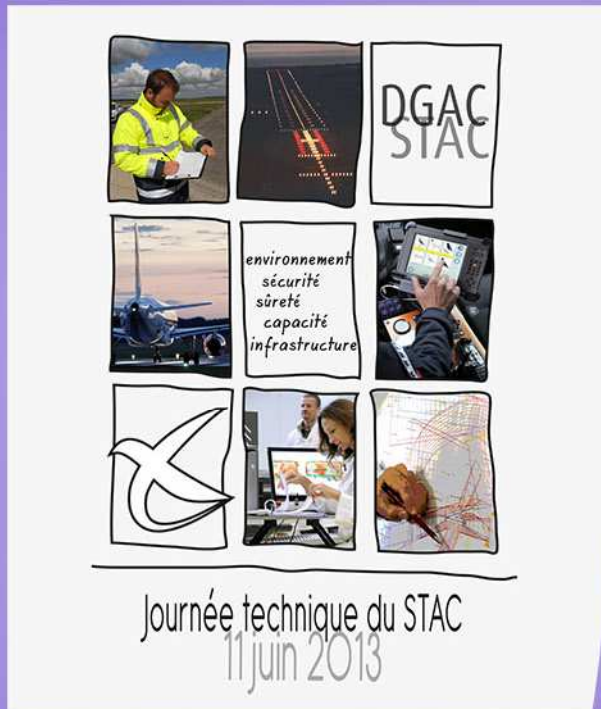


Méthode rationnelle de dimensionnement des chaussées aéronautiques souples

STAC – Sandrine FAUCHET
IFSTTAR – Pierre HORNYCH



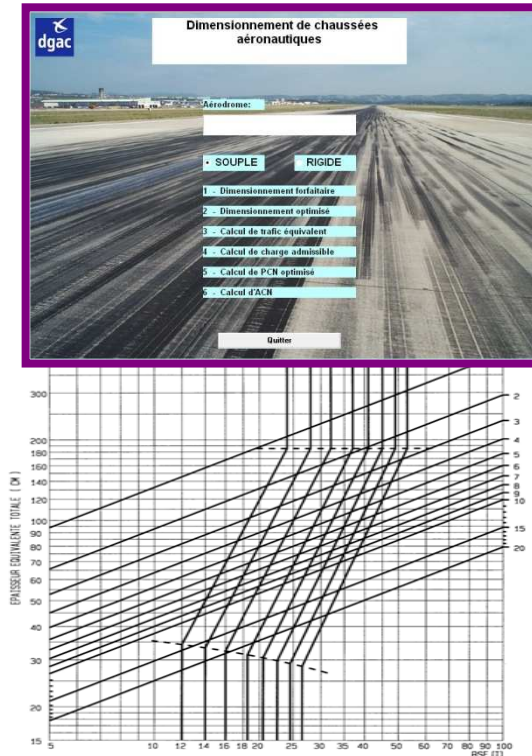
STAC

Direction générale de l'Aviation civile - Service technique de l'Aviation civile

www.stac.aviation-civile.gouv.fr

Une révision nécessaire

- Méthode actuelle empirique
 - Inspirée par la méthode américaine développée par l'US Corps of Engineers
 - Repose sur la méthode CBR
- Ses limitations
 - Pas de prise en compte explicite de l'endommagement des matériaux hydrocarbonés,
 - Caractérisation du sol support par essais CBR,
 - Prise en compte des nouveaux matériaux problématique



Une révision nécessaire

- Aucune modélisation de la qualité des interfaces,
- Pas de prise en compte des températures et fréquences de chargement variables,
- Non adaptée aux nouvelles configurations d'atterrisseur...



Une révision nécessaire

- S'orienter vers une approche « rationnelle » intégrant une approche performantielle des matériaux.
- Adaptation de la méthode routière (utilisée depuis plus de 30 ans) à l'aéronautique
- Limitation au cas des chaussées **souples neuves** dans un premier temps.

Les particularités aéronautiques



$P_{\max} \cong 0.7 \text{ MPa}$

Pression des pneumatiques

$P_{\max} \cong 1.75 \text{ MPa}$

6.5 t (roue simple)
13 t (essieu)

Charges

5t (roue simple) à
140 t (boggie 6 roues)

50 à 130 km/h

Vitesses

30 à 350 km/h

Plusieurs millions
Faible dispersion latérale

Nbre de recouvrements

10 000 à 50 000
Dispersion latérale importante

Phasage du projet

- Phase 1 : Création d'un groupe de travail STAC / IFSTTAR / RST pour aboutir à
 - La rédaction d'un guide de dimensionnement V0 (validation par un comité d'experts composé de bureaux d'études, d'entreprises, de représentants d'aéroports dont alfa ACI, de laboratoires régionaux...)
 - La réalisation du logiciel Alizé Aéronautique version β
- Phase 2 : Consolidation et amélioration de la méthode (phase de test, études complémentaires, expérimentations in situ...)



STAC

Direction générale de l'Aviation civile - Service technique de l'Aviation civile

www.stac.aviation-civile.gouv.fr

Sommaire du guide

- Introduction
- Principe de la démarche de dimensionnement
- Mise en œuvre de la démarche
- Plate-forme support de chaussée
- Couche de surface
- Matériaux de chaussée
- Vérification au gel dégel
- Exemples d'application



STAC

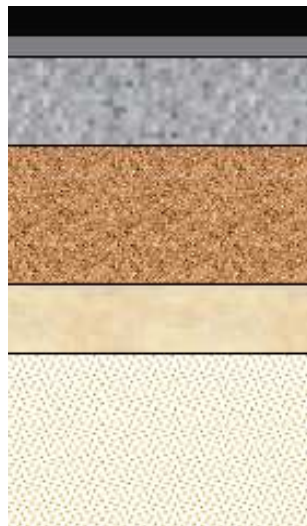
Direction générale de l'Aviation civile - Service technique de l'Aviation civile

www.stac.aviation-civile.gouv.fr



Domaine d'application

- Chaussées souples neuves



} Couches de surface : **couche de roulement** (+de liaison)

Couche de base constituée de matériaux bitumineux




Couche de fondation constituée de matériaux granulaires

Couche de forme

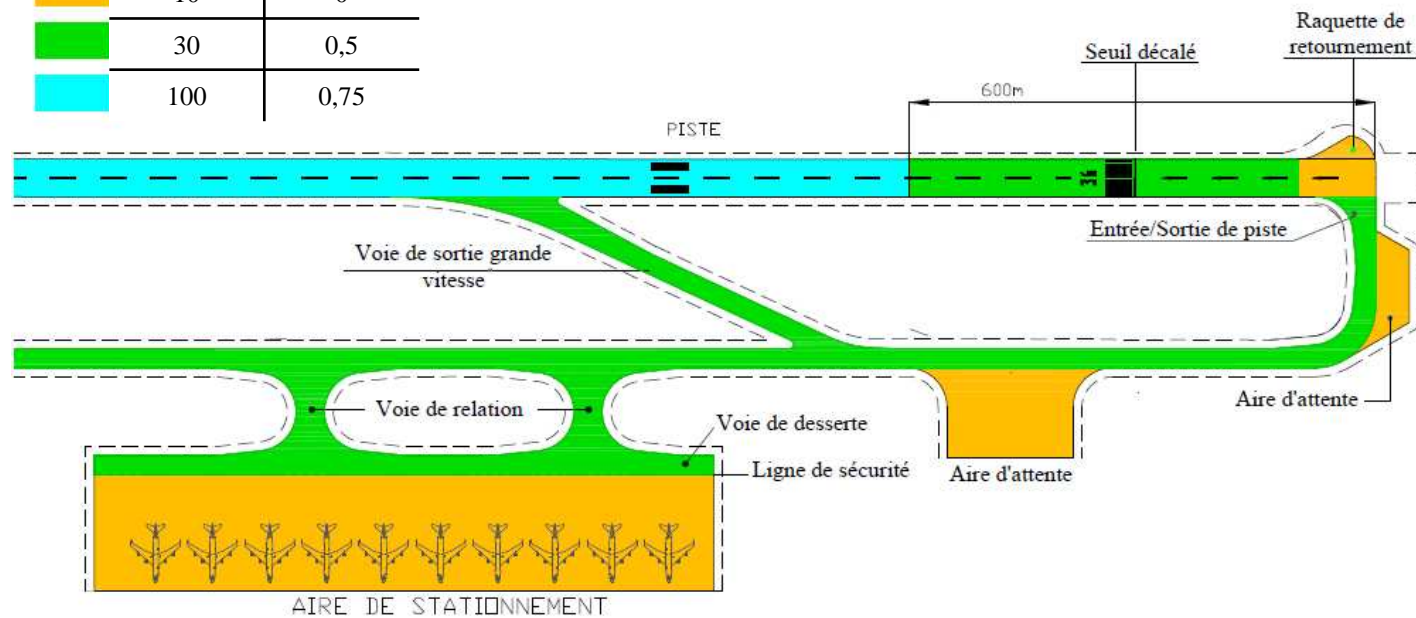
Sol support

- Application aux pistes, voies de circulation, aires de trafic
- Extensions futures : renforcement, chaussées rigides, ACN/PCN rationnel

Domaine d'application

	V (km/h)	S _{bal} (m)
	10	0
	30	0,5
	100	0,75

Sections circulées à vitesse élevée	Partie courante de la piste
Sections circulées à vitesse modérée	Voie de desserte Voie de relation Sortie/entrée de piste 600 premiers mètres de la piste, intégrant le seuil Voie de circulation partie courante Voie de circulation raccordement
Zone de stationnement et sections circulées à faible vitesse	Aire de stationnement Raquette Plate-forme ou aire d'attente



Principe de la démarche : données

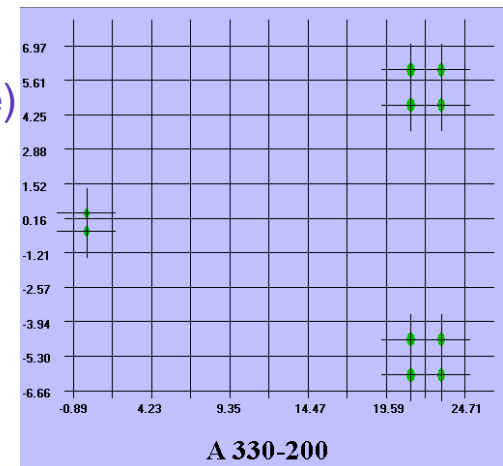
2 étapes : Dimensionnement mécanique
 Vérification au gel

Grandes étapes du dimensionnement mécanique

1/ recueil des données et choix des paramètres de dimensionnement

	Vitesse (forfaitaire)	Ecart type (balayage)
Section circulée à vitesse élevée	100 km/h	0,75 m
Section circulée à vitesse modérée	30 km/h	0,5 m
Section circulée à faible vitesse	10 km/h	0 m

- Géométrie des atterrisseurs
- Masses
- Nombre de mouvements
- Type de section (vitesse et balayage)
- Température
- Matériaux et leurs caractéristiques
- Epaisseur des couches
- Plateforme support
- Coefficient de risque



STAC

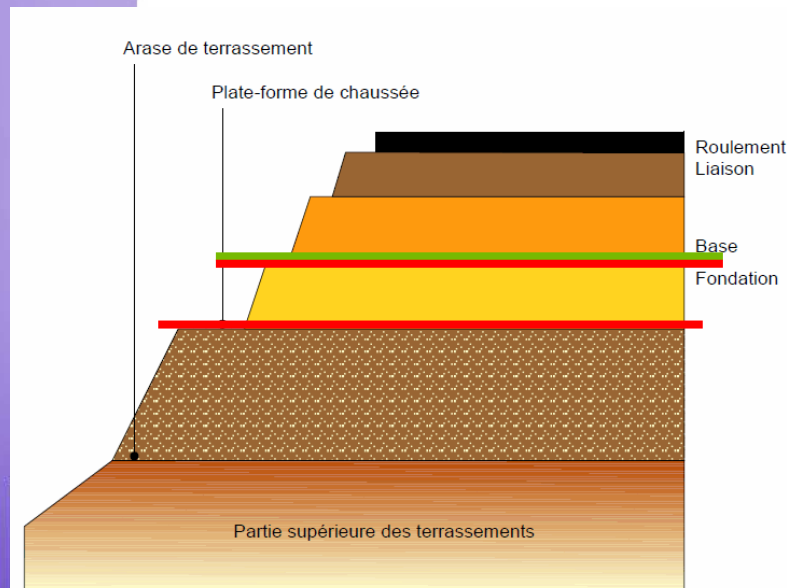
Direction générale de l'Aviation civile - Service technique de l'Aviation civile

www.stac.aviation-civile.gouv.fr

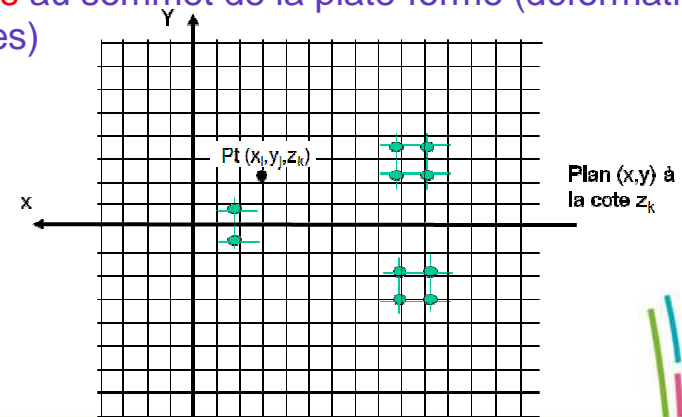
Principe de la démarche : calcul des sollicitations

2/ Calcul des sollicitations induites par un chargement :

- Modélisation par un modèle élastique linéaire isotrope multicouche semi infini
- Discrétisation des plans horizontaux (x,y) selon une grille de points (x_i, y_j, z_k)
- Calcul des sollicitations produites par le trafic :



- ✓ Extensions à la base de la couche de base (fatigue de la GB)
- ✓ Contractions au sommet de la couche de fondation (déformations permanentes)
- ✓ Contractions au sommet de la plate-forme (déformations permanentes)



Principe de la démarche : calcul des endommagements

3/ Calcul des endommagements individuels sous passage de chaque avion **sans** prise en compte du balayage

Loi d'endommagement de Wöhler :

Nombre de cycles à rupture :

$$N(\epsilon_{\max}) = \left(\frac{K}{\epsilon_{\max}} \right)^{\beta}$$

Dommage élémentaire :

$$\Delta D = \frac{1}{N(\epsilon_{\max})}$$

Matériaux bitumineux : $\begin{cases} K = k_{\theta_f} k_r k_s k_c 10^{6/\beta} \bar{\epsilon}_6 \\ \beta = 5 \end{cases}$

Matériaux granulaires : $\begin{cases} K = 16000 \\ \beta = 4,5 \end{cases}$

Coefficient de calage (PEP, HTPT...)

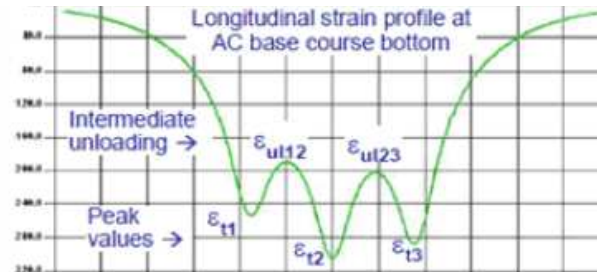
matériau	K_c min	K_c max
Grave-bitume	1.3	1.8
Enrobé à module élevé 2	1.0	1.35

Principe de la démarche : calcul des endommagements

Chargement multi-pic (ex: passage d'un boggie 6 roues)

Généralisation de la définition du dommage à une variation continue de déformation suivant x

$$\Delta D(y, z_k) = \frac{\beta}{K^\beta} \int_{-\infty}^{+\infty} \langle \varepsilon(x, y, z_k) \rangle^{\beta-1} \langle \frac{d\varepsilon}{dx}(x, y, z_k) \rangle dx$$



$$\Delta D_{tridem} = \frac{1}{K^\beta} (\varepsilon_{t1}^\beta - \varepsilon_{ul12}^\beta + \varepsilon_{t2}^\beta - \varepsilon_{ul23}^\beta + \varepsilon_{t3}^\beta)$$

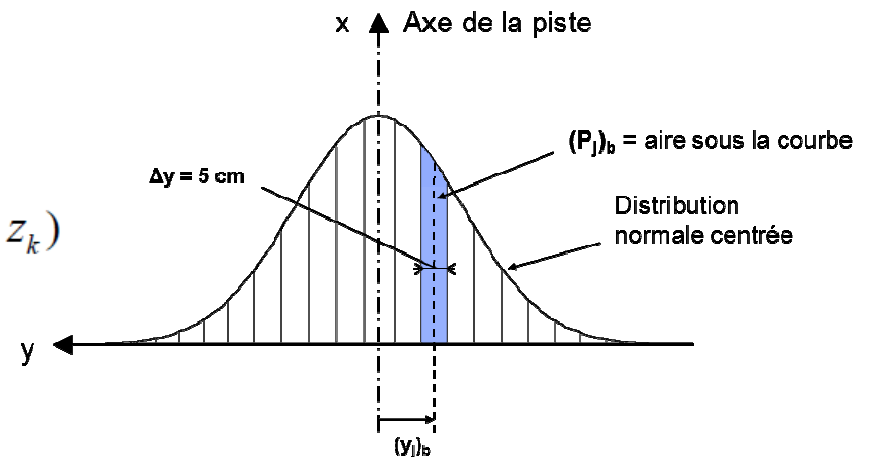


Principe de la démarche : calcul des endommagements

4/ Calcul des endommagements individuels avec prise en compte du balayage

- Loi normale centrée sur l'axe de la piste
- Pour chaque position $(y_j)_b$, coefficient de pondération P_j

$$\Delta D_{bal}(y_j, z_k) = \sum_{b=1}^{n_b} (P_j)_b \times \Delta D(y_j - (y_j)_b, z_k)$$

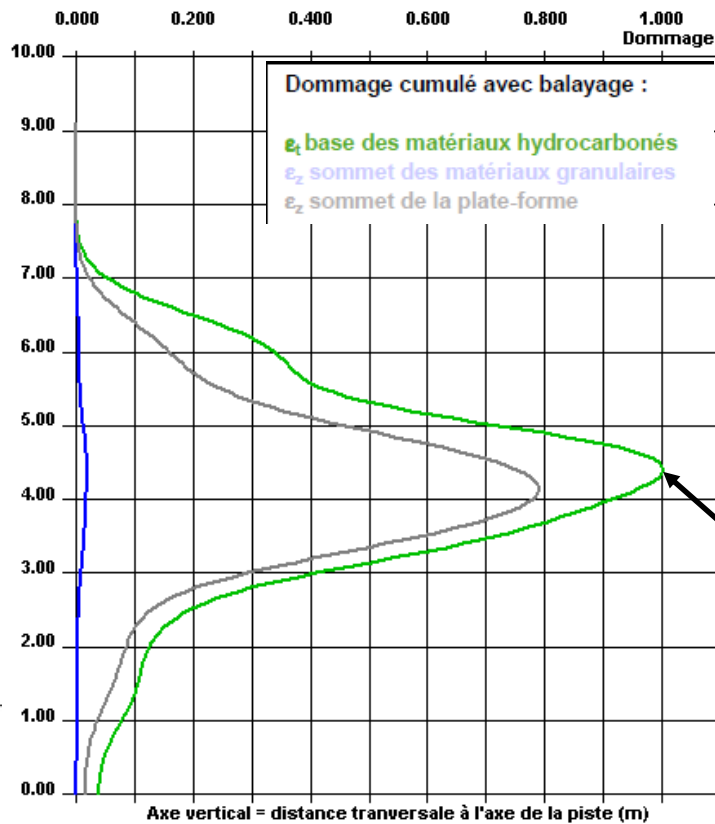


5/ Calcul des endommagements cumulés

$$D_{bal, cumulé}(y_j, z_k) = \sum_{aéronef} N_{aéronef} \Delta D_{bal, aéronef}(y_j, z_k)$$

Principe de la démarche : calculs itératifs

6/ Calculs itératifs, ajustement de l'épaisseur des couches de façon à :



- obtenir un dommage cumulé avec balayage inférieur ou égal à 1 pour tous les critères de dimensionnement
- tenir compte des contraintes technologiques liées aux matériaux

$D_{\text{bal,cumulé}} = 1$ à la base des matériaux hydrocarbonés

Merci de votre attention



STAC

Direction générale de l'Aviation civile - Service technique de l'Aviation civile

www.stac.aviation-civile.gouv.fr

