



**MINISTÈRE
CHARGÉ
DES TRANSPORTS**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



DÉVELOPPEMENT ET IMPLÉMENTATION DE MODÈLES PRÉDICTIFS

Jean-Marie Roussel

Chef de programme

jean-marie.roussel@aviation-civile.gouv.fr

INTRODUCTION

CONTEXTE

- Avènement des méthodes rationnelles
- Importance des calculs de durée de vie car dimensionnements optimisés

PROBLÉMATIQUE

- Qu'est-ce qu'un modèle prédictif ?
 - Quelles données en entrée et en sortie ?
 - Quelle méthode de calage ?
- Quelle utilité dans le cadre de la gestion de patrimoine ?

QU'EST-CE QU'UN MODÈLE PRÉDICTIF ?

Entrées

Données d'auscultation
(observations, essais in situ, essais
labo, ...)
+ Hypothèses



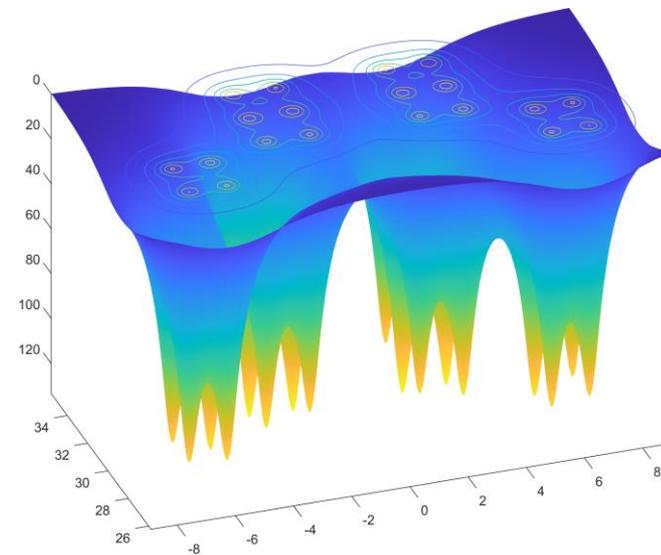
Modèle prédictif

Calcul mécanique
+
calage expérimental



Sorties

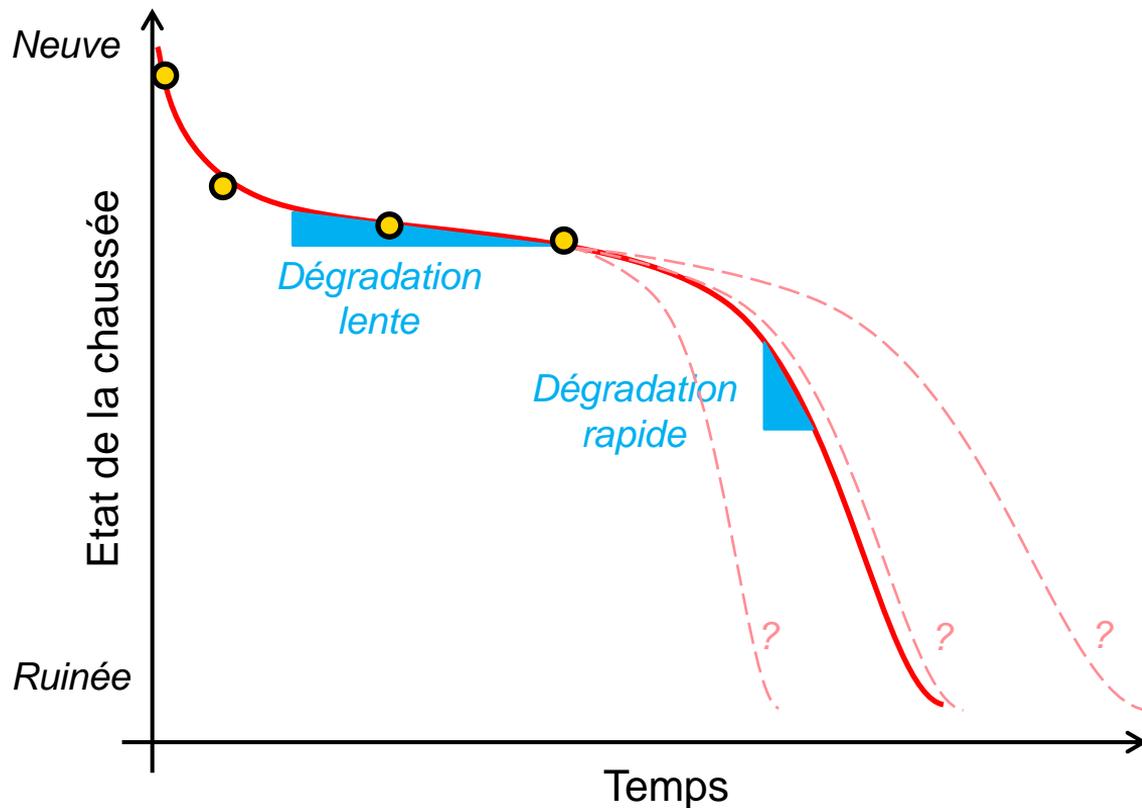
Etat futur de la chaussée
(durée de vie résiduelle, mécanismes
d'endommagement, ...)



INTÉRÊT DES MODÈLES PRÉDICTIONNELS AU SEIN DE LA GESTION DE PATRIMOINE

- Identifier les zones critiques au regard de l'état actuel (et passé) et des hypothèses futures
- Capitaliser l'historique de la chaussée
- S'adapter aux changements d'hypothèses

→ Anticiper et planifier les opérations de maintenance



MÉTHODES RATIONNELLES ET MODÈLES PRÉDICTIONNELS

PLACE DES MODÈLES PRÉDICTIFS DANS LES MÉTHODES RATIONNELLES

Les modèles prédictifs nécessitent :

- Des données d'entrée fiables (cf. diagnostic)
- Un calage sur des données réelles

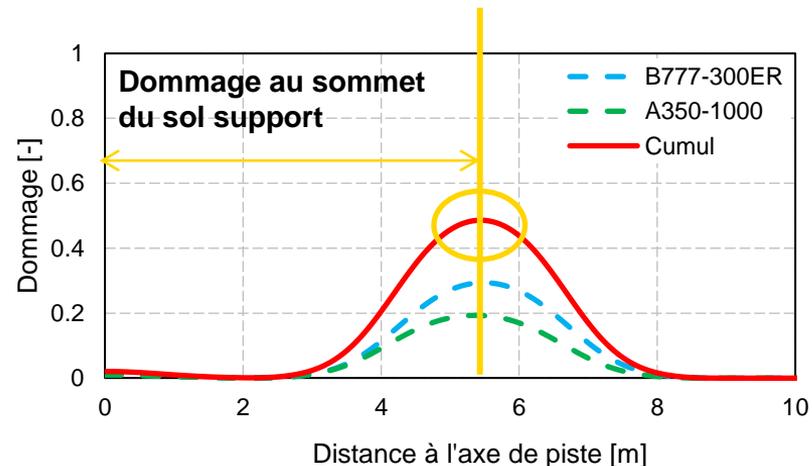
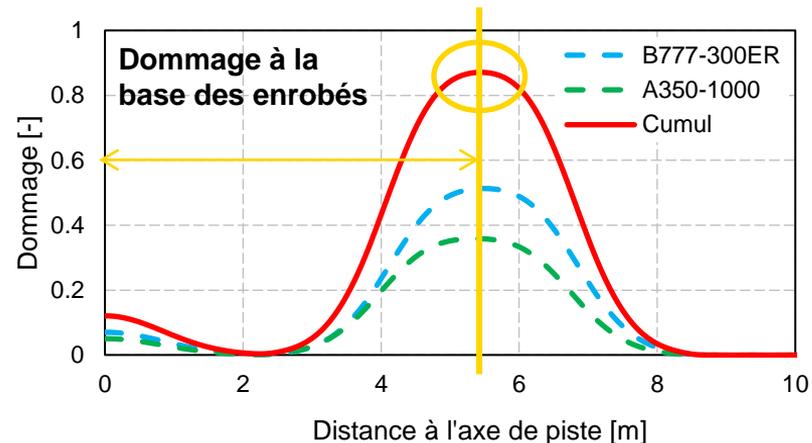
Modèle prédictif implémenté dans Alizé

Entrées :

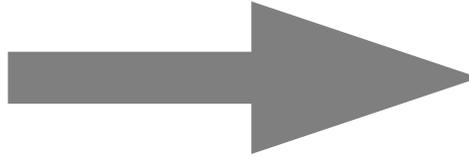
- Structure de chaussée
- Trafic avions prévisionnel

Sorties :

- Mode d'endommagement prépondérant
- Localisation de la rupture par rapport à l'axe de la voie
- Durée de vie

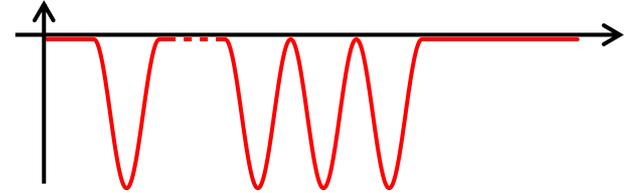
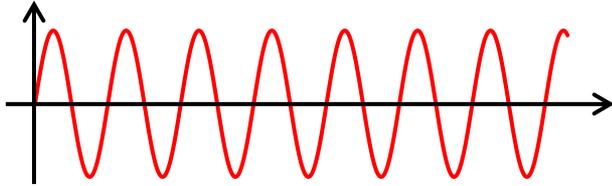


DU LABORATOIRE À LA CHAUSSÉE RÉELLE : CALAGE DES MODÈLES PRÉDICTIFS



Coefficient de calage
prédiction / observation

$$k_c$$



DU LABORATOIRE À LA CHAUSSÉE RÉELLE : CALAGE DES MODÈLES PRÉDICTIFS

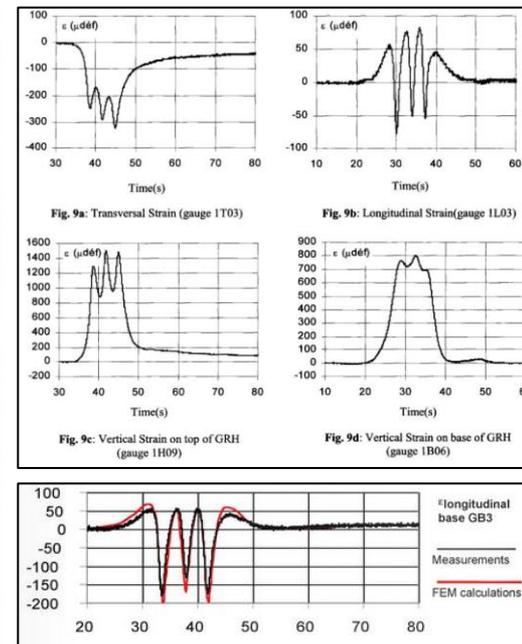
(1/2) Calage grâce à des planches d'essai instrumentées et manèges de fatigue

Planches d'essais :

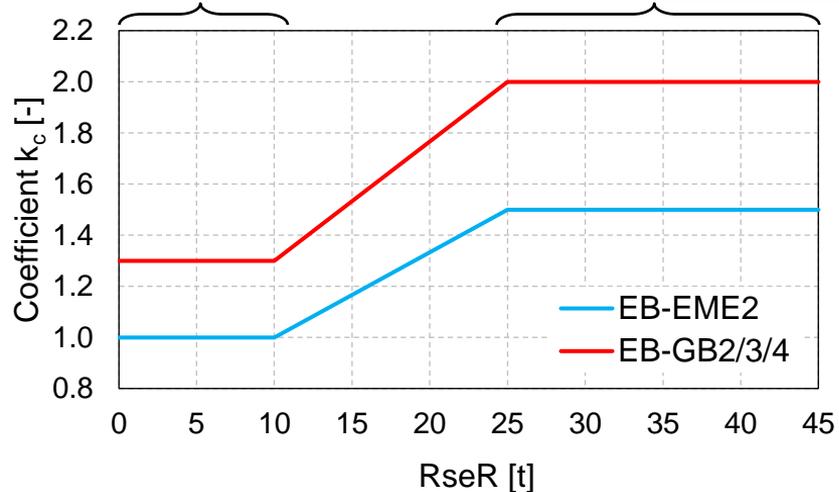
- Sans exploitation
- Chargements représentatifs
- Caractérisations mécaniques poussées
- Instrumentation

Exemples de calage à partir de planches d'essais

Pavement Experimental Program (1999)
High Tire Pressure Test (2008)



DU LABORATOIRE À LA CHAUSSÉE RÉELLE : CALAGE DES MODÈLES PRÉDICTIFS



DU LABORATOIRE À LA CHAUSSÉE RÉELLE : CALAGE DES MODÈLES PRÉDICTIFS

(1/2) Calage grâce à des planches d'essai instrumentées et manèges de fatigue

Installations de la Federal Aviation Administration (FAA) à Atlantic City

National Airport Pavement Test Facility (NAPTF)



National Airport Pavement and Materials Research Center (NAPMRC)

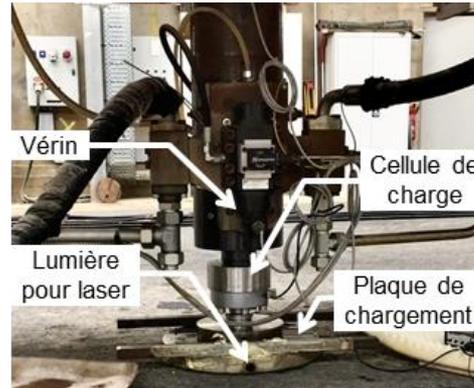


DU LABORATOIRE À LA CHAUSSÉE RÉELLE : CALAGE DES MODÈLES PRÉDICTIFS

(1/2) Calage grâce à des planches d'essai instrumentées et manèges de fatigue

Planche STAC au CER / Cerema Normandie :

- Chargement de la chaussée dans des conditions contrôlées
- Validation des lois de fatigue labo vs in situ
- Evolution des modules et des dégradations au cours du temps
- Validation des mécanismes d'endommagement



DU LABORATOIRE À LA CHAUSSÉE RÉELLE : CALAGE DES MODÈLES PRÉDICTIFS

(2/2) Calage grâce à des données recueillies sur des chaussées en service

Démarche de diagnostic global raisonné (projet STAC-MinArm-SNIA) :

- Deux bases aériennes sélectionnées
- Caractérisation initiale + suivi long terme
- Réalisation d'une série d'essais des périodicité reserrées

Historique chaussée :

- Plan des aires
- Structure post-travaux
- Trafic reçu

Relevé de dégradations :

- IS « manuel »
- Caméra bas-coût

Épaisseurs des couches :

- Géoradar
- Carottages

Portance :

- HWD
- Carottages de confirmation

Essais de sol :

- Pénétromètre
- CBR
- Dynaplaque

Qualité des interfaces :

- Essai d'ovalisation

Uni :

- APL
- MLPL
- Unibox

SENSIBILITÉ DES MODÈLES PRÉDICTIFS AUX PARAMÈTRES D'ENTRÉE

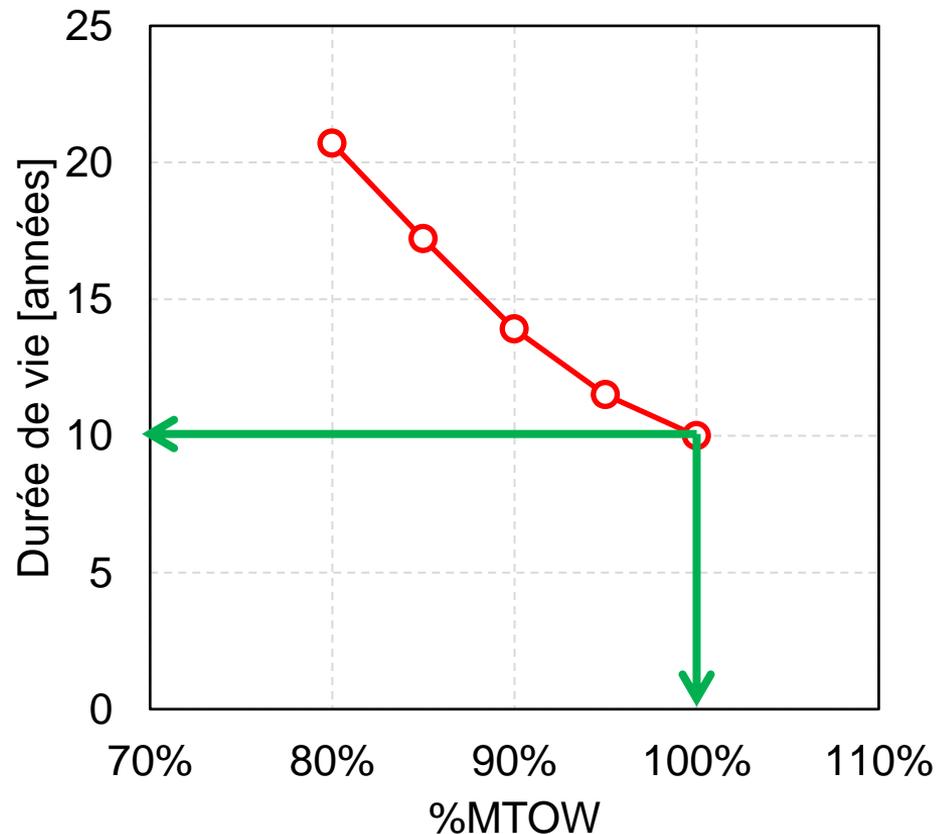
Etude 1 : Evolution de la durée de vie résiduelle en fonction de la masse des avions

Chaussées habituellement dimensionnées
pour les MTOW des avions

Observations

- Masse = 0.9 MTOW → + 4 ans
- Masse = 0.8 MTOW → + 100%

→ Importance du suivi de trafic
et des masses des avions

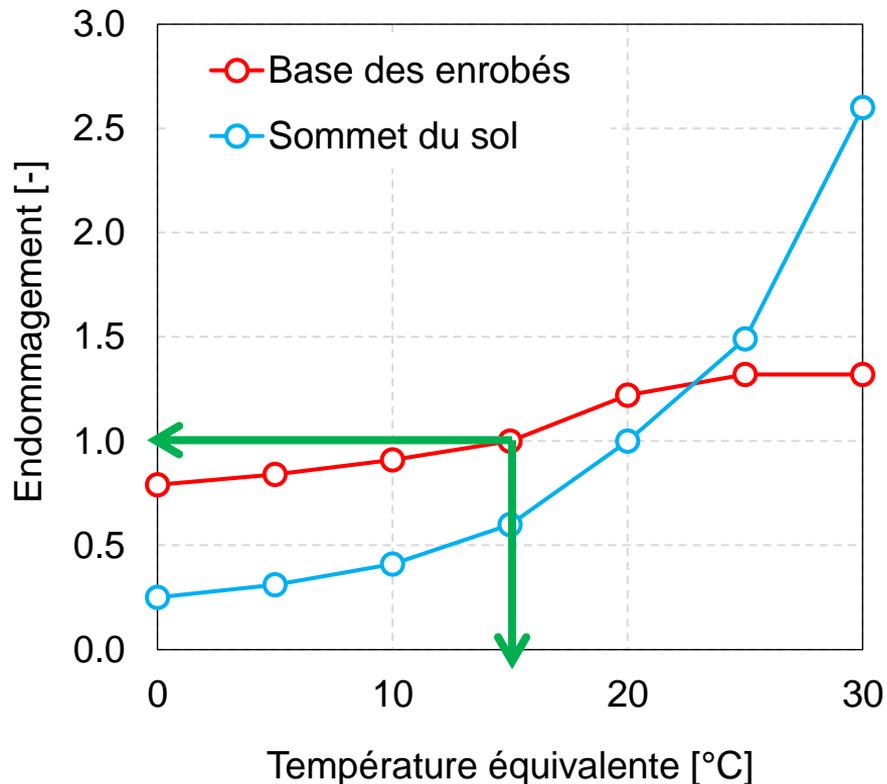


Etude 2 : Endommagement en fonction de la température équivalente

Rappel sur la température équivalente :
Tout se passe comme si tous les cycles de
chargement étaient réalisés à T_{eq}

Observations

- Δ^+ de l'endommagement sur les deux critères en cas d'augmentation de T_{eq}
- Le critère sol devient prépondérant au-delà de $T_{eq} = 23^\circ\text{C}$



Conclusion

Les modèles prédictifs permettent :

- De mieux comprendre l'évolution de l'état des chaussées
- De tirer parti des données d'auscultation
- D'anticiper les opérations de maintenance
- D'adapter les stratégies de maintenance au changement

Besoins futurs pour les modèles prédictifs :

- Collecter des données (et de les stocker intelligemment)
 - D'auscultation (essais, ...)
 - D'exploitation (trafic, température)
- Développer de nouveaux modèles prédictifs prenant en compte toutes les données disponibles

Merci pour votre attention

Des questions ?