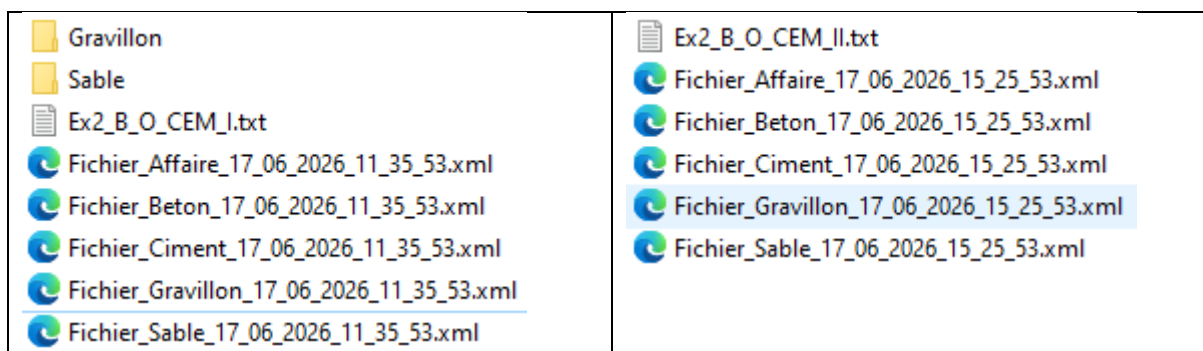
Pas d'autres données de comparaison car le reste du calcul a été réalisé avec le ciment CEM I.

#### 9.3.3.2.1 Fichiers de données

Vous pourrez récupérer sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, à la page consacrée au présent logiciel, le fichier de validation du logiciel dans lequel vous trouverez dans le répertoire « Methode Baron-Ollivier – Ex3 Baron Ollivier Ex2», les deux sous-répertoires suivants :



Le sous-répertoire « Ex2\_B\_O\_CEM\_I comprend 2 autres sous-répertoires « Gravillon » et « Sable » comprenant chacun les fichiers de sauvegarde de données du gravillon et du sable (image de gauche ci-dessous).



Les répertoires ne comprennent pas la note de calcul.

#### 9.3.3.3 Exemple 3.6 – C25/30 – XC4/XF1 – Addition CV + Superplastifiant

##### 9.3.3.3.1 Données

Cet exemple permet d'illustrer les capacités du logiciel soit à vérifier une quantité d'addition sélectionnée soit à optimiser la quantité de l'addition sélectionnée pour venir substituer une partie du ciment, ce qui correspond aux options qui vous sont ouvertes dans le formulaire « Ciment et Additions ».

Cet exemple est extrait du livre de M. Baron – Ollivier [3]. Les données du problème sont indiquées au paragraphe 3.6 du chapitre 12 « Formuler les bétons en fonction des objectifs visés » (pages 374 et suivantes de l'édition de 1997). Il a été adapté à l'EN206-1 pour correspondance avec l'environnement 2a de la P18-305. Dans l'une comme dans l'autre norme, il s'agit de murs extérieurs pour lesquels les 2 normes disposent des mêmes préconisations. Les résultats du calcul de formulation devraient être donc identiques.

Rappel des données :

- Résistance B25 soit classe C25/30
- Bâtiment à l'intérieur des terres, murs extérieurs en voile béton banché soit un classement XC4 – XF1 suivant le document CERIB- FIB [6] .
- Béton provenant d'une centrale BPE



- Choix du ciment arrêté : Ciment CEM I, classe de résistance 42,5, classe vrai 51 MPa et densité 3,15 (valeurs non précisées dans le texte mais valeurs prises par défaut dans le bouquin)
- Consistance très plastique car le voile est fortement ferrillé soit une classe S3
- En raison de l'enrobage et taux de ferrailage, le diamètre maxi sera de  $D=20\text{mm}$
- Granulats siliceux roulés, un sable 0/6 et un gravillon 5/20, densité identique pour le sable et le gravillon : 2,65 T/m<sup>3</sup>. Granulats identiques à l'exemple 3.1
- Addition sous forme de Cendres Volantes :  $k=0.4$ , densité = 2,2 kg/L et quantité : A définir
- Adjuvant de type superplastifiant avec une demande de réduction d'eau de 12%

Pour faire « coller » les données avec les détails du calcul présenté, il est précisé les points suivants :

- Le délai de transport et de mise en œuvre : non précisé. Calé sur délai inférieur à 30 minutes.
- La température du béton frais : non précisé, calé sur une valeur de 20°C.
- Superplastifiant de type plastifiant Sika plastiment, données suivant FTP de ce produit, dosage à 0,25%

Cet exemple introduit les Additions et l'adjuvant, ce qui permet de présenter les formulaires « Ciment & Additions » et « Adjuvant » ci-après, dans le cadre de cette méthode de formulation.

Pour faire un comparatif, il est aussi demander au logiciel une formulation sans Addition ni plastifiant. Car il peut s'avérer que ce type de formulation ne soit pas forcément la plus économique en fonction des contraintes de durabilité face à celles d'ouvrabilité et de résistance.

Suivant les données ci-avant, le formulaire « Ciment et addition » prendra la forme suivante :

Deux points sont à remarquer sur ce formulaire :

- La coche « En complément des Fines »
- La coche « Masse d'Addition imposée »

Pour la coche « En complément des Fines » : cette dernière n'est pas cochée car l'exemple souhaite que l'addition complète le ciment.

Pour la coche « Masse d'Addition imposée » : cette dernière n'est pas cochée non plus car il est demandé au logiciel d'optimiser le rapport ciment et addition en fonction des contraintes de l'EN206-1.

Sinon, si vous cochez cet item et que vous indiquez la masse de 113 kg donnée dans l'exemple, le logiciel va simplement se contenter de calculer la quantité de ciment pour respecter les critères de l'EN206-1.

Vous pouvez constater en vous rendant au Tableau 9-3 - Résultats avec Addition et superplastifiant que les valeurs sont quasi-identiques.

Figure 9-15 - Formulaire Ciment & Addition



Et le formulaire « Adjuvant » se présentera sous la forme suivante :

Figure 9-16 - Formulaire Adjuvant

Il est intéressant de remarquer que pour coller à l'exemple, la coche « Majoration de la teneur en fines » n'a pas été cochée. Alors que logiquement, elle aurait dû l'être.

C'est la différence qui apparaît dans les exemples tirés des livres de M. Chanvillard [2] et de M. Baron et Ollivier [3] ou le premier prend en compte l'effet de défloculation du plastifiant ou superplastifiant alors que les seconds ne le prennent pas en compte. Comme l'explique M. Chanvillard dans son ouvrage, l'effet de défloculation va augmenter le volume de fines.

pas cette coche.

Le logiciel vous laisse le libre choix de prendre en compte ou pas cet effet de défloculation en cochant ou

#### 9.3.3.3.2 Comparaison des résultats

Le tableau ci-dessous permet de faire le comparatif entre les résultats de l'exemple et ceux du logiciel :

Avec le CEM I 42,5 N sans addition ni superplastifiant :

| Valeur                         | Exemple              | Logiciel              | Observation |
|--------------------------------|----------------------|-----------------------|-------------|
| Dosage en Eau                  | 200 L/m <sup>3</sup> | 210 L/m <sup>3</sup>  | (1)         |
| Résistance moyenne cible $f_c$ | 28 MPa               | 28 MPa                | Identique   |
| K <sub>b</sub>                 | 0.55                 | 0.55                  |             |
| K <sub>v</sub>                 | 0.93                 | 0.93                  |             |
| Rapport E/C                    | 0.65                 | 0.62                  | (2)         |
| Quantité de ciment C           | Non calculé          | 338 kg/m <sup>3</sup> | (3)         |
|                                |                      |                       | (4)         |

- (1) Identique. Toutefois, l'exemple prend en compte un superplastifiant réduisant de 12% la demande en eau. Soit au final, une demande en eau de 185L
- (2) La valeur de l'exemple est prise sur une base de 185L alors que logiciel part sur une base de 210L.
- (3) Sur la base du rapport E/C = 0.62, le dosage est de 338kg/m<sup>3</sup> de ciment. Pour respecter la limite haute de 0,60, la quantité de ciment est majoré et s'établit à 351 Kg/m<sup>3</sup>. Ce qui donne une résistance cible de 29,6 MPa pour 28 MPa demandé.
- (4) Pas d'autres valeurs de comparaison car l'exemple continue avec l'adjuvant et l'addition

Avec le CEM I 42,5 N avec addition et superplastifiant :

Avec Addition : Cendre volante :  $k=0.40$ , densité = 2.2 (Voir Figure 9-15 - Formulaire Ciment & Addition)

Avec Adjuvant plastifiant (voir [Erreur ! Source du renvoi introuvable.](#) ) type SIKA Plastiment permettant de renseigner :

- Taux de minoration de la teneur en eau : 12% (donnée de l'exemple)
- Dosage : 0.25% suivant recommandation SIKA figurant sur la FTP
- Extrait sec : 31% suivant FTP SIKA
- Densité : 1,175 suivant FTP SIKA



Mais pas de prise en compte de l'effet de défloculation sur le volume de fines.

### **Quantité d'Addition imposée :**

Cela donne le tableau de comparaison suivant :

| Valeur                                          | Exemple               | Logiciel                                       | Observation                       |
|-------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Dosage en Eau                                   | 185 L/m <sup>3</sup>  | 184 L/m <sup>3</sup>                           | (1)                               |
| Résistance moyenne cible                        | 28 MPa                | 28 MPa                                         | Identique                         |
| Quantité de ciment C                            | 263 kg/m <sup>3</sup> | 251 kg/m <sup>3</sup> et 264 kg/m <sup>3</sup> | (2)                               |
| Quantité Addition intégré dans liant équivalent | 113 kg/m <sup>3</sup> | 113 kg/m <sup>3</sup>                          | Valeur imposée pour le logiciel   |
| Liant équivalent                                | 308                   | 309                                            | Quasi-identique aux arrondis près |
| Volume de fines                                 | 135L                  | 138,5L                                         | (3)                               |
|                                                 |                       |                                                | (4)                               |

**Tableau 9-3 - Résultats avec Addition et superplastifiant**

- (1) La différence provient de la façon dont on fait l'arrondi sur ces valeurs.
- (2) Pour le logiciel : 1<sup>ière</sup> valeur correspond à la quantité de ciment satisfaisant l'équation de Bolomey avec la quantité d'addition imposée (la totalité rentre dans le liant équivalent). La 2<sup>ème</sup> valeur permet de justifier la limitation du rapport A/A+C
- (3) La différence provient que le logiciel intègre 1,10% de fines sur le sable soit 3,3 L/m<sup>3</sup>. Et un sable aura toujours une quantité minimale de fines pour être réaliste.
- (4) Pas d'autres valeurs en comparaison.

Par contre, le logiciel adresse un avertissement une valeur de fines trop haute par rapport à la limite pour un beau parement.

### **Quantité d'Addition NON imposée :**

Cela donne le tableau de comparaison suivant :

| Valeur                                          | Exemple               | Logiciel              | Observation |
|-------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| Dosage en Eau                                   | 185 L/m <sup>3</sup>  | 184 L/m <sup>3</sup>  | (1)         |
| Résistance moyenne cible                        | 28 MPa                | 28 MPa                | Identique   |
| Quantité de ciment C                            | 263 kg/m <sup>3</sup> | 265 kg/m <sup>3</sup> | (1)         |
| Quantité Addition intégré dans liant équivalent | 113 kg/m <sup>3</sup> | 108 kg/m <sup>3</sup> | (2)         |
| Liant équivalent                                | 308                   | 308                   | (1)         |
| Volume de fines                                 | 135L                  | 136,5L                | (3)         |
|                                                 |                       |                       | (4)         |

**Tableau 9-4 - Résultats avec Addition et superplastifiant**

- (1) La différence provient de la façon dont on fait l'arrondi sur ces valeurs. En effet, les quantités de ciment s'évaluent au kg près et pas à la centaine de grammes. Le logiciel le fait par valeur inférieure sur ces données-là.
- (2) La différence provient des arrondies : 5.04 = 2 kg équivalent ciment. Raison pour laquelle le logiciel indique quantité supplémentaire = 0
- (3) La différence provient que le logiciel intègre 1,10% de fines sur le sable soit 3,3 L/m<sup>3</sup>. Et un sable aura toujours une quantité minimale de fines pour être réaliste.
- (4) Pas d'autres valeurs en comparaison.

### **Conclusion :**

L'exemple permet de bien mettre en exergue l'intégration des Additions et de l'Adjuvant.

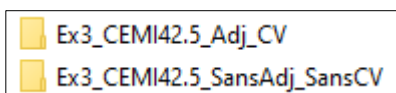


Le logiciel retrouve bien les valeurs de l'exemple littéraire aux arrondis près.

Toutefois, cet exemple ne prend pas en compte le phénomène de défloculation provenant de la mise en œuvre du plastifiant. Pour la prise en compte de cette mise en œuvre, voir exemple §9.3.2.

#### 9.3.3.3 Fichiers de données

Vous pourrez récupérer sur le site <http://logiciels-batiment.chez-alice.fr>, à la page consacrée au présent logiciel, le fichier de validation du logiciel dans lequel vous trouverez dans le répertoire « Methode Baron-Ollivier - Ex4 Baron Ollivier Ex3 » les deux sous-répertoires suivants :



Le détail de chaque sous-répertoire figure dans le tableau ci-dessous : le 1<sup>er</sup> dans l'image droite et le 2<sup>nd</sup> dans l'image de gauche.

| Données sans Adjuvant et sans Cendre volante | Données avec Adjuvant et avec Cendre volante |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Ex3_CEMI42.5_SansAdj_SansCV.txt              | Ex3_CEMI42.5_Adj_CV.txt                      |
| Fichier_Affaire_26_06_2026_10_37_56.xml      | Fichier_Affaire_27_06_2026_15_54_57.xml      |
| Fichier_Beton_26_06_2026_10_37_56.xml        | Fichier_Beton_27_06_2026_15_54_57.xml        |
| Fichier_Ciment_26_06_2026_10_37_56.xml       | Fichier_Ciment_27_06_2026_15_54_57.xml       |
| Fichier_Gravillon_26_06_2026_10_37_56.xml    | Fichier_Gravillon_27_06_2026_15_54_57.xml    |
| Fichier_Sable_26_06_2026_10_37_56.xml        | Fichier_Sable_27_06_2026_15_54_57.xml        |

Vous aurez ainsi la possibilité de lancer 2 formulation :

- Une formulation avec CEM I 42,5 sans Adjuvant et sans Cendre volante via le fichier Ex3\_CEMI42.5\_SansAdj\_SansCV.txt
- Une formulation avec CEM I 42,5 avec Adjuvant et Cendre volante via le fichier Ex3\_CEMI42.5\_Adj\_CV.txt

Si vous souhaitez vérifier vos résultats avec les miens, vous trouverez dans le même répertoire, mes notes de calcul correspondant à chaque jeu de données :

- Le jeu de données sans l'Adjuvant (Plastifiant Sika) et sans les Cendres Volantes : note de calcul Formulation\_beton\_Ex3.6\_SansAdjetCV.rtf
- Le jeu de données avec l'Adjuvant (Plastifiant Sika) et avec les Cendres Volantes : note de calcul Formulation\_beton\_Ex3.6\_AvecAdjetCV\_QnonImposé.rtf