

Mode d'emploi du modèle de transport de ions chlorures

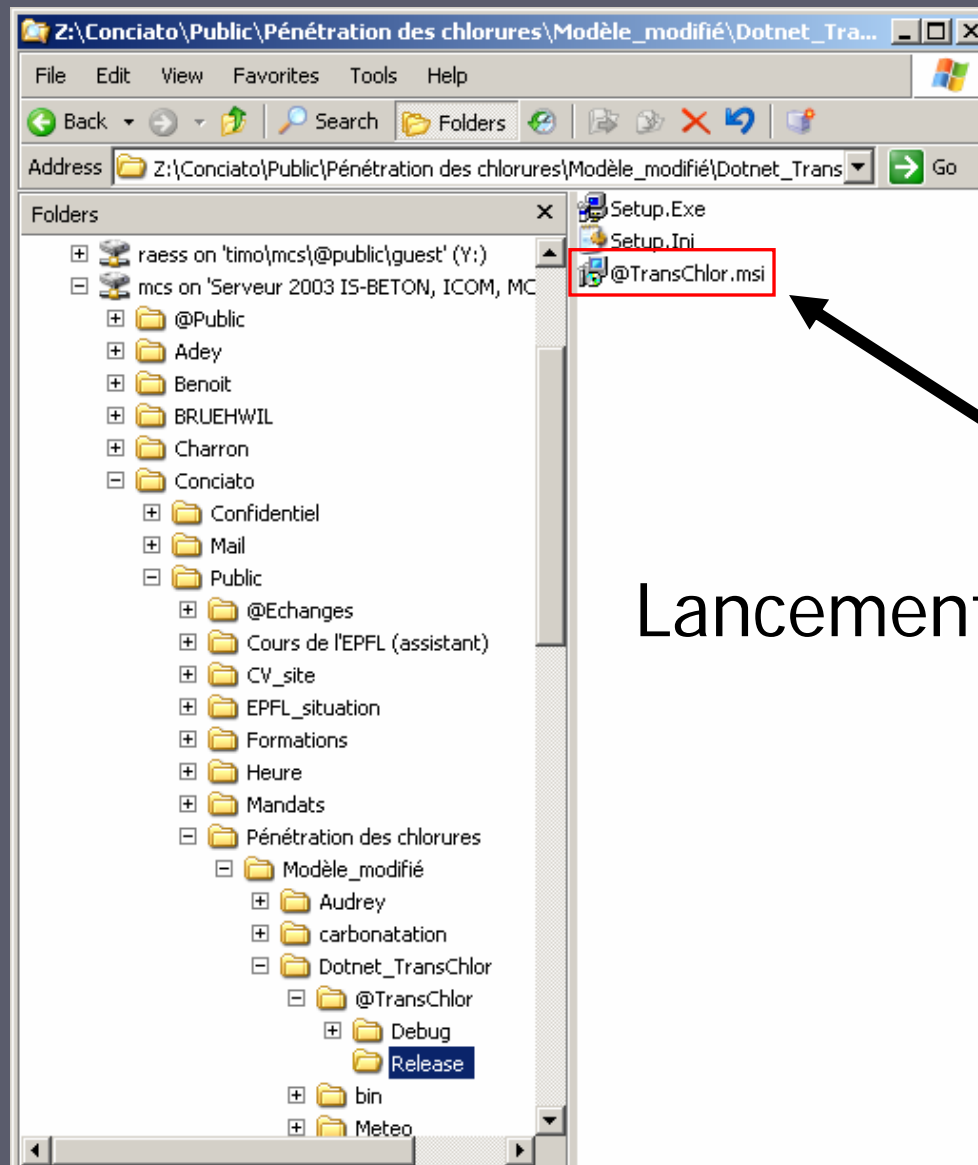
David Conciatori

MCS – Maintenance, Construction et Sécurité des Ouvrages

Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

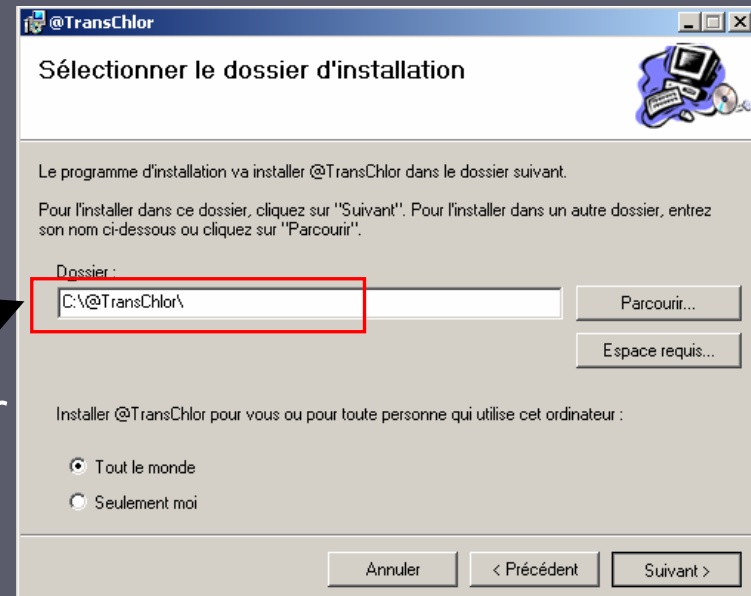
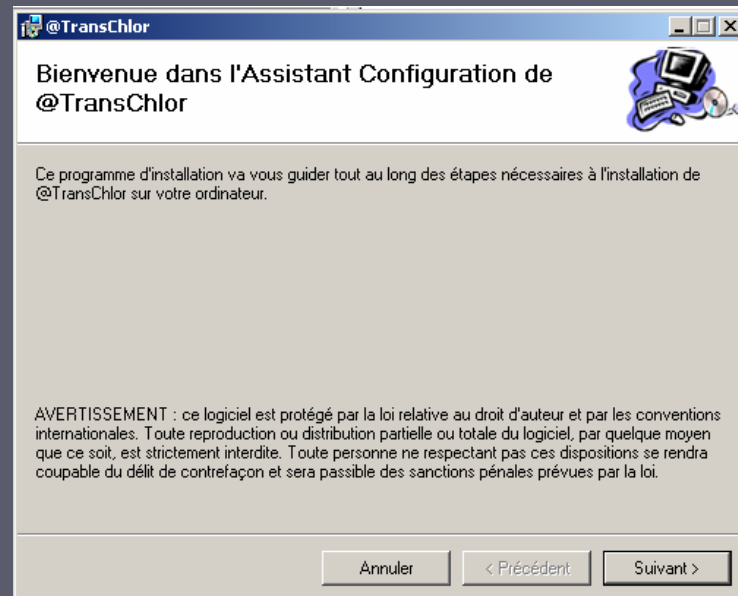


Installation du programme

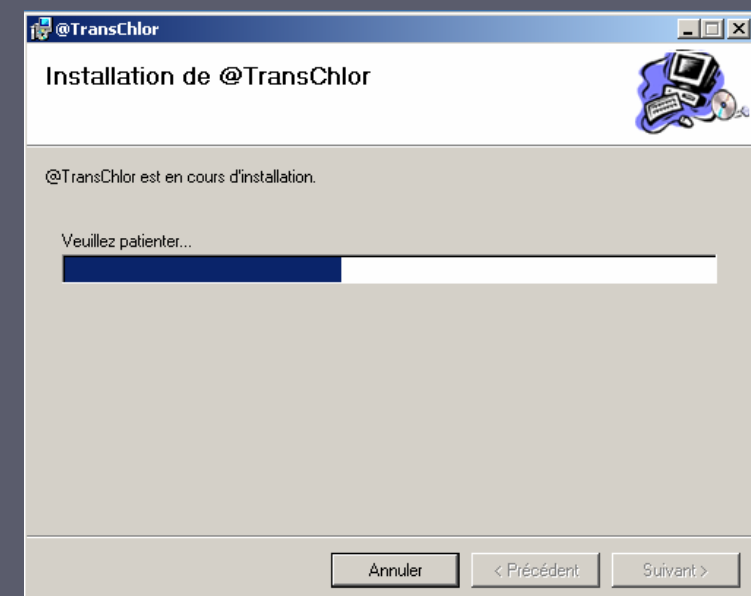
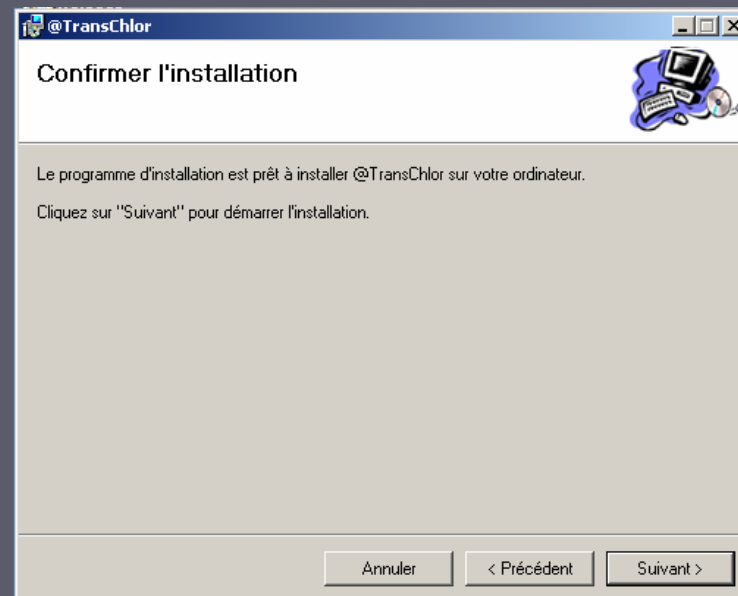


Lancement de la procédure

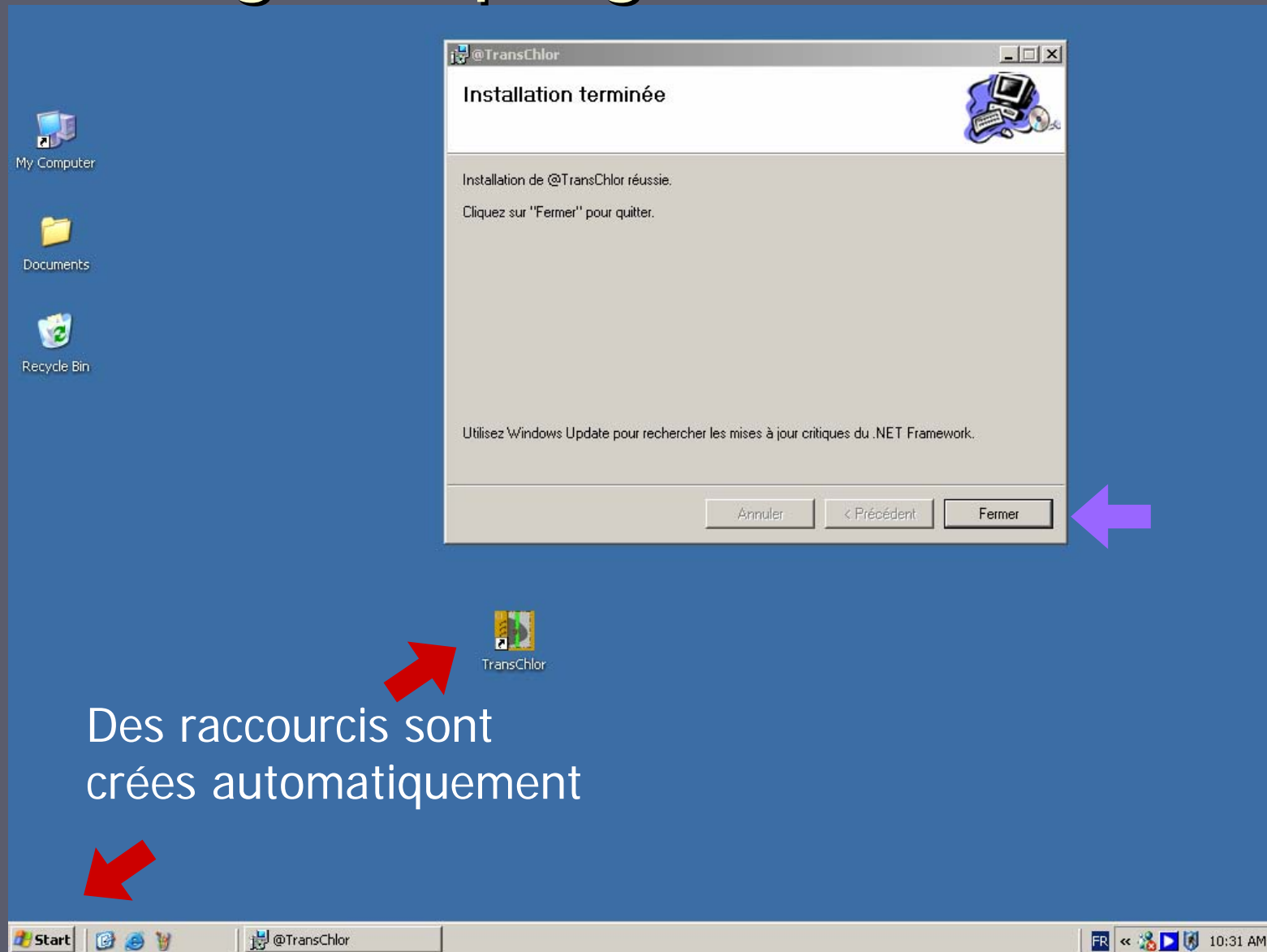
Fenêtres d'installation



Installer
sur le
disque
local

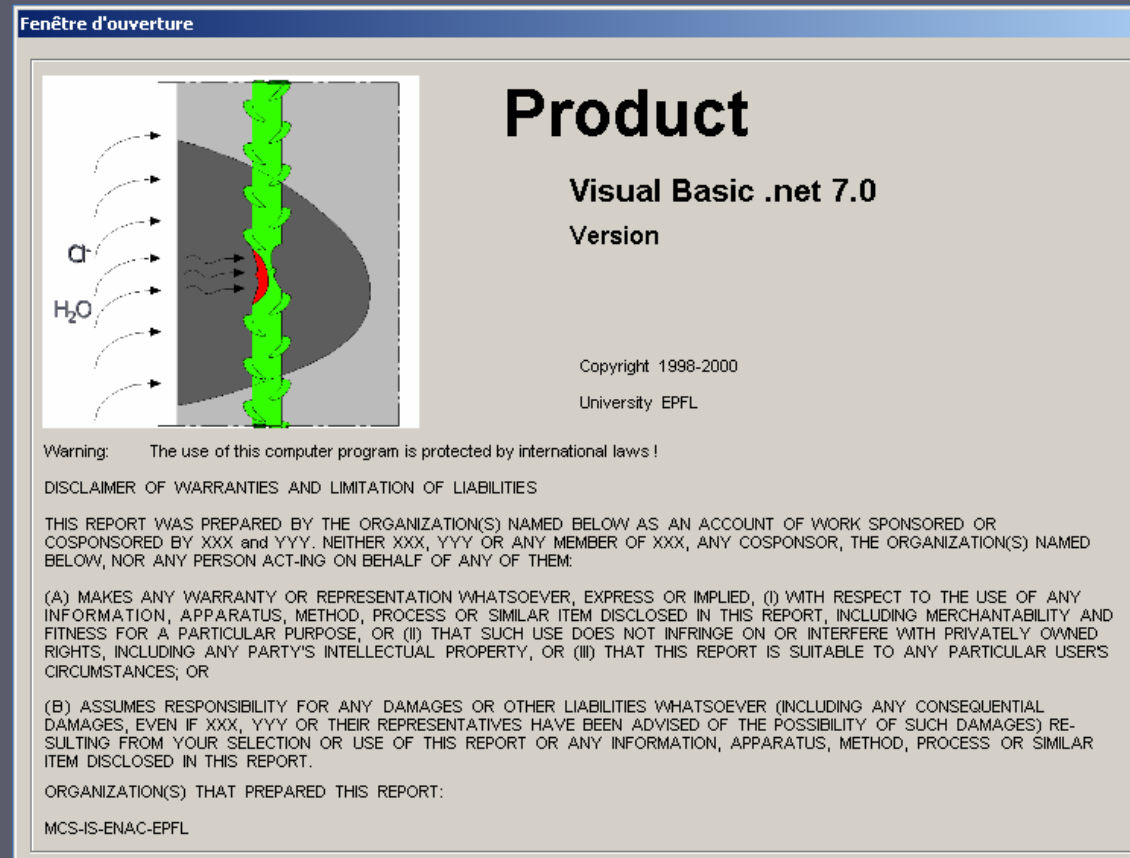


Démarrage du programme



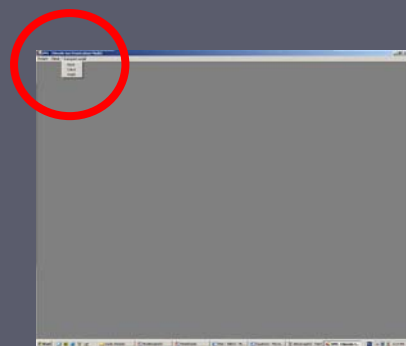
Des raccourcis sont
créés automatiquement

Fenêtre de démarrage



- Version du programme
- Language de programmation et version

Vue générale du programme



EPFL Chloride Ion Penetration Model

Project	Climat	Transport model	Probabiliste
---------	--------	-----------------	--------------

Exit

EPFL Chloride Ion Penetration Model

Project	Climat	Transport model	Probabiliste
---------	--------	-----------------	--------------

MeteoFile

EPFL Chloride Ion Penetration Model

Project	Climat	Transport model	Probabiliste
---------	--------	-----------------	--------------

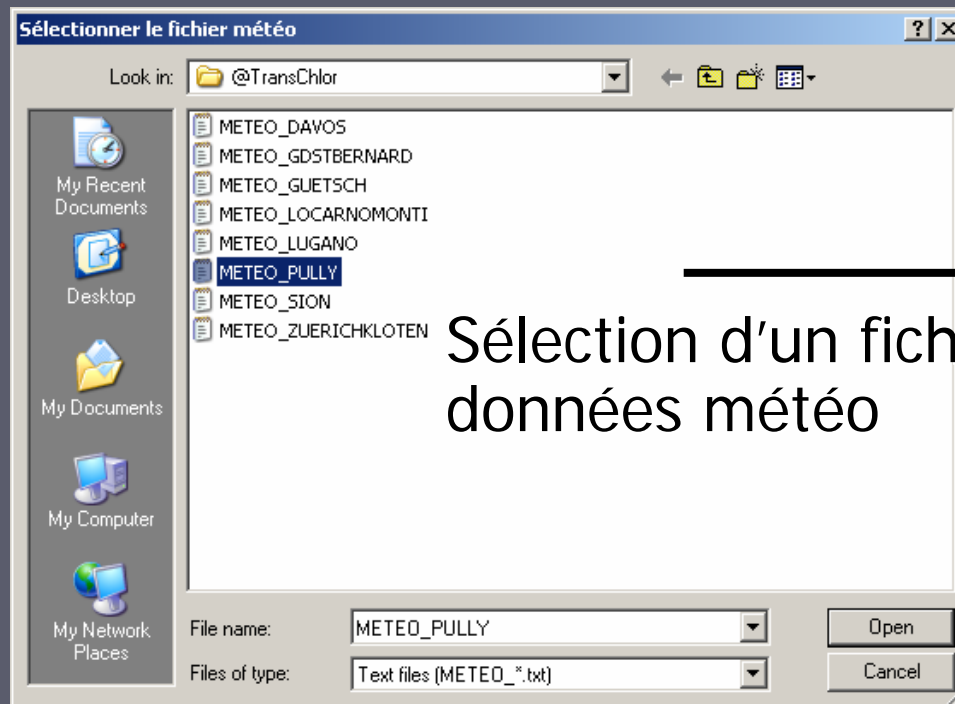
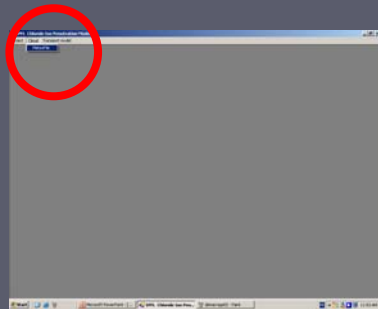
Input
Calcul
Graph

EPFL Chloride Ion Penetration Model

Project	Climat	Transport model	Probabiliste
---------	--------	-----------------	--------------

Analyse
Graphique

Climat : MeteoFile



Sélection d'un fichier de données météo

METEO_PULLY - Notepad

File Edit Format View Help

Numero et nom de la station Anetz: 34 - Pully

Donnees du: 6.1982 au 5.2003

Date	Heure	6	13	17	22	80
19820601	00	175	686	0	1	32767
19820601	01	173	717	0	1	32767
19820601	02	167	763	0	2	32767
19820601	03	163	787	0	0	32767
19820601	04	157	811	0	23	32767
19820601	05	163	772	0	112	0
19820601	06	172	781	0	268	32767
19820601	07	184	715	0	447	32767
19820601	08	186	685	0	599	32767
19820601	09	197	595	0	710	32767
19820601	10	204	546	0	791	32767
19820601	11	213	494	0	699	32767
19820601	12	222	495	0	752	32767
19820601	13	229	467	0	641	32767
19820601	14	244	447	0	666	32767
19820601	15	239	449	0	493	32767
19820601	16	234	499	0	256	32767
19820601	17	238	463	0	175	0
19820601	18	221	579	0	41	32767
19820601	19	198	602	0	3	32767
19820601	20	195	578	0	-3	32767
19820601	21	190	586	0	-1	32767
19820601	22	177	627	0	-2	32767
19820601	23	169	665	0	-1	32767
19820602	00	164	693	0	-1	32767
19820602	01	160	715	0	-2	32767
19820602	02	156	736	0	0	32767
19820602	03	153	747	0	1	32767
19820602	04	155	750	0	16	32767
19820602	05	157	762	0	54	0
19820602	06	163	770	0	123	32767
19820602	07	175	724	0	366	32767
19820602	08	182	707	0	575	32767
19820602	09	190	665	0	719	32767
19820602	10	195	642	0	608	32767
19820602	11	192	625	0	365	32767
19820602	12	204	559	0	382	32767
19820602	13	220	531	0	769	32767
19820602	14	222	520	0	545	32767
19820602	15	225	507	0	566	32767
19820602	16	227	470	0	360	32767
19820602	17	218	564	0	179	0
19820602	18	211	613	0	84	32767
19820602	19	205	589	0	9	32767
19820602	20	198	645	0	-1	32767
19820602	21	190	668	0	0	32767
19820602	22	182	713	0	-1	32767

Présentation du fichier METEO_*.txt

METEO_PULLY - Notepad

File Edit Format View Help

Nom et nom de la station Anetz: 34 - Pully

Données du: 6.1982 au 5.2003

Date	Heure	6	13	17	22	80	
19820601	00	175	686	0	1	32767	
19820601	01	173	717	0	1	32767	
19820601	02	167	763	0	2	32767	
19820601	03	163	787	0	0	32767	
19820601	04	157	811	0	23	32767	
19820601	05	163	772	0	112	0	
19820601	06	172	781	0	268	32767	
19820601	07	184	715	0	447	32767	
19820601	08	186	685	0	599	32767	
19820601	09	197	595	0	710	32767	
19820601	10	204	546	0	791	32767	
19820601	11	213	494	0	855	32767	
19820601	12	222	495	0	752	32767	
19820601	13	229	467	0	641	32767	
19820601	14	244	447	0	666	32767	
19820601	15	239	449	0	493	32767	
19820601	16	234	499	0	256	32767	
19820601	17	238	463	0	175	32767	
19820601	18	221	579	0	41	32767	
19820601	19	198	602	0	3	32767	
19820601	20	195	578	0	-3	32767	
19820601	21	190	586	0	-1	32767	
19820601	22	177	627	0	-2	32767	
19820601	23	169	665	0	-1	32767	
19820602	00	164	693	0	-1	32767	
19820602	01	160	715	0	-2	32767	
19820602	02	156	736	0	0	32767	
19820602	03	153	747	0	1	32767	
19820602	04	155	750	0	16	32767	
19820602	05	157	762	0	54	0	
19820602	06	163	770	0	123	32767	
19820602	07	175	724	0	366	32767	
19820602	08	182	707	0	575	32767	
19820602	09	190	665	0	719	32767	
19820602	10	195	642	0	608	32767	
19820602	11	192	625	0	365	32767	
19820602	12	204	559	0	382	32767	
19820602	13	220	531	0	769	32767	
19820602	14	222	520	0	545	32767	
19820602	15	225	507	0	566	32767	
19820602	16	227	470	0	360	32767	
19820602	17	218	564	0	179	0	
19820602	18	211	613	0	84	32767	
19820602	19	205	589	0	9	32767	
19820602	20	198	645	0	-1	32767	
19820602	21	190	668	0	0	32767	
19820602	22	182	713	0	-1	32767	

Données météorologiques
utilisées pour la
modélisation du microclimat

Date et heure

Moyenne horaire de la température
de l'air ventilé [1/10°C]

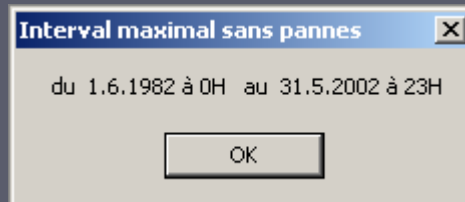
Moyenne horaire de l'humidité
relative de l'air [%]

Somme des précipitations horaires
(liquides et solides) [1/10mm]

Somme horaire du rayonnement
solaire global [Wh/m²]

Somme demi-journalière de
la hauteur de la neige [mm]

Paramètres pour le calcul d'exposition aux chlorures



The main application window titled "Meteo - treatment" contains several sections for inputting parameters for sodium chloride exposure calculations.

hypothèses sur l'épandage des chlorures de sodium

Nombre d'années (fichier météo)	20	[ans]
Concentration de chlorure de sodium au temps t=0	0.001	[%]
Epaisseur du film d'eau sur la chaussée	2.0	[mm]
Humidité relative seuil d'intervention en cas de basses températures	95	[%]

Epandage mécanique

Concentration annuelle en chlorure de sodium équivalent	1497	[g/m2]
Quantité moyenne de chlorure de sodium épandue	10.0	[g/m2]
Nombre d'interventions d'épandage de chlorure annuel		
Intervalle minimal entre 2 interventions	8.0	[h]
Concentration de chlorure de sodium dans l'eau (épandage) Si épandage solide (100%)	36	[%]
Température seuil d'intervention (calculé)		[°C]

Epandage automatique

Concentration annuelle en chlorure de sodium équivalent	1213	[g/m2]
Quantité moyenne de chlorure de sodium épandue	0.50	[g/m2]
Nombre de giclages annuel		
Nombre de giclages sur un intervalle de temps	12	
Concentration de chlorure de sodium dans l'eau (épandage) Si épandage solide (100%)	21	[%]
Température seuil d'intervention (calculé)		[°C]

Atténuation du signal (extérieur)

Température

Position de la moyenne au 1 / 3 des 2 extrêmes

Atténuation de 1 / 2 de la différence de T

Différence de température limite 100 [1/°C]

Humidité relative

Position de la moyenne au 2 / 3 des 2 extrêmes

Atténuation de 1 / 4 de la différence de HR

Différence d'humidité relative limite 100 [1/%]

Atténuation du signal (intérieur caisson)

Température

Position de la moyenne au 1 / 3 des 2 extrêmes

Atténuation de 1 / 8 de la différence de T

Différence de température limite 100 [1/°C]

Humidité relative

Position de la moyenne au 2 / 3 des 2 extrêmes

Atténuation de 1 / 1 de la différence de HR

Différence d'humidité relative limite 100 [1/%]

Calculer

Paramètres pour le calcul d'exposition aux chlorures

hypothèses sur l'épandage des chlorures de sodium

- | | | | |
|---|--|-------|-------|
| 1 | Nombre d'années (fichier météo) | 20 | [ans] |
| 2 | Concentration de chlorure de sodium au temps t=0 | 0.001 | [%] |
| 3 | Epaisseur du film d'eau sur la chaussée | 2.0 | [mm] |
| 4 | Humidité relative seuil d'intervention en cas de basses températures | 95 | [%] |

- 1 Nombre d'années disponibles sur le fichier météo
- 2 Concentration sur la chaussée au temps t=0 : 1^{er} juin de la 1^{ère} année
- 3 Epaisseur moyenne du film d'eau sur la chaussée
- 4 Si cette humidité est dépassée avec des conditions de basses températures, une intervention d'épandage est possible, sans avoir nécessairement une précipitation de pluie ou de neige

Paramètres pour le calcul d'exposition aux chlorures

Chlorure de sodium équivalent:
chlorure de sodium NaCl +
chlorure de calcium rapporté au
NaCl

Temps de passage entre 2 camions
(saleuses)

Concentration de chlorure dans
l'eau lors de l'épandage liquide ou
épandage solide

Quantité de chlorure de sodium déversé lors du passage de
l'épandeuse

Calcul par itération de la température seuil et du nombre
d'interventions par année, en fonction des paramètres introduits

Epandage mécanique

Concentration annuelle en chlorure de sodium équivalent	1497	[g/m ²]
Quantité moyenne de chlorure de sodium épandue	10.0	[g/m ²]
Nombre d'interventions d'épandage de chlorure annuel	150	
Intervalle minimal entre 2 interventions	8.0	[h]
Concentration de chlorure de sodium dans l'eau (épandage)	36	[%]
Si épandage solide (100%)		
Température seuil d'intervention (calculé)	0.8	[°C]



Calculer

Paramètres pour le calcul d'exposition aux chlorures

Chlorure de sodium équivalent:
chlorure de sodium NaCl +
chlorure de calcium rapporté au
NaCl

L'intervalle de temps correspond à
celui du fichier météo

Concentration de chlorure dans
l'eau lors de l'épandage liquide

Quantité de chlorure de sodium déversé lors du giclage par
une station automatique de salage

Calcul par itération de la température seuil et du nombre de
giclage par année, en fonction des paramètres introduits

Epandage automatique

Concentration annuelle en chlorure de sodium équivalent	1213	[g/m2]
Quantité moyenne de chlorure de sodium épandue	0.50	[g/m2]
Nombre de giclages annuel	202	
Nombre de giclages sur un intervalle de temps	72	
Concentration de chlorure de sodium dans l'eau (épandage)	21	[%]
Si épandage solide (100%)		
Température seuil d'intervention (calculé)	1	[°C]

Calculer

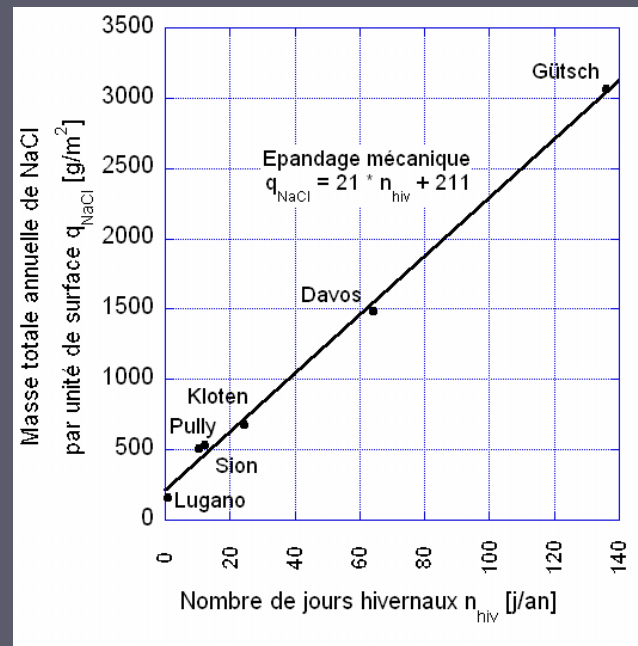
Paramètres pour le calcul d'exposition aux chlorures

Note:

La quantité est définie par les politiques d'épandages de produits dégivrant en Suisse

Epandage mécanique

Concentration annuelle en chlorure de sodium équivalent	1497	[g/m ²]
Quantité moyenne de chlorure de sodium épandue	10.0	[g/m ²]
Nombre d'interventions d'épandage de chlorure annuel	150	
Intervalle minimal entre 2 interventions	8.0	[h]
Concentration de chlorure de sodium dans l'eau (épandage)	36	[%]
Si épandage solide (100%)		
Température seuil d'intervention (calculé)	0.8	[°C]



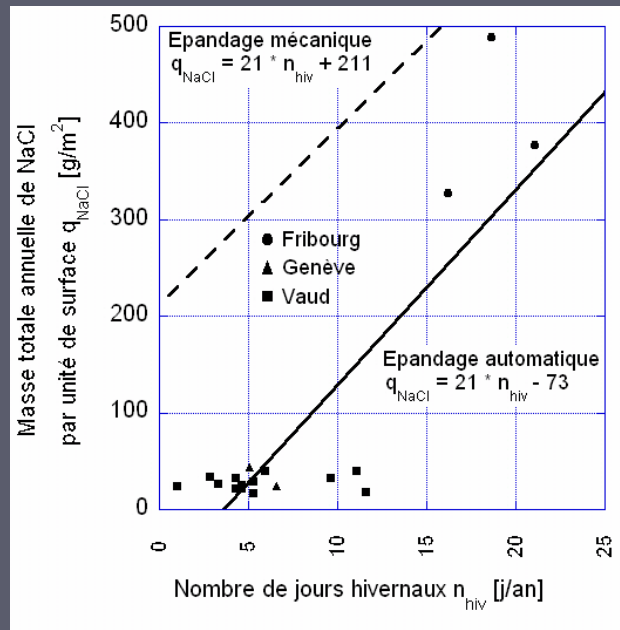
Paramètres pour le calcul d'exposition aux chlorures

Note:

La quantité est définie par les politiques d'épandages de produits dégivrant en Suisse

Epandage automatique

Concentration annuelle en chlorure de sodium équivalent	1213	[g/m ²]
Quantité moyenne de chlorure de sodium épandue	0.50	[g/m ²]
Nombre de giclages annuel	202	
Nombre de giclages sur un intervalle de temps	12	
Concentration de chlorure de sodium dans l'eau (épandage)	21	[%]
Si épandage solide (100%)		
Température seuil d'intervention (calculé)	1	[°C]



Atténuation du signal pour les ponts routes

Atténuation du signal (extérieur)

Température

Position de la moyenne au / des 2 extremums

Atténuation de / de la différence de T

Différence de température limite [1/°C]

Humidité relative

Position de la moyenne au / des 2 extremums

Atténuation de / de la différence de HR

Différence d'humidité relative limite [1/‰]

Atténuation du signal (intérieur caisson)

Température

Position de la moyenne au / des 2 extremums

Atténuation de / de la différence de T

Différence de température limite [1/°C]

Humidité relative

Position de la moyenne au / des 2 extremums

Atténuation de / de la différence de HR

Différence d'humidité relative limite [1/‰]

Paramètre β permettant l'atténuation du signal



$$Hr_i = Hr_{i-1} \pm \left(\frac{\beta}{x} \cdot \Delta Hr_{meteo} \right)$$

$$T_i = T_{i-1} \pm \left(\frac{\beta}{x} \cdot \Delta T_{meteo} \right)$$

Atténuation du signal pour les ponts routes

Note:

Paramètre α permettant d'obtenir le signe de l'équation précédente, le signe est obtenu par convergence sur point z_p . (z correspond aux données de température ou d'humidité relative)

Atténuation du signal (extérieur)

Température

Position de la moyenne au 1 / 3 des 2 extremums

Atténuation de 1 / 2 de la différence de T

Différence de température limite 100 [1/°C]

Humidité relative

Position de la moyenne au 2 / 3 des 2 extremums

Atténuation de 1 / 4 de la différence de HR

Différence d'humidité relative limite 100 [1/%]

Atténuation du signal (intérieur caisson)

Température

Position de la moyenne au 1 / 3 des 2 extremums

Atténuation de 1 / 8 de la différence de T

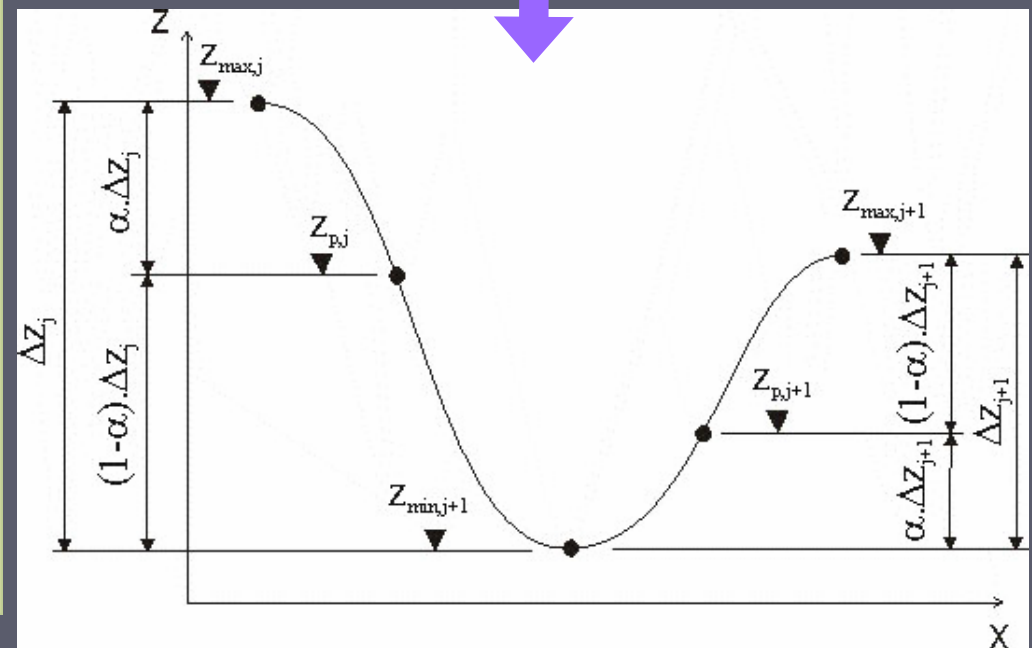
Différence de température limite 100 [1/°C]

Humidité relative

Position de la moyenne au 2 / 3 des 2 extremums

Atténuation de 1 / 1 de la différence de HR

Différence d'humidité relative limite 100 [1/%]



Atténuation du signal pour les ponts routes

Note:

Lorsque le modèle, équation avec β , dépasse la valeur limite, le ΔHr ou ΔT est égal à zéro, c'est-à-dire il n'y a pas d'incrément. Permet d'éliminer des incréments très petits.

Atténuation du signal (extérieur)

Température

Position de la moyenne au 1 / 3 des 2 extremums

Atténuation de 1 / 2 de la différence de T

Différence de température limite 100 [1/°C]

Humidité relative

Position de la moyenne au 2 / 3 des 2 extremums

Atténuation de 1 / 4 de la différence de HR

Différence d'humidité relative limite 100 [1/%]

Atténuation du signal (intérieur caisson)

Température

Position de la moyenne au 1 / 3 des 2 extremums

Atténuation de 1 / 8 de la différence de T

Différence de température limite 100 [1/°C]

Humidité relative

Position de la moyenne au 2 / 3 des 2 extremums

Atténuation de 1 / 1 de la différence de HR

Différence d'humidité relative limite 100 [1/%]

$$Hr_{\lim} = \frac{\beta}{x}$$

$$T_{\lim} = \frac{\beta}{x}$$

Création de fichier d'exposition

Meteo - treatment

hypothèses sur l'épandage des chlorures de sodium

Nombre d'années (fichier météo) 20 [ans]

Concentration de chlorure de sodium au temps t=0 0.001 [%]

Epaisseur du film d'eau sur la chaussée 2.0 [mm]

Humidité relative seuil d'intervention en cas de basses températures 95 [%]

Epandage mécanique

Concentration annuelle en chlorure de sodium équivalent 1497 [g/m2]

Quantité moyenne de chlorure de sodium épandue 10.0 [g/m2]

Nombre d'interventions d'épandage de chlorure annuel 150

Intervalle minimal entre 2 interventions 8.0 [h]

Concentration de chlorure de sodium dans l'eau (épandage) 36 [%]
Si épandage solide (100%)

Température seuil d'intervention (calculé) 0.8 [°C]

Epandage automatique

Concentration annuelle en chlorure de sodium équivalent 1213 [g/m2]

Quantité moyenne de chlorure de sodium épandue 0.50 [g/m2]

Nombre de giclages annuel 202

Nombre de giclages sur un intervalle de temps 12

Concentration de chlorure de sodium dans l'eau (épandage) 21 [%]
Si épandage solide (100%)

Température seuil d'intervention (calculé) 1 [°C]

Atténuation du signal (extérieur)

Température

Position de la moyenne au 1 / 3 des 2 extremums

Atténuation de 1 / 2 de la différence de T

Différence de température limite 100 [1/°C]

Humidité relative

Position de la moyenne au 2 / 3 des 2 extremums

Atténuation de 1 / 4 de la différence de HR

Différence d'humidité relative limite 100 [1/%]

Atténuation du signal (intérieur caisson)

Température

Position de la moyenne au 1 / 3 des 2 extremums

Atténuation de 1 / 8 de la différence de T

Différence de température limite 100 [1/°C]

Humidité relative

Position de la moyenne au 2 / 3 des 2 extremums

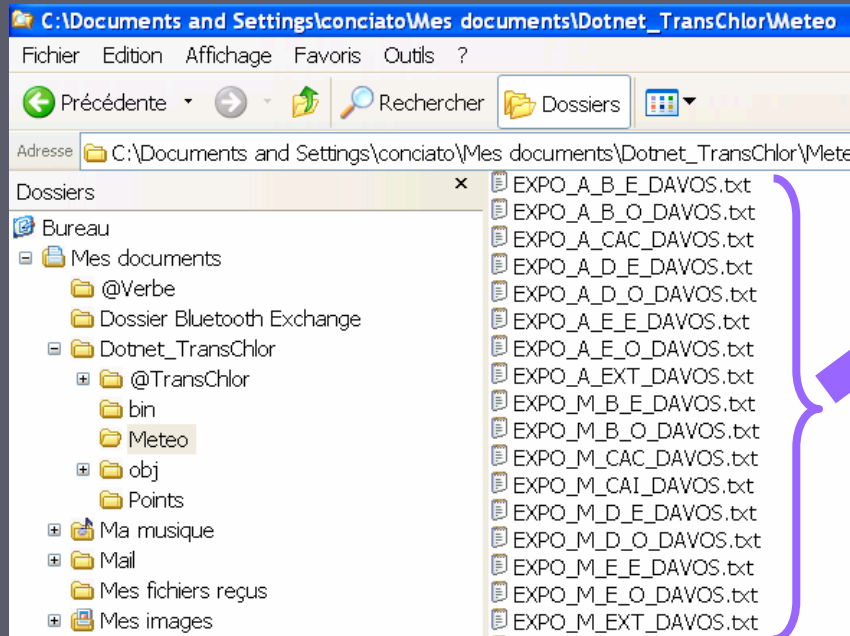
Atténuation de 1 / 1 de la différence de HR

Différence d'humidité relative limite 100 [1/%]

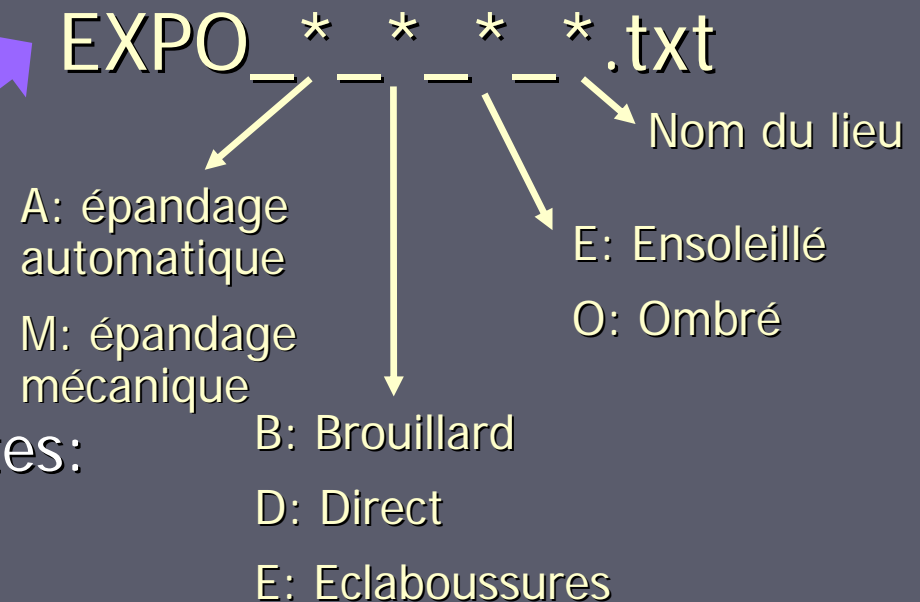
Calculer

Ok

Fichiers EXPO_*_*_*_*.txt



Le programme crée dans le dossier @TransChlor dix-sept fichiers de la forme:



Particularités pour les ponts routes:

Zones à l'abri des précipitations

EXPO_*_EXT_*.txt

Zones dans les caissons

EXPO_M_CAI_*.txt

Zones dans les caissons avec présence de Cl-

EXPO_*_CAC_*.txt

Fichiers EXPO_*_*_*_*.txt

Nombre de lignes des données météo

Intervalle de temps en secondes
entre deux données
météorologiques

Exemple:

EXPO_M_B_O_DAVOS

Exposition à un Brouillard salin,
dans une zone Ombrée

175200		
3600		
70	1E-05	6.1
73.4	1E-05	5.6
73.1	1E-05	5.7
76.3	1E-05	5.2
77.2	1E-05	5
69.7	1E-05	6.2
54.8	1E-05	9.4
40	1E-05	12.8
27	1E-05	15
22.5	1E-05	16.6
19	1E-05	17.5
17.5	1E-05	18.6
18.2	1E-05	18.8
18	1E-05	19.5
17	1E-05	19.5
17.6	1E-05	19.6
18.5	1E-05	18.9
24.1	1E-05	16.5
27.1	1E-05	15.3
35.6	1E-05	13
43.4	1E-05	11.3
48.3	1E-05	10.2
52.3	1E-05	9.2
58.1	1E-05	8.3
63.2	1E-05	7.6
68.4	1E-05	7

Humidité relative [%]
(Attention: HR en %)

Concentration massique de
NaCl dans l'eau pure [-]

Température [°C]

Transport Model: Input

EPFL Chloride Ion Penetration Model

Project Climat **Transport model** Probabiliste

Input
Calcul
Graph

Onglets de sélection et introduction des paramètres

Gestion du fichier Input

Matériaux Paramètres du programme Transport thermique Transport hydrique Carbonatation Transport ionique des chlorures Conditions initiales Analyse probabiliste

Béton :

masse volumique du béton frais kg/m3 de béton

teneur en granulat kg/m3 de béton

teneur en ciment kg/m3 de béton

teneur en eau saturé kg/m3 de béton

teneur en air % de béton

rapport E/C

âge du béton jours (au moment de l'application des conditions aux limites)

taux d'hydratation valeur de P. Roelfstra

Type de ciment
Ciment Portland

Nom :

nom dans le fichier résultat

nom d'affichage durant le calcul

Perméabilité

☐ faible
☐ moyenne
☐ grande
☐ autre

Materials

Exposition

left side right side

Number of material(s) : 0

Number of exposition(s) : 0

☐ Field activation

Matériaux: Choix d'un béton prédéfini

The screenshot shows the 'Input' software window with the 'Matériaux' tab selected. The 'Béton' section contains the following fields:

- masse volumique du béton frais: 2500 kg/m3 de béton
- teneur en granulat: 2005.6 kg/m3 de béton
- teneur en ciment: 300 kg/m3 de béton
- teneur en eau saturé: 194.4 kg/m3 de béton
- teneur en air: 1.5 % de béton
- rapport E/C: 0.7
- âge du béton: 0 jours (au moment de l'application des conditions aux limites)
- taux d'hydratation: 0.6 (défaut) valeur de P. Roelfstra
- Type de ciment: Type 1 (Ciment Portland)

The 'Nom' section contains:

- nom dans le fichier résultat: mauvais
- nom d'affichage durant le calcul: béton_mauvais

The 'Perméabilité' section has radio buttons for:

- faible
- moyenne
- grande
- autre

A blue arrow points to the 'autre' option. The 'Materials' section at the bottom left has 'New' and 'Delete' buttons and a dropdown menu. The 'Exposition' section at the bottom right has 'New' and 'Delete' buttons and two dropdown menus. The 'Field activation' checkbox is checked. The 'Open', 'Ok', and 'Cancel' buttons are at the bottom right.

Lors d'un choix d'un béton prédéfini, changer les paramètres en gris clair est impossible. Pour désactiver cette protection et garder les valeurs prédéfinis, il suffit de sélectionner dans l'onglet perméabilité "autre".

Matériaux: Noms

Input

Matériaux Paramètres du programme Transport thermique Transport hydrique Carbonatation Transport ionique des chlorures Conditions initiales Analyse probabiliste

Béton :

masse volumique du béton frais 2500 kg/m3 de béton

teneur en granulat 2005.6 kg/m3 de béton

teneur en ciment 300 kg/m3 de béton

teneur en eau saturé 194.4 kg/m3 de béton

teneur en air 1.5 % de béton

rapport E/C 0.7

âge du béton 0 jours (au moment de l'application des conditions aux limites)

taux d'hydratation 0.6 défaut valeur de P. Roelfstra

Type de ciment Type 1
Ciment Portland

Nom :

nom dans le fichier résultat mauvais

nom d'affichage durant le calcul béton_mauvais

Perméabilité

☐ faible

☐ moyenne

☒ grande

☐ autre

Materials

New Delete

Number of material(s) : 0

Exposition

left side New Delete right side

Number of exposition(s) : 0

Field activation Open

Ok Cancel

Sans espace, utiliser plutôt : abc_abc

Matériaux: Paramètres

Input

Matériaux Paramètres du programme Transport thermique Transport hydrique Carbonatation Transport ionique des chlorures Conditions initiales Analyse probabiliste

Béton :

masse volumique du béton frais 2500 kg/m3 de béton

teneur en granulat 2005.6 kg/m3 de béton

teneur en ciment 300 kg/m3 de béton

teneur en eau saturé 194.4 kg/m3 de béton

teneur en air 1.5 % de béton

rapport E/C 0.7

âge du béton 0 jours (au moment de l'application des conditions aux limites)

taux d'hydratation 0.6 défaut valeur de P. Roelfstra

Type de ciment Type 1
Ciment Portland

Nom :

nom dans le fichier résultat mauvais

nom d'affichage durant le calcul béton_mauvais

Perméabilité

☐ faible

☐ moyenne

☒ grande

☐ autre

Materials

New Delete

Number of material(s) : 0

Exposition

left side New Delete right side

Number of exposition(s) : 0

Field activation Open

Ok Cancel


La teneur en granulat et la teneur en eau du béton saturé se calculent automatiquement. Un clic sur le bouton "défaut" calculera automatiquement le taux d'hydratation à l'aide d'une formule approximative de Peter Roelfstra.

Paramètres du programme

Input

Matériaux **Paramètres du programme** Transport thermique Transport hydrique Carbonatation Transport ionique des chlorures Conditions initiales Analyse probabiliste

Temps :

temps maximal de calcul jours 

pas de temps de calcul secondes

Maillage :

épaisseur des parois mm

nombre d'éléments

type

Fichier résultat :

temps de sauvegarde (température) heures

temps de sauvegarde (humidité relative) heures

temps de sauvegarde (teneur en eau) heures

temps de sauvegarde (carbonatation) heures

temps de sauvegarde (chlorures libres) heures

temps de sauvegarde (chlorures totaux) heures

Affichage :

temps d'affichage des résultats heures

température, écart °C

humidité relative, valeur minimale

humidité relative, écart

teneur en eau, valeur minimale kg/m3 de béton

teneur en eau, écart kg/m3 de béton

chlorures libres, valeur minimale kg/m3 de béton

chlorures libres, écart kg/m3 de béton

chlorures totaux, valeur minimale kg/m3 de béton

chlorures totaux, écart kg/m3 de béton

Materials

New Delete

Number of material(s) : 0

Exposition

left side New Delete right side

Number of exposition(s) : 0

☐ Field activation

Open

Ok Cancel

La simulation s'arrête après le nombre de jours introduit ci-dessus.

Paramètres du programme

Input

Matériaux Paramètres du programme Transport thermique Transport hydrique Carbonatation Transport ionique des chlorures Conditions initiales Analyse probabiliste

Temps :

temps maximal de calcul 73000 jours

pas de temps de calcul 3600 secondes

Maillage :

épaisseur des parois 100 mm

nombre d'éléments 100

type 1: écart constant

Fichier résultat :

temps de sauvegarde (température) 8760 heures

temps de sauvegarde (humidité relative) 8760 heures

temps de sauvegarde (teneur en eau) 8760 heures

temps de sauvegarde (carbonatation) 8760 heures

temps de sauvegarde (chlorures libres) 8760 heures

temps de sauvegarde (chlorures totaux) 8760 heures

Affichage :

temps d'affichage des résultats 720 heures

température, écart 5 °C

humidité relative, valeur minimale 0.4

humidité relative, écart 0.1

teneur en eau, valeur minimale 50 kg/m3 de béton

teneur en eau, écart 10 kg/m3 de béton

chlorures libres, valeur minimale 0 kg/m3 de béton

chlorures libres, écart 1 kg/m3 de béton

chlorures totaux, valeur minimale 0 kg/m3 de béton

chlorures totaux, écart 5 kg/m3 de béton

Materials

New Delete

Exposition

left side New Delete right side

Number of material(s) : 0

Number of exposition(s) : 0

Field activation

Open

Ok Cancel

Pas de temps du calcul

Paramètres du programme

The screenshot shows the 'Input' software interface with the 'Paramètres du programme' tab selected. The interface is divided into several sections:

- Temps :**
 - temps maximal de calcul: 73000 jours
 - pas de temps de calcul: 3600 secondes
- Maillage :**
 - épaisseur des parois: 100 mm (highlighted with a blue arrow)
 - nombre d'éléments: 100
 - type: 1: écart constant
- Fichier résultat :**
 - temps de sauvegarde (température): 8760 heures
 - temps de sauvegarde (humidité relative): 8760 heures
 - temps de sauvegarde (teneur en eau): 8760 heures
 - temps de sauvegarde (carbonatation): 8760 heures
 - temps de sauvegarde (chlorures libres): 8760 heures
 - temps de sauvegarde (chlorures totaux): 8760 heures
- Affichage :**
 - temps d'affichage des résultats: 720 heures
 - température, écart: 5 °C
 - humidité relative, valeur minimale: 0.4
 - humidité relative, écart: 0.1
 - teneur en eau, valeur minimale: 50 kg/m3 de béton
 - teneur en eau, écart: 10 kg/m3 de béton
 - chlorures libres, valeur minimale: 0 kg/m3 de béton
 - chlorures libres, écart: 1 kg/m3 de béton
 - chlorures totaux, valeur minimale: 0 kg/m3 de béton
 - chlorures totaux, écart: 5 kg/m3 de béton
- Materials:**
 - Buttons: New, Delete
 - Field: [Empty]
 - Number of material(s): 0
- Exposition:**
 - Buttons: New, Delete
 - Fields: left side, right side
 - Number of exposition(s): 0
- Field activation:**
 - Checkbox: ☐ Field activation
 - Buttons: Open, Ok, Cancel

Épaisseur d'une paroi ou d'une dalle

Paramètres du programme

Input

Matériaux Paramètres du programme Transport thermique Transport hydrique Carbonatation Transport ionique des chlorures Conditions initiales Analyse probabiliste

Temps :

temps maximal de calcul 73000 jours

pas de temps de calcul 3600 secondes

Maillage :

épaisseur des parois 100 mm

nombre d'éléments 100

type 1: écart constant

Fichier résultat :

temps de sauvegarde (température) 8760 heures

temps de sauvegarde (humidité relative) 8760 heures

temps de sauvegarde (teneur en eau) 8760 heures

temps de sauvegarde (carbonatation) 8760 heures

temps de sauvegarde (chlorures libres) 8760 heures

temps de sauvegarde (chlorures totaux) 8760 heures

Affichage :

temps d'affichage des résultats 720 heures

température, écart 5 °C

humidité relative, valeur minimale 0.4

humidité relative, écart 0.1

teneur en eau, valeur minimale 50 kg/m3 de béton

teneur en eau, écart 10 kg/m3 de béton

chlorures libres, valeur minimale 0 kg/m3 de béton

chlorures libres, écart 1 kg/m3 de béton

chlorures totaux, valeur minimale 0 kg/m3 de béton

chlorures totaux, écart 5 kg/m3 de béton

Materials

New Delete

Exposition

left side New Delete right side

Number of material(s) : 0

Number of exposition(s) : 0

Field activation

Open

Ok Cancel

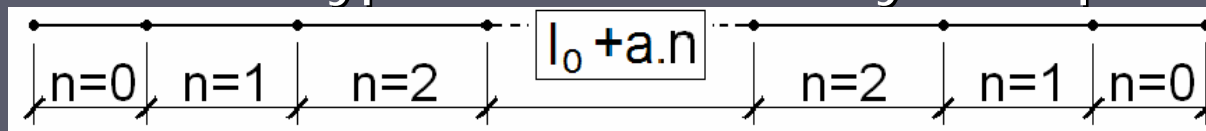
Nombre d'éléments sur l'épaisseur de la paroi

Paramètres du programme

La longueur des éléments est constante sur l'épaisseur de la paroi

Paramètres du programme

La longueur de l'élément de bord est l_0 . "a" se calcule automatiquement. Ce type d'élément est symétrique.



Paramètres du programme

Input

Matériaux Paramètres du programme Transport thermique Transport hydrique Carbonatation Transport ionique des chlorures Conditions initiales Analyse probabiliste

Temps :

temps maximal de calcul 73000 jours

pas de temps de calcul 3600 secondes

Maillage :

épaisseur des parois 100 mm

nombre d'éléments 100

type 3: écart exponentiel

longueur de l'élément de bord 1 mm

Fichier résultat :

temps de sauvegarde (température) 8760 heures

temps de sauvegarde (humidité relative) 8760 heures

temps de sauvegarde (teneur en eau) 8760 heures

temps de sauvegarde (carbonatation) 8760 heures

temps de sauvegarde (chlorures libres) 8760 heures

temps de sauvegarde (chlorures totaux) 8760 heures

Affichage :

temps d'affichage des résultats 720 heures

température, écart 5 °C

humidité relative, valeur minimale 0.4

humidité relative, écart 0.1

teneur en eau, valeur minimale 50 kg/m3 de béton

teneur en eau, écart 10 kg/m3 de béton

chlorures libres, valeur minimale 0 kg/m3 de béton

chlorures libres, écart 1 kg/m3 de béton

chlorures totaux, valeur minimale 0 kg/m3 de béton

chlorures totaux, écart 5 kg/m3 de béton

Materials

New Delete

Exposition

left side New Delete right side

Field activation

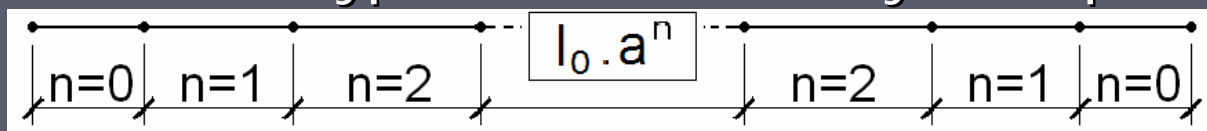
Open

Ok Cancel

Number of material(s) : 0

Number of exposition(s) : 0

La longueur de l'élément de bord est l_0 . "a" se calcule automatiquement. Ce type d'élément est symétrique.



Paramètres du programme

Input

Matériaux **Paramètres du programme** Transport thermique Transport hydrique Carbonatation Transport ionique des chlorures Conditions initiales Analyse probabiliste

Temps :

temps maximal de calcul 73000 jours

pas de temps de calcul 3600 secondes

Maillage :

épaisseur des parois 100 mm

nombre d'éléments 100

type 4: plusieurs écarts constants

Fichier résultat :

temps de sauvegarde (température) 8760 heures

temps de sauvegarde (humidité relative) 8760 heures

temps de sauvegarde (teneur en eau) 8760 heures

temps de sauvegarde (carbonatation) 8760 heures

temps de sauvegarde (chlorures libres) 8760 heures

temps de sauvegarde (chlorures totaux) 8760 heures

Affichage :

temps d'affichage des résultats 720 heures

température écart 5 °C

Ecart constants

Entrez le nombre total d'écarts constants :

OK

Cancel

3

chlorures libres, valeur minimale 0 kg/m3 de béton

chlorures libres, écart 1 kg/m3 de béton

chlorures totaux, valeur minimale 0 kg/m3 de béton

chlorures totaux, écart 5 kg/m3 de béton

Materials

New Delete

Number of material(s) : 0

Exposition

left side New Delete right side

Number of exposition(s) : 0

Field activation Open

Ok Cancel

Plusieurs écarts constants. Ce type d'élément est symétrique.



Paramètres du programme

The screenshot displays the 'Input' software interface with the 'Paramètres du programme' tab selected. The interface is organized into several sections:

- Temps :** Contains input fields for 'temps maximal de calcul' (73000 jours) and 'pas de temps de calcul' (3600 secondes).
- Maillage :** Contains input fields for 'épaisseur des parois' (100 mm), 'nombre d'éléments' (100), and a dropdown for 'type' (4: plusieurs écarts constants). A blue arrow points to this dropdown.
- Fichier résultat :** Contains a table of save times for various parameters, all set to 8760 heures.
- Materials :** Includes 'New' and 'Delete' buttons and a dropdown menu.
- Exposition :** Includes 'New' and 'Delete' buttons and dropdown menus for 'left side' and 'right side'.

A dialog box titled 'écart3' is open, showing settings for 'écart n° 1'. It contains input fields for 'Nombre d'éléments' (50) and 'Longueur de l'intervalle' (50). A blue arrow points to the 'Nombre d'éléments' input field. The dialog box also has an 'Ok' button.

Le titre de la boîte de dialogue indique le nombre d'écarts. Dans la boîte de dialogue le titre indique le n° de traitement en cours. Les valeurs par défaut à l'ouverture sont les valeurs maximales possibles.

Paramètres du programme

The screenshot shows the 'Input' software interface with the following sections:

- Matériaux** (selected)
- Paramètres du programme** (selected)
- Transport thermique**
- Transport hydrique**
- Carbonatation**
- Transport ionique des chlorures**
- Conditions initiales**
- Analyse probabiliste**

Temps :

- temps maximal de calcul: 73000 jours
- pas de temps de calcul: 3600 secondes

Maillage :

- épaisseur des parois: 100 mm
- nombre d'éléments: 100
- type: 5: plusieurs écarts constants, non symétrique

Fichier résultat :

- temps de sauvegarde (température): 8760 heures
- temps de sauvegarde (humidité relative): 8760 heures
- temps de sauvegarde (teneur en eau): 8760 heures
- temps de sauvegarde (carbonatation): 8760 heures
- temps de sauvegarde (chlorures libres): 8760 heures
- temps de sauvegarde (chlorures totaux): 8760 heures

Affichage :

- temps d'affichage des résultats: 720 heures
- température, écart: 5 °C
- humidité relative, valeur minimale: 0.4
- humidité relative, écart: 0.1
- teneur en eau, valeur minimale: 50 kg/m3 de béton
- teneur en eau, écart: 10 kg/m3 de béton
- chlorures libres, valeur minimale: 0 kg/m3 de béton
- chlorures totaux, valeur minimale: 4 kg/m3 de béton

Materials

- New
- Delete
- Number of material(s): 0

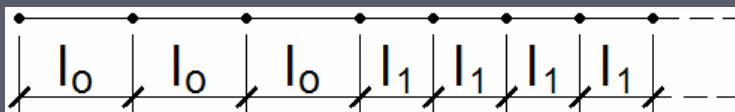
Exposition

- left side
- right side
- Number of exposition(s): 0
- Exposure on 2 side: ☒
- New
- Delete

Ecarts constants dialog box:

- Entrez le nombre total d'écarts constants: 3
- OK
- Annuler

Plusieurs écarts constants. Ce type d'élément est non symétrique.



Paramètres du programme

Input

Matériaux Paramètres du programme Transport thermique Transport hydrique Carbonatation Transport ionique des chlorures Conditions initiales Analyse probabiliste

Temps :

temps maximal de calcul 73000 jours

pas de temps de calcul 3600 secondes

Maillage :

épaisseur des parois 100 mm

nombre d'éléments 100

type 4: plusieurs écarts constants

Fichier résultat :

temps de sauvegarde (température) 4 heures

temps de sauvegarde (humidité relative) 8760 heures

temps de sauvegarde (teneur en eau) 8760 heures

temps de sauvegarde (carbonatation) 8760 heures

temps de sauvegarde (chlorures libres) 8760 heures

temps de sauvegarde (chlorures totaux) 8760 heures

Affichage :

temps d'affichage des résultats 720 heures

température, écart 5 °C

humidité relative, valeur minimale 0.4

humidité relative, écart 0.1

Données

Valeurs identiques pour les autres fichiers résultats ?

Yes No

chlorures libres, valeur minimale 0 kg/m3 de béton

chlorures libres, écart 1 kg/m3 de béton

chlorures totaux, valeur minimale 0 kg/m3 de béton

chlorures totaux, écart 5 kg/m3 de béton

Materials

New Delete

Exposition

left side New Delete right side

Number of material(s) : 0

Number of exposition(s) : 0

Field activation Open

Ok Cancel

Temps pour une sauvegarde dans le fichier résultat de calcul. En changeant la première case, une boîte de dialogue apparaît et permet de changer automatiquement toutes les autres cases.

Paramètres du programme

Input

Matériaux Paramètres du programme Transport thermique Transport hydrique Carbonatation Transport ionique des chlorures Conditions initiales Analyse probabiliste

Temps :

temps maximal de calcul 73000 jours

pas de temps de calcul 3600 secondes

Maillage :

épaisseur des parois 100 mm

nombre d'éléments 100

type 1: écart constant

Fichier résultat :

temps de sauvegarde (température) 8760 heures

temps de sauvegarde (humidité relative) 8760 heures

temps de sauvegarde (teneur en eau) 8760 heures

temps de sauvegarde (carbonatation) 8760 heures

temps de sauvegarde (chlorures libres) 8760 heures

temps de sauvegarde (chlorures totaux) 8760 heures

Affichage :

temps d'affichage des résultats 720 heures

température, écart 5 °C

humidité relative, valeur minimale 0.4

humidité relative, écart 0.1

teneur en eau, valeur minimale 50 kg/m3 de béton

teneur en eau, écart 10 kg/m3 de béton

chlorures libres, valeur minimale 0 kg/m3 de béton

chlorures libres, écart 1 kg/m3 de béton

chlorures totaux, valeur minimale 0 kg/m3 de béton

chlorures totaux, écart 5 kg/m3 de béton

Materials

New Delete

Exposition

left side New Delete right side

Number of material(s) : 0

Number of exposition(s) : 0

Field activation Open

Ok Cancel

Durant le calcul, des graphiques montrant l'évolution des résultats apparaissent. Le rafraîchissement des graphiques survient à l'intervalle de temps sélectionné.

Paramètres du programme

Input

Matériaux Paramètres du programme Transport thermique Transport hydrique Carbonatation Transport ionique des chlorures Conditions initiales Analyse probabiliste

Temps :

temps maximal de calcul 73000 jours

pas de temps de calcul 3600 secondes

Maillage :

épaisseur des parois 100 mm

nombre d'éléments 100

type 1: écart constant

Fichier résultat :

temps de sauvegarde (température) 8760 heures

temps de sauvegarde (humidité relative) 8760 heures

temps de sauvegarde (teneur en eau) 8760 heures

temps de sauvegarde (carbonatation) 8760 heures

temps de sauvegarde (chlorures libres) 8760 heures

temps de sauvegarde (chlorures totaux) 8760 heures

Affichage :

temps d'affichage des résultats 720 heures

température, écart 5 °C

humidité relative, valeur minimale 0.4

humidité relative, écart 0.1

teneur en eau, valeur minimale 50 kg/m3 de béton

teneur en eau, écart 10 kg/m3 de béton

chlorures libres, valeur minimale 0 kg/m3 de béton

chlorures libres, écart 1 kg/m3 de béton

chlorures totaux, valeur minimale 0 kg/m3 de béton

chlorures totaux, écart 5 kg/m3 de béton

Materials

New Delete

Exposition

left side New Delete right side

Number of material(s) : 0

Number of exposition(s) : 0

Field activation Open

Ok Cancel

Les écarts permettent l'affichage du quadrillage des graphiques.
La valeur minimale est la valeur de base du graphique.

Transport thermique : Paramètres

Input

Matériaux Paramètres du programme **Transport thermique** Transport hydrique Carbonatation Transport ionique des chlorures Conditions initiales Analyse probabiliste

Capacité calorifique

granulats: autres, siliceux, calcaire, chaux + calcaire, autres

valeur comprise entre 0.7-0.9

Transfert à la surface :

coefficient de transfert de surface: 1

La capacité calorifique des granulats peut être choisie dans la liste ou définie par la formule ci-dessous

Materials: New, Delete, Number of material(s) : 0

Exposition: left side, right side, New, Delete, Number of exposition(s) : 0

Field activation: ☐ Open, Ok, Cancel

$$c_T = S \cdot c_s + Z \cdot c_z + w \cdot c_w - 0.2 \cdot Z \cdot H_g \cdot c_w$$

Transport thermique : Paramètres

Input

Matériaux | Paramètres du programme | **Transport thermique** | Transport hydrique | Carbonatation | Transport ionique des chlorures | Conditions initiales | Analyse probabiliste

Capacité calorifique

granulats : autres

0.7 kJ / kg °K (valeur comprise entre 0.7-0.9)

Transfert à la surface :

coefficient de transfert de surface : 1

Materials

New Delete

Exposition

left side New Delete right side

Number of material(s) : 0

Number of exposition(s) : 0

☐ Field activation

Open

Ok Cancel

La notion de couche limite entre l'atmosphère et le béton peut être paramétré à l'aide de ce facteur de réduction des conditions de bord. Par défaut, elle prend la valeur de 1.

Transport hydrique : Paramètres

Input

Matériaux | Paramètres du programme | Transport thermique | **Transport hydrique** | Carbonatation | Transport ionique des chlorures | Conditions initiales | Analyse probabiliste

Diffusion hydrique :

D100% : 5E-06 mm2/s

ao : 0.05

hc : 0.75

ED :

To : 293.16 K

Transfert à la surface :

coefficient de transfert de surface : 1

Capillarité :

ao : 0.09

tc : 0.95

Change Link

usual capillary suction

hydrophobic treatment

no capillary suction

kT => E / C

Materials

New Delete

Exposition

left side right side

Number of exposition(s) : 0

Exposure on 2 side

New Delete

Field activation

Open

Ok Cancel

Number of material(s) : 0

Diffusion : coefficient en fonction de l'humidité relative (h_c)

Capillarité : coefficient en fonction du temps (t_c)

$$\frac{\partial h_r}{\partial t} = \text{div} \left(D_{w,diff}(T, w) \cdot \overrightarrow{\text{grad}(h_r)} \right) + D_{w,cap}(T, t) \cdot \overrightarrow{\text{grad}(h_r)}$$

Transport hydrique : Paramètres

Input

Matériaux | Paramètres du programme | Transport thermique | **Transport hydrique** | Carbonatation | Transport ionique des chlorures | Conditions initiales | Analyse probabiliste

Diffusion hydrique :

D100% mm2/s

ao

hc

ED

To °K

$$D_{wDT, T_o} = D_{100\%} \cdot \left(\alpha_o + \frac{1 - \alpha_o}{1 + \left(\frac{1-h}{1-h_c} \right)^4} \right)$$

$$D_{wDT} = D_{wD, T_o} \cdot e^{-\frac{E_D}{R} \left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T} \right)}$$

Transfert à la surface :

coefficient de transfert de surface

Capillarité :

ao

tc

Change Lunk

$$D_{wcap, T_o} = D_{cap} \cdot \left(\alpha_o + \frac{1 - \alpha_o}{1 + \left(\frac{1-t/10}{1-t_c} \right)^4} \right)$$

☒ usual capillary suction

☐ hydrophobic treatment

☐ no capillary suction

kT => E / C

Materials

New Delete

Exposition

left side

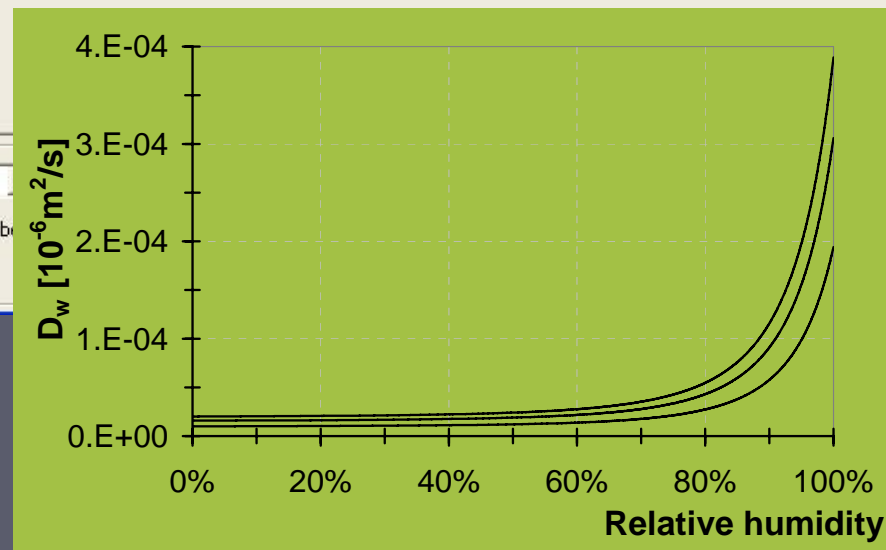
Number of material(s) : 0

Exposure on 2 side ☒

Open

Cancel

Coefficient de diffusion
de vapeur d'eau



Transport hydrique : Paramètres

Input

Matériaux | Paramètres du programme | Transport thermique | **Transport hydrique** | Carbonatation | Transport ionique des chlorures | Conditions initiales | Analyse probabiliste

Diffusion hydrique :

D100% mm2/s

ao

hc

ED

To °K

$$D_{wDT, T_o} = D_{100\%} \cdot \left(\alpha_o + \frac{1 - \alpha_o}{1 + \left(\frac{1-h}{1-h_c} \right)^4} \right)$$

$$D_{wDT} = D_{wD, T_o} \cdot e^{-\frac{E_D}{R} \left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T} \right)}$$

Transfert à la surface :

coefficient de transfert de surface

Capillarité :

ao

tc

$$D_{wcap, T_o} = D_{cap} \cdot \left(\alpha_o + \frac{1 - \alpha_o}{1 + \left(\frac{1-t/10}{1-t_c} \right)^4} \right)$$

☒ usual capillary suction

☐ hydrophobic treatment

☐ no capillary suction

Materials

Number of material(s) : 0

Exposition

left side right side

Number of exposition(s) : 0

☒ Exposure on 2 side

☐ Field activation

Le bouton « Change » permet de changer la valeur des paramètres α_0 et t_c selon *Lunk* ou selon *Mayer* et selon les essais du travail de recherche de *Conciatori*

Transport hydrique : Paramètres

Input

Matériaux | Paramètres du programme | Transport thermique | **Transport hydrique** | Carbonatation | Transport ionique des chlorures | Conditions initiales | Analyse probabiliste

Diffusion hydrique :

D100% : mm2/s

ao :

hc :

$$D_{wDT, T_o} = D_{100\%} \cdot \left(\alpha_o + \frac{1 - \alpha_o}{1 + \left(\frac{1-h}{1-h_c} \right)^4} \right)$$

ED :

To : °K

$$D_{wDT} = D_{wD, T_o} \cdot e^{-\frac{E_D}{R} \left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T} \right)}$$

Transfert à la surface :

coefficient de transfert de surface :

Capillarité :

ao :

tc :

$$D_{wcap, T_o} = D_{cap} \cdot \left(\alpha_o + \frac{1 - \alpha_o}{1 + \left(\frac{1-t/10}{1-t_c} \right)^4} \right)$$

☒ usual capillary suction

☐ hydrophobic treatment

☐ no capillary suction

Materials

Number of material(s) : 0

Exposition

left side right side

Number of exposition(s) : 0

☒ Exposure on 2 side

☐ Field activation

Possibilité d'effectuer des calculs avec la succion capillaire (par défaut), avec une imprégnation hydrophobe et sans capillarité.

! Si l'on utilise le cas de l'imprégnation hydrophobe, le coefficient de diffusion de la vapeur d'eau doit être diminué

Transport hydrique : Paramètres

Input

Matériaux | Paramètres du programme | Transport thermique | **Transport hydrique** | Carbonatation | Transport ionique des chlorures | Conditions initiales | Analyse probabiliste

Diffusion hydrique :

D100% : mm2/s

ao :

hc :

$$D_{wD,T_o} = D_{100\%} \cdot \left(\alpha_o + \frac{1 - \alpha_o}{1 + \left(\frac{1-h}{1-h_c} \right)^4} \right)$$

Capillarité :

ao :

tc :

$$D_{wcap,T_o} = D_{cap} \cdot \left(\alpha_o + \frac{1 - \alpha_o}{1 + \left(\frac{1-t/10}{1-t_c} \right)^4} \right)$$

Change Lunk

☒ usual capillary suction

☐ hydrophobic treatment

☐ no capillary suction

KT => E / C

Essai de perméabilité à l'air Torrent, valeur...

Paramètre kT [10-16m2] :

OK Annuler

Avertissement

Voulez-vous changer le rapport massique de l'eau sur le ciment (E / C = 0.5256041) ?

Oui Non

New Delete Ok Cancel

Materials

New Delete

Exposition

left side

☒ Exposure on 2 side

Number of material(s) : 0

Obtention du rapport massique de l'eau sur le ciment à partir de l'essais de perméabilité à l'air Torrent.

Transport hydrique : Paramètres

Input

Matériaux | Paramètres du programme | Transport thermique | **Transport hydrique** | Carbonatation | Transport ionique des chlorures | Conditions initiales | Analyse probabiliste

Diffusion hydrique :

D100% : mm²/s

ao :

hc :

ED :

To : °K

$$D_{wDT, T_0} = D_{100\%} \cdot \left(\alpha_o + \frac{1 - \alpha_o}{1 + \left(\frac{1-h}{1-h_c} \right)^4} \right)$$

$$D_{wDT} = D_{wDT, T_0} \cdot e^{-\frac{E_D}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)}$$

Capillarité :

ao :

tc :

$$D_{wcap, T_0} = D_{cap} \cdot \left(\alpha_o + \frac{1 - \alpha_o}{1 + \left(\frac{1-t}{1-t_c} \right)^4} \right)$$

☒ usual capillary suction

☐ hydrophobic treatment

☐ no capillary suction

Transfert à la surface :

coefficient de transfert de surface :

Materials

Number of material(s) : 0

Exposition

Number of exposition(s) : 0

☒ Exposure on 2 side

☐ Field activation

La notion de couche limite entre l'atmosphère et le béton peut être paramétré à l'aide de ce facteur de réduction des conditions de bord. Par défaut, elle prend la valeur de 1.

Carbonatation : Paramètres

Matériaux Paramètres du programme Transport thermique Transport hydrique **Carbonatation** Transport ionique des chlorures Conditions initiales Analyse probabiliste

Masse volumique des composants du béton

masse volumique des granulats 2550 kg/m3 silex

masse volumique du ciment 3150 kg/m3

Atmosphère

concentration de CO2 dans l'air

bord gauche 0.036 % centre ville

bord droit 0.036 % centre ville

Materials

New Delete

Number of material(s) : 0

Exposition

left side New Delete right side

Number of exposition(s) : 0

Field activation Open

Ok Cancel

Pénétration du front de carbonatation: fonction des concentration molaires de CO_2 de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et de CSH, calculé grâce aux paramètres ci-dessus

$$x_c = \sqrt{\frac{2 \cdot [\text{CO}_2] \cdot D_{e,\text{CO}_2}}{[\text{Ca}(\text{OH})_2] + 3 \cdot [\text{CSH}]} \cdot \sqrt{t}}$$

Carbonatation : Paramètres

Input

Matériaux | Paramètres du programme | Transport thermique | Transport hydrique | **Carbonatation** | Transport ionique des chlorures | Conditions initiales | Analyse probabiliste

Masse volumique des composants du béton

masse volumique des granulats: 2950 kg/m3

masse volumique du ciment: 3150 kg/m3

gabbro
basalte
silex
gabbro
granite
gravillon
cornéenne
calcaire
porphyre

Atmosphère

concentration de CO2 dans l'air

bord gauche: 0.036 % centre ville

bord droit: 0.036 % centre ville

Materials

New Delete

Exposition

left side New Delete right side

Number of material(s) : 0

Number of exposition(s) : 0

Field activation Open

Ok Cancel

La masse volumique des granulats dépend de leur type

Carbonatation : Paramètres

The screenshot shows the 'Carbonatation' tab in a software interface. The 'Atmosphère' section contains the following parameters:

- concentration de CO2 dans l'air**
- bord gauche**: 0.015 % (dropdown menu set to 'campagne')
- bord droit**: 0.036 % (dropdown menu open, showing options: 'campagne', 'centre ville', and 'zone industrielle' which is highlighted with a blue arrow)

The 'Carbonatation' tab is circled in red. The 'Materials' section at the bottom left shows 'New' and 'Delete' buttons, and the 'Exposition' section at the bottom center shows 'New' and 'Delete' buttons. The 'Field activation' checkbox is unchecked.

La concentration de CO₂ dans l'air peut être définie pour trois situations et distingue entre bord droit et bord gauche

Transport ionique : Paramètres

Input

Matériaux | Paramètres du programme | Transport thermique | Transport hydrique | Carbonatation | **Transport ionique des chlorures** | Conditions initiales | Analyse probabiliste

Diffusion dans l'eau :

Dcl, To : 3.011417E-05 mm2/s ☒ Valeur en fonction de E/C

α : 0

To : 293.16 °C

$D_{\alpha} = D_{\alpha To} \cdot e^{\alpha(T-To)}$

Relation entre ions chlorures libres et liés :

paramètre d'adsorption, fa : 3.57

α_{OH} : 0.56

Eb : 0 J/mol

To : 293.16 °K

$$\gamma = e^{\alpha_{OH} \left(1 - \frac{[OH]}{[OH]_{max}} \right)} \cdot e^{\frac{E_b}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \cdot \frac{f_a}{1000}$$

$$C_T = C_B + C_F = \gamma \cdot c_f \cdot W_{el} + c_f \cdot w$$

Convection par l'eau :

coefficient de retard : 0.7

teneur limite en eau pour la convection de l'humidité relative : 0.8

Materials

New Delete

Exposition

left side right side

Number of exposition(s) : 0

☒ Exposure on 2 side

New Delete

Field activation ☐ Open

Ok Cancel

$$\frac{\partial C_{Cl}}{\partial t} = \underbrace{(1 - R_{Cl}) \cdot c_f \cdot D_{w, cap}(T, t) \cdot \text{grad}(h_r)}_{\text{Transport ionique par l'eau}} + \text{div} \left(\underbrace{(1 - R_{Cl}) \cdot c_f \cdot D_{w, diff}(T, w) \cdot \text{grad}(h_r)}_{\text{Transport ionique par l'eau}} + \underbrace{w(h_r, T) \cdot D_{Cl} \cdot \text{grad}(C_{Cl})}_{\text{Diffusion}} \right)$$

Transport ionique : Paramètres

Input

Matériaux | Paramètres du programme | Transport thermique | Transport hydrique | Carbonatation | **Transport ionique des chlorures** | Conditions initiales | Analyse probabiliste

Diffusion dans l'eau :

Dcl, To: mm2/s ☒ Valeur en fonction de E/C

α

To: °C

$D_{\alpha} = D_{\alpha T_0} \cdot e^{\alpha \cdot (T - T_0)}$

Relation entre ions chlorures libres et liés :

paramètre d'adsorption, fa

α_{OH}

Eb J/mol

To °K

$$\gamma = e^{a_{OH} \left(1 - \frac{[OH]}{[OH]_{max}} \right)} \cdot e^{\frac{E_b}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \cdot \frac{f_a}{1000}$$

$$C_T = C_B + C_F = \gamma \cdot c_f \cdot W_{e1} + c_f \cdot w$$

Convection par l'eau :

coefficient de retard

teneur limite en eau pour la convection de l'humidité relative ←

Materials

New Delete

Exposition

left side right side

Number of exposition(s) : 0

☒ Exposure on 2 side

New Delete

☐ Field activation

Open

Ok Cancel

Number of material(s) : 0

Valeur limite permettant ou pas l'entraînement par l'eau des ions chlorures à l'interface air béton.

Transport ionique : Paramètres

Input

Matériaux | Paramètres du programme | Transport thermique | Transport hydrique | Carbonatation | **Transport ionique des chlorures** | Conditions initiales | Analyse probabiliste

Diffusion dans l'eau :

Dcl, To: mm2/s ☒ Valeur en fonction de E/C

α

To: °C

$D_{\alpha} = D_{\alpha T_0} \cdot e^{\alpha \cdot (T - T_0)}$

Relation entre ions chlorures libres et liés :

paramètre d'adsorption, f_a

α_{OH}

E_b J/mol

To: °K

$$\gamma = e^{\alpha_{OH} \left(1 - \frac{[OH]}{[OH]_{initial}} \right)} \cdot e^{\frac{E_b}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \cdot \frac{f_a}{1000}$$

$$C_T = C_B + C_F = \gamma \cdot c_f \cdot W_{el} + c_f \cdot w$$

Convection par l'eau :

coefficient de retard

teneur limite en eau pour la convection de l'humidité relative

Materials

New Delete

Exposition

left side right side

Number of exposition(s) : 0

☒ Exposure on 2 side

New Delete

☐ Field activation

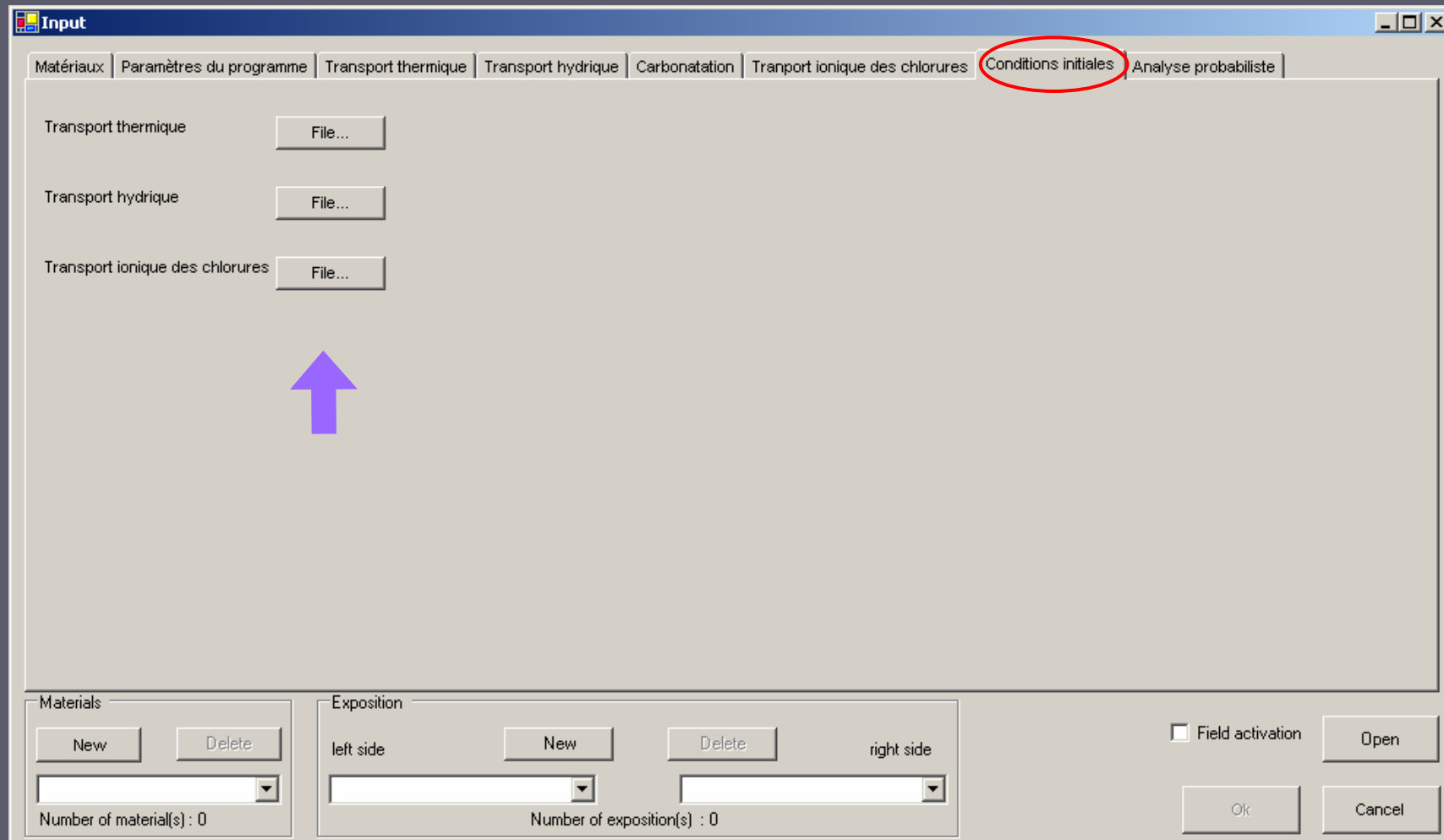
Open

Ok Cancel

Number of material(s) : 0

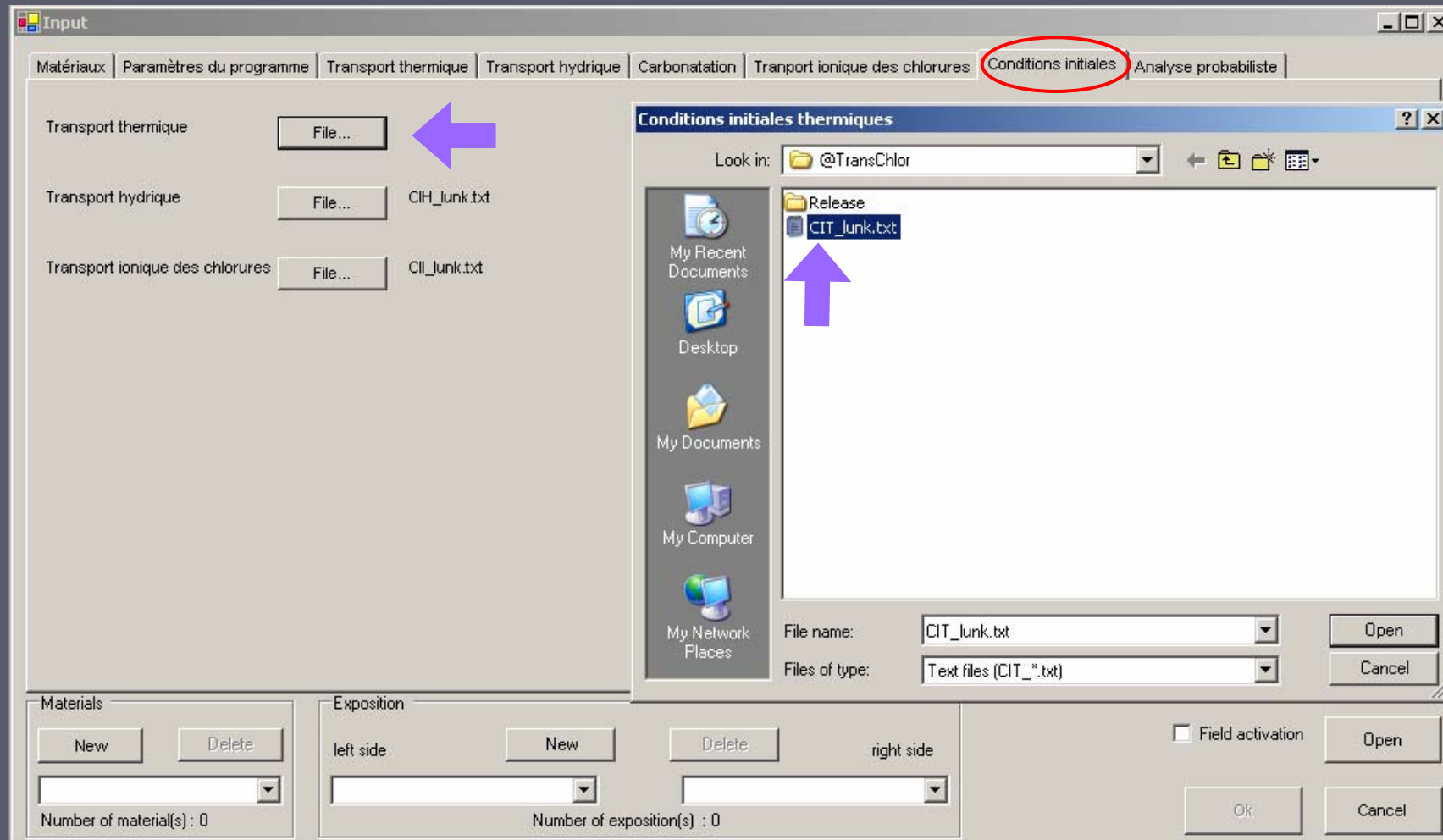
$$\gamma = e^{\alpha_{OH} \left(1 - \frac{[OH]}{[OH]_{initial}} \right)} \cdot e^{\frac{E_b}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \cdot \frac{f_a}{1000}$$

Conditions initiales: fichiers Clx_*.txt



Les conditions initiales concernent les trois types de transport : thermique, hydrique et ionique. L'introduction dans le programme se fait à l'aide de fichiers .txt créés à l'avance.

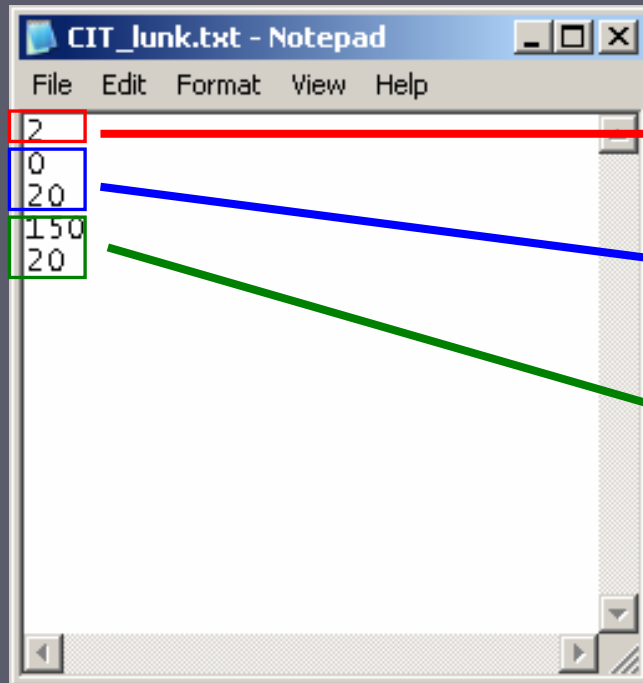
Conditions initiales: fichiers Clx_*.txt



La nomenclature de ces fichiers est respectivement:
CIT_*.txt (Thermique) CIH_*.txt (Hydrique) CII_*.txt (Ionique)

Conditions initiales: fichiers Clx_*.txt

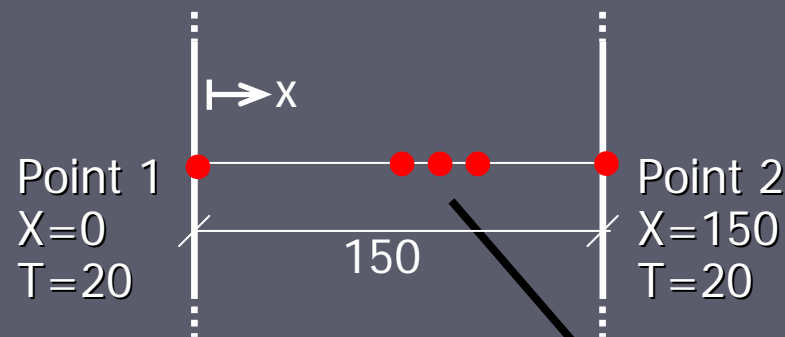
Construction d'un fichiers Clx_*.txt
exemple : CIT_lunk.txt



Nombre de points à travers l'épaisseur

Point 1 : coordonnée (ici, 0 mm) et valeur initiale (ici, température de 20°C)

Point 2 : coordonnée (ici, 150 mm) et valeur initiale (ici, température de 20°C)



De nombreux autres points possibles!

Conditions initiales: fichiers Clx_*.txt

Attention aux unités:

CIH_*.txt L'humidité relative s'exprime en %

CII_*.txt La concentration massique de NaCl dans l'eau pure n'a pas d'unité [-]

CIT_*.txt La température s'exprime en °C

Analyse probabiliste :

Le calcul peut être traité de manière probabiliste avec la méthode de Rosenbluth au moyen des différents paramètres se trouvant dans cette fenêtre

Dans ce cas de figure l'approche probabiliste n'est pas activée car le champ probabiliste correspondant à chaque variable n'est pas coché.

Analyse probabiliste :

The screenshot shows the 'Input' software interface with the 'Analyse probabiliste' tab selected. The interface is divided into four main sections, each representing a different transport process. Each section contains input fields for mean, standard deviation, and lognormal parameters, along with a 'Loi probabiliste' checkbox. Purple arrows point to these checkboxes, indicating they are all checked. The bottom section includes 'Materials', 'Exposition', and 'Field activation' options.

Process	Mean (Normal)	Std Dev (Normal)	Lambda (Lognormal)	Ksi (Lognormal)	P- (Lognormal)	P+ (Lognormal)	X1 (Lognormal)	X2 (Lognormal)	Loi probabiliste
Transport hydrique de vapeur d'eau	0.0002	0.0001470588235294	-8.733297	0.6574262	0.658682	0.341318	8.349505E-05	0.0003109524	<input checked="" type="checkbox"/>
Transport hydrique d'eau liquide par capillarité	0.0006097787	0.00005962	-7.407172	0.09754071	0.5243658	0.4756341	0.000550484	0.0006690637	<input checked="" type="checkbox"/>
Transport ionique des chlorures	3.011417E-05	0.000005772	-10.42855	0.1899444	0.5473439	0.4526561	2.445944E-05	3.576268E-05	<input checked="" type="checkbox"/>
Carbonatation	0.0424680474692045	0.000005772	-3.159003	0.0001359139	0.658682	0.341318	8.349505E-05	0.0003109524	<input checked="" type="checkbox"/>

Materials: New, Delete, Number of material(s): 0

Exposition: left side, right side, Number of exposition(s): 0, Exposure on 2 side ☒

Field activation: ☐ Field activation, Open, Ok, Cancel

Dans ce cas, 4 variables probabilistes sont cochées... plus le nombre de variables sont cochées plus le calcul sera long, car il faut effectuer 2^n simulations, avec n étant le nombre de paramètres cochés

Analyse probabiliste :

The screenshot shows the 'Analyse probabiliste' window with the following data:

Processus	valeur moyenne (loi normale)	écart type (loi normale)	paramètre lambda (lognormale)	paramètre ksi (lognormale)	P- =	P+ =	X1 =	X2 =
Transport hydrique de vapeur d'eau	0.0002	0.0001470588235294	-8.733297	0.6574262	0.658682	0.341318	8.349505E-05	0.0003109524
Transport hydrique d'eau liquide par capillarité	0.0006097787	0.00005962	-7.407172	0.09754071	0.5243658	0.4756341	0.000550484	0.0006690637
Transport ionique des chlorures	3.011417E-05	0.000005772	-10.42855	0.1899444	0.5473439	0.4526561	2.445944E-05	3.576268E-05
Carbonatation	0.0424680474692045	0.000005772	-3.159003	0.0001359139	0.658682	0.341318	8.349505E-05	0.0003109524

Additional settings at the bottom:

- Materials: New, Delete, Number of material(s): 0
- Exposition: left side, right side, Number of exposition(s): 0, Exposure on 2 side (checked)
- Field activation: ☐ Field activation, Open
- Buttons: Ok, Cancel

Paramètres de la loi probabiliste continue normale, représentée respectivement par la moyenne et l'écart type. Pour le transport d'eau (vapeur et liquide), l'écart-type provient d'essais en laboratoire de *Conciatori*, pour le mouvement d'ions chlorures, il provient d'une étude bibliographique et pour la carbonatation, il faut le définir (voir la littérature).

Analyse probabiliste :

The screenshot shows the 'Input' software interface with the 'Analyse probabiliste' tab selected. The interface is divided into four main sections, each representing a different transport model. Each section contains input fields for the mean value, standard deviation, and lognormal parameters (lambda and ksi), along with a 'Loi probabiliste' checkbox.

- Transport hydrique de vapeur d'eau:**
 - loi lognormale
 - valeur moyenne (loi normale): 0.0002
 - écart type (loi normale): 0.0001470588235294
 - paramètre lambda (lognormale): -8.733297
 - paramètre ksi (lognormale): 0.6574262
 - Loi probabiliste: ☒
- Transport hydrique d'eau liquide par capillarité:**
 - loi lognormale
 - valeur moyenne (loi normale): 0.0006097787
 - écart type (loi normale): 0.00005962
 - paramètre lambda (lognormale): -7.407172
 - paramètre ksi (lognormale): 0.09754071
 - Loi probabiliste: ☒
- Transport ionique des chlorures:**
 - loi lognormale
 - valeur moyenne (loi normale): 3.011417E-05
 - écart type (loi normale): 0.000005772
 - paramètre lambda (lognormale): -10.42855
 - paramètre ksi (lognormale): 0.1899444
 - Loi probabiliste: ☒
- Carbonatation:**
 - loi lognormale
 - valeur moyenne (loi normale): 0.0424680474692045
 - écart type (loi normale): 0.000005772
 - paramètre lambda (lognormale): -3.159003
 - paramètre ksi (lognormale): 0.0001359139
 - Loi probabiliste: ☒

At the bottom, there is a 'Materials' section with 'New' and 'Delete' buttons, and an 'Exposition' section with 'left side', 'right side', and 'Exposure on 2 side' options. There are also 'Field activation', 'Open', 'Ok', and 'Cancel' buttons.

Paramètres de la loi probabiliste continue lognormale, représentée respectivement les paramètres lambda et ksi.

$$\lambda = \ln\left(\frac{\mu^2}{\sqrt{\mu^2 + \sigma^2}}\right)$$

$$\xi = \sqrt{\ln\left(\frac{\sigma^2}{\mu^2} + 1\right)}$$

Analyse probabiliste :

Input

Matériaux | Paramètres du programme | Transport thermique | Transport hydrique | Carbonatation | Transport ionique des chlorures | Conditions initiales | **Analyse probabiliste**

Transport hydrique de vapeur d'eau

valeur moyenne (loi normale) : 0.0002

écart type (loi normale) : 0.0001470588235294

paramètre lambda (lognormale) : -8.733297

paramètre ksi (lognormale) : 0.6574262

loi lognormale

P- = 0.658682
P+ = 0.341318
X1 = 8.349505E-05
X2 = 0.0003109524

☒ Loi probabiliste

Transport hydrique d'eau liquide par capillarité

valeur moyenne (loi normale) : 0.0006097787

écart type (loi normale) : 0.00005962

paramètre lambda (lognormale) : -7.407172

paramètre ksi (lognormale) : 0.09754071

loi lognormale

10°C
P- = 0.5243658
P+ = 0.4756341
X1 = 0.000550484
X2 = 0.0006690637

☒ Loi probabiliste

Transport ionique des chlorures

valeur moyenne (loi normale) : 3.011417E-05

écart type (loi normale) : 0.000005772

paramètre lambda (lognormale) : -10.42855

paramètre ksi (lognormale) : 0.1899444

loi lognormale

P- = 0.5473439
P+ = 0.4526561
X1 = 2.445944E-05
X2 = 3.576268E-05

☒ Loi probabiliste

Carbonatation

valeur moyenne (loi normale) : 0.0424680474692045

écart type (loi normale) : 0.000005772

paramètre lambda (lognormale) : -3.159003

paramètre ksi (lognormale) : 0.0001359139

loi lognormale

P- = 0.658682
P+ = 0.341318
X1 = 8.349505E-05
X2 = 0.0003109524

☒ Loi probabiliste

Materials

New Delete

Number of material(s) : 0

Exposition

left side right side

Number of exposition(s) : 0

☒ Exposure on 2 side

New Delete

☐ Field activation

Open

Ok Cancel

Paramètres de la méthode de Rosenblueth pour une loi probabiliste lognormale.

Analyse probabiliste :

Input

Matériaux | Paramètres du programme | Transport thermique | Transport hydrique | Carbonatation | Transport ionique des chlorures | Conditions initiales | **Analyse probabiliste**

Transport hydrique de vapeur d'eau

valeur moyenne (loi normale) : 0.0002

écart type (loi normale) : 0.0001470588235294

paramètre lambda (lognormale) : -8.733297

paramètre ksi (lognormale) : 0.6574262

loi lognormale

loi normale

loi lognormale

P- = 0.341318

P+ = 0.341318

X1 = 8.349505E-05

X2 = 0.0003109524

☒ Loi probabiliste

Transport hydrique d'eau liquide par capillarité

valeur moyenne (loi normale) : 0.0006097787

écart type (loi normale) : 0.00005962

paramètre lambda (lognormale) : -7.407172

paramètre ksi (lognormale) : 0.09754071

loi lognormale

loi normale

loi lognormale

P- = 0.5243658

P+ = 0.4756341

X1 = 0.000550484

X2 = 0.0006690637

☒ Loi probabiliste

Transport ionique des chlorures

valeur moyenne (loi normale) : 3.011417E-05

écart type (loi normale) : 0.000005772

paramètre lambda (lognormale) : -10.42855

paramètre ksi (lognormale) : 0.1899444

loi lognormale

loi normale

loi lognormale

P- = 0.5473439

P+ = 0.4526561

X1 = 2.445944E-05

X2 = 3.576268E-05

☒ Loi probabiliste

Carbonatation

valeur moyenne (loi normale) : 0.0424680474692045

écart type (loi normale) : 424680474692045

paramètre lambda (lognormale) : -3.163979

paramètre ksi (lognormale) : 0.09975135

loi lognormale

loi normale

loi lognormale

P- = 0.658682

P+ = 0.341318

X1 = 8.349505E-05

X2 = 0.0003109524

☒ Loi probabiliste

Materials

New Delete

Exposition

left side right side

Number of exposition(s) : 0

☒ Exposure on 2 side

New Delete

Field activation

Open

Ok Cancel

Changement de loi probabiliste

Analyse probabiliste :

Input

Matériaux | Paramètres du programme | Transport thermique | Transport hydrique | Carbonatation | Transport ionique des chlorures | Conditions initiales | **Analyse probabiliste**

Transport hydrique de vapeur d'eau

valeur moyenne (loi normale) : 0.0002

écart type (loi normale) : 0.0001470588235294

paramètre lambda (lognormale)

paramètre ksi (lognormale)

loi normale

P- = 0.5
P+ = 0.5
X1 = 5.294118E-05
X2 = 0.0003470588

☒ Loi probabiliste

Transport hydrique d'eau liquide par capillarité

valeur moyenne (loi normale) : 0.0006097787

écart type (loi normale) : 0.00005962

paramètre lambda (lognormale)

paramètre ksi (lognormale)

loi normale

P- = 0.5
P+ = 0.5
X1 = 0.0005501587
X2 = 0.0006693987

☒ Loi probabiliste

Transport ionique des chlorures

valeur moyenne (loi normale) : 3.011417E-05

écart type (loi normale) : 0.000005772

paramètre lambda (lognormale)

paramètre ksi (lognormale)

loi normale

P- = 0.5
P+ = 0.5
X1 = 2.434217E-05
X2 = 3.588617E-05

☒ Loi probabiliste

Carbonatation

valeur moyenne (loi normale) : 0.0424680474692045

écart type (loi normale) : 424680474692045

paramètre lambda (lognormale)

paramètre ksi (lognormale)

loi normale

P- = 0.5
P+ = 0.5
X1 = 0.03822124
X2 = 0.04671485

☒ Loi probabiliste

Materials

New Delete

Number of material(s) : 0

Exposition

left side right side

Number of exposition(s) : 0

☒ Exposure on 2 side

New Delete

☐ Field activation

Open

Ok Cancel

Paramètres de la méthode de Rosenblueth pour une loi probabiliste normale.

Gestion du fichier Input

Les paramètres sont maintenant rentrés dans le programme. Il s'agit encore de définir les différents calculs à effectuer et les conditions de bord.

The screenshot shows the 'Input' software window with the following sections:

- Matériaux:** Parameters for concrete material.
 - masse volumique du béton frais: 2276.494 kg/m³ de béton
 - teneur en granulat: 1843.994 kg/m³ de béton
 - teneur en ciment: 250 kg/m³ de béton
 - teneur en eau saturé: 159.25 kg/m³ de béton
 - teneur en air: 1.5 % de béton
 - rapport E/C: 0.73
 - âge du béton: 0 jours (au moment de l'application des conditions aux limites)
 - taux d'hydratation: 0.9 (défaut) valeur de P. Roelfstra
 - Type de ciment: Type 1 (Ciment Portland)
- Nom:** Naming parameters.
 - nom dans le fichier résultat: mauvais
 - nom d'affichage durant le calcul: béton_mauvais
- Perméabilité:** Selection of permeability level.
 - ☐ faible
 - ☐ moyenne
 - ☒ grande
 - ☐ autre
- Materials (bottom left):** A sub-window with 'New' and 'Delete' buttons and a list of materials (currently empty).
- Exposition (bottom right):** A sub-window with 'left side' and 'right side' dropdowns, 'Number of exposition(s): 0', a checked 'Exposure on 2 side' checkbox, and 'New', 'Delete', 'Field activation', 'Open', 'Ok', and 'Cancel' buttons.

Sélection des différentes configurations d'exposition sur les bords gauche et droit

Sélection des différents matériaux à simuler

Gestion du fichier Input : Matériaux

Input

Matériaux | Paramètres du programme | Transport thermique | Transport hydrique | Carbonatation | Transport ionique des chlorures | Conditions initiales | Analyse probabiliste

Béton :

masse volumique du béton frais 2276.494 kg/m3 de béton

teneur en granulat 1843.994 kg/m3 de béton

teneur en ciment 250 kg/m3 de béton

teneur en eau saturé 159.25 kg/m3 de béton

teneur en air 1.5 % de béton

rapport E/C 0.73

âge du béton 0 jours (au moment de l'application des conditions aux limites)

taux d'hydratation 0.9 défaut valeur de P. Roelfstra

Type de ciment Type 1
Ciment Portland

Nom :

nom dans le fichier résultat mauvais

nom d'affichage durant le calcul béton_mauvais

Perméabilité

☐ faible

☐ moyenne

☐ grande

☒ autre

Materials

New Delete

Material 3

Material 1

Material 2

Material 3

Exposition

left side right side

Number of exposition(s) : 0

☒ Exposure on 2 side

New Delete

☒ Field activation

Open

Ok Cancel

La coche « Field Activation » empêche de changer les paramètres qui doivent rester les mêmes pour les tous les calculs (case grisée).

Materials

New Delete

Material 3

Material 1

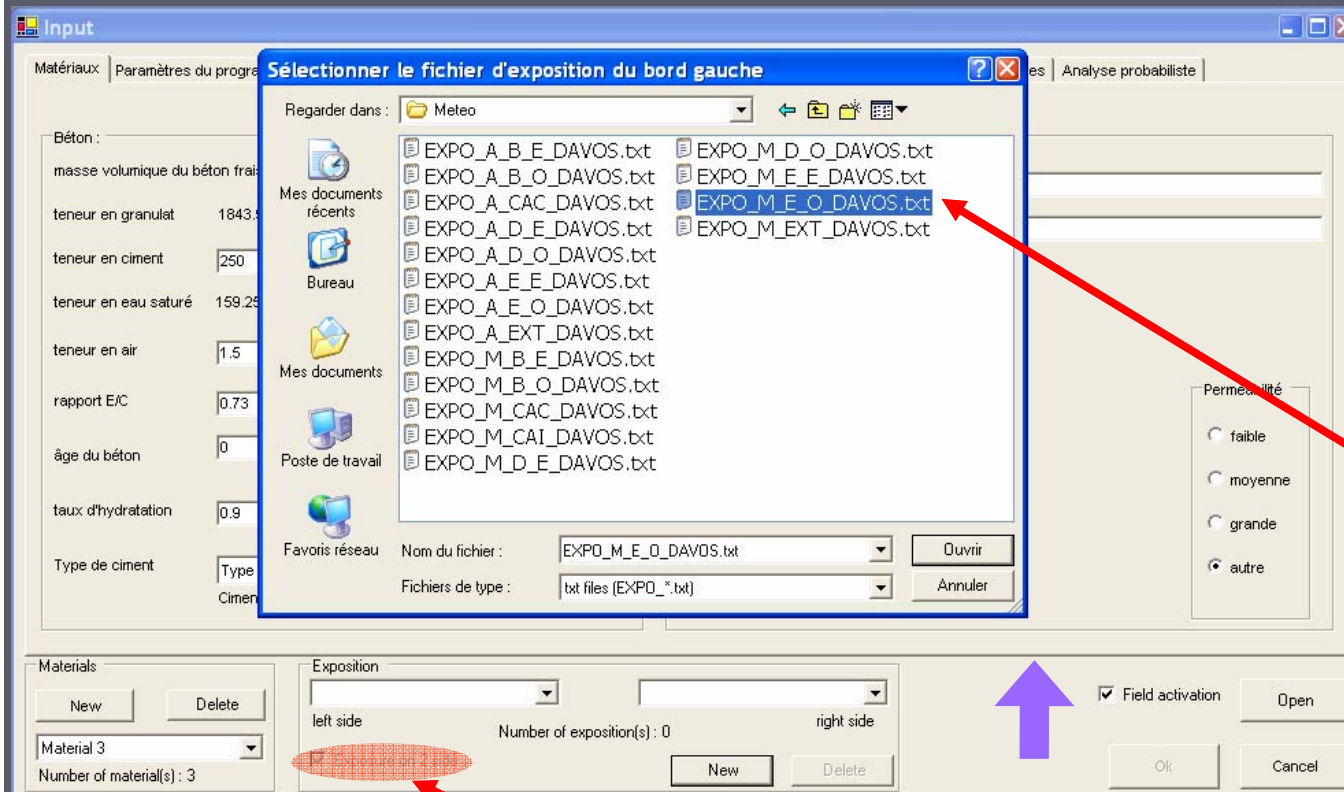
Material 2

Material 3

Ajouter ou enlever des configurations de paramètres des matériaux.

NE PAS OUBLIER de changer les noms des matériaux pour différencier les résultats.

Gestion du fichier Input : Exposition

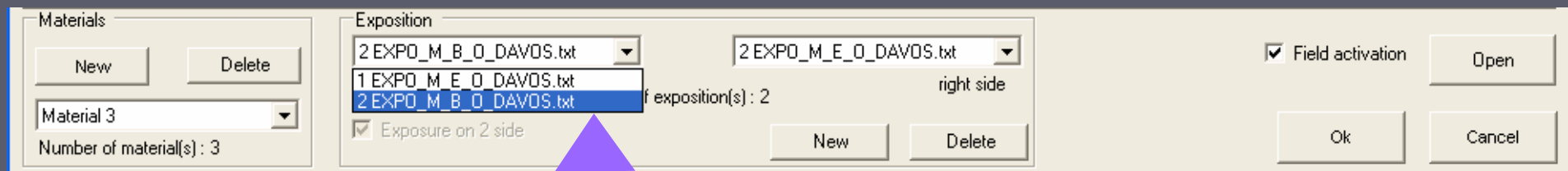


Les fichiers
d'exposition
EXPO_*_*_*_*.txt

exposition sur une (non coché) ou deux faces (coché)

Ajouter ou enlever des configurations d'exposition.
Deux fenêtres successives s'ouvrent pour le bord
gauche puis pour le bord droit.

Gestion du fichier Input : Exposition



The screenshot shows a software window with two main sections: 'Materials' and 'Exposition'.

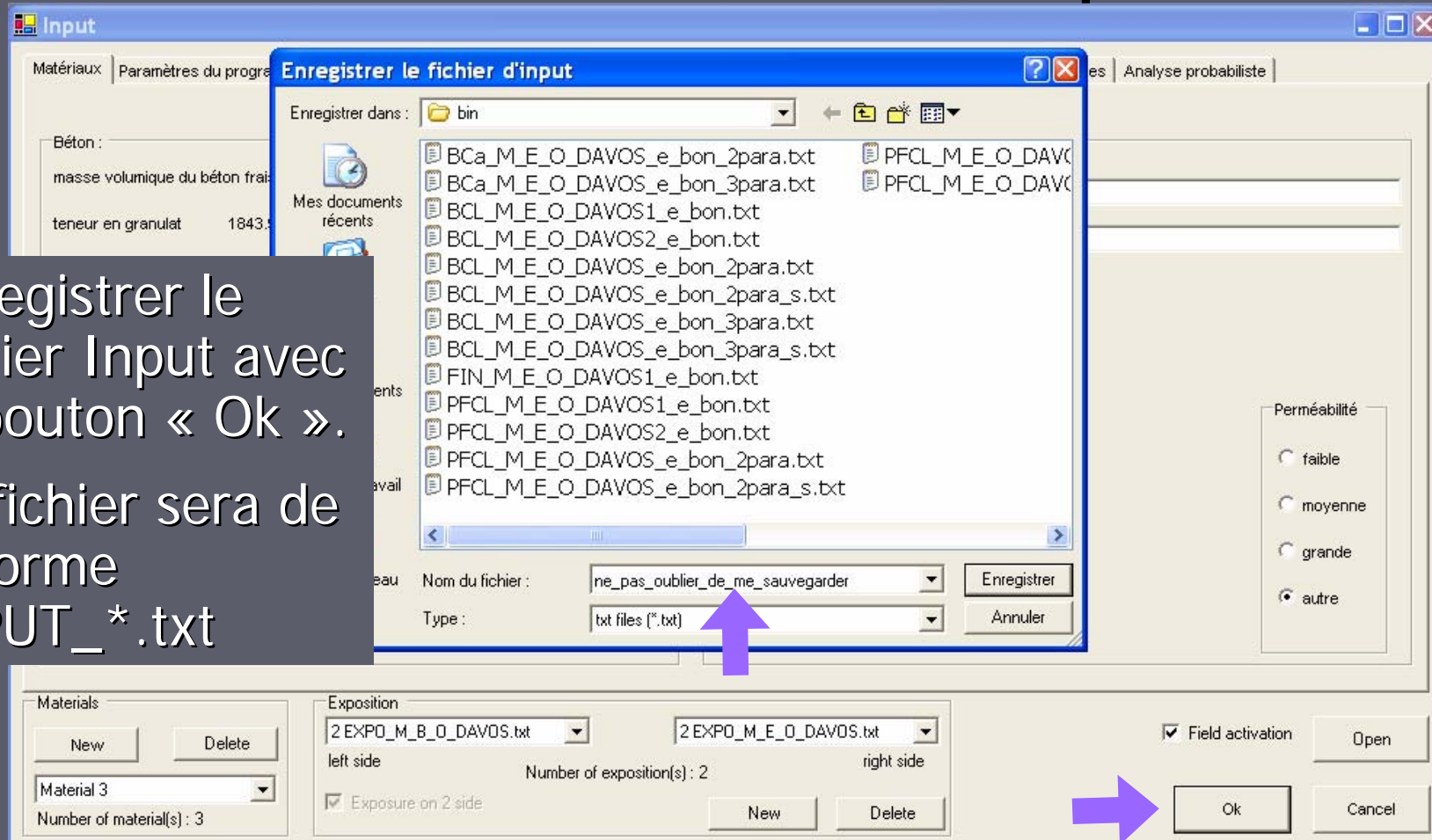
- Materials:** Contains buttons for 'New' and 'Delete', a dropdown menu showing 'Material 3', and a label 'Number of material(s) : 3'.
- Exposition:** Contains two dropdown menus at the top, both showing '2 EXPO_M_E_O_DAVOS.txt'. Below them is a list of three items: '2 EXPO_M_B_O_DAVOS.txt', '1 EXPO_M_E_O_DAVOS.txt', and '2 EXPO_M_B_O_DAVOS.txt'. The third item is highlighted in blue. To the right of the list is the text 'f exposition(s) : 2' and 'right side'. Below the list is a checkbox labeled 'Exposure on 2 side' which is checked. At the bottom of this section are 'New' and 'Delete' buttons.
- Right side:** Contains a checkbox labeled 'Field activation' which is checked, and buttons for 'Open', 'Ok', and 'Cancel'.

A purple arrow points from the bottom text area up to the third item in the 'Exposition' list.

Plusieurs types d'expositions peuvent donc être définis.
Le bord gauche et le bord droit peuvent avoir une exposition différente

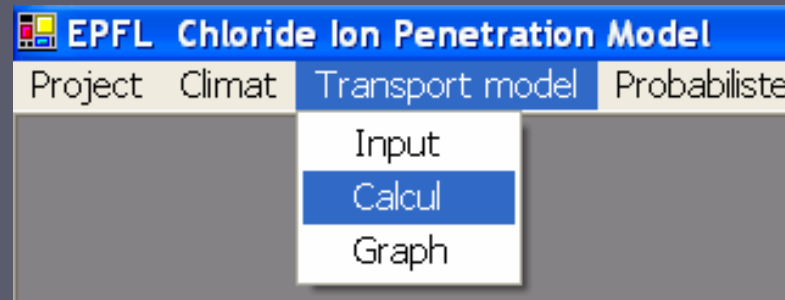
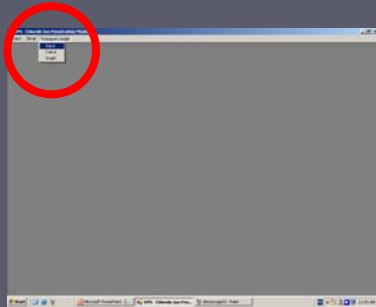
SAUVEGARDE du fichier Input

Enregistrer le
fichier Input avec
le bouton « Ok ».
Le fichier sera de
la forme
INPUT_*.txt



A priori, le fichier d'Input contient une série de chiffre difficile à déchiffrer. Il existe une aide fournie avec le Setup et le fichier expliquant sa conception s'appelle "INPUT_Explications.txt"

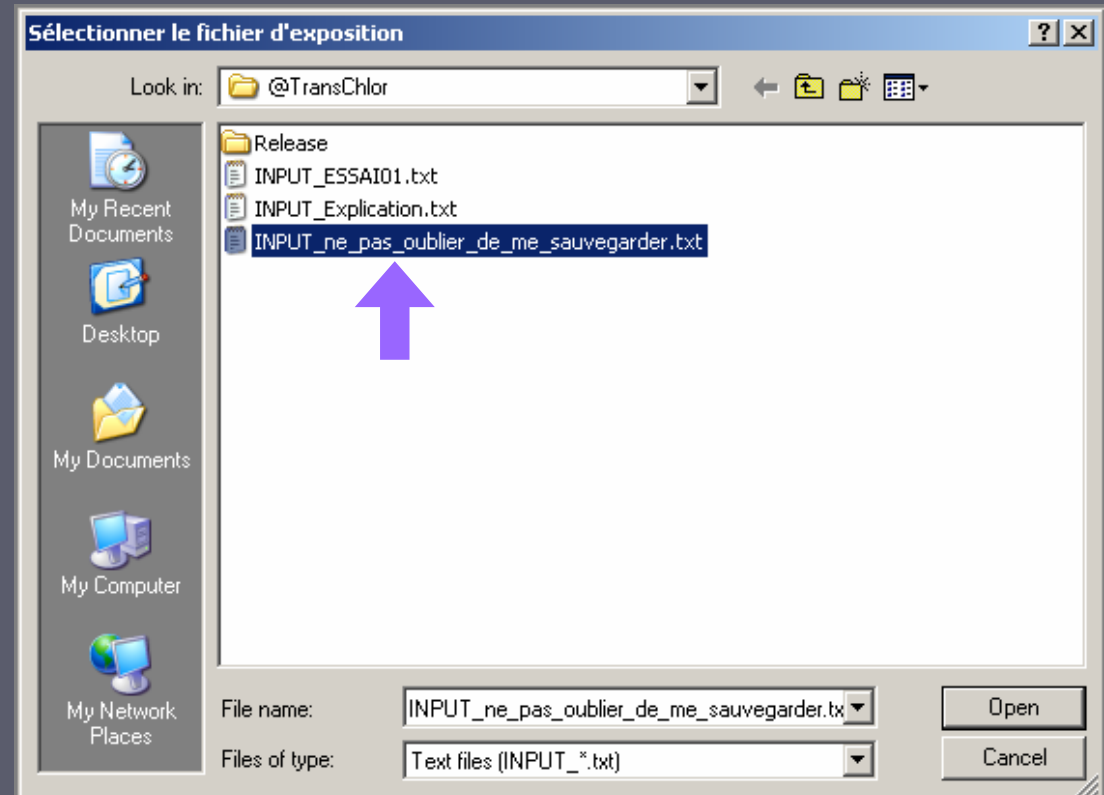
Transport Model: Calcul



Sélectionner le fichier INPUT_*.txt désiré et cliquer sur « Open ».

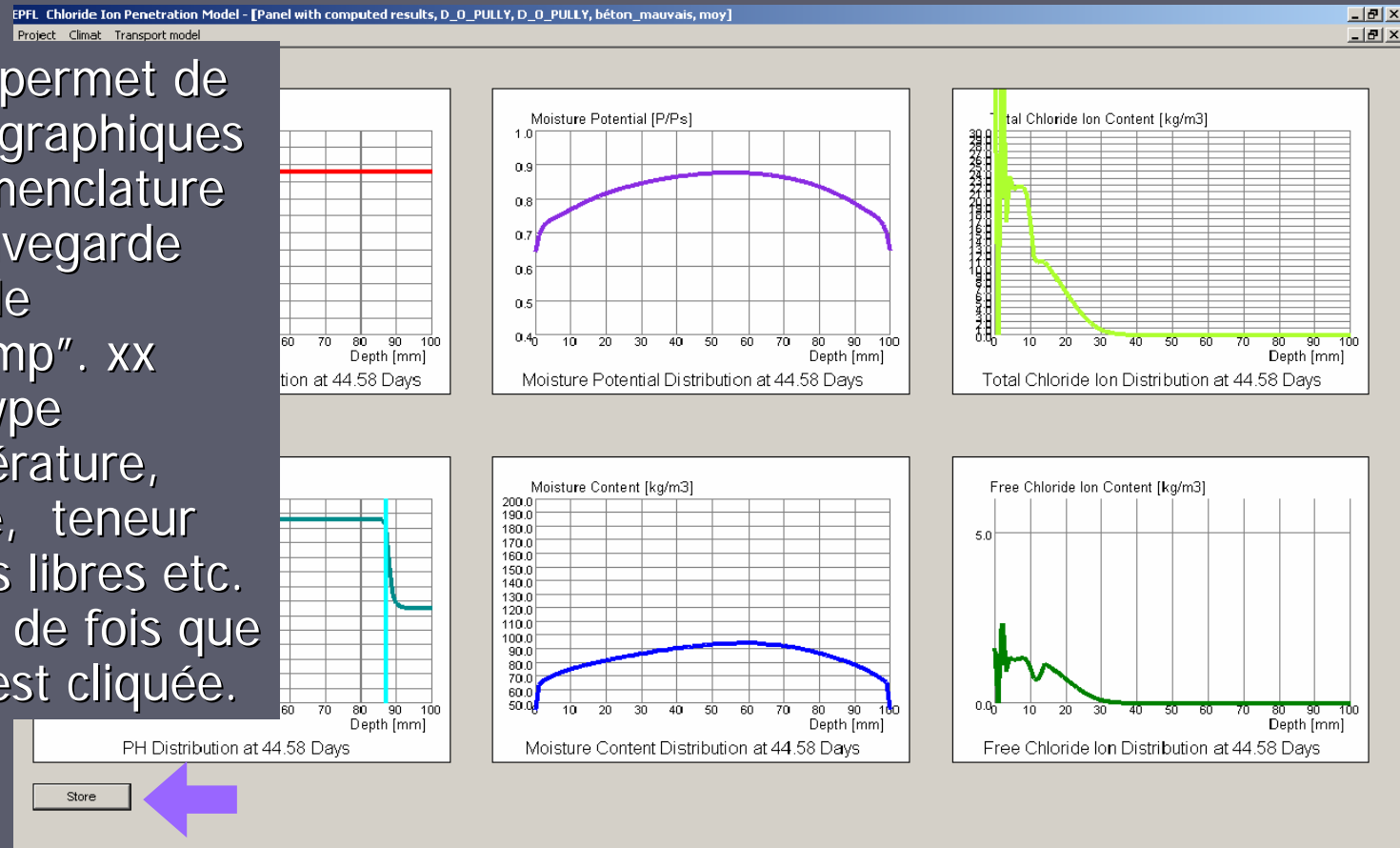
La fenêtre graphique s'ouvre et le calcul se lance automatiquement.

Il faut vérifier que le fichier d'exposition se trouve dans le même répertoire que le fichier d'input.

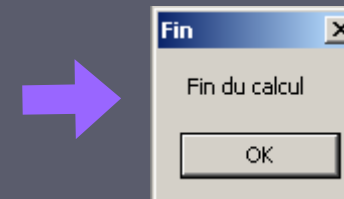


Calcul: Déroulement et Fin

La touche Store permet de sauvegarder les graphiques en cours. La nomenclature du fichier de sauvegarde prend la forme de "Graph_xx_yy.bmp". xx correspond au type graphique température, humidité relative, teneur en ions chlorures libres etc. et yy au nombre de fois que la touche Store est cliquée.



Quand le calcul est fini la fenêtre suivante s'affiche et la partie graphique est utilisable. Les Fichiers Résultats sont enregistrés automatiquement.



Fichiers Résultats

Microsoft Excel - R_T_M_E_O_DAVOS_e_bon_1101.txt

Fichier Edition Affichage Insertion Form

Profondeur dans le béton 10 G I S

L26C9 279.9439

Temps

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ure	730	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	293.16	293.16	293.16	293.16	293.16	293.16	293.16	293.16	293.16	293.16	293.16
416	0.04166667	279.2146	279.1654	279.1179	279.0714	279.0266	278.9836	278.9424	278.9029	278.8653	278.8293	278.7951
886	0.5	291.7525	291.7495	291.7465	291.743	291.7386	291.7335	291.7274	291.7209	291.7141	291.7069	291.6994
973	1	281.4724	281.4805	281.4907	281.5016	281.5129	281.5238	281.5342	281.5436	281.5525	281.5601	281.5671
959	1.5	292.4588	292.4598	292.459	292.4574	292.4554	292.4536	292.4521	292.451	292.4502	292.4502	292.4503

La nomenclature du fichier résultat dans cet exemple est :
R_T_M_E_O_DAVOS_e_bon_1101.txt.

R signifie fichier résultat,

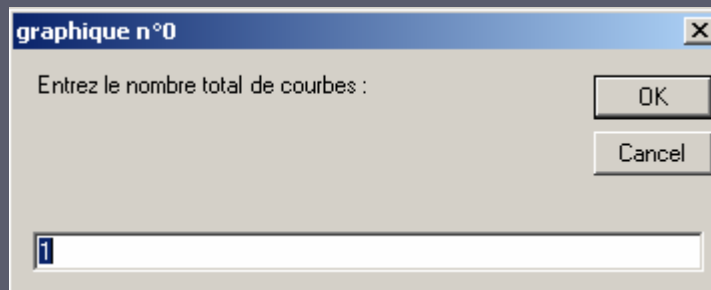
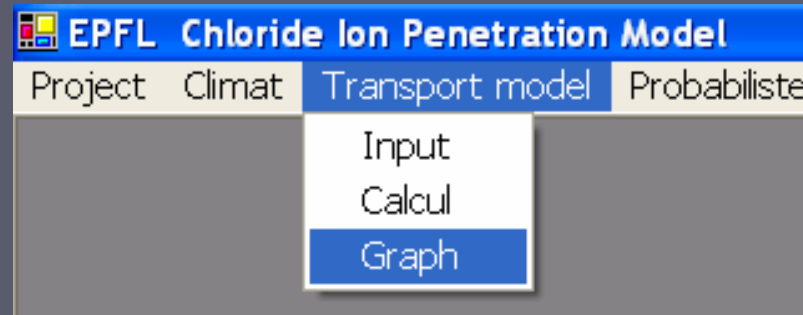
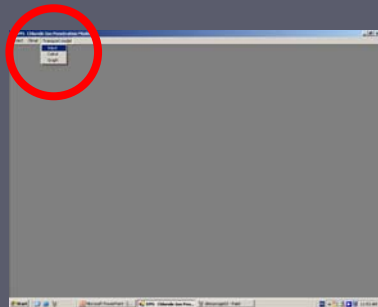
T : température mais peut prendre la forme de "H : humidité relative ou W : teneur en eau ou CL : chlorures libres ou CT : chlorures totaux",

M_E_O_Davos : (voir la nomenclature des fichiers d'input)

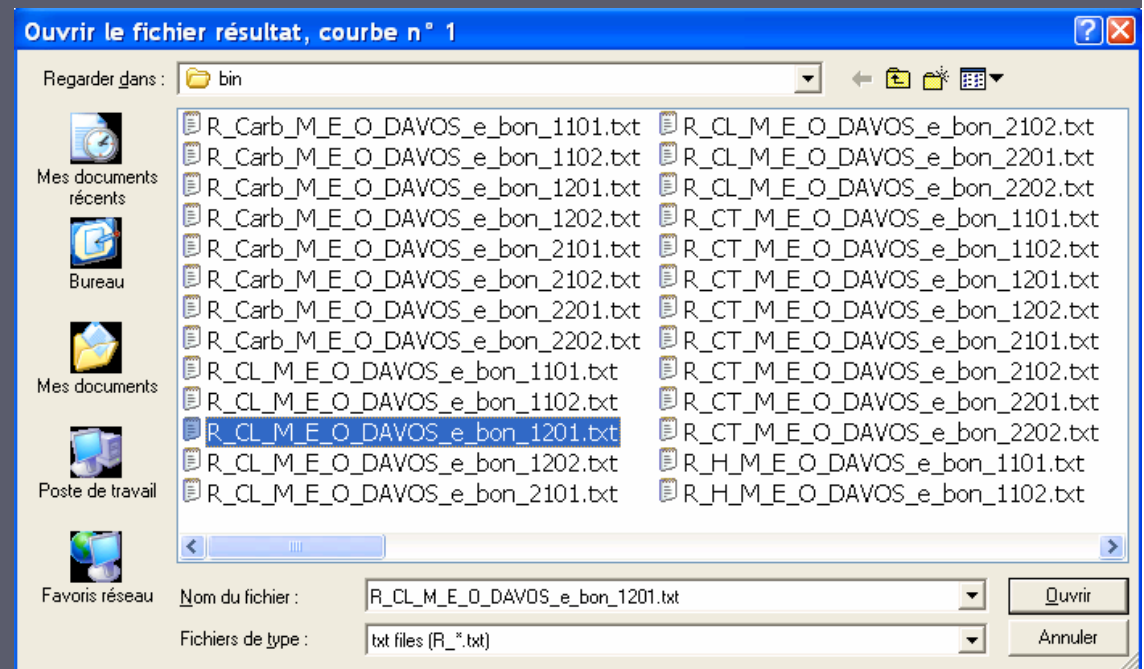
bon : titre mis dans le fichier d'input sous matériau

1101 : indice de l'approche probabiliste

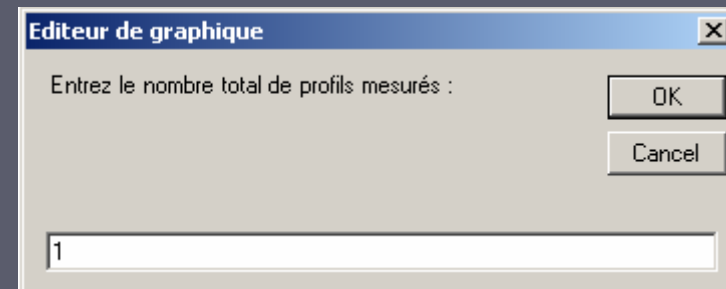
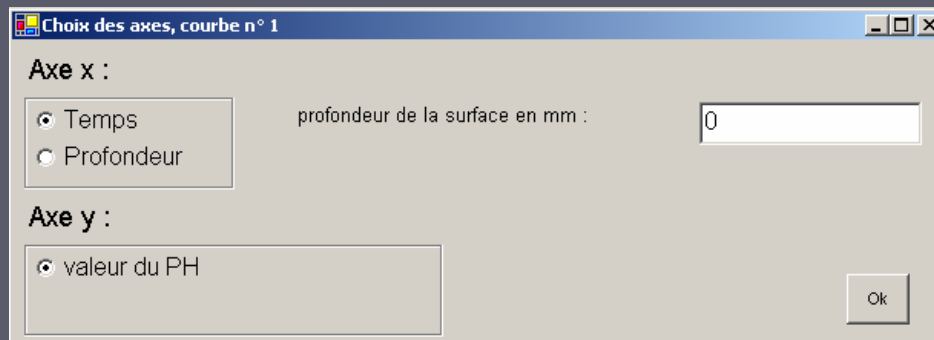
Transport Model: Graph



Sélectionner le fichier
Résultat (R_***.txt)



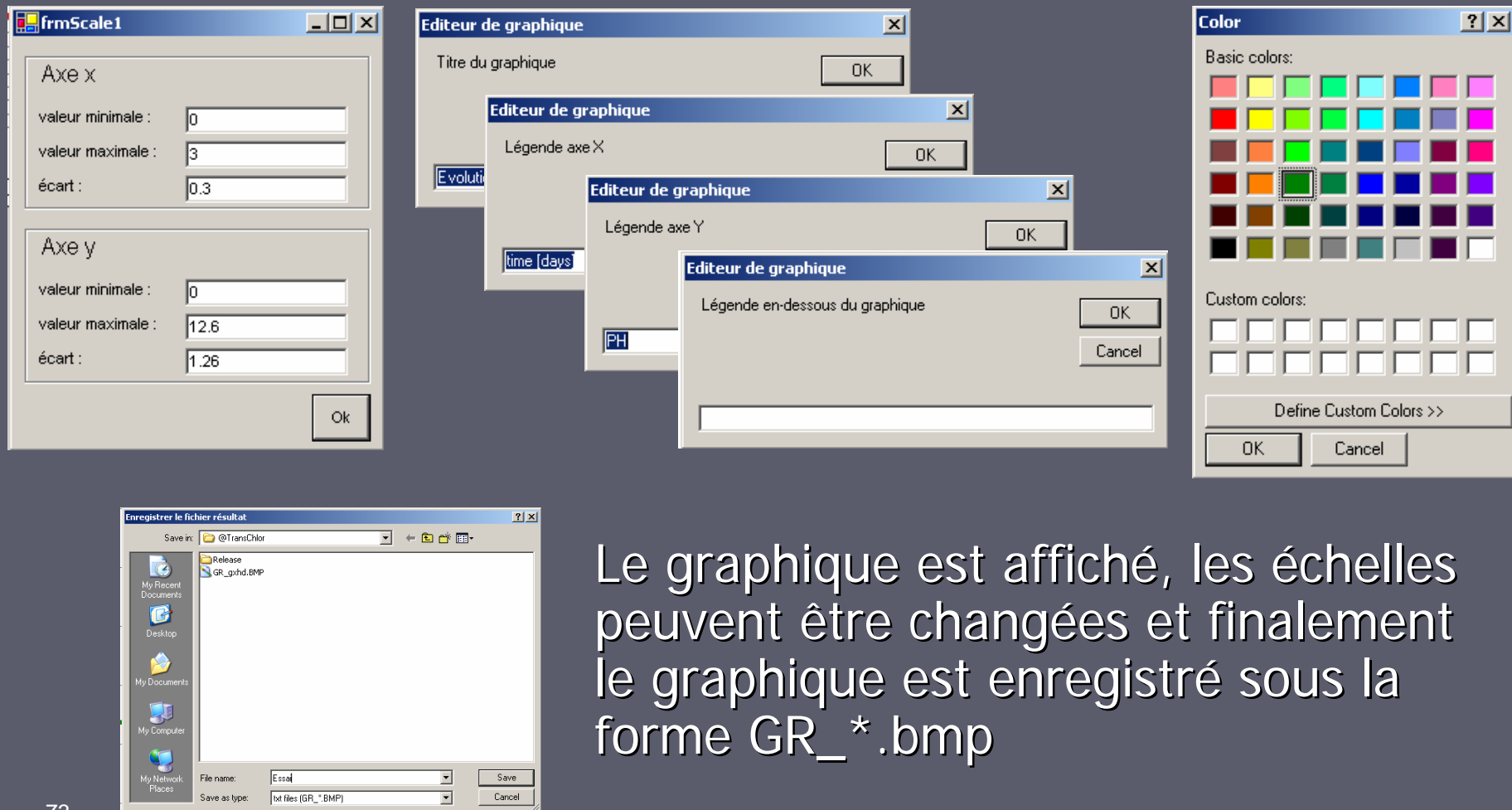
Graphique : Axes et profils mesurés



Choix des axes. Le graphique peut être complété par des points singuliers venant d'un fichier txt (ce fichier doit contenir le nombre de coordonnées puis les coordonnées x et y des points de mesure **voir fichier des conditions initiales**).

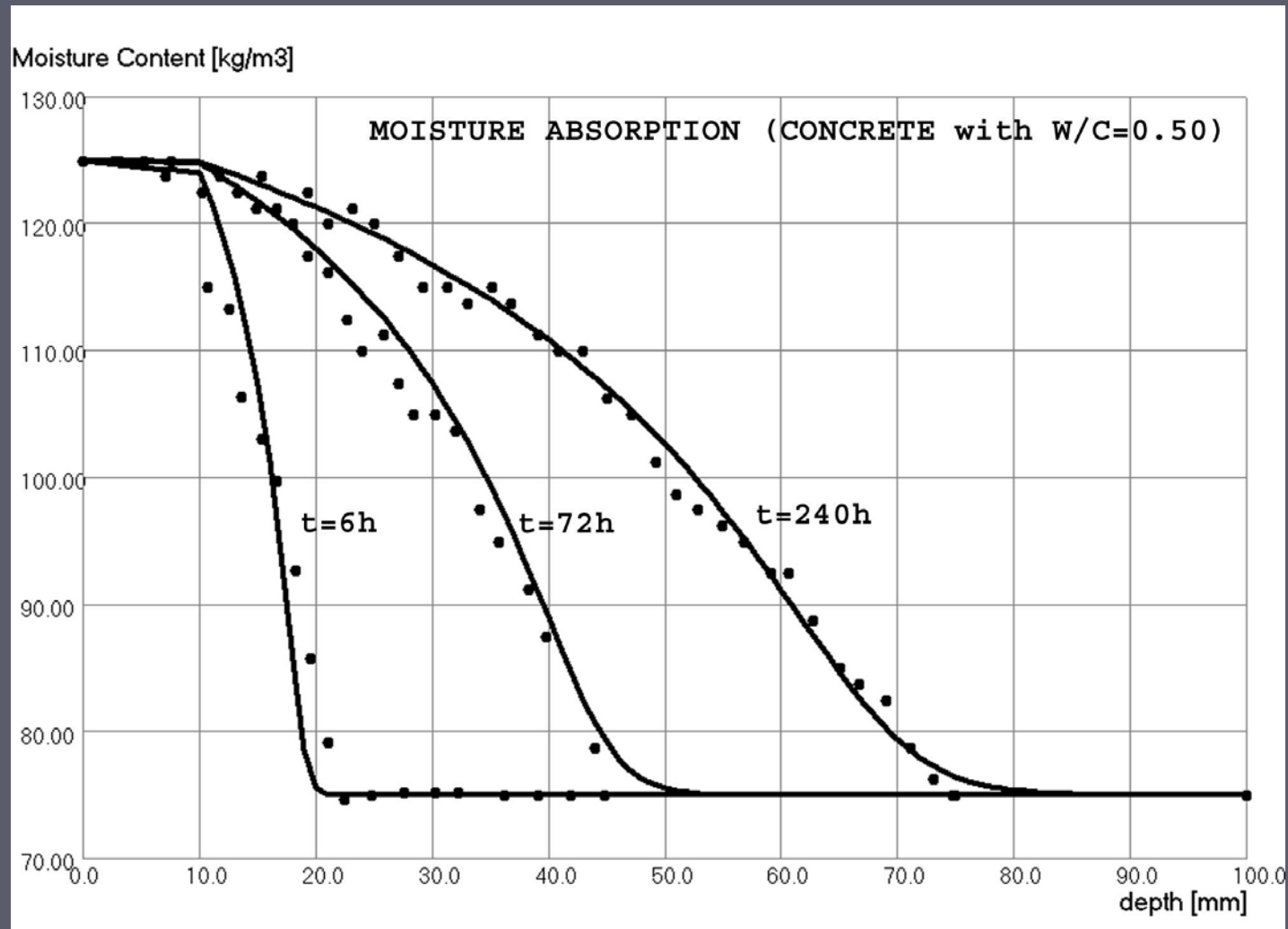
Graphique : Enregistrement

La mise en forme se fait à l'aide d'une succession de fenêtre. L'échelle, le titre, les légendes et les couleurs du graphique sont définis.

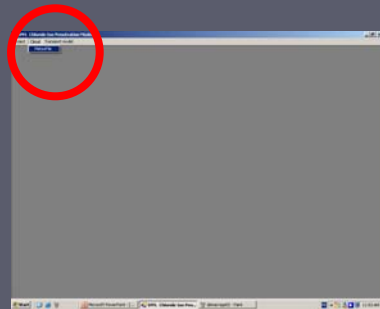


Le graphique est affiché, les échelles peuvent être changées et finalement le graphique est enregistré sous la forme GR_*.bmp

Graphique : Exemple



Traitement probabiliste



EPFL Chloride Ion Penetration Model

Project	Climat	Transport model	Probabiliste
---------	--------	-----------------	---------------------

Analyse
Graphique



Approche probabiliste

Traitement probabiliste

- ☒ Température
- ☒ Humidité relative
- ☒ Teneur en eau
- ☒ PH
- ☒ Profondeur de carbonatation
- ☒ Chlorures libres
- ☒ Chlorures totaux

Enrobage des aciers

position de l'acier (moyenne) mm

position de l'acier (écart-type) mm

☒ Traitement probabiliste

Résistance des aciers aux ions chlorures

teneur en ions chlorures libres (moyenne) % masse de ciment

teneur en ions chlorures libres (écart-type) % masse de ciment

$\lambda =$

$\xi =$

Catégorie d'acier

Traitement

Traitement probabiliste

Approche probabiliste

Traitement probabiliste

- ☒ Température
- ☒ Humidité relative
- ☒ Teneur en eau
- ☒ PH
- ☒ Profondeur de carbonatation
- ☒ Chlorures libres
- ☒ Chlorures totaux

Enrobage des aciers

position de l'acier (moyenne) mm

position de l'acier (écart-type) mm

☒ Traitement probabiliste

Résistance des aciers aux ions chlorures

teneur en ions chlorures libres (moyenne) % masse de ciment

teneur en ions chlorures libres (écart-type) % masse de ciment

$\lambda =$

$\xi =$

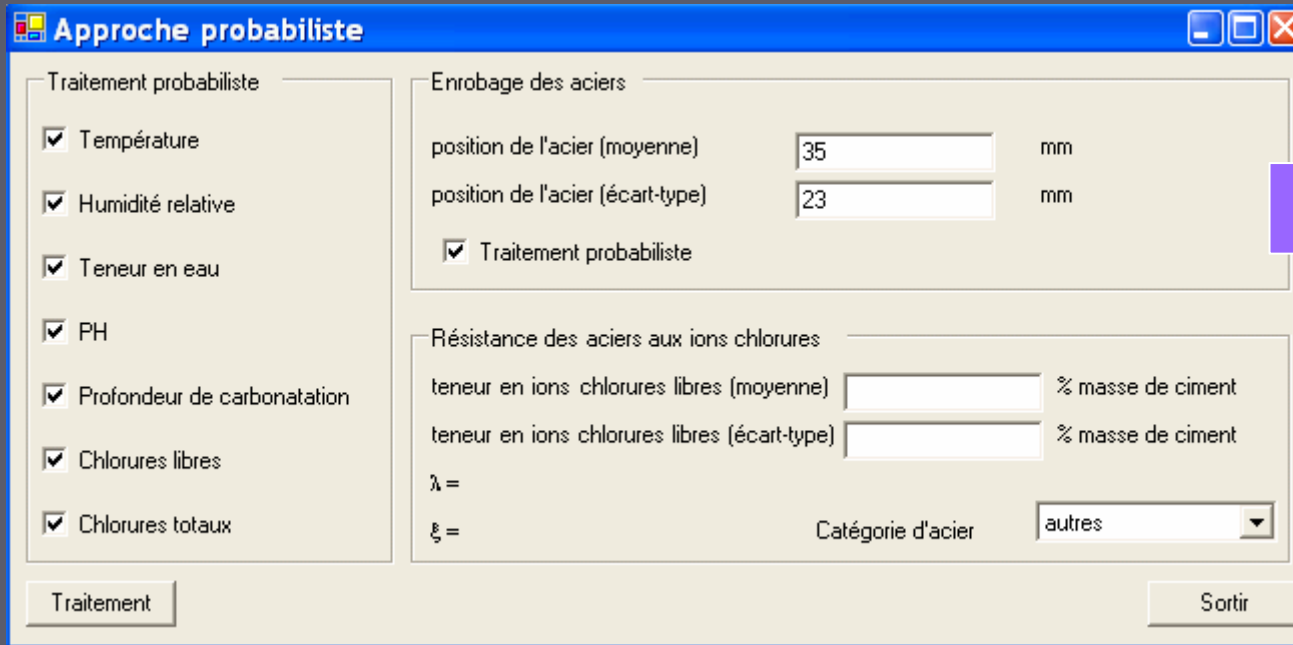
Catégorie d'acier

Traitement

Sortir

A la fin des simulations, les résultats sont donnés pour chaque combinaison de paramètres. Dans cette phase, il est possible de recombinaison ces résultats pour obtenir des paramètres probabilistes. Cette étape peut s'effectuer sur des fichiers cibles (fichiers cochés). On obtient ainsi une loi probabiliste lognormale pour chaque fichier coché.

Traitement probabiliste



Approche probabiliste

Traitement probabiliste

- ☒ Température
- ☒ Humidité relative
- ☒ Teneur en eau
- ☒ PH
- ☒ Profondeur de carbonatation
- ☒ Chlorures libres
- ☒ Chlorures totaux

Enrobage des aciers

position de l'acier (moyenne) mm

position de l'acier (écart-type) mm

☒ Traitement probabiliste

Résistance des aciers aux ions chlorures

teneur en ions chlorures libres (moyenne) % masse de ciment

teneur en ions chlorures libres (écart-type) % masse de ciment

$\lambda =$

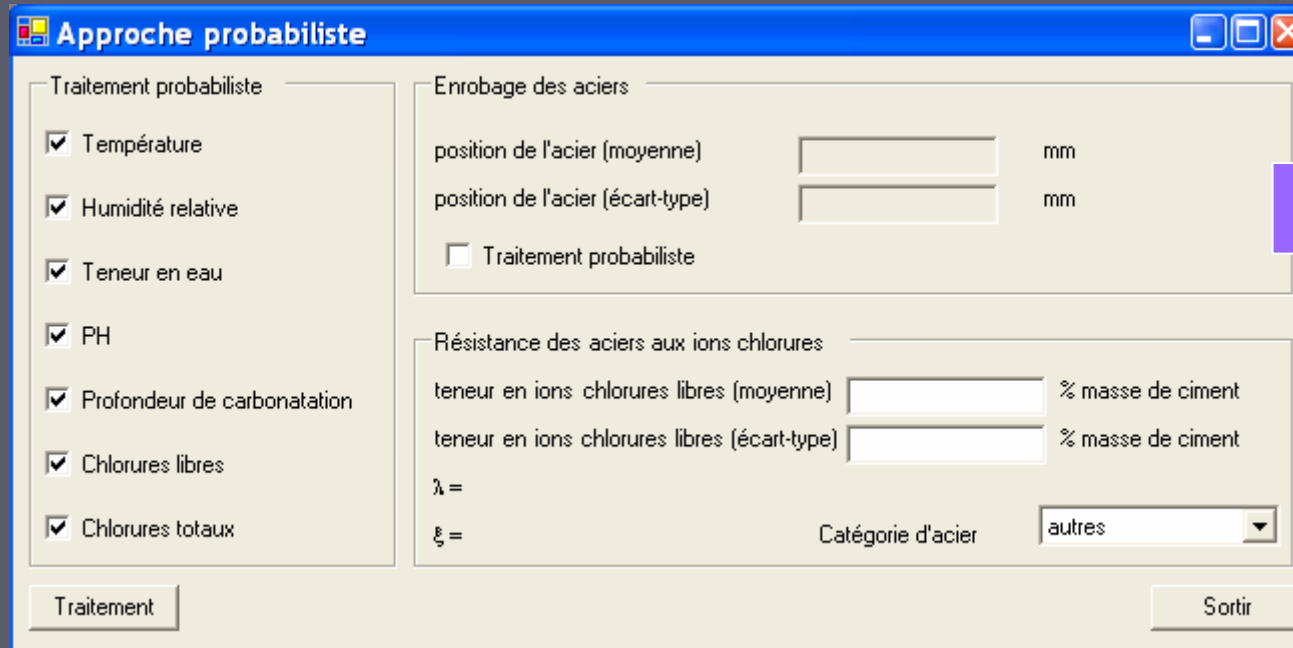
$\xi =$

Catégorie d'acier

Traitement

La position de l'armature peut être prise de manière probabiliste (loi normale), si la case est cochée.

Traitement probabiliste



Approche probabiliste

Traitement probabiliste

- ☒ Température
- ☒ Humidité relative
- ☒ Teneur en eau
- ☒ PH
- ☒ Profondeur de carbonatation
- ☒ Chlorures libres
- ☒ Chlorures totaux

Traitement

Enrobage des aciers

position de l'acier (moyenne) mm

position de l'acier (écart-type) mm

☐ Traitement probabiliste

Résistance des aciers aux ions chlorures

teneur en ions chlorures libres (moyenne) % masse de ciment

teneur en ions chlorures libres (écart-type) % masse de ciment

$\lambda =$

$\xi =$

Catégorie d'acier

Sortir

Lorsque la case n'est pas cochée, la position de l'armature est une valeur demandée ultérieurement.

Traitement probabiliste

Approche probabiliste

Traitement probabiliste

- ☒ Température
- ☒ Humidité relative
- ☒ Teneur en eau
- ☒ PH
- ☒ Profondeur de carbonatation
- ☒ Chlorures libres
- ☒ Chlorures totaux

Enrobage des aciers

position de l'acier (moyenne) mm

position de l'acier (écart-type) mm

☐ Traitement probabiliste

Résistance des aciers aux ions chlorures

teneur en ions chlorures libres (moyenne) % masse de ciment

teneur en ions chlorures libres (écart-type) % masse de ciment

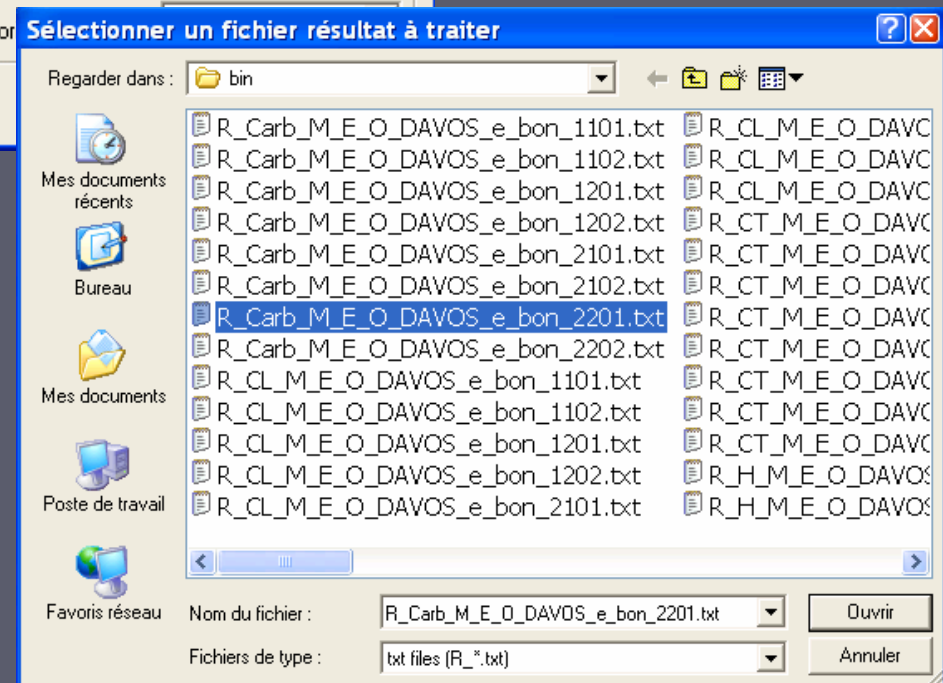
$\lambda =$

$\xi =$

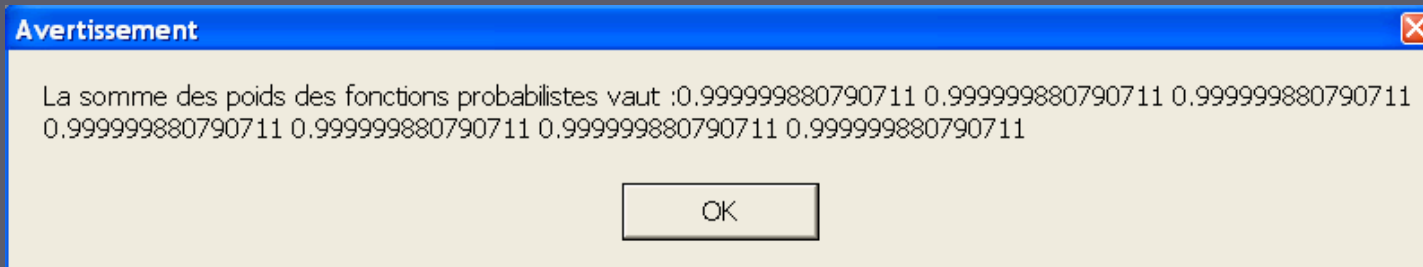
Catégor

Traitement

Lance le traitement probabiliste. Il suffit de sélectionner un seul fichier et les autres fichiers sélectionnés par une coche sont automatique effectués



Traitement probabiliste - sollicitations



Cette fenêtre apparaît pour contrôle, toutes les valeurs doivent être très proche de 1. Si ce n'est pas le cas, il faut recommencer le tout.

Approche probabiliste

Traitement probabiliste

- ☒ Température
- ☒ Humidité relative
- ☒ Teneur en eau
- ☒ PH
- ☒ Profondeur de carbonatation
- ☒ Chlorures libres
- ☒ Chlorures totaux

Enrobage des aciers

position de l'acier (moyenne) 35 mm

position de l'acier (écart-type) 23 mm

☒ Traitement probabiliste

Résistance des aciers aux ions chlorures

teneur en ions chlorures libres (moyenne) % masse de ciment

teneur en ions chlorures libres (écart-type) % masse de ciment

$\lambda =$

$\xi =$

Catégorie d'acier autres

Traitement Analyse Sortir

Traitement probabiliste - résistance

Approche probabiliste

Traitement probabiliste

- ☒ Température
- ☒ Humidité relative
- ☒ Teneur en eau
- ☒ PH
- ☒ Profondeur de carbonatation
- ☒ Chlorures libres
- ☒ Chlorures totaux

Enrobage des aciers

position de l'acier (moyenne) mm

position de l'acier (écart-type) mm

☒ Traitement probabiliste

Résistance des aciers aux ions chlorures

teneur en ions chlorures libres (moyenne) % masse de ciment

teneur en ions chlorures libres (écart-type) % masse de ciment

$\lambda = -1.31726434751886$

$\xi = 1.05095907225173$

Catégorie d'acier: (dropdown menu open showing: acier usuel, acier Top12, acier inoxydable, autres)

Traitement Analyse

Plusieurs types d'acier peuvent être défini, pour choisir un autre type d'acier, choisir autres. La loi utilisée dans la résistance est une loi probabiliste lognormale.

Probabilité d'initiation de la corrosion

Approche probabiliste

Traitement probabiliste

- ☒ Température
- ☒ Humidité relative
- ☒ Teneur en eau
- ☒ PH
- ☒ Profondeur de carbonatation
- ☒ Chlorures libres
- ☒ Chlorures totaux

Traitement

Enrobage des aciers

position de l'acier (moyenne) 35 mm

position de l'acier (écart-type) 23 mm

☒ Traitement probabiliste

Résistance des aciers aux ions chlorures

teneur en ions chlorures libres (moyenne) 0.53623973858383 % masse de ciment

teneur en ions chlorures libres (écart-type) 0.76171725453137 % masse de ciment

$\lambda = -1.31726434751886$

$\xi = 1.05095907225173$

Catégorie d'acier acier usuel

Analyse

Sortir

Evaluation de la probabilité d'initiation de la corrosion P_f et de l'indice de fiabilité β .

Question

A partir d'un fichier existant LP_ ?

Oui

Non

Probabilité d'initiation de la corrosion

Approche probabiliste

Traitement probabiliste

- ☒ Température
- ☒ Humidité relative
- ☒ Teneur en eau
- ☒ PH
- ☒ Profondeur de carbonatation
- ☒ Chlorures libres
- ☒ Chlorures totaux

Enrobage des aciers

position de l'acier (moyenne) mm

position de l'acier (écart-type) mm

☐ Traitement probabiliste

Résistance des aciers aux ions chlorures

teneur en ions chlorures libres (moyenne) % masse de ciment

teneur en ions chlorures libres (écart-type) % masse de ciment

$\lambda = -1.31726434751886$

$\xi = 1.05095907225173$

Catégorie d'acier

Traitement Analyse Sortir

Evaluation de la probabilité d'initiation de la corrosion P_f et de l'indice de fiabilité β , sans paramètre probabiliste sur l'enrobage des aciers.

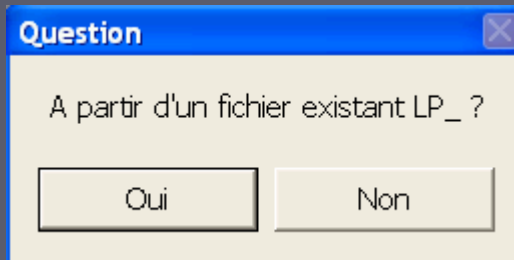
Boîte de dialogue permettant de déterminer la position de l'acier, avec les valeurs limites

Profondeur d'enrobage des aciers d'armature

Approche déterministe de l'enrobage, profondeur d'enrobage en (mm), (0,50) :

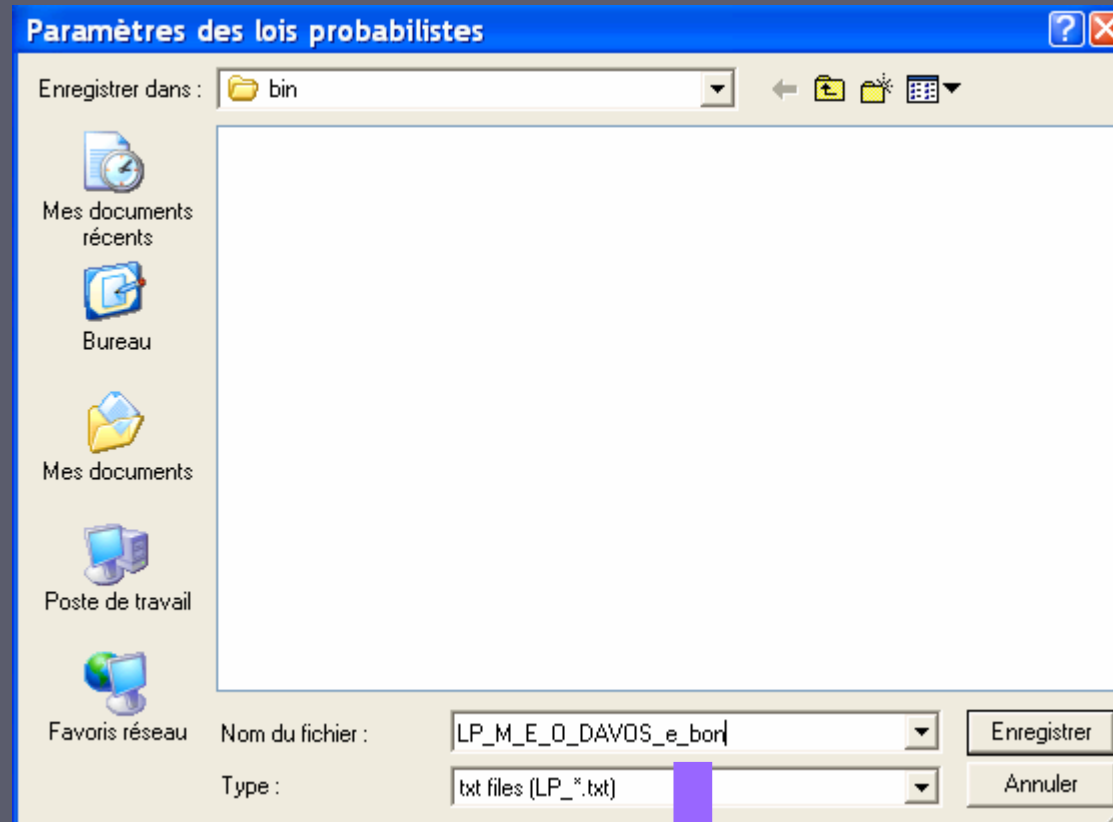
OK Annuler

Probabilité d'initiation de la corrosion



Le fichier LP_*.txt n'existe pas lorsqu'on effectue la première fois la simulation. Par contre lorsque l'on désire changer les types d'acier, le temps de calcul est raccourci en répondant oui, après un premier calcul pour créer ce fichier.

Probabilité d'initiation de la corrosion



Enregistrement du fichier LP_*.txt

Probabilité d'initiation de la corrosion

Forme du fichier LP_*.txt (paramètres loi lognormale)

Microsoft Excel - LP_M_E_O_DAVOS_e_bon.txt

Fichier Edition Affichage Insertion Format Outils Données Fenêtre ? Adobe PDF

Tapez une question

Arial 10

L33C17 -690.775445551354

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Approche pro	enrobage moyen	35	écart-type de l'enrobage	23											
2	temps	temps	R_T	R_T_R_H	R_H_R_W	R_W_R_PH	R_PH_R_CL	R_CL_R_CT	R_CT_R_Carb	R_Carb_R_C						
3	années	jours	lambda	ksi	lambda	ksi	lambda	ksi	lambda	ksi	lambda	ksi	lambda	ksi	lambda	ksi
4	0	0	5.68071786	4.59E-13	0	0	4.79991369	3.27E-13	2.53369651	9.12E-14	-690.775446	6.78E-09	-690.775446	6.78E-09	-690.775446	6.78E-09
5	0.00011416	0.04166667	5.6292887	5.08E-13	-0.00032245	1.95E-06	4.79986782	5.83E-08	2.53347572	9.12E-14	-153.838082	1.10E-06	-129.867376	1.56E-07	-2.81305843	1.12E-13
6	0.00136986	0.5	5.67527153	2.02E-11	-0.00432484	4.40E-05	4.79707626	2.08E-05	2.53340972	9.12E-14	-153.169939	0.00049534	-129.61286	6.95E-05	-1.91544834	5.21E-14
7	0.00273973	1	5.64061355	2.81E-11	-0.00788484	9.38E-05	4.76585631	0.00147075	2.53333111	9.12E-14	-153.125334	0.00494856	-129.583989	0.00046335	-1.44740403	2.98E-14
8	0.00410959	1.5	5.6782755	2.44E-11	-0.01010397	0.0001275	4.79295974	6.43E-05	2.53328842	9.12E-14	-153.294511	0.00182236	-129.658259	0.0002274	-1.28111972	2.33E-14
9	0.00547945	2	5.63848102	2.01E-11	-0.01352799	0.00018513	4.74315159	0.00258358	2.5332166	9.12E-14	-153.004941	0.00729391	-129.529537	0.00045664	-1.06958343	1.63E-14
10	0.00684932	2.5	5.6788159	1.05E-10	-0.01547671	0.00021363	4.78927918	0.00010283	2.53317487	9.12E-14	-153.36507	0.00619427	-129.683385	0.00082065	-0.97213459	1.34E-14
11	0.00821918	3	5.65031547	2.47E-10	-0.01852891	0.00026178	4.72275251	0.00345882	2.53311443	9.12E-14	-153.108934	0.01968572	-129.561013	0.00222893	-0.85316117	1.03E-14
12	0.00958904	3.5	5.67567351	2.47E-10	-0.02016097	0.0002764	4.78674279	0.00011946	2.53308174	9.12E-14	-153.251595	0.00392363	-129.639217	0.00044186	-0.79718564	9.03E-15
13	0.0109589	4	5.6441068	7.92E-11	-0.0229195	0.00031627	4.70460185	0.00437264	2.5330333	9.12E-14	-153.117925	0.01197492	-129.557356	0.00052307	-0.72267552	7.42E-15
14	0.01232877	4.5	5.67661677	5.61E-11	-0.02428362	0.0003221	4.78374714	0.00014972	2.53300878	9.12E-14	-153.326254	0.0052064	-129.666208	0.00059126	-0.68819022	6.73E-15
15	0.01369863	5	5.64554072	7.80E-11	-0.02694537	0.00035912	4.68638891	0.00557252	2.5329656	9.12E-14	-153.111947	0.01605479	-129.54801	0.00075079	-0.63193351	5.67E-15
16	0.01506849	5.5	5.66559422	1.28E-10	-0.02787509	0.0003515	4.76927281	0.00348165	2.53295064	9.12E-14	-153.25248	0.04708203	-129.63261	0.00688671	-0.61363183	5.35E-15
17	0.01643836	6	5.64380321	1.40E-11	-0.0293875	0.00035114	4.68394264	0.00479624	2.53293004	9.12E-14	-152.981439	0.32184179	-129.497513	0.04473248	-0.5893256	4.94E-15
18	0.01780822	6.5	5.66530701	7.97E-12	-0.02980626	0.00031461	4.78359314	0.00010306	2.53292678	9.12E-14	-152.849157	0.08809324	-129.485102	0.01268699	-0.58557151	4.87E-15
19	0.01917808	7	5.63573186	3.29E-11	-0.03108873	0.00020485	4.68026759	0.00301975	2.53290959	9.12E-14	-152.880923	0.31384022	-129.457971	0.04437551	-0.56615428	4.56E-15
20	0.02054795	7.5	5.67209504	2.27E-11	-0.03219124	0.00023056	4.78006029	9.37E-05	2.53290959	9.12E-14	-152.803438	0.35461716	-129.466415	0.0510508	-0.56615427	4.56E-15
21	0.02191781	8	5.6405612	1.31E-10	-0.03403954	0.00022632	4.67562456	0.00297728	2.53288481	9.12E-14	-153.022769	0.66060386	-129.509913	0.09369931	-0.53927342	4.13E-15
22	0.02328767	8.5	5.66772297	1.18E-11	-0.03299679	0.00022273	4.78119209	7.54E-05	2.53288481	9.12E-14	-153.004615	1.11541989	-129.542999	0.1599587	-0.53927341	4.13E-15
23	0.02465753	9	5.64518704	5.71E-11	-0.03578583	0.00024363	4.67479579	0.00279742	2.53285867	9.12E-14	-153.039002	0.88228369	-129.515675	0.12519053	-0.51219578	3.73E-15
24	0.0260274	9.5	5.67388336	8.99E-11	-0.03655357	0.00025	4.77685309	0.00010477	2.5328401	9.12E-14	-152.903064	0.80037635	-129.502756	0.11499035	-0.49371131	3.46E-15

temps

température

humidité relative

teneur en eau

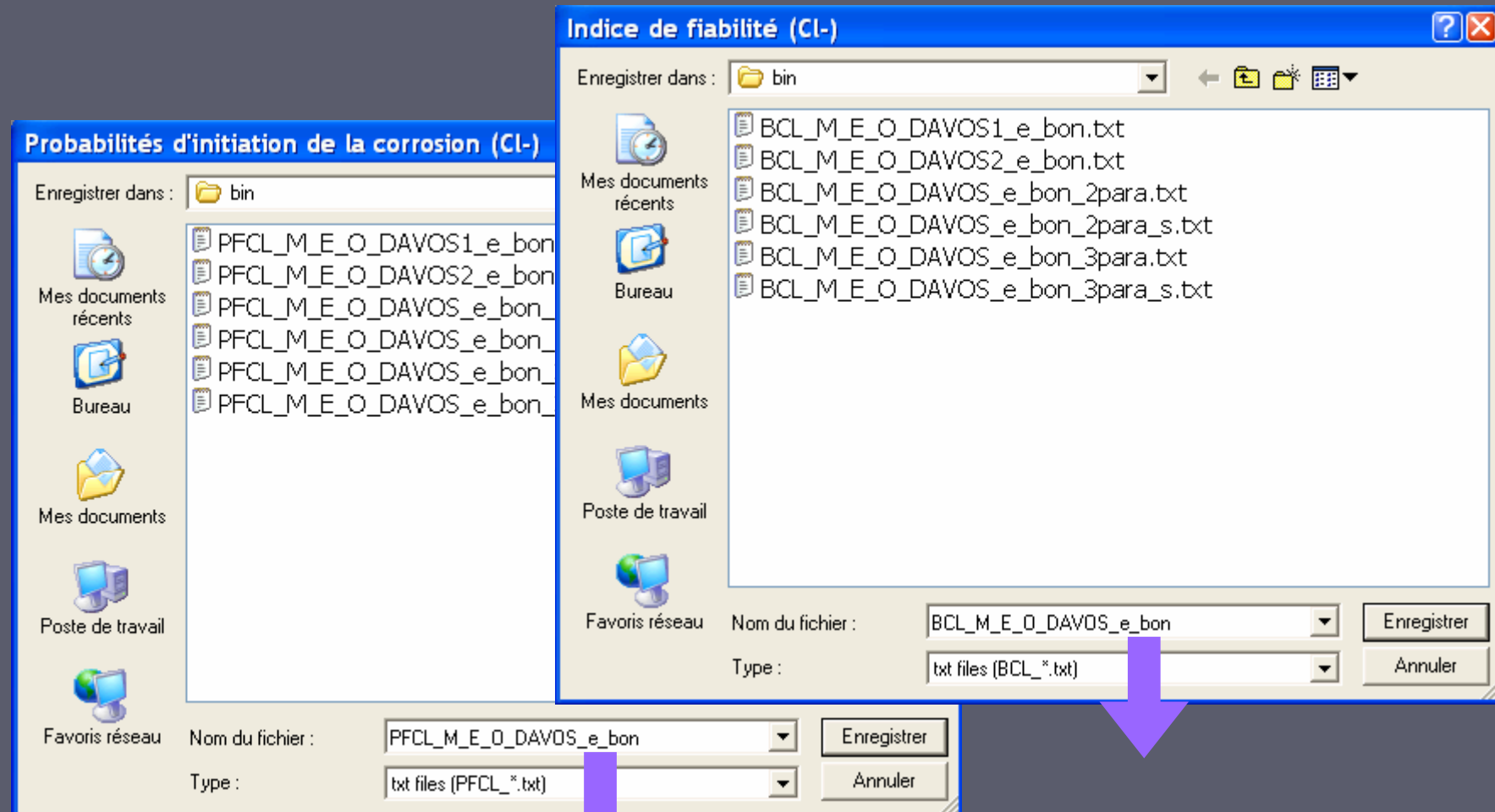
pH

chlorures libres

chlorures liés

carbonatation

Probabilité d'initiation de la corrosion



Enregistrement du fichier PFCL_*.txt et BCL_*.txt

Probabilité d'initiation de la corrosion et indice de fiabilité
due à la présence des ions chlorures

Probabilité d'initiation de la corrosion

Microsoft Excel - PFCL_M_E_O_DAVOS_e_bon.txt

Echier Edition Affichage Insertion Format Outils Donnée

L25C10

	1	2	3	4	5
1	Probabilité d'initiation de la corrosion due à la présence de ions chlorures				
2	temps	temps	Pf		
3	années	jours			
4	0	0	0		
5	0.00011416	0.04166667	0		
6	0.00136986	0.5	0		
7	0.00273973	1	0		
8	0.00410959	1.5	0		
9	0.00547945	2	0		
10	0.00684932	2.5	0		
11	0.00821918	3	0		
12	0.00958904	3.5	0		
13	0.0109589	4	0		
14	0.01232877	4.5	0		
15	0.01369863	5	0		
16	0.01506849	5.5	0		
17	0.01643836	6	0		
18	0.01780822	6.5	0		
19	0.01917808	7	0		
20	0.02054795	7.5	0		
21	0.02191781	8	0		
22	0.02328767	8.5	0		
23	0.02465753	9	0		
24	0.0260274	9.5	0		
25	0.02739726	10	0		
26	0.02876712	10.5	0		
27	0.03013699	11	0.00040221		
28	0.03150685	11.5	6.92E-05		
29	0.03287671	12	7.74E-05		
30	0.03424658	12.5	7.51E-05		
31	0.03561644	13	0.00010169		
32	0.0369863	13.5	0.00018312		
33	0.03835616	14	0.00018281		
34	0.03972603	14.5	0.00018249		
35	0.04109589	15	0.00018245		
36	0.04246575	15.5	0.00018198		
37	0.04383562	16	0.00028256		
38	0.04520548	16.5	0.01948671		
39	0.04657534	17	0.01545177		
40	0.04794521	17.5	0.01285221		
41	0.04931507	18	0.0187993		
42	0.05068493	18.5	0.00996687		

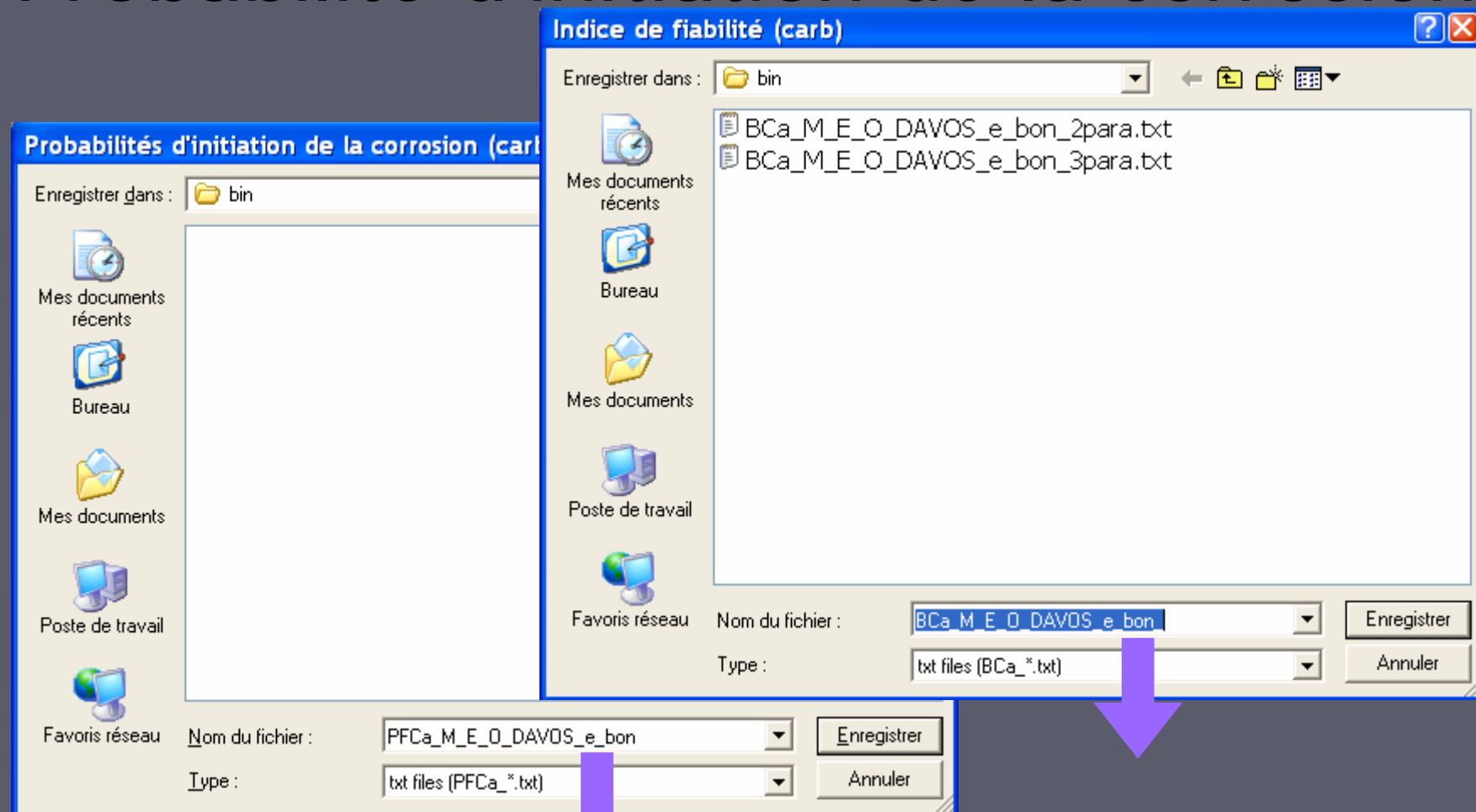
Forme du fichier PFCL_*.txt

Colonne 1 : temps en années

Colonne 2 : temps en jours

Colonne 3 : probabilité
d'initiation de la corrosion ou
indice de fiabilité

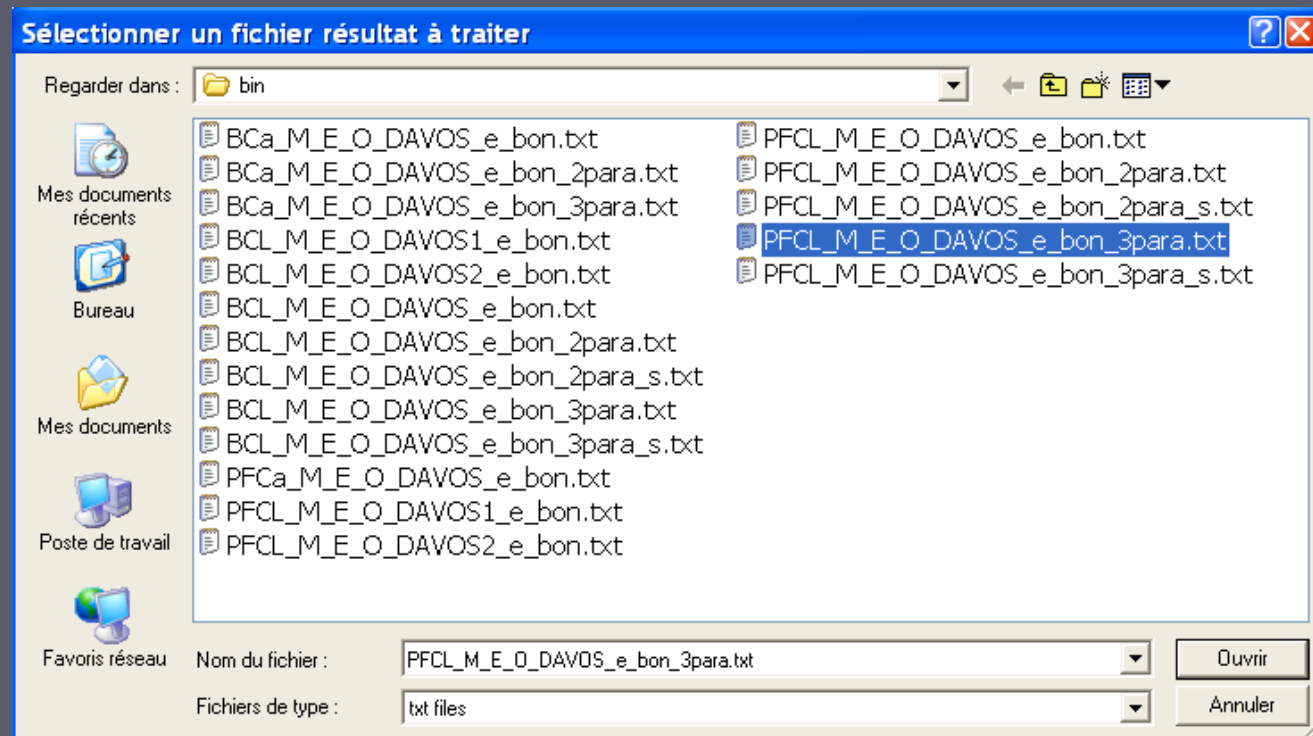
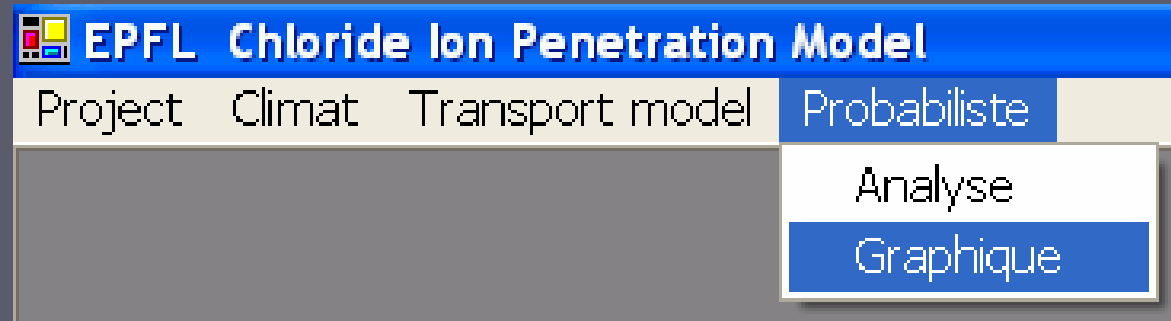
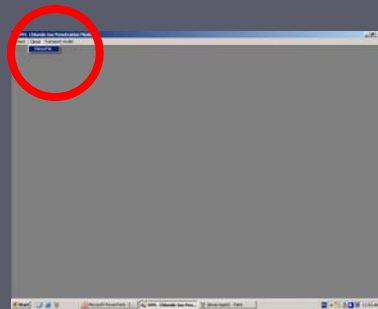
Probabilité d'initiation de la corrosion



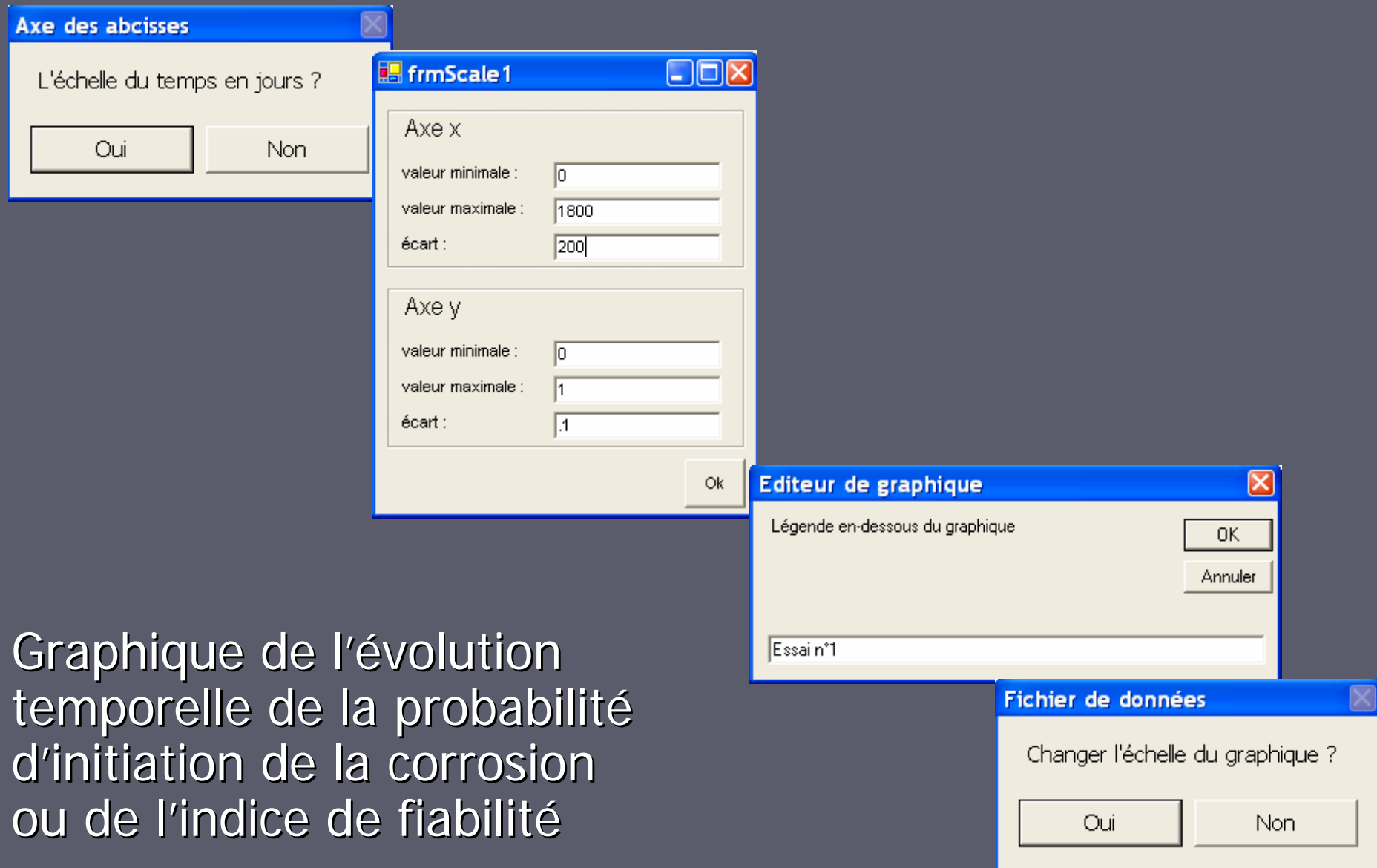
Enregistrement du fichier PFCa_*.txt et BCa_*.txt

Probabilité d'initiation de la corrosion ou indice de fiabilité
par carbonatation

Traitement probabiliste - graphique



Traitement probabiliste - graphique



Graphique de l'évolution temporelle de la probabilité d'initiation de la corrosion ou de l'indice de fiabilité

Traitement probabiliste - graphique



Réduire le nombre de points permet d'enlever le bruit (grandes variations) dans la solution

Choix

Nombre de points totaux sur le graphique

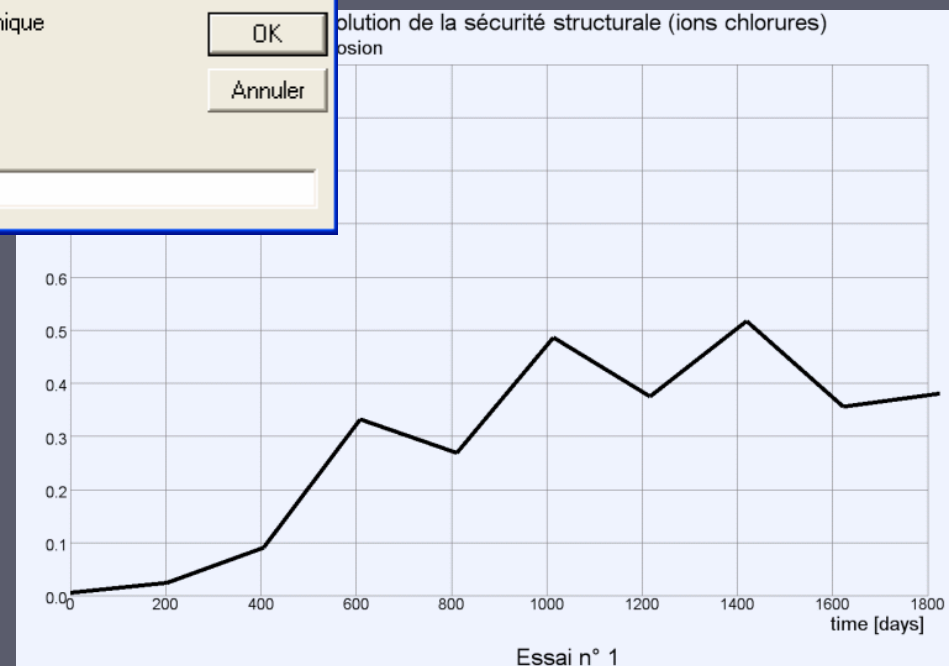
OK Annuler

10

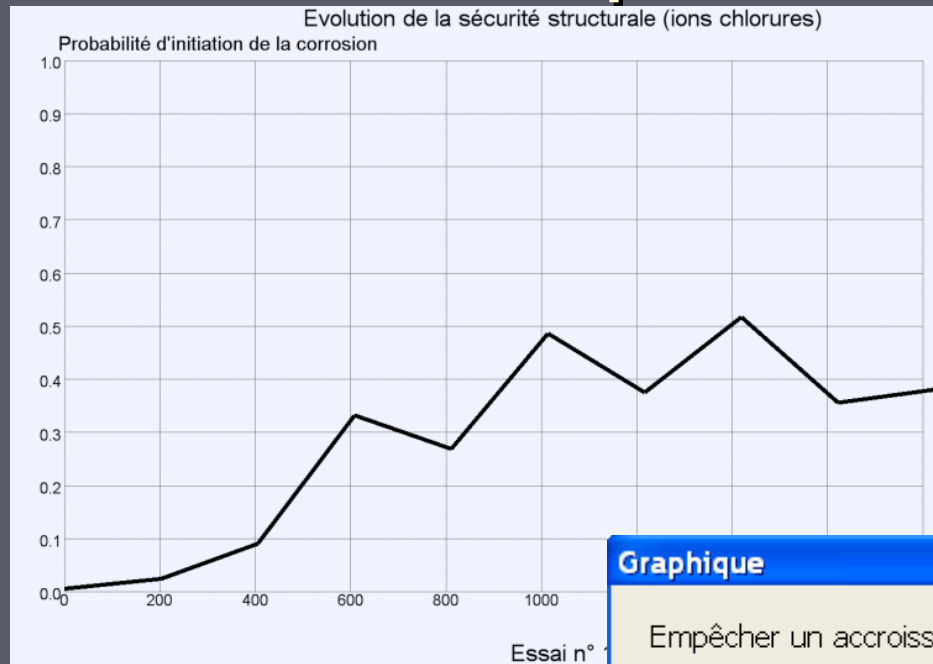
Graphique

Changer le nombre de points ?

Oui Non



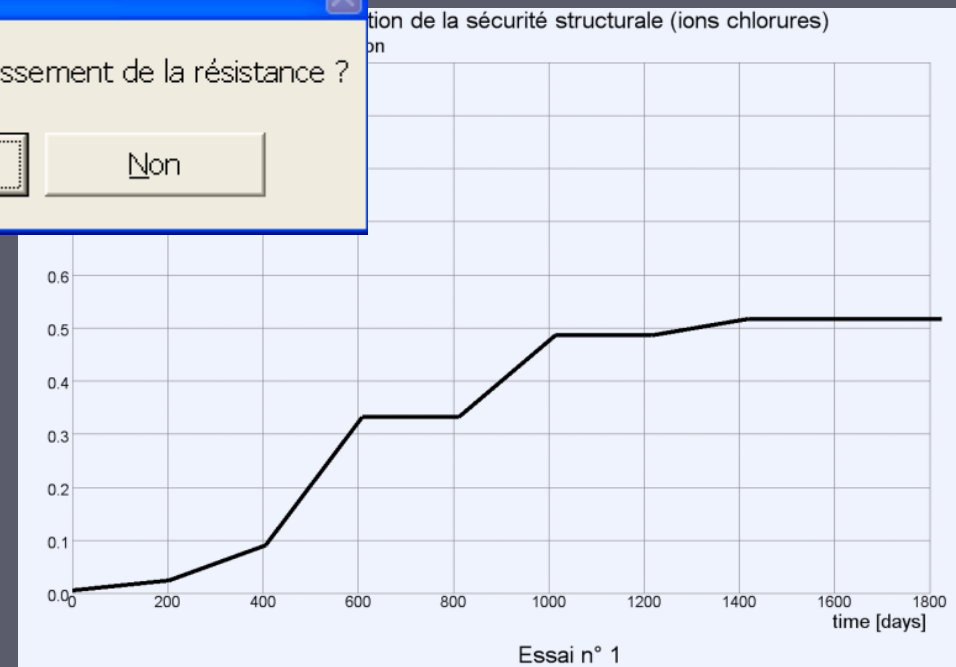
Traitement probabiliste - graphique



Dans ce cas, la probabilité d'initiation ne peut pas diminuer

Graphique

Empêcher un accroissement de la résistance ?

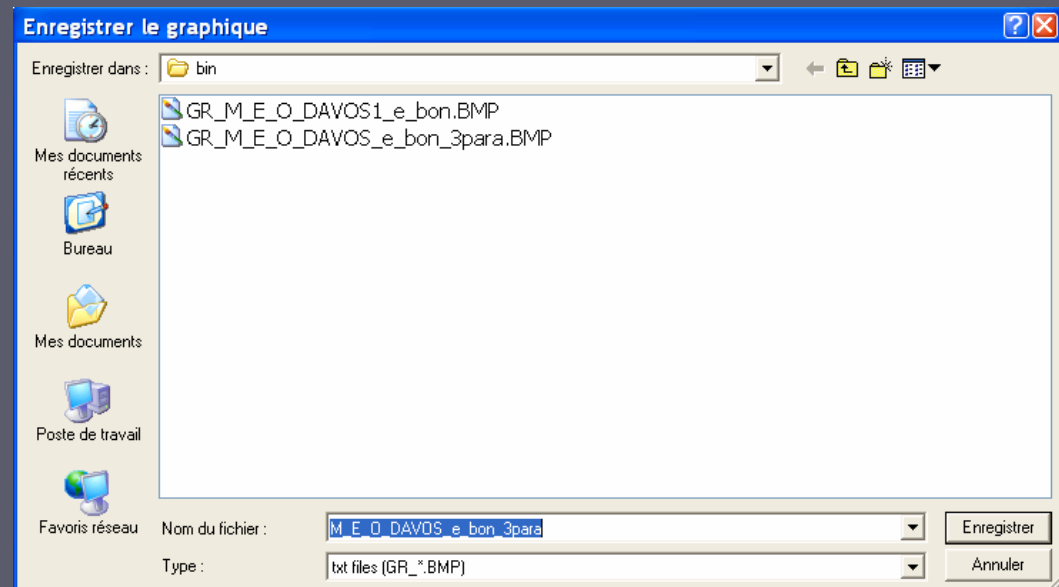
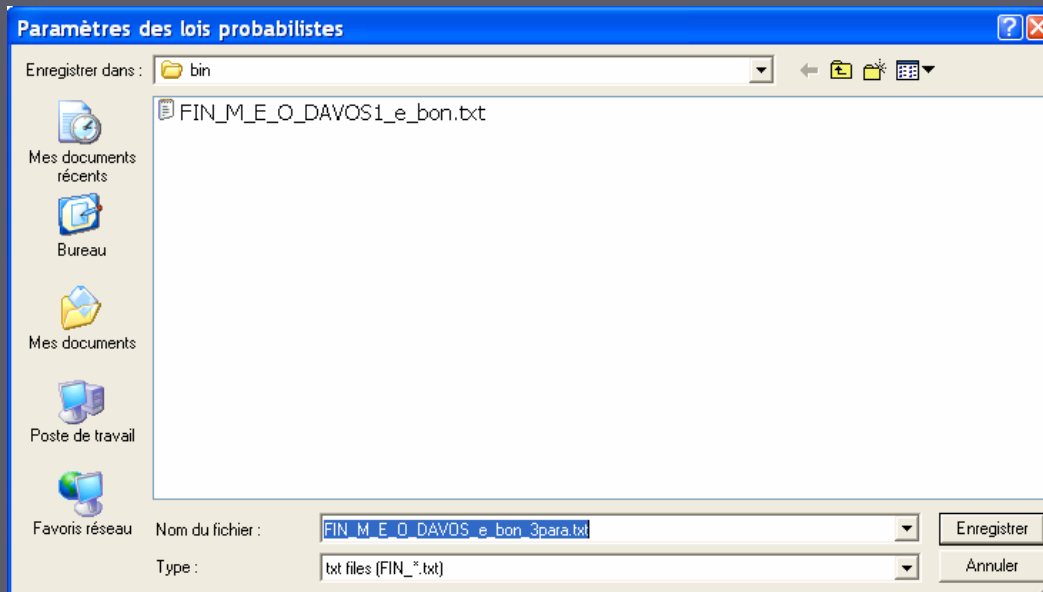


Traitement probabiliste - graphique

Enregistrement des données et du graphique

Données : FIN_*.txt

Graphique : GR_*.txt



Sortir du programme

