



OUTIL DE CALCUL DE LA JUSTE TEMPÉRATURE ...

Dr. Bertrand POUTEAU

Eurovia | Chiffres clés

Chiffre d'affaires
2014

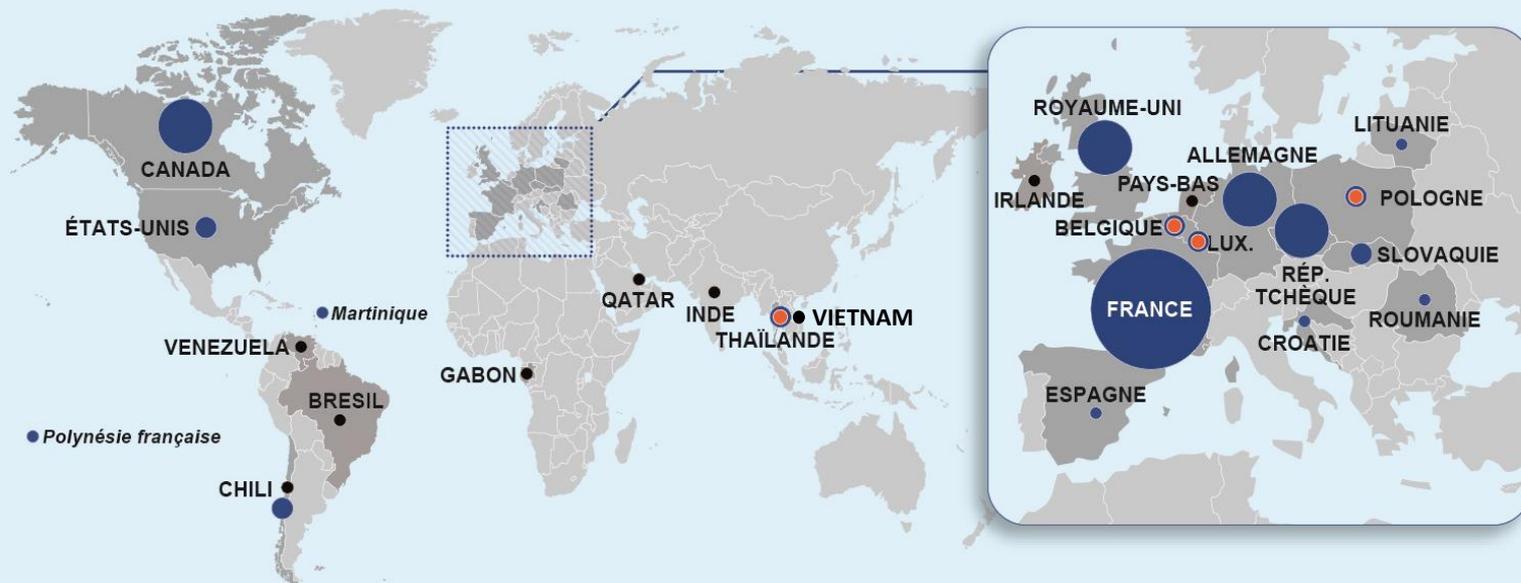
8,2
milliards €



6 200
embauchés
chaque année

39 000
collaborateurs

Eurovia | Implantations



Chiffres d'affaires 2014, en euros :



Plus de 4 milliards



De 400 millions à 4 milliards



De 100 à 400 millions



Agences ETF



Projets ETF

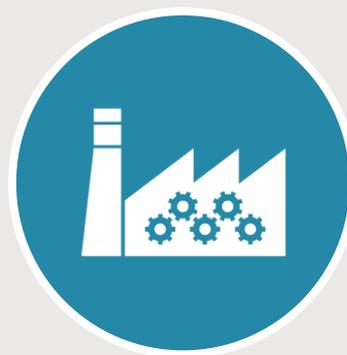
Eurovia | Nos métiers



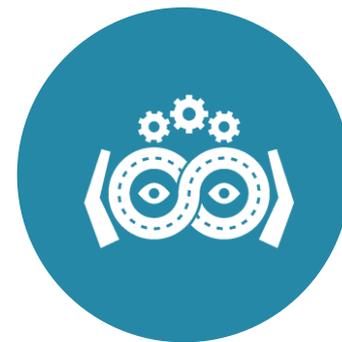
Travaux d'infrastructures
de transport et
d'aménagement urbain



Carrières

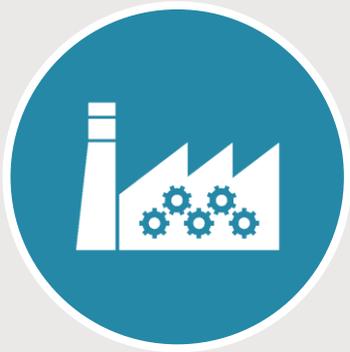


Production
industrielle



Services

Eurovia | Chiffres : production de matériaux routiers



Production
industrielle



350
Postes d'enrobage

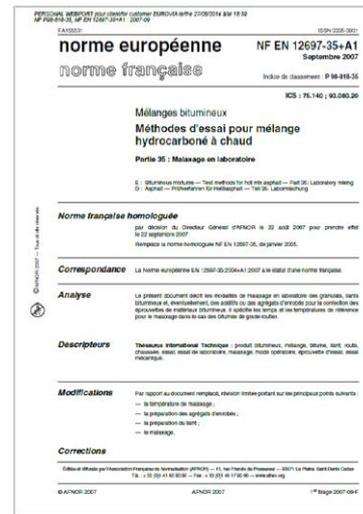


21 millions
de tonnes d'enrobés
et de liants par an



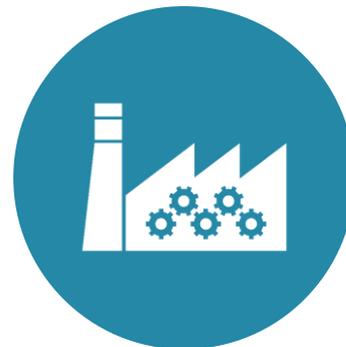
Problématique | Température d'enrobage

- ▶ Température de l'enrobé au départ de la centrale
- ▶ Définition réglementaire : normes produits, guide technique du compactage ...
- ▶ Approche « sécuritaire » : gage de la bonne qualité de la mise en œuvre et donc de la durabilité
- ▶ « Sur chauffe » des produits lors de la fabrication



Enjeu | Environnement

- ▶ **Température d'enrobage : jusqu'à 35% de l'énergie totale (fabrication et mise en œuvre)**
- ▶ **Ordre de grandeur : 15°C équivaut jusqu'à 10% de consommation fioul**
- ▶ **Prendre en compte les réelles conditions de chantiers pour ajuster les températures de fabrication**



Les dimensions du | Problème insoluble

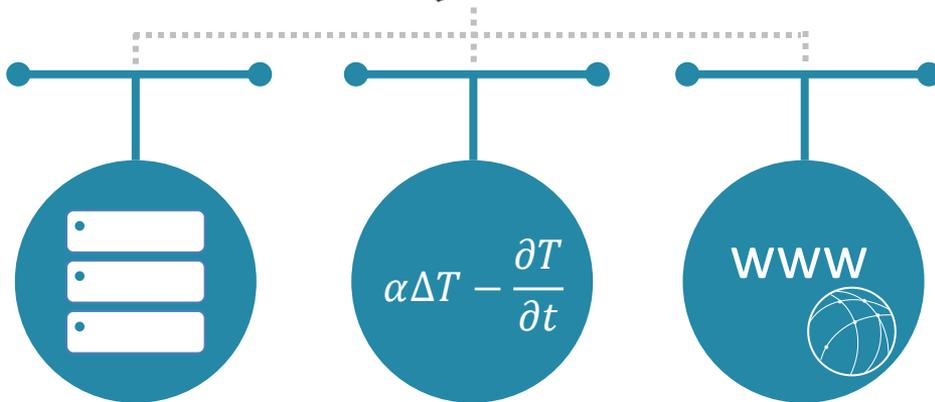
► Identifier la juste température de fabrication :

- › Pour tous les chantiers quelques soient les conditions de mise en œuvre (**35000 chantiers** par an, conditions (**météo**, ...) non connues à l'avance)
- › Applicables à **tous les produits** (y compris les procédés d'enrobés tièdes)

► Diffuser l'information

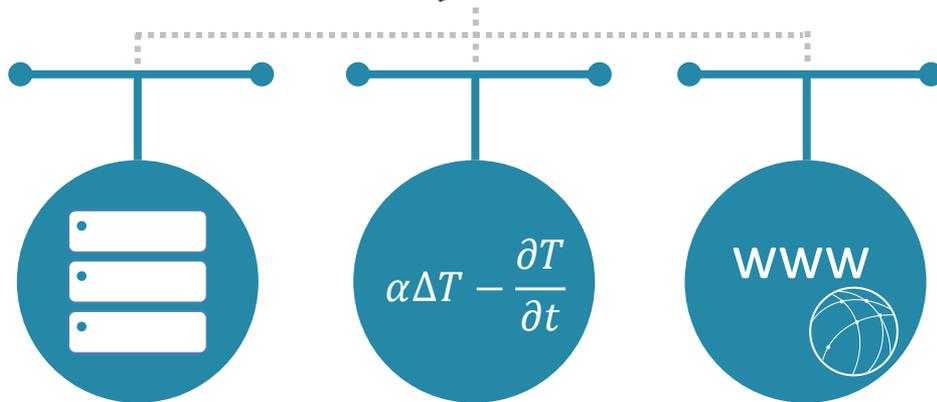
- › A tous les collaborateurs : **16** pays, **350** centrales d'enrobage, **39000** collaborateurs
- › Efficacement et à tout instant : au plus proche des chantiers et en des termes clairs.

Gradius® | Description de la solution



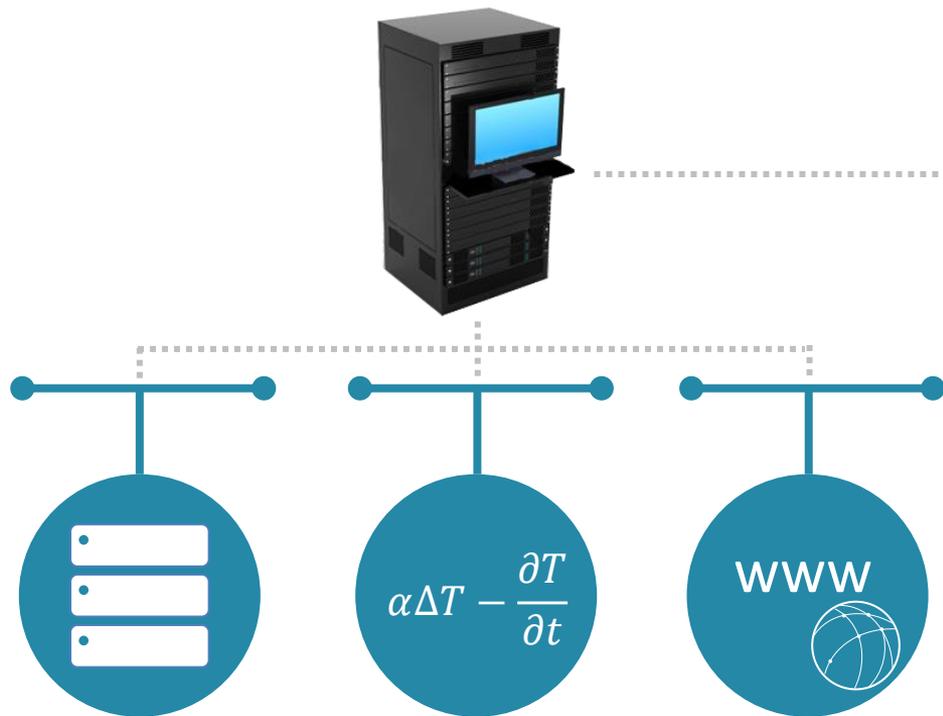
Gradius® s'appuie sur une modélisation thermique du transport et de la mise en œuvre pour déterminer la juste température.

Gradius® | Description de la solution



Il ne nécessite que des informations concrètes de terrain. Il se charge de les traduire en données physiques à partir de sa base de données

Gradius® | Description de la solution



$$\alpha \Delta T - \frac{\partial T}{\partial t}$$

WWW

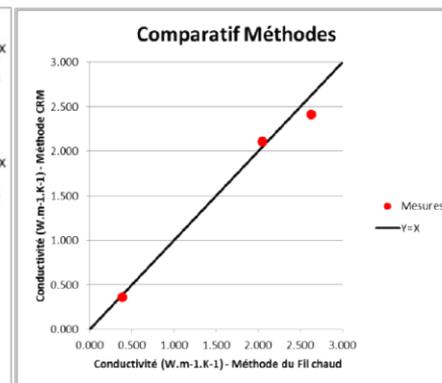
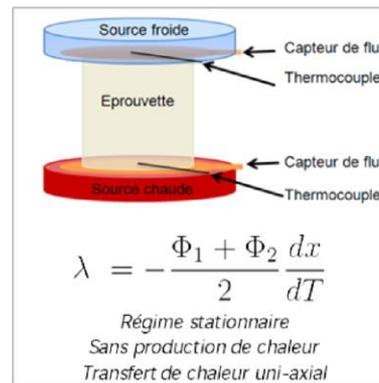
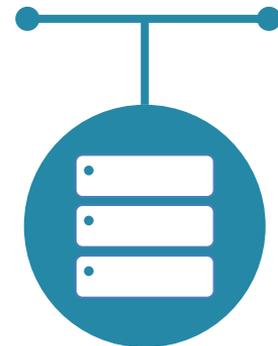


Gradius® a été développé sous forme d'un logiciel accessible à toute personne connectée à l'intranet Eurovia



Gradius® | Base de données

- ▶ SQL Serveur
- ▶ Lien en les données métier (utilisateur) et les données physiques (modèles) :
 - › Nature des produits
 - › Conditions de transport et de mise en œuvre
 - › Plus de 1200 entrées
- ▶ Paramètres de calage des modèles



Gradius® | Noyau de calcul | Stratégie de modélisation

Evolution de la température

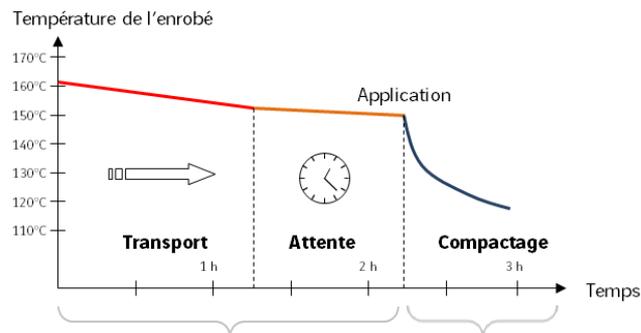
- › Départ Centrale
- › Délai de mise en service

Transport et attente (Modèle 1)

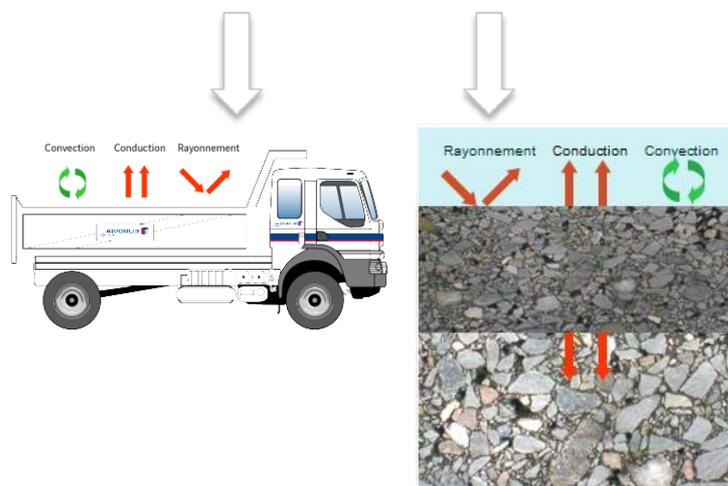
- › Modèle de refroidissement dans une benne de camion

Pour la mise en œuvre (Modèle 2)

- › Echanges thermiques avec le support et en surface



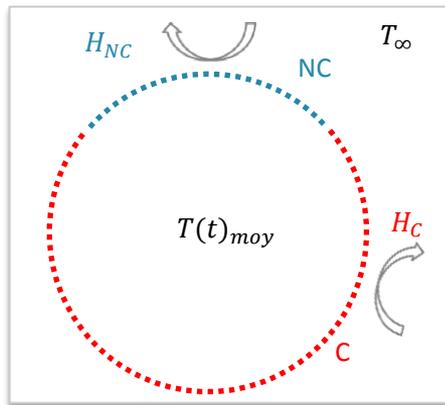
$$\alpha \Delta T - \frac{\partial T}{\partial t}$$



Gradius® | Noyau de calcul | Modèles physiques

[Navaro et al., 2010]

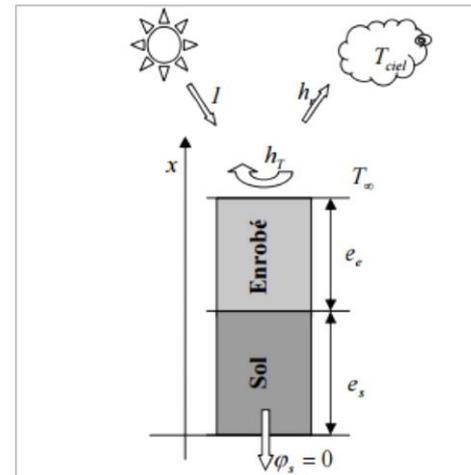
Transport de l'enrobé



$$\rho_e V_e C_{pe} \frac{d\bar{T}(t)}{dt} = H_T^{eq} (\bar{T}(t) - T_\infty)$$

$$H_T^{eq} = \alpha (H_{NC}^{eq} A_{NC} + H_C^{eq} A_C)$$

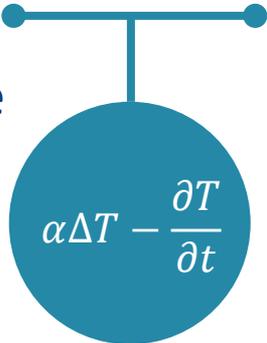
Refroidissement en place



$$-\lambda_e \frac{\partial T}{\partial x} = \beta h_r (T - T_\infty) + h_r (T - T_{cld}) + I$$

$$\varphi_s = \lambda_s \frac{\partial T}{\partial x} = 0$$

$$\frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t} - \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0$$



Gradius® | Noyau de calcul | Modèles numériques

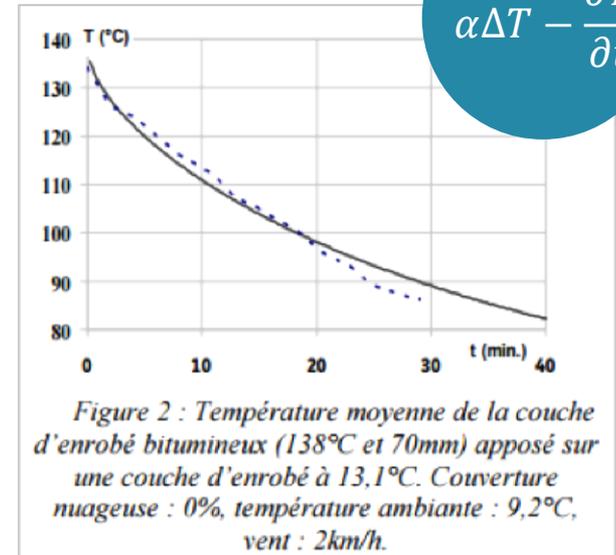
► Résolution numérique

- › Méthode de Runge Kutta à l'ordre 3
- › Maillage automatique
- › Critère de convergence : flux nul en base de structure

► Développement d'un noyau de calcul

- › Implémentation sous Labview
- › Prototype : 2007 ; Mise en production 2009

$$\alpha \Delta T - \frac{\partial T}{\partial t}$$



Gradius® | Noyau de calcul | Calage des modèles

Paramètres α et β

Littérature

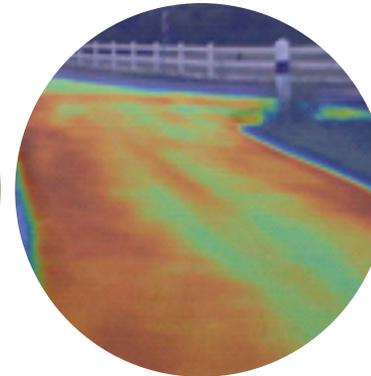
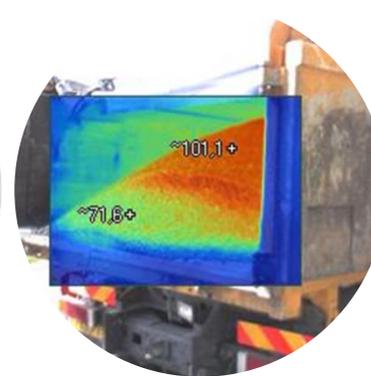
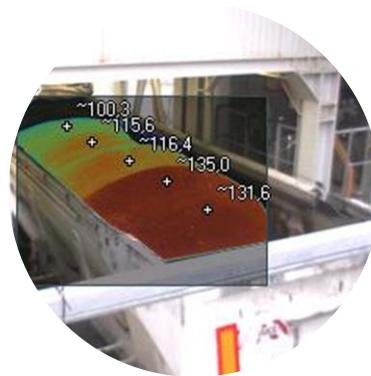
- › GT du compactage... [LCPC, 2003]
- › Evolution de la température... [CRR, 2006]
- › Pavecool [Min DoT, 1998]



$$\alpha \Delta T - \frac{\partial T}{\partial t}$$

Chantiers expérimentaux

- › Mesure en centrale
- › Suivi transport
- › Suivi application



Gradius® | Interface utilisateur

- ▶ Accessible par intranet
- ▶ Formulaire métier
 - › Chantier
 - › Matériaux
 - › Transport
 - › Mise en œuvre
- ▶ Interactions simple (Calculer)
- ▶ Résultats clairs et didactiques

WWW

GRADIUS

Nouveau | Charger | Sauver | français | Calculer | Sans courbe (ce...)

Chantier ::

92-Hauts-de-Seine-NANTERRE-48°53 | 14:00:00 05/08/2014 | Maintenant

Lieu du chantier | Date et Heure du chantier | Remarques

Matériaux à mettre en oeuvre ::

BBSG
35/50
Classique

Température minimum de compactage (°C) | 110
Temps minimum de compactage (min) | 30
Épaisseur enrobé (cm) | 6
Largeur de mise en œuvre (m) | 6

Conditions de transport ::

Temps du trajet (min) | 60
Temps attente (min) | 25

Mixte
24t
 benne bâchée

Conditions de mise en oeuvre ::

Température ambiante (°C) | 28
Vitesse du vent (km/h) | 0
Température du sol (°C) | 25

plein ensoleillement
Enrobé bitumineux

Résultat du calcul ::

Le graphique illustre la température (°C) en fonction du temps (min) pour les phases de transport, d'attente et de mise en œuvre.

Le température minimale de fabrication est 152 °C
Le temps de remise en circulation après la fin du compactage est estimé à 450 minutes

EUROVIA VINCI

Gradius® | Diffusion

► Déployé dès 2009

› France, Amériques, Europe

CALCUL DE LA JUSTE TEMPÉRATURE D'ENROBAGE

GRADIUS®



► LE SAVOIR-FAIRE EUROVIA AU SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT

En 2009, Eurovia a initié le projet de calcul de la juste température d'enrobage avec Gradius. Ce logiciel permet de déterminer la température d'enrobage optimale en fonction des conditions climatiques et du type de matériaux utilisés. Ce calcul est essentiel pour garantir la qualité et la durabilité des travaux de voirie.

Le calcul de la juste température d'enrobage avec Gradius® permet de garantir une exacte maîtrise de la température de l'enrobage, de la qualité du matériau et de la compacité des couches de matériaux.

Le gain de la production Eurovia permet de diminuer la température de fabrication des matériaux de 20 à 30 °C, selon les conditions de chantier. Dans ce cas, comme pour les autres techniques de matériaux innovantes, Gradius® permet d'obtenir une plus grande qualité et une plus grande durabilité.

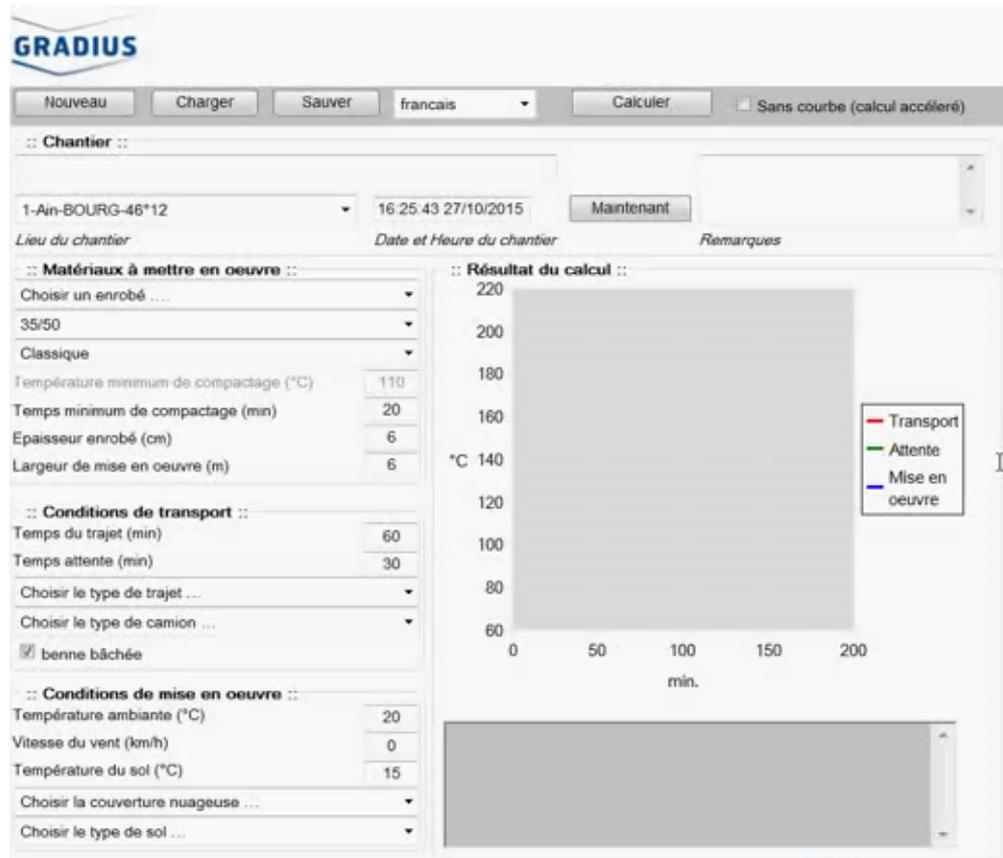
Les températures d'enrobage sont définies afin de garantir une bonne qualité de mise en œuvre et de garantir la durabilité. En parallèle, la température de l'enrobage est contrôlée en continu et en temps réel afin de garantir la qualité et la durabilité des travaux.




Gradius® | Exemple d'application

► BBSG suivant les hypothèses décrites ci contre

- › Mi-saison 163°C
- › Hiver 173°C
- › Eté 151°C





► 2016+

› Application web disponible sur internet





Nous ouvrons la voie
aux idées neuves.