



**MINISTÈRE
CHARGÉ
DES TRANSPORTS**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



SYMPOSIUM GESTION DU PATRIMOINE
– ACR/PCR
Paris, le 04 octobre 2022

INTERET DU PASSAGE AUX MÉTHODES RATIONNELLES

Michaël BROUTIN

Chef de la division Sécurité – Structures et Eco-conception (SSE)

STAC/SA

Michael.broutin@aviation-civile.gouv.fr

PLAN DE LA PRÉSENTATION

- **Contexte: méthodes rationnelles vs développement durable**
 - > *Optimisation des matériaux,*
 - > *Tremplin pour l'utilisation de matériaux verts et de procédés bas-carbone*
- **Méthodes historiques, semi-empiriques**
 - > *Aperçu*
 - > *Limites*
- **Nouvelles méthodes, rationnelles**
 - > *Principe*
 - > *Nouvelles opportunités*

1. Contexte : méthodes rationnelles vs développement durable



Nouveaux défis à relever:

- ***Enjeux de développement durable de plus en plus prégnants (concept de “chaussées vertes”)***

Dans un contexte de :

- ***Patrimoine chaussées vieillissant***
 - D'une problématique de dimensionnement neuf à des questions de suivi, réhabilitation, renforcement
 - Nécessité accrue de mettre en œuvre des politiques de gestion de patrimoine
- ***Nouvelles générations d'aéronefs***
 - Augmentation des charges à la roue et des pressions de contact
 - Complexité des géométries des atterrisseurs

De nombreuses solutions, plus ou moins directes, pour économiser les matériaux et réduire l'impact carbone des infrastructures :

- *Optimisation des matériaux grâce à 1- l'utilisation de méthodes rationnelles, et 2- une meilleure stratégie de gestion de patrimoine*
- *Recyclage et réutilisation (R&R)*
- *Matériaux et procédés bas-carbone*
- *Augmentation de la durabilité*

***Implémentation
facilitée par les
méthodes rationnelles***

2. Méthodes historiques, semi-empiriques

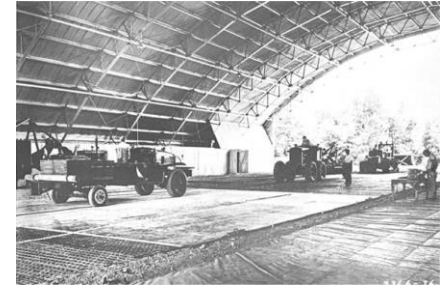


- **Aperçu:**

-> Méthode semi-empirique développée par l'US Army Corps of Engineers (USACE), 1940's - 1970's

-> .. sur la base d'essais de fatigue in-situ

-> Initialement prise en compte de roues simples ou tandems, puis étendu aux boggies 4 roues; artificiellement adaptées dans les années 2000 au cas des boggies 6 roues via l'introduction d'un coefficient de ponderation (alpha-factor)

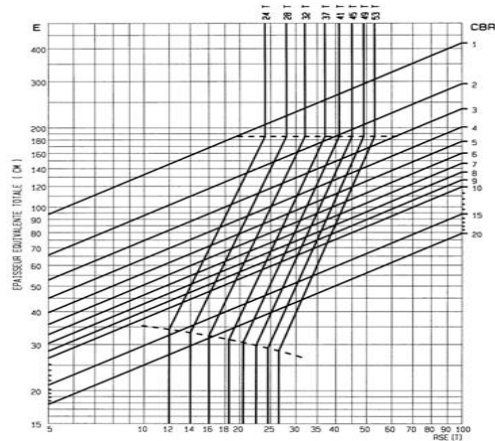


(D'après T.W. Rushing, APT 2020)

- **Aperçu:**

-> *Méthode simplifiée basée sur l'utilisation d'abaques et le concept d'épaisseur équivalente (chaussées souples)*

-> *Nombreux effets négligés (voir ci-après) ; prise en compte d'importants coefficients de sécurité*



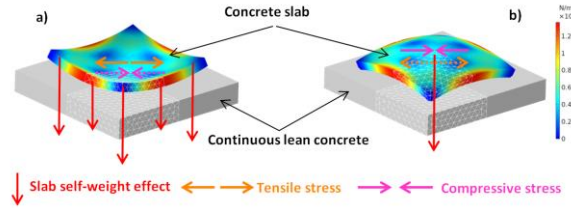
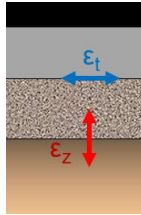
- **Limites des méthodes historiques:**
 - *Pas de considération explicite de l'endommagement des matériaux*
 - *Caractérisation du sol support par essais CBR (chaussées souples) : non représentatifs de la portance réelle*
 - *Difficulté à intégrer de nouveaux matériaux*
 - *Pas de modélisation des interfaces entre couches*
 - *Pas de prise en compte explicite de la température de chaussée ni de la vitesse des avions*
 - *Non adaptées aux nouvelles configurations d'atterrisseurs*

3. Nouvelles méthodes, rationnelles

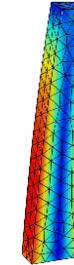


- **Combinent :**

- Une modélisation mécanique (analytique ou EF) pour déterminer les contraintes/deformations dans la chaussées induites par le trafic ou les effets thermiques



- Une Approche performantielle impliquant des essais en laboratoire
- Un calage à l'aide d'essais in-situ



(Matériel Cerema)

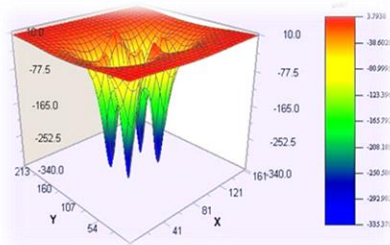
(Matériel Cerema)



(Simulateur Airbus, PEP)

Démarche de développement:

Modélisation



Caractérisation en laboratoire



Implémentation



**Planches d'essais/manèges de fatigue,
ou étude de chaussées en service**

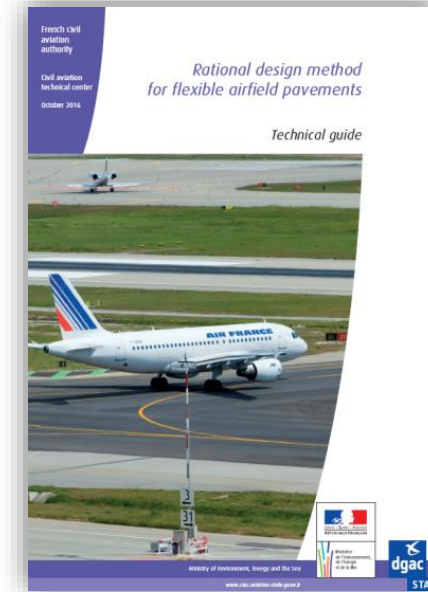
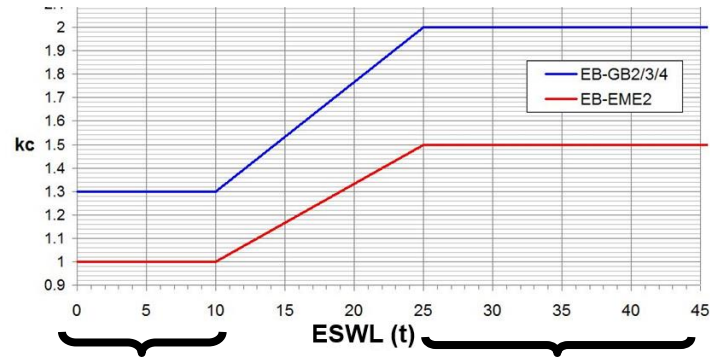
Exemple: Dimensionnement neuf, méthode US

- *Calibrée à l'aide des données des différentes expérimentations menées au NAPTf de la FAA*



Example: Dimensionnement neuf, méthode française

- Dérivée de la méthode routière
- Calages routiers pour les faibles charges, résultats du PEP et du HTPT* pour les charges lourdes



* resp. "Pavement Experimental Program" and "High Tire Pressure Test"; programmes de recherche Airbus avec participation STAC, Cerema et UGE

Opportunités offertes :

- **Dimensionnements plus précis:**

-> *Optimisation de matériaux,*

- **Méthodes déclinables et adaptables:**

-> *applicables pour **tous paramètres d'entrée** (configuration des atterrisseurs, vitesses, balayage latéral, conditions de température, ..)*

-> *possibilité de prendre en compte **tous types de matériaux** (pourvu qu'ils aient été caractérisés en laboratoire) : facilite la promotion du recyclage, des matériaux verts, ou l'utilisation de matériaux locaux*

-> ***méthodes évolutives** (ex: prise en compte de pressions de contact non uniformes, implementation de modèles visco-élastiques, ..)*

Vers un package complet et cohérent de méthodes rationnelles :



- **Dimensionnement neuf:**

- Chaussées souples: guide STAC (2016) + logiciel Alizé-Aéro
- Chaussées rigides : objectif 2024

- **Diagnostic/Auscultation:**

- Chaussées souples: guide STAC (2014) + logiciel PREDIWARE
- Chaussées rigides : objectif 2024

- **Admissibilité des aéronefs (ACR/PCR)**

- Obligatoire en nov 2024 (disparition ACN/PCN)
- Module dédié du logiciel Alizé-Aéro (**Gratuit**)

- **Renforcements:**

- Objectif 2024



Conclusions

Avantages indéniables des méthodes rationnelles:

- Meilleure précision,
- Optimisation des matériaux
- Méthodes permettant une grande flexibilité sur les paramètres externes et les matériaux utilisables
- Méthodes évolutives

Ensemble cohérent et compatible de méthodes rationnelles à chaque étape de la vie de l'infrastructure (dimensionnement neuf, suivi, renforcement..)

Suite de l'après-midi :

- Référentiel réglementaire
- Rappels sur la méthode ACN/PCN
- Méthode ACR/PCR
- Spécificités françaises

Merci de votre attention!

Place aux questions