ERASMUS
Système expert pour les chaussées



Système expert pour la réhabilitation et la construction des chaussées

Présentation technique

TWS • Europarc de PICHAURY - Bât. C7 – BP 30211
13796 AIX EN PROVENCE Cedex 3
Tel. : (33) (0)4.42.39.91.99 • Fax. : (33) (0)4.42.39.92.05
E-mail : info@twssa.com • Site : www.twssa.com

Table des matières

1. ERASMUS – Réhabilitation et construction des chaussées 3

2. Réhabilitation des chaussées 4

2.1. Description de la chaussée 4

2.2. Diagnostic de la chaussée existante 5

2.3. Conception des solutions de remise en état 6

3. Chaussées neuves (Construction) 8

3.1. Description du problème à résoudre 8

3.2. Parcours et dimensionnement des solutions envisageables 9

3.3. Evaluation et ajustement de solutions spécifiées 9

4. Sections d'études ERASMUS 10

5. Une solution mise à disposition en mode SAAS 11

Copyright 1995-2022

1. ERASMUS – Réhabilitation et construction des chaussées

Système expert pour l'entretien et la construction des chaussées, ERASMUS s'adresse au maître d'œuvre qui conçoit et optimise les travaux réalisés dans l'année pour la réhabilitation et la conception de celles-ci, qu'elles soient souples, bitumineuses épaisses ou hydrauliques, en recourant à une expertise fiable et éprouvée sur des milliers de cas.

Référence pour le dimensionnement des travaux d'entretien et de réhabilitation des chaussées, ERASMUS est un outil qui depuis son origine en 1985 poursuit son objectif d'optimisation des pratiques :

- Mettre à disposition des centaines de projeteurs, les expertises et connaissances fiables et éprouvées du Réseau Technique de la Direction des Routes en France.
- Prendre en compte les normes du domaine des chaussées[1],
- Fournir un langage commun aux différents acteurs de l'entretien et de la réhabilitation, qu'ils appartiennent au service gestionnaire, aux unités territoriales, aux bureaux d'études, aux laboratoires ou aux entreprises routières.
- Elargir l'éventail des solutions proposées sur chaque projet, et mettre en évidence les plus efficaces et économiques d'entre elles, en intégrant l'ensemble des techniques routières normalisées dans la pratique de l'entretien et de la réhabilitation.



- Décharger les techniciens des tâches calculatoires, en automatisant la fonction calcul grâce à l'interfaçage du système avec les logiciels de la mécanique des chaussées reconnus pour calculer des contraintes et des déformations, des risques d'orniérage, des profondeurs de gel, des modules de matériaux bitumineux, etc.
- Favoriser la formation des collaborateurs dans le domaine de la gestion technique des chaussées, de telle sorte que les ingénieurs puissent plus rapidement leur confier des tâches plus globales.
- Proposer une solution collaborative pour le dimensionnement des chaussées déployée sur le réseau afin de permettre une meilleure coopération entre les « clients » et les « fournisseurs de dimensionnement », les premiers décrivant leurs cas sur le réseau, les seconds les calculant.

[1] Ainsi la norme NF 98-086, qui a pris effet le 28 octobre 2011 et définit la méthode de dimensionnement des structures neuves de chaussées.

Copyright 1995-2022

2. Réhabilitation des chaussées

Pour élaborer un diagnostic sur une chaussée déficiente, et concevoir les solutions de travaux pour sa remise en état, **ERASMUS** propose à son utilisateur de procéder en 3 étapes séquentielles : **Description** de la chaussée déficiente, **Diagnostic** de l'état de la chaussée et **Conception** des solutions de remise en état.

2.1. Description de la chaussée

ERASMUS fonctionne sur la base habituelle des données issues de l'auscultation : dégradations, trafic poids-lourds, structure de chaussée, déflexion, climat.



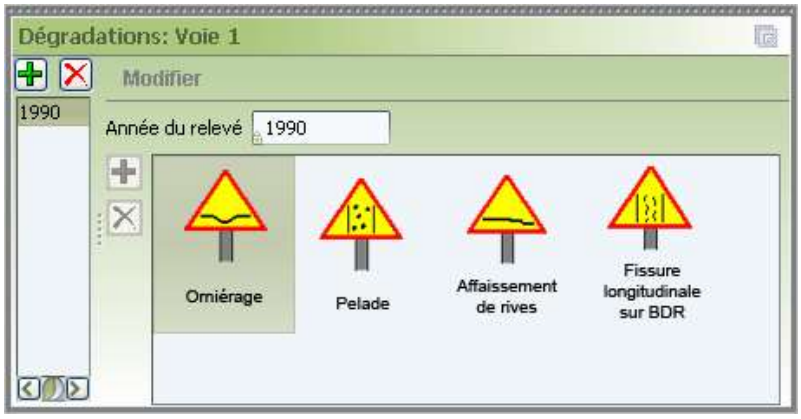


Fig. 1 – Description des dégradations. Leur connaissance et leur prise en compte par le logiciel de dimensionnement des structures permet d'optimiser et de fiabiliser les solutions de travaux proposées.

Copyright 1995-2022

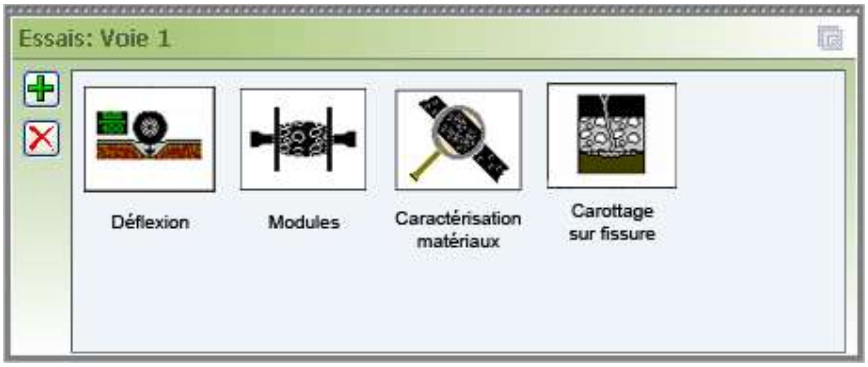


Fig. 2 – Le système interprète les essais normalisés français : déflexion, modules, caractérisation des matériaux, carottage sur fissure … en appliquant des connaissances et des algorithmes issus du Réseau Technique de la Direction des Routes.

2.2. Diagnostic de la chaussée existante

Pour établir le **Diagnostic,** ERASMUS analyse le comportement passé de la chaussée pour identifier l'origine des défauts constatés. Il poursuit aussi quatre objectifs complémentaires :

- Caractériser les problèmes rencontrés par la chaussée déficiente en termes de Fatigue de la couche de roulement, Fatigue des assises de chaussées, Adéquation structurelle au trafic, Comportement au gel, Fluage de la couche de roulement, Fluage des graves non traitées, Fissuration thermique ;
- Détecter les incohérences dans les données du problème et remettre en cause certaines d'entre elles à l'aide du mécanisme des suspicions ;
- Offrir des services spécialisés tels que la détermination des seuils des barrières de dégel ;
- Vérifier sa propre compétence sur le cas courant : Dans certains cas, il sait qu'il ne sait pas et conseille alors de consulter un véritable expert.

Pour ce faire, ERASMUS est interfacé aux logiciels de calcul qui ont fait leurs preuves dans le domaine de la mécanique des chaussées :

- ALIZE et ECOROUTE : contraintes et déformations dans une structure multicouche élastique ;
- CASTOR : profondeur d'ornière résultant du fluage des couches bitumineuses
- GEL : propagation du gel dans les couches de chaussée et le sol de fondation
- FISSTHERM : fissuration due aux effets de vieillissement du bitume

Copyright 1995-2022

Solution 1	PB-fatigue	PB-fluage	Dégâts dus au gel	PB-fissuration-thermique	Remontée de fissures	PB-drainage
Section Trafic: 550. PL/jour: t3+ Calage mécanique (1990) Déflexion calculée:43 mm/100 Valeur de calage:43 mm/100	Synthèse experte **fort(e)**	Synthèse experte **non**	Synthèse experte **non**	Synthèse experte **non**	X	
Enrobé de surface (n°1) 4. cm, 1 an(s), collé 7000 MPa / 4. cm	Analyse de surface **non** Analyse rationnelle **non** Synthèse experte **non**	Synthèse experte **non**		Analyse de surface **non**	Analyse de surface **non** Analyse rationnelle **faible** Synthèse experte **faible**	X
Enrobé de surface (n°2) 9. cm, 8 an(s), collé 6957 MPa / 9. cm	Analyse rationnelle **faible** Synthèse experte **faible**			Analyse rationnelle **non** Synthèse experte **non**	Analyse rationnelle **non** Synthèse experte **non**	X
Enrobé de surface (n°3) 10. cm, 30 an(s), collé 2000 MPa / 10. cm	Analyse rationnelle **très fort(e)** Synthèse experte **fort(e)**			Analyse rationnelle **très fort(e)** Synthèse experte **fort(e)**	Analyse rationnelle **non** Synthèse experte **non**	X
Matériau non traité (n°4) 32. cm, 30 an(s), collé 240 MPa / 2. cm 240 MPa / 10 cm 240 MPa / 10 cm 139 MPa / 10 cm	Analyse rationnelle **non** Synthèse experte **non**		X	X	X	X
Sol 70 MPa	Analyse de surface **non** Analyse rationnelle **non** Synthèse experte **non**	X		X	X	X

Fig. 3 – Tableau du diagnostic. Le système pose un diagnostic en termes de chacun des problèmes que peut connaître une chaussée : fatigue, fluage, dégâts dus au gel, fissuration thermique, remontée de fissures, drainage. Noter qu'une approche qui serait uniquement centrée sur la fatigue ne serait pas effective dans le cas où la fissuration thermique est à l'origine de la fissuration des matériaux bitumineux.

2.3. Conception des solutions de remise en état

En fonction du diagnostic obtenu et du cahier des charges, le module **Conception** de ERASMUS propose des solutions de travaux variées respectant les normes françaises de l'entretien et de la réhabilitation, et dans cette optique, poursuit quatre objectifs :

- Laisser à l'utilisateur le libre choix de la stratégie de remise en état exprimée en termes de cahier des charges, budget, objectifs (comportement au gel, contraintes d'environnement, etc.) ;
- Proposer toutes les solutions possibles issues de la base de connaissances, compte tenu de l'état actuel de la chaussée et des contraintes exprimées par l'utilisateur ; il ne se contente pas de proposer une seule solution ;



Fig. 4 – Schématisation des solutions de retraitement

- Offrir la possibilité de particulariser des bases de prix locales, c'est-à-dire restreindre la liste des techniques disponibles et définir pour chacune d'elles des prix locaux ;
- Prendre en compte les travaux annexes rendus nécessaires par les travaux principaux et leur incidence sur la définition de ceux-ci.

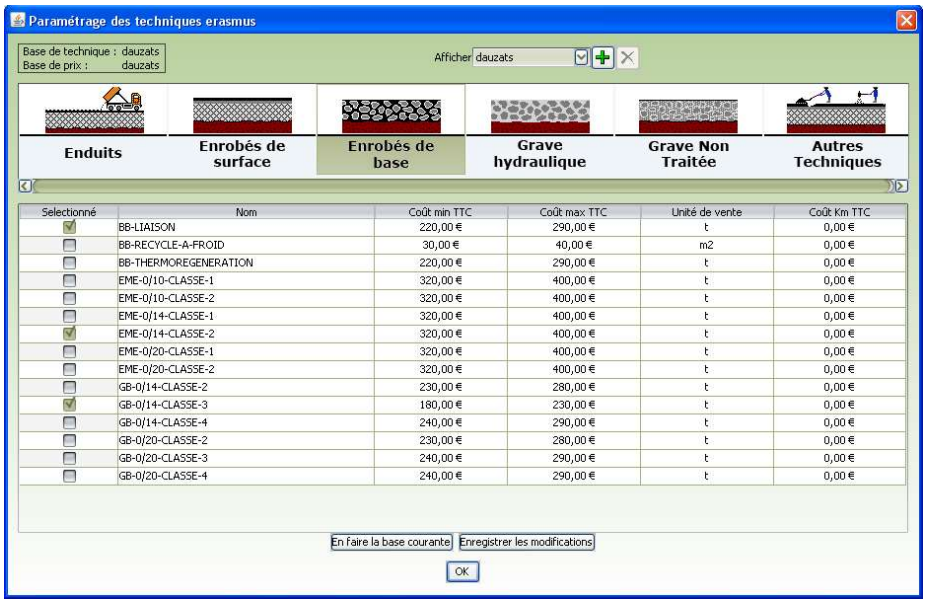


Fig. 5 – L'éditeur des bases de techniques permet de restreindre le champ des possibles et associer à chacune d'elles un prix local.

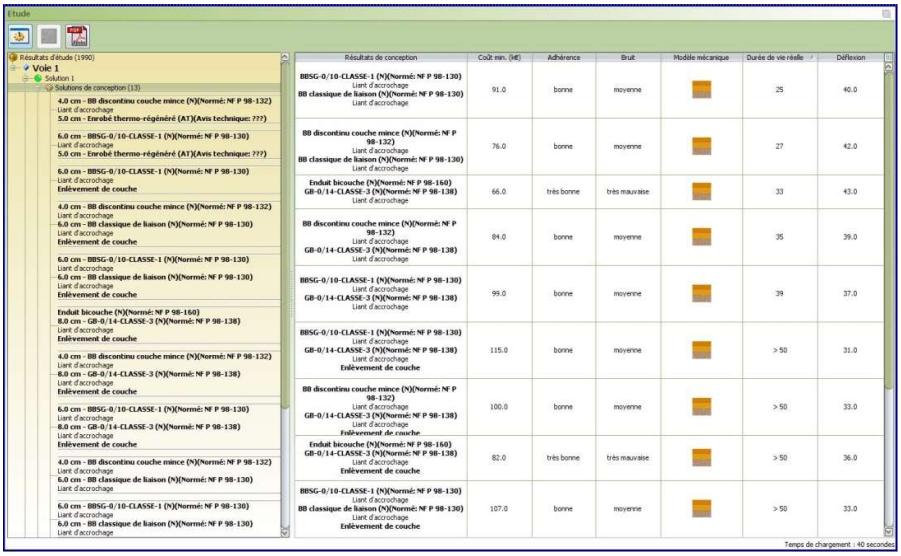


Fig. 6 – Interface ERASMUS V5 pour la consultation des résultats de conception – L'ensemble des solutions envisageables sont calculées par le système et caractérisées en termes de durée de vie, prix, adhérence, protection vis-à-vis du gel, etc.

Copyright 1995-2022

3. Chaussées neuves (Construction)

Pour la conception des chaussées neuves, **ERASMUS** apporte à son utilisateur les services suivants : **Description** du problème à résoudre, Dimensionnement d'une solution spécifiée, Parcours et dimensionnement de l'ensemble des solutions techniques et dimensionnement.



Les vérifications et les dimensionnements opérés par le système sont conformes aux directives du G.C.D. (Guide de Conception des Dimensionnements), à savoir vérifications de l'admissibilité des élongations et contraintes sur certaines couches.

3.1. Description du problème à résoudre

ERASMUS fonctionne sur la base habituelle des données pour la conception des chaussées neuves : plateforme, risque, trafic, sélection des techniques.



Fig. 7 – Description du trafic poids lourds (volume).



Fig. 8 – Description du trafic poids lourds (nature)

3.2. Parcours et dimensionnement des solutions envisageables

Le système offre également à son utilisateur la possibilité de demander la recherche de toutes les solutions alternatives de construction techniquement envisageables et compatibles avec le cahier des charges.

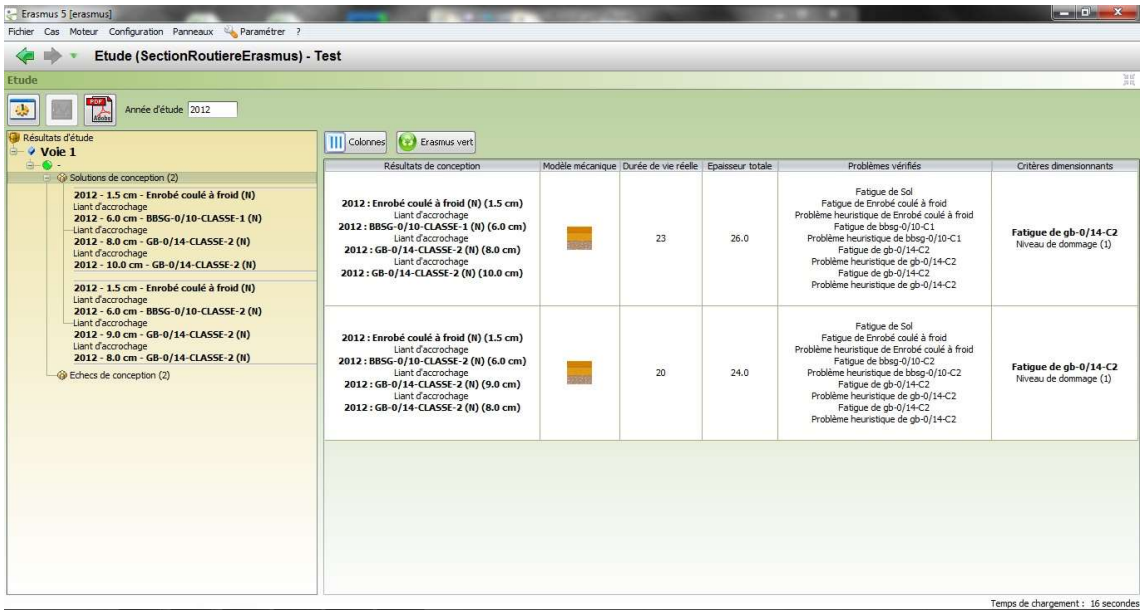


Fig. 9 – Solutions proposées en chaussées neuves après parcours et dimensionnement des solutions envisageables.
Les problèmes vérifiés et les critères dimensionnant sont présentés pour chaque solution obtenue.

3.3. Evaluation et ajustement de solutions spécifiées

Le système offre à son utilisateur un service complémentaire : évaluation et d'ajustement (calcul d'une épaisseur laissée en suspens) des solutions qu'il spécifie.

Les solutions sont évaluées en termes de courbes de dommage,



Fig. 10 – Spécification par l'utilisateur d'une solution en termes de structure initiale projetée et entretiens programmés. Ici, l'épaisseur de la couche de base est laissée en suspens.

4. Sections d'études ERASMUS

Nouveau concept d'ERASMUS, les sections d'étude permettent d'exploiter l'ensemble des informations acquises sur la section de chaussée, objet de la conception, et d'aller au-delà d'une utilisation qui n'était jusque-là que partielle.



Une section d'étude est une section de chaussée :

- homogène en termes de trafic, climat, conception générale (structure), cahier des charges,
- hétérogène en termes des autres paramètres : dégradations, carottes, portance (déflexion).

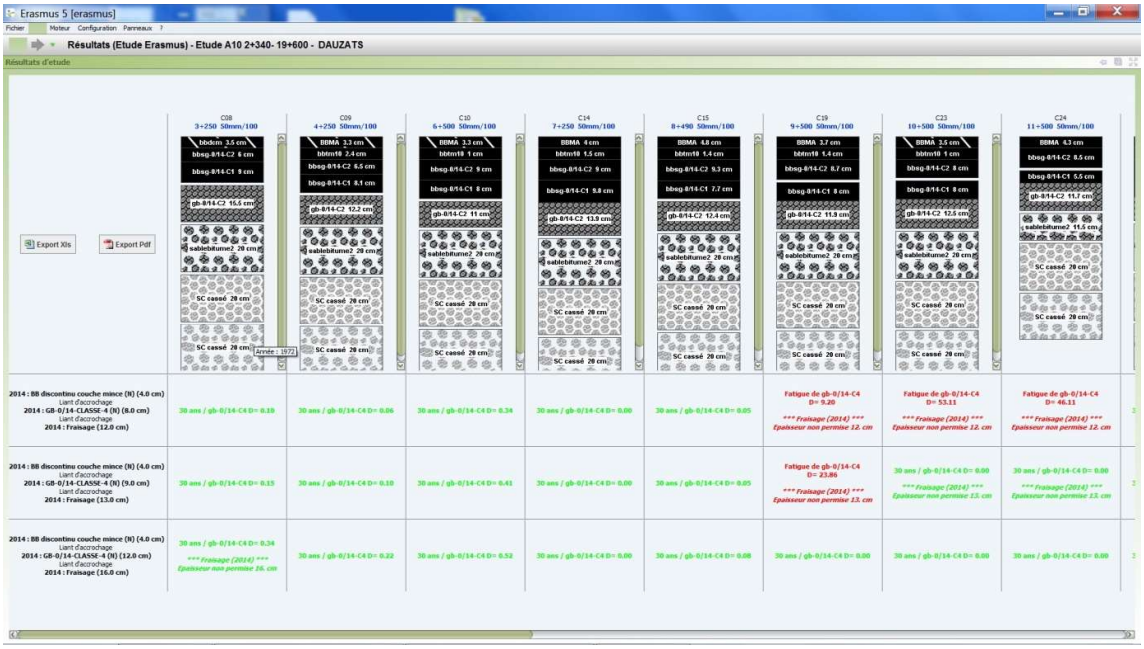
Pour le laboratoire, les sections globales permettent d'exploiter l'ensemble des carottages effectués sur le terrain ; il est en effet difficile de choisir une carotte représentative parmi celles réalisées.



	1			2			3			4			5			6			7			8		
BBTM	2	S	C	2	S	C	2	S	C	2	S	C	2	S	C	1.5	F	C	2	S	C	1.5	S	C
BBM	4	S	C	5	S	C	4	S	C	4	S	C	3	S	C	3	F	C	4	S	C	5.5	S	C
BB ou GB	9	S	D	8	S	C	7	S	C	6	S	C	6.5	S	D	6.5	F	C	13	S	C	4.5	S	C
GC base				5	D	C	5	D	C	2	D	C	16.5	S	D	4	D	C	15	S	D	20.5	D	D
	13	M	C	12	M	C	18	M	C	17	S	D				18	S	D						
	3	D	C	3	D	D	1	D	C															
GC fond	16	S		13	M		12	M		19	S		23	S		18	S		17	S		17	S	

Pour le laboratoire et le gestionnaire, c'est la possibilité de vérifier les solutions techniques envisagées pour la réhabilitation de la chaussée sur chacune des sections témoins.

Copyright 1995-2022



La pertinence du concept des Sections Globales a été vérifiée, lors du forum ERASMUS des 18 et 19 juin derniers, avec les utilisateurs présents sur leurs cas :

- Pour l'un d'entre eux, une section 2 x 2 voies de 1,5 km avec un trafic de 1 340 PL/J/sens et 10 carottages réalisés,
- Pour un autre, une section de 8 km en rase campagne avec un trafic de 1 253 V/J dont 14% de PL et 8 carottages réalisés,
- Pour un troisième, une traverse d'agglomération avec un trafic de 144 PL/J/sens et 9 carottages réalisés.

5. Une solution mise à disposition en mode SAAS

- Mise à disposition de la solution en mode SAAS par le biais du réseau Internet pour se connecter à l'Interface et accéder aux Services ERASMUS.
- L'application fonctionne sur le poste de travail de l'utilisateur avec la machine virtuelle Java et accède au serveur via le réseau INTERNET. Caractéristiques techniques conseillées pour les postes clients : Windows 10, 8Go de RAM, Processeur DualCore.
- Chaque utilisateur bénéficie d'un login propre avec lequel il peut se connecter, selon ses droits, aux services ERASMUS.

Copyright 1995-2022