

la méthode acn-pcn

Guide pratique d'utilisation
de la méthode ACN-PCN

1988



LA METHODE
ACN-PCN
Guide pratique d'utilisation
de la méthode ACN-PCN
1988

S.T.B.A.

Service Technique
des Bases Aériennes
11 avenue de la Division Leclerc
94230 CACHAN
Tél : 47.40.04.08

Ce document a été réalisé par l'arrondissement
Génie Civil et Pistes du S.T.B.A.



SERVICE TECHNIQUE DES BASES AERIENNES

Copyright I.S.B.N. 2.11.085574.6

Impression : Atelier du S.T.B.A. - 11 avenue de la Division Leclerc - 94230 CACHAN

AVANT-PROPOS

En novembre 1981, l'O.A.C.I. (Organisation Internationale de l'Aviation Civile) propose à l'ensemble de ses Etats membres la méthode ACN-PCN comme système normalisé de communication des renseignements sur la résistance des chaussées aéronautiques.

Conçue par un groupe de travail international, cette méthode résulte d'une volonté de simplification et surtout de standardisation des normes d'accueil pour les avions sur le plan mondial. Elle réside en effet en une simple comparaison entre deux numéros de classification, l'un affecté aux chaussées (PCN : Pavement Classification Number), l'autre aux avions (ACN : Aircraft Classification Number).

Depuis quelques années, la méthode ACN-PCN se substitue progressivement au système français de publication des charges admissibles par atterrisseurs types [1]. Cependant, son application soulève de nombreux problèmes d'interprétation et d'emploi liés notamment à la complexité de l'adaptation de ce nouveau concept - fondé à l'origine sur les méthodes américaines de dimensionnement - aux méthodes françaises.

Le présent document, rédigé sous la forme d'un guide pratique, assorti de nombreux exemples, a pour ambition de clarifier et de rendre plus accessible le concept ACN-PCN.

Il marque en outre une évolution par rapport à l'Instruction sur le dimensionnement des chaussées d'aérodromes et la détermination des charges admissibles (1983) [1], dans l'introduction :

- . d'un nouveau calcul approché du PCN applicable aux chaussées souples, plus simple dans son principe et plus représentatif de la portance que le précédent;
- . d'un calcul approché du PCN applicable aux chaussées rigides;
- . de la notion de trafic de référence lié à la publication du PCN et nécessaire à l'emploi des procédures d'autorisation.

S O M M A I R E

	Page
DEFINITIONS	4
Chapitre 1	
LA METHODE ACN-PCN	9
1.1 La méthode ACN-PCN : une norme de l'O.A.C.I.	9
1.2 Principe général	13
Chapitre 2	
CALCUL DES ACN	15
2.1 Détermination théorique	16
2.2 Détermination pratique	16
2.2.1 <i>Tableau des ACN</i>	16
2.2.2 <i>Calcul de l'ACN d'un avion</i>	17
2.3 Exemples	19
Chapitre 3	
CACUL DES PCN	21
3.1 Principe	21
3.2 Codification des PCN	22
3.3 Calcul approché du PCN	23
3.3.1 <i>Chaussée souple</i>	23
3.3.2 <i>Chaussée rigide</i>	24
3.3.3 <i>Exemples</i>	28
3.4 Calcul optimisé du PCN	28
3.4.1 <i>Processus de calcul du PCN optimisé</i>	29
3.4.2 <i>Remarque</i>	31
3.4.3 <i>Exemples</i>	33
3.5 PCN publié par expérience	40

Chapitre 4	
PUBLICATION DES PCN	43
4.1 Autorité compétente pour la détermination et la publication des PCN	43
4.2 Choix du PCN à publier	44
4.2.1 <i>Mode d'évaluation du PCN</i>	44
4.2.2 <i>Gestion des aires aéronautiques</i>	47
 Chapitre 5	
APPLICATION DE LA METHODE ACN-PCN	49
5.1 - Données	49
5.1.1 - <i>PCN des chaussées</i>	49
5.1.2 - <i>Trafic de référence</i>	50
5.1.3 - <i>Caractérisation des chaussées</i>	50
5.2 - Admissibilité des avions	50
5.2.1 - <i>Pressions limites</i>	50
5.2.2 - <i>Charge admissible des avions</i>	50
5.2.3 - <i>Comparaison des ACN et de PCN</i>	51
5.3 - Procédure en cas de dépassement du PCN	51
5.4 - Exemples	54
 Annexes	
1 TABLEAU DES ACN CARACTERISTIQUES	59
2 CALCUL DE TRAFIC EQUIVALENT	67
3 COEFFICIENTS DE PONDERATION DES CHARGES REELLES	71
 Références bibliographiques	72

DEFINITIONS

ACN

Aircraft Classification Number

Nombre exprimant l'effet relatif d'un avion sur une chaussée pour une catégorie spécifiée de sol support.

La détermination des ACN obéit à un calcul normalisé imposé par l'O.A.C.I.

PCN

Pavement Classification Number

Nombre exprimant la force portante de la chaussée pour une exploitation sans restriction.

La détermination des PCN est laissée à l'appréciation de chaque Etat selon ses propres méthodes de dimensionnement.

PORTANCE

La portance (ou force portante ou résistance) d'une chaussée représente son aptitude à supporter les charges dues aux avions en garantissant l'intégrité de sa structure pendant sa durée de vie.

DUREE DE VIE

La durée de vie d'une chaussée est la période à la fin de laquelle la portance de la chaussée devient insuffisante pour que la chaussée puisse continuer à supporter sans risque le trafic. la durée de vie d'une chaussée neuve est de dix ans par convention (dans le cas des chaussées rigides d'aérodromes à fort trafic, une durée de vie de 10 à 20 ans peut être choisie pour fonder le dimensionnement).

CHARGES

- **Charge réelle P** : Charge effectivement appliquée par un mouvement d'avion à n mouvements par jour pendant 10 ans.
- **Charge réelle pondérée P'** : Charge réelle P pondérée selon la fonction de la chaussée étudiée (en règle générale, les coefficients de pondération des charges réelles sont pris égaux à 1,2 pour les aires de stationnement et à 1 pour les aires de manoeuvre (Annexe 3)).
- **Charge normale de calcul P"** : Charge à 10 mouvements par jour pendant 10 ans utilisée dans les formules et abaqués pour le calcul de dimensionnement des chaussées, associée à la charge P'.
- **Charge admissible Po** : Charge admissible associée à un atterrisseur donné pour une chaussée donnée selon les règles de dimensionnement pour le trafic normal (trafic constitué par dix mouvements par jour de l'avion produisant la charge normale de calcul pour une durée de vie normale).
- **Charge admissible déduite des publications Pa** : Charge maximale admissible à laquelle un atterrisseur peut être reçu sur une chaussée à 10 mouvements par jour pendant 10 ans.

Les charges définies ci-dessus désignent une charge sur un atterrisseur. Toutefois, certaines données sont fournies sous la forme de charge totale par avion. Afin d'éviter toute confusion, il est recommandé d'employer les notations suivantes :

type de charge	sur atterrisseur	totale
Charge réelle	P	Pt
Charge réelle pondérée	P'	P't
Charge normale de calcul ..	P"	P"t
Charge admissible	Po	Pto
Charge admissible déduite des publications	Pa	Pta

MASSÉS

Les masses des avions nécessaires à l'application de la méthode ACN-PCN résident dans :

- . la masse maximale au roulage M,
- . la masse à vide en ordre d'exploitation m.

La masse effective d'un avion est toujours comprise entre m et M.

DEFINITIONS

MOUVEMENTS

- **Mouvement réel** : Un mouvement réel d'avion représente un passage d'avion sur une chaussée par l'intermédiaire d'un atterrisseur réel lors d'une manoeuvre. De manière générale, un mouvement réel se réduit à un atterrissage ou un décollage. Ainsi, un aller et retour sur une aire de manoeuvre est assimilé à deux mouvements.

- **Mouvement équivalent** : Pour un avion (i) reçu sur une chaussée donnée, ni mouvements réels de la charge réelle pondérée P_i appliquée par l'atterrisseur peuvent être convertis en n_i mouvements de la charge admissible P_{oi} de l'atterrisseur. n_i est appelé nombre de mouvements équivalents de l'avion.

TRAFICS

- Le **trafic pris en compte** dans le dimensionnement représente le trafic (avions, masses, mouvements réels) ayant servi de base au dimensionnement de la chaussée.

- Le **trafic de référence** représente le trafic (avions significatifs, masses et nombre de mouvements réels) - admissible vis-à-vis de la chaussée - que supporte ou que devra supporter réellement la chaussée à la date où est établi le PCN.

- Le **trafic équivalent total** T' est la somme des mouvements équivalents des avions qui fréquentent la chaussée. Il représente le cumul des effets relatifs de chaque avion sur la chaussée.

AVION SIGNIFICATIF

Un avion est dit significatif si sa part de trafic équivalent n'/T' (rapport du nombre de mouvements équivalents de l'avion sur la somme des nombres de mouvements équivalents des avions composant le trafic) est supérieure à quelques pour cent.

Les différents trafics définis ci-avant ne prennent en compte que les avions significatifs, c'est-à-dire ceux dont l'effet relatif sur la chaussée est non négligeable.

PRESSION DE GONFLAGE DES PNEUMATIQUES

- q : Pression standard de gonflage des pneumatiques des atterrisseurs de l'avion considéré.

- q' : Pression réelle de gonflage des pneumatiques des atterrisseurs de l'avion.

- q_0 : Pression limite de gonflage des pneumatiques publiée pour la chaussée.

RSĒ

Roue Simple Equivalente à un atterrisseur : Charge sur une roue simple qui produit à une profondeur donnée de la chaussée les mêmes contraintes que l'atterrisseur considéré.

RSI

Charge sur une roue simple isolée gonflée à 0,6 MPa, caractéristique de la portance de la chaussée considérée.

Chapitre 1

LA METHODE ACN-PCN

1.1 LA METHODE ACN-PCN : UNE NORME DE L'O.A.C.I.

La méthode ACN-PCN, système international de publication des charges admissibles, constitue une norme élaborée et recommandée par l'O.A.C.I. dans le cadre des renseignements à déterminer et à communiquer sur la résistance des chaussées.

Elle est applicable à l'ensemble des Etats membres depuis novembre 1983 et l'adoption par un Etat d'un système de publication différent doit faire l'objet d'une notification dans l'annexe 14 à la convention relative à l'aviation civile internationale.

Elle est ainsi applicable en France, à la suite d'une étude de simulation menée par le S.T.B.A. qui a jugé satisfaisante la compatibilité entre les charges admissibles déduites de la méthode ACN-PCN - autrement dit de la méthode américaine de dimensionnement - et les charges admissibles déduites des abaques français de dimensionnement.

Les spécifications de l'O.A.C.I. [2] sur les renseignements à communiquer sur la résistance des chaussées résident dans les huit points suivants :

- 1 - La force portante d'une chaussée devra être déterminée.

2 - La force portante d'une chaussée destinée à des aéronefs dont la masse sur l'aire de trafic est supérieure à 5 700 Kg sera communiquée au moyen de la méthode ACN-PCN en indiquant tous les renseignements suivants :

- . numéro de classification de chaussée (PCN) arrondi à un chiffre entier;
- . type de chaussée considéré pour la détermination des numéros ACN-PCN;
- . catégorie du terrain de fondation;
- . pression maximale admissible des pneumatiques;
- . base d'évaluation.

3 - Le numéro de classification de chaussée (PCN) communiqué indiquera qu'un aéronef dont le numéro de classification (ACN) est inférieur ou égal à ce PCN peut utiliser la chaussée sous réserve de toute limite relative à la pression des pneumatiques.

4 - le numéro ACN d'un aéronef sera déterminé conformément aux procédures normalisées qui sont associées à la méthode ACN-PCN.

5 - Pour déterminer l'ACN, le comportement d'une chaussée sera classé comme équivalent à celui d'une construction rigide ou souple.

Remarque

Ainsi, les chaussées composites devront-elles être assimilées soit à une chaussée souple, soit à une chaussée rigide, selon l'importance de l'épaisseur de renforcement et le comportement face à l'application des charges.

6 - Les renseignements concernant le type de chaussée considéré pour la détermination des ACN et PCN, la résistance du terrain de fondation, la pression maximale admissible des pneumatiques et la base d'évaluation seront communiqués en utilisant les lettres de code spécifiées ci-après (Tableau 1 page 12).

Exemples

a . Si la portance d'une chaussée rigide reposant sur un sol support de résistance moyenne a, par évaluation technique, été fixée à PCN = 80 et compte tenu de l'absence de limite de pression des pneumatiques sur une structure rigide, les renseignements communiqués sont les suivants :

PCN = 80 R/B/W/T

b . Si la portance d'une chaussée composite, qui se comporte comme une chaussée souple et qui repose sur un sol support de résistance élevée, a été évaluée, en utilisant l'expérience acquise sur les avions, à PCN = 50, et si la pression maximale admissible des pneumatiques est de 1,00 MPa, les renseignements communiqués sont les suivants :

PCN = 50 F/A/Y/U

Note - construction composite

7 - **Recommandation** : Il est recommandé d'établir des critères pour réglementer l'utilisation d'une chaussée par un aéronef dont l'ACN est plus élevé que le PCN communiqué pour cette chaussée.

8 - La force portante d'une chaussée (chaussée traditionnelle dite "légère") destinée à des aéronefs dont la masse sur l'aire de trafic est inférieure ou égale à 5 700 Kg sera communiquée en indiquant les renseignements suivants :

- . masse maximale admissible de l'aéronef
- . pression maximale admissible des pneumatiques.

En France, les règles de dimensionnement des chaussées légères amènent à publier ces renseignements sous la forme suivante :

5 700 kg / 0,90 MPa.

1 LA METHODE ACN-PCN

Catégorie d'indications	lettre de code
<p>1 - TYPE DE CHAUSSEE</p> <p>souple</p> <p>rigide</p> <p>* si la construction est composite ou non normalisée, une note le précisant est ajoutée.</p>	<p>F</p> <p>R</p>
<p>2 - CATEGORIE DE RESISTANCE DU SOL SUPPORT</p> <p><u>Résistance élevée</u> caractérisée par $K = 150 \text{ MN/m}^3$ et représentant toutes les valeurs K supérieures à 120 MN/m^3 pour les chaussées rigides, ou par $\text{CBR} = 15$ et représentant toutes les valeurs CBR supérieures à 13 pour les chaussées souples.</p>	A
<p><u>Résistance moyenne</u> caractérisée par $K = 80 \text{ MN/m}^3$ et représentant une gamme de valeurs K de 60 à 120 MN/m^3 pour les chaussées rigides, ou par $\text{CBR} = 10$ et représentant une gamme de valeurs CBR de 8 à 13 pour les chaussées souples.</p>	B
<p><u>Résistance faible</u> caractérisée par $K = 40 \text{ MN/m}^3$ et représentant une gamme de valeurs de K de 25 à 60 MN/m^3 pour les chaussées rigides, ou par $\text{CBR} = 6$ et représentant une gamme de valeurs de CBR 4 à 8 pour les chaussées souples.</p>	C
<p><u>Résistance ultra-faible</u> caractérisée par $K = 20 \text{ MN/m}^3$ et représentant toutes les valeurs de K inférieures à 25 MN/m^3 pour les chaussées rigides, ou par $\text{CBR} = 3$ et représentant toutes les valeurs de CBR inférieures à 4 pour les chaussées souples.</p>	D
<p>3 - PRESSION MAXIMALE ADMISSIBLE DES PNEUMATIQUES</p> <p>Catégorie de pression des pneumatiques</p> <p><u>Elevée</u> (pas de limite de pression)</p> <p><u>Moyenne</u> (pression limitée à 1,50 MPa)</p> <p><u>Faible</u> (pression limitée à 1,00 Mpa)</p> <p><u>Très faible</u> (pression limitée à 0,50 MPa)</p>	<p>W</p> <p>X</p> <p>Y</p> <p>Z</p>
<p>4 - BASE D'EVALUATION</p> <p><u>Evaluation technique</u> : Etude spécifique des caractéristiques de la chaussée et utilisation de techniques d'études du comportement des chaussées.</p> <p><u>Evaluation faisant appel à l'expérience acquise sur les avions</u>: Connaissance du type et de la masse spécifique des avions utilisés régulièrement et que la chaussée supporte de façon satisfaisante.</p>	<p>T</p> <p>U</p>

- TABLEAU 1 -

1.2 PRINCIPE GENERAL

La méthode ACN-PCN, dont le mode et les conditions d'application sont spécifiés dans les huit points précédents, peut en résumé être régie par le principe général suivant :

Le PCN indique qu'un avion dont l'ACN est inférieur ou égal à ce PCN peut utiliser sans restriction la chaussée sous réserve de limitation due à la pression des pneumatiques.

De manière plus explicite, un avion peut utiliser sans restriction une chaussée si les deux conditions suivantes sont simultanément vérifiées :

- . l'ACN de l'avion, déterminé pour le type de chaussée et la catégorie de sol support publiés pour la chaussée, est inférieur ou égal au PCN de celle-ci,
- . la pression des pneumatiques de l'avion n'excède pas la pression maximale admissible publiée pour la chaussée.

Au cas où une (ou les deux) condition n'est pas respectée, l'avion peut éventuellement être admis sur autorisation particulière (Chapitre 5).



Chapitre 2

CALCUL DES ACN

La diversité des méthodes de dimensionnement des chaussées aéronautiques en vigueur dans les Etats membres a conduit l'O.A.C.I. à fixer une méthode de dimensionnement pour fonder et normaliser le calcul des ACN, en l'occurrence la méthode américaine.

Or cette méthode diffère sur plusieurs points de la méthode française qui ne peut pas être employée pour le calcul systématique des ACN.

Par conséquent, le calcul théorique n'est exposé ci-après que pour information, la détermination pratique devant seule être prise en compte pour le calcul de l'ACN d'un avion.

2.1 DETERMINATION THEORIQUE

L'ACN d'un avion se définit numériquement comme étant égal à deux fois la charge calculée sur roue simple (gonflée à la pression normalisée de 1,25 MPa) exprimée en milliers de kilos, équivalente à l'atterrisseur principal de l'avion considéré (gonflé à la pression standard q de ses pneumatiques).

L'ACN est un nombre sans dimension, le facteur 2 ayant été choisi pour procurer une gamme de valeurs comprises entre 0 et 100 pour la grande majorité des avions existants.

Le mode de calcul de l'ACN consiste à rechercher la charge sur roue simple gonflée à 1,25 MPa qui exerce à une certaine profondeur de la chaussée la même contrainte que l'atterrisseur de l'avion, gonflé à la pression standard q de ses pneumatiques. Ce calcul obéit aux deux étapes - régies par la méthode américaine de dimensionnement - suivantes :

- . recherche de l'épaisseur de chaussée nécessaire pour supporter l'atterrisseur à la pression q ;
- . puis détermination de la charge sur roue simple gonflée à 1,25 MPa correspondant à cette épaisseur.

La valeur de la RSE ainsi calculée est utilisée sans autre référence à l'épaisseur et l'ACN obtenu est associé à la pression q .

De manière pratique, le calcul de l'ACN est généré par deux programmes informatiques pour chaussée souple et chaussée rigide, établis sur la base de la méthode américaine de dimensionnement. Ces programmes sont publiés dans le Manuel de conception des aérodromes, 3ème partie, chaussées - O.A.C.I. [3].

2.2 DETERMINATION PRATIQUE

2.2.1 Tableau des ACN

Les ACN des principaux avions existants ont été calculés et publiés par l'O.A.C.I.. Ils sont fournis pour chaque type de chaussée sur la base des quatre catégories de résistance de sol support (Tableau 1 page 12), pour la pression standard q de gonflage des pneumatiques de chaque avion et pour deux masses caractéristiques : la masse maximale au roulage et la masse à vide en ordre d'exploitation. Est en outre indiquée la répartition de la charge (en %) sur l'atterrisseur principal.

L'ensemble de ces données est répertorié en Annexe 1 (Tableau des ACN caractéristiques) pour les 94 avions qui peuvent être rencontrés sur les aérodromes français à la date de publication de cet ouvrage.

Exemple

Les ACN "caractéristiques" de l'A300 B2 sont visualisés de la manière suivante :

Type d'avions	Masses (kg)		Vs (%)	q (MPa)	ACN							
	maximale M	minimale m			chaussée souple				chaussée rigide			
					A	B	C	D	A	B	C	D
A300 B2	142 000	85 690	46,5	1,23	40	45	55	70	37	44	52	60
					21	23	26	35	19	22	26	30

Valeurs des ACN caractéristiques pour une chaussée souple (code F) et pour une catégorie de résistance du sol support élevée (code A)

Pression standard des pneumatiques q (MPa)

Pourcentage de répartition de la charge totale sur sur l'atterrisseur principal Vs (%)

Masse à vide en ordre d'exploitation m (kg)

Masse maximale au roulage M (kg)

Pour calculer l'ACN pour toute masse comprise entre les deux valeurs caractéristiques m et M, il est admis que l'ACN varie linéairement entre ces deux masses.

2.2.2 Calcul de l'ACN d'un avion

Soit un avion de masse réelle totale M_t et de pression réelle des pneumatiques q' fréquentant une chaussée pour laquelle un PCN est publié.

Le tableau des ACN "caractéristiques" fournit pour l'avion, selon le type de chaussée et la catégorie de sol support indiqués dans la publication du PCN, les données suivantes :

- . ACN max. : ACN correspondant à la masse maximale au roulage M ,
- . ACN min. : ACN correspondant à la masse à vide en ordre d'exploitation m ,
- . q : pression standard de gonflage des pneumatiques.

Le calcul de l'ACN procède alors d'une simple interpolation :

$$\text{ACN} = \text{ACN min.} + (\text{ACN max.} - \text{ACN min.}) \times \frac{M_t - m}{M - m} \quad (1)$$

Toutefois si la pression effective de gonflage des pneumatiques q' diffère sensiblement de la pression standard q ($q' - q > 0,1$ MPa), une correction doit être réalisée selon les indications suivantes :

2 CALCUL DES ACN

a - Chaussées souples

La formule suivante est appliquée :

$$\text{ACN corrigé} = \text{ACN} \times \frac{\frac{1}{0,5695 \text{ CBR}} - \frac{1}{32,035 q'}}{\frac{1}{0,5695 \text{ CBR}} - \frac{1}{32,035 q}} \quad (2)$$

ACN : Valeur calculée avec la pression standard q (relation 1).

b - Chaussées rigides

l'abaque ci-après est utilisé :

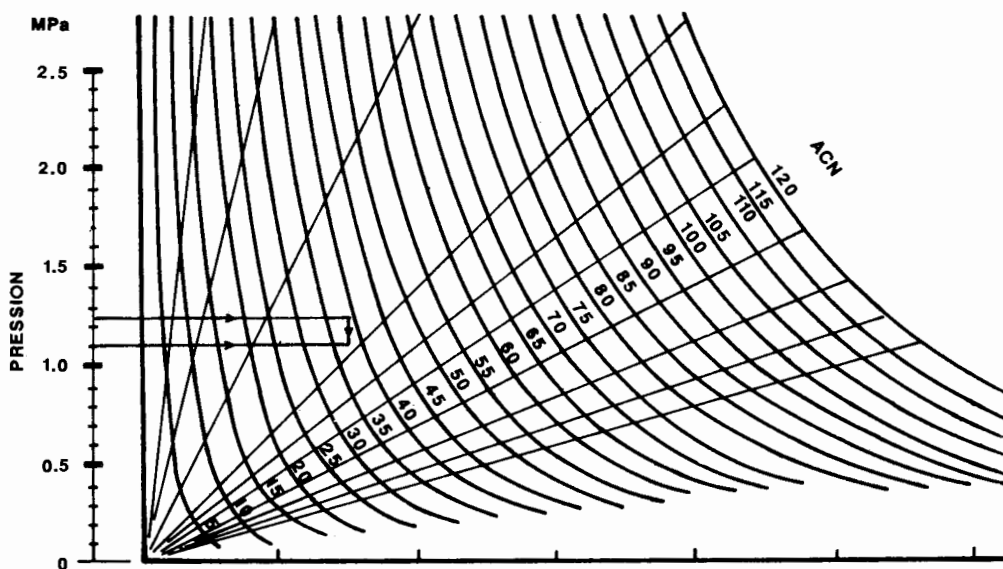


FIGURE 1 : Correction des ACN en fonction de la pression réelle q' de gonflage des pneumatiques sur chaussée rigide.

2.3 EXEMPLES

Exemple 1

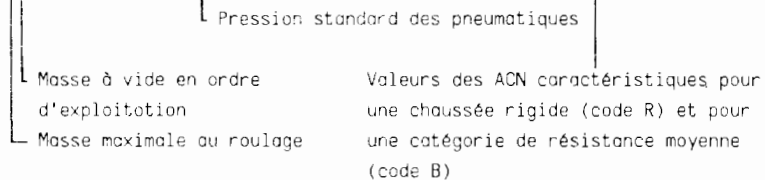
Un avion de type A300 B2 est prévu à une masse réelle de 130 tonnes pour une pression effective de gonflage des pneumatiques q' de 1,1 MPa sur une piste pour laquelle les renseignements sont communiqués par PCN = 45 R/B/W/T.

Cette publication permet de caractériser la chaussée :

- CODE R : chaussée rigide
- CODE B : catégorie de résistance du sol support "moyenne"
- CODE W : pas de limite de pression des pneumatiques
- CODE T : évaluation technique du PCN

Le tableau des ACN "caractéristiques" fournit (chaussée rigide, catégorie B de résistance du sol support) pour l'avion les données suivantes :

Type d'avion	Messes (kg)			ACN							
	maximale M	Vs	q	chaussée souple				chaussée rigide			
	minimale m	(%)	(MPa)	A	B	C	D	A	B	C	D
A300 B2	142 000	46,5	1,23	40	45	55	70	37	44	52	60
	85 690			21	23	26	35	19	22	26	30



- ACN max. = 44
- ACN min. = 22
- Masse maximale au roulage : M = 142 000 kg
- Masse à vide en ordre d'exploitation : m = 85 690 kg
- Pression standard des pneumatiques : q = 1,23 MPa

L'ACN de l'avion pour la pression standard de gonflage des pneumatiques à sa masse réelle se déduit de la relation (1) :

$$ACN = 22 + (44 - 22) \times \frac{130\ 000 - 85\ 690}{142\ 000 - 85\ 690} \approx 39$$

Les pressions réelles et standard de gonflage des pneumatiques diffèrent sensiblement (q' = 1,10 MPa, q = 1,23 MPa). Il convient de procéder à une correction de l'ACN suivant l'abaque correspondant (exemple sur la figure 1 page 18):

$$ACN\ corrigé = 37$$

L'ACN de l'avion (37) est inférieur au PCN de la piste (45). L'avion peut donc être admis sans restriction.

2 CALCUL DES ACN

Exemple 2

Un avion de type B747-100B est prévu à une masse réelle de 310 tonnes pour une pression réelle de gonflage des pneumatiques q' de 1,60 MPa sur une piste pour laquelle est publié un PCN égal à 48 F/C/W/T.

Il s'agit d'une piste souple (code F) reposant sur un sol support de résistance faible (code C) pour laquelle aucune limite de pression de gonflage des pneumatiques n'est imposée (code W). Enfin la détermination du PCN se déduit d'une évaluation technique (code T).

Le tableau des ACN "caractéristiques" donne pour le B747-100B les indications suivantes :

Type d'avion	Masses (kg)			ACN							
	maximale M	Vs (%)	q (MPa)	chaussée souple				chaussée rigide			
	minimale m			A	B	C	D	A	B	C	D
B747-100B	334 749	23,1	1,56	46	50	60	80	43	50	59	68
	173 036			20	21	24	31	19	21	24	28

— Masse à vide en ordre d'exploitation
— Masse maximale au roulage

— Valeurs des ACN caractéristiques pour une chaussée souple (code F) et pour une catégorie de résistance du sol support faible (code C)

L'ACN de l'avion à sa masse réelle (310 000 kg) pour la pression standard de gonflage des pneumatiques ($q = 1,56$ MPa) s'obtient par application de la relation (1) :

$$ACN = 24 + (60-24) \times \frac{310\ 000-173\ 036}{334\ 749-173\ 036} = 54,5 \text{ arrondi à } 54$$

La différence entre la pression réelle q' (1,60 MPa) et la pression standard q (1,56 MPa) de gonflage des pneumatiques est égale à 0,04 MPa et apparaît donc négligeable. Une correction de l'ACN en fonction de la pression n'est pas requise et l'ACN de l'avion est finalement égal à 54.

Cette valeur de l'ACN est supérieure au PCN de la piste (48); l'avion ne peut donc pas être admis sans restriction et une étude particulière doit être menée au niveau de l'autorité aéroportuaire pour juger de l'octroi d'une éventuelle autorisation (Chapitre 5).

Chapitre 3

CALCUL DES PCN

3.1 PRINCIPE

La finalité de la publication des PCN en remplacement des charges par atterrisseurs types est de fournir des charges admissibles déduites du PCN les plus voisines de celles résultant de la méthode française de dimensionnement.

Dans ces conditions, l'admissibilité des avions et l'octroi des autorisations ne doivent pas différer lors du passage de la méthode par atterrisseurs types à la méthode ACN-PCN.

Le respect de ces objectifs impose la connaissance, avec la meilleure précision possible, des caractéristiques du sol support et de la chaussée :

- . CBR du sol support, épaisseur équivalente totale pour les chaussées souples;
- . module de réaction corrigé du sol support, ou module de réaction de la fondation, épaisseur réelle de la dalle de béton, contrainte admissible de traction par flexion du béton pour les chaussées rigides.

Le calcul du PCN peut alors être effectué pour les deux types de chaussée de deux manières :

3 CALCUL DES PCN

1 - Calcul approché

Le PCN est déterminé sur la base des caractéristiques de la chaussée sans référence au trafic. Il constitue un PCN caractéristique de la portance de la chaussée, et il peut être retenu pour la publication des charges admissibles en l'absence de données de trafic.

2 - Calcul optimisé

La détermination du PCN prend en compte à la fois les caractéristiques de la chaussée et le trafic pour lequel la chaussée est destinée. Ce calcul, par la prise en compte des effets relatifs de chaque type d'avion, s'accorde mieux que le calcul approché au principe même du concept ACN-PCN. Ce mode de détermination du PCN est donc requis lorsque les données de trafic sont connues.

Compte tenu des incertitudes couramment admises sur les données, l'erreur relative sur le PCN atteint généralement 10 % pour les chaussées souples et 5 % pour les chaussées rigides. Aussi, le dépassement d'un PCN par l'ACN d'un avion ne devient-il significatif qu'au delà de ces valeurs respectives. Ceci explique la relative tolérance des règles d'octroi des autorisations dans la limite de ces valeurs. De même est-il illusoire de spécifier des valeurs non entières de PCN. Les PCN, pour être publiés, seront donc systématiquement arrondis au nombre entier.

3.2 CODIFICATION DES PCN

Les quatre lettres de code associées au numéro PCN sont déterminées conformément au tableau 1 page 13 :

Type de chaussée

F pour une chaussée souple
R pour une chaussée rigide

Catégorie de résistance du sol support

Le tableau 1 (page 12) permet immédiatement de déterminer la catégorie correspondant au CBR ou au module de réaction K du sol de fondation.

Le problème ne se pose que pour CBR = 8 ou pour K = 60 MN/m³ justifiables aussi bien de la catégorie B que de la catégorie C. Une appréciation doit être faite au cas par cas (paragraphe 3.4.3, Exemple 2 page 36).

Pression maximale de gonflage des pneumatiques

Le code W (pas de limitation de pression) est en général adopté. Les autres codes, qui limitent la pression ne sont retenus que lorsqu'il existe un risque démontré pour la couche de roulement de la chaussée.

Méthode d'évaluation

Le choix de la lettre (T ou U) ressort des directives du chapitre 4 (Publication des PCN).

3.3 CALCUL APPROCHE DU PCN

Ce calcul est applicable aux chaussées souples et rigides et ne fait pas intervenir le trafic. Il exige la détermination de la RSI (Roue Simple Isolée gonflée à 0,6 MPa) en qualité de valeur caractéristique de la portance de la chaussée.

3.3.1 Chaussée souple

Sur la base des caractéristiques de la chaussée (épaisseur équivalente e, CBR du sol support), le calcul de la RSI utilise la formule CBR du Corps of Engineers :

$$RSI = \frac{e^2}{1000 \left(4,231 - 5,013 \times \log(CBR/0,6) + 2,426 \times (\log(CBR/0,6))^2 - 0,473 \times (\log(CBR/0,6))^3 \right)^{2,12}} \quad (3)$$

e : en cm
RSI : en tonnes
log : logarithme décimal

L'abaque "atterrisseur type à roue simple" pour chaussée souple (abaque S1 page 26), établi d'après la même formule, permet une lecture directe, mais approximative, de la RSI.

Le PCN se définit alors comme le produit de la RSI par un coefficient fonction du CBR et la catégorie de résistance du sol support associée :

$$PCN = H(CBR) \times RSI$$

RSI en tonnes

L'abaque ci-après fournit les valeurs du coefficient H (CBR) appropriées :

3 CALCUL DES PCN

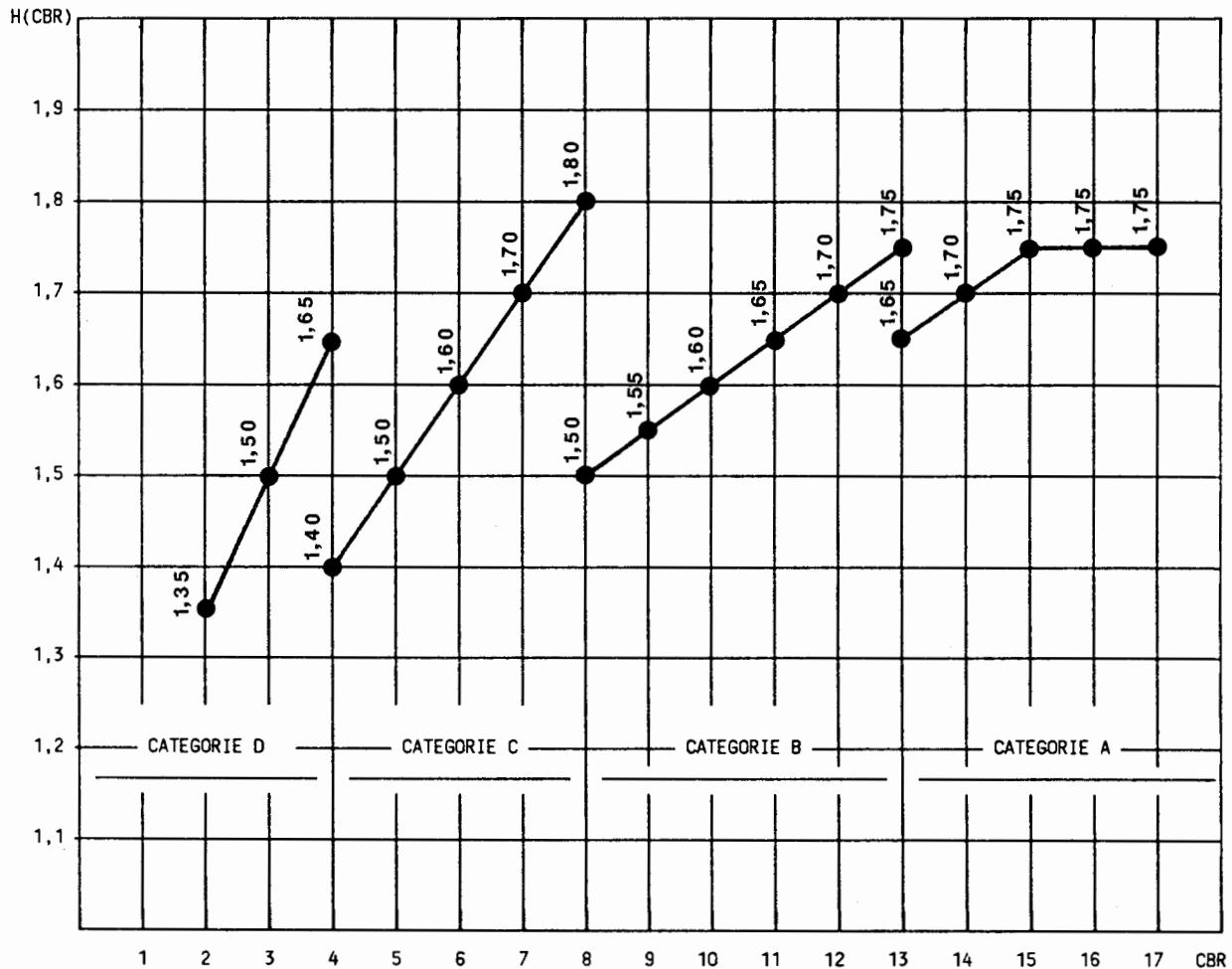


FIGURE 2 : Valeurs du coefficient H(CBR) pour le calcul du PCN approché sur chaussées souples

3.3.2 Chaussée rigide

Le calcul de la RSI pour chaussée rigide est régi par un programme informatique fondé sur la méthode de la Portland Cement Association avec les hypothèses de Westergaard.

Ce programme informatique a été adapté par le S.T.B.A. pour réaliser le tracé d'abaques qui permettent un calcul manuel de dimensionnement.

Ainsi, les trois abaques "atterrisseur type à roue simple isolée" fournis ci-après (R1, R2, R3 pages 26 et 27), permettent le calcul approximatif de la RSI selon trois gammes de charges.

Le PCN se définit alors comme le produit de la RSI par un coefficient fonction du module de réaction K de la fondation et de la catégorie de résistance du sol support associée :

$$PCN = G(K) \times RSI \quad RSI \text{ en tonnes, } K \text{ en } MN/m^3$$

L'abaque ci-après fournit les valeurs du coefficient G(K) appropriées :

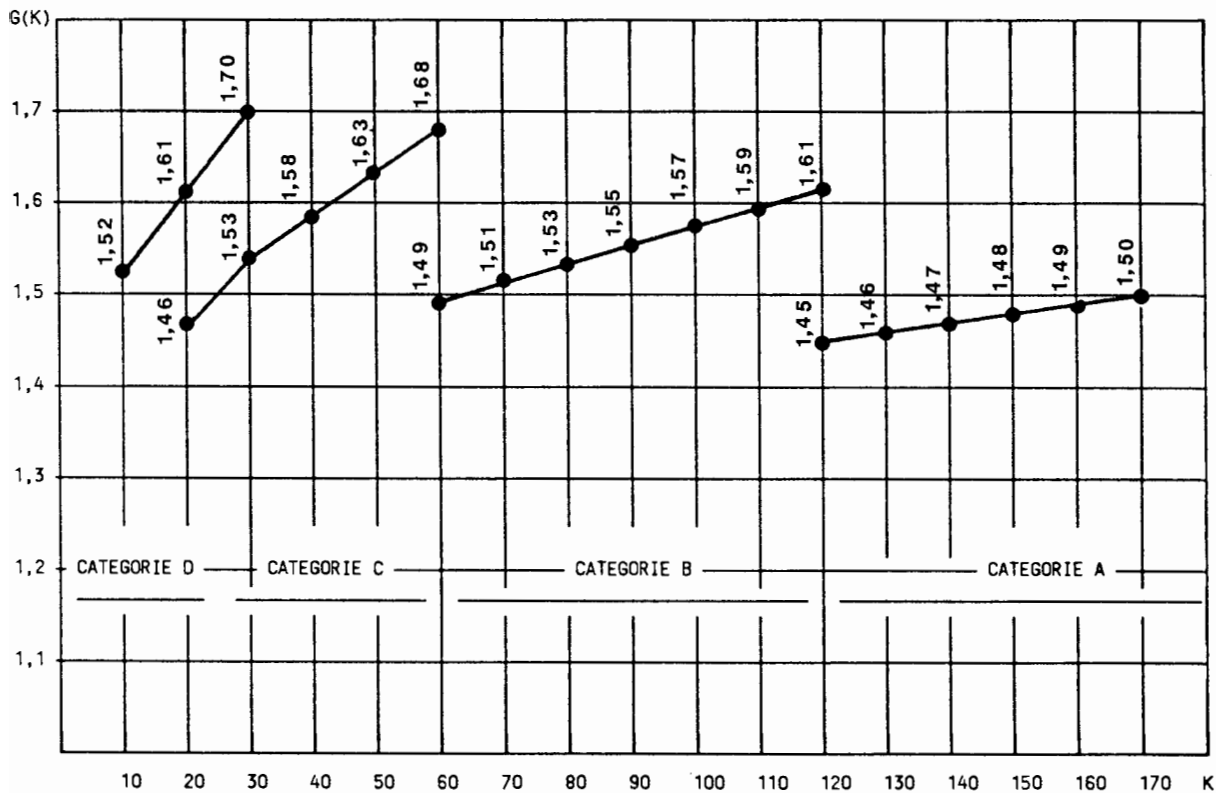


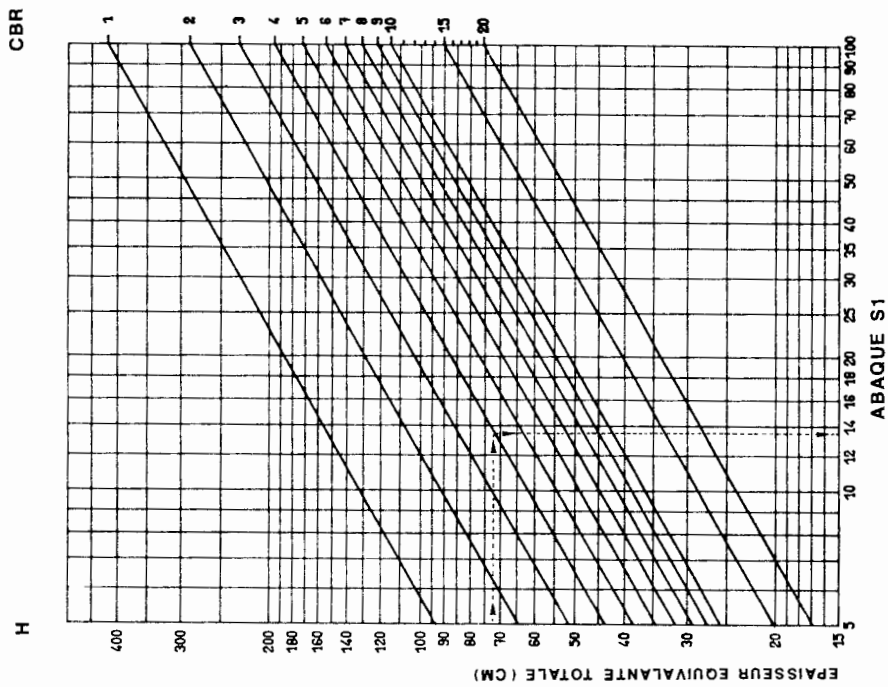
FIGURE 3 : Valeurs du coefficient G(K) pour le calcul du PCN approché sur chaussées rigides

Remarques importantes

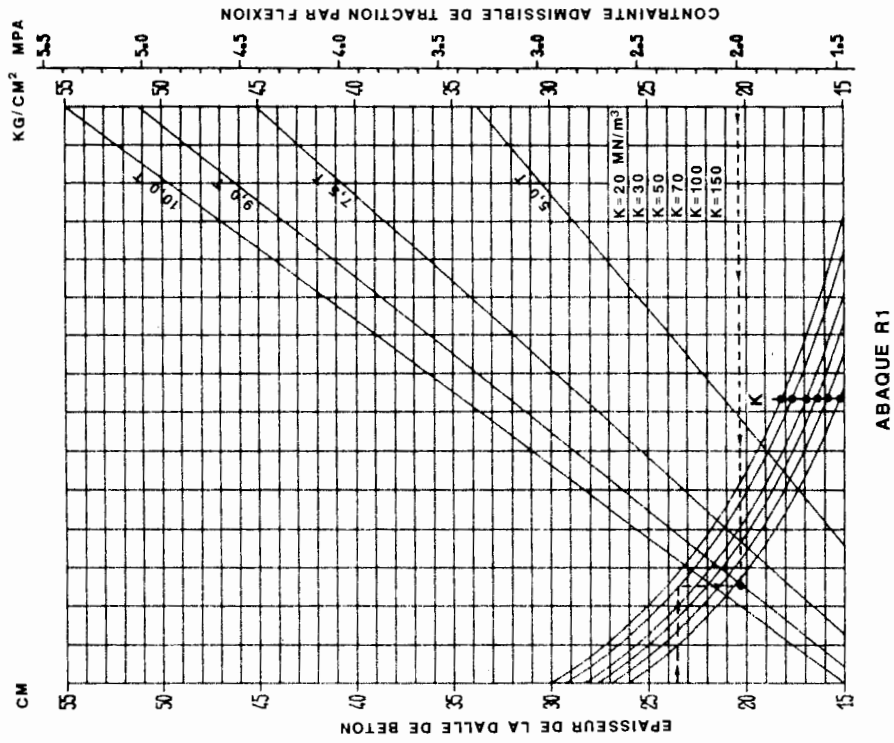
- . Si la chaussée étudiée est justifiable d'un coefficient de pondération des charges réelles CF dépendant de la fonction de cette chaussée, le PCN obtenu aux étapes précédentes est divisé par CF.
- . Les valeurs de PCN obtenues, bien qu'"approchées", caractérisent la portance réelle et expriment une bonne connaissance de la chaussée. Elles doivent être publiées avec la lettre de code T.

ATTERRISSEUR TYPE A ROUE SIMPLE ISOLEE

CHAUSSEE SOUPLE



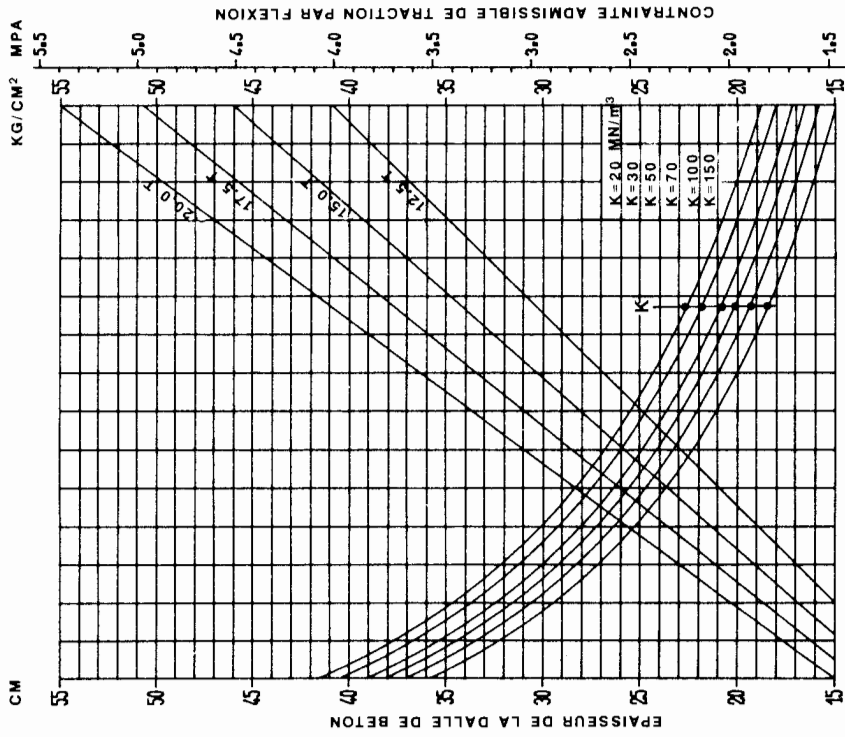
CHAUSSEE RIGIDE
CHARGES INFERIEURES A 10 TONNES



ATTERRISEUR TYPE A ROUE SIMPLE ISOLEE

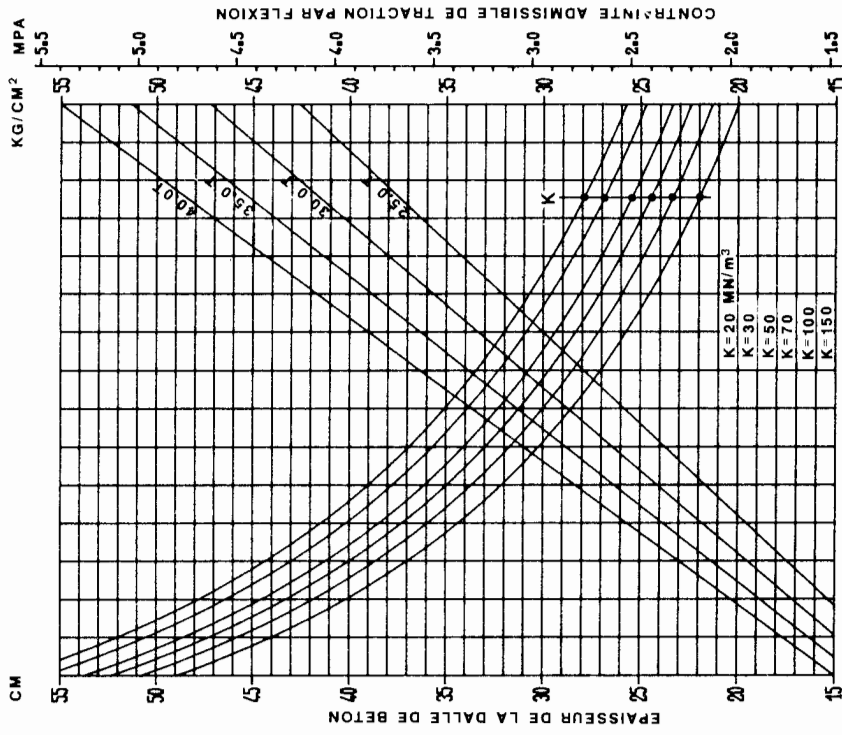
CHAUSSEE RIGIDE

CHARGES COMPRISES ENTRE 10 ET 25 TONNES



CHAUSSEE RIGIDE

CHARGES SUPERIEURES A 25 TONNES



ABAQUE R2

ABAQUE R3

3 CALCUL DES PCN

3.3.3 Exemples

Exemple 1

Une chaussée souple sur laquelle aucune donnée de trafic n'existe, est caractérisée par une épaisseur équivalente de 55 cm et un CBR de 8. Aucune limite de pression des pneumatiques n'est prescrite.

La formule CBR (relation 3) et l'abaque correspondant (S1), utilisés sur la base des caractéristiques de la chaussée, fournissent des valeurs de la RSI respectivement de 18,94 tonnes et de 18 tonnes. La valeur de 18,94 tonnes, plus précise, est retenue pour caractériser la RSI.

Le coefficient H (CBR) est égal à 1,80 pour la catégorie C de résistance du sol support et à 1,50 pour la catégorie B. Les deux valeurs de PCN obtenues sont donc les suivantes :

Catégorie C : $PCN = 18,94 \times 1,80 = 34$
valeur publiable : PCN = 34 F/C/W/T
Catégorie B : $PCN = 18,94 \times 1,50 = 28$
valeur publiable : PCN = 28 F/B/W/T

Exemple 2

Une aire de stationnement en structure rigide, pour laquelle aucune donnée de trafic ne peut être fournie, est caractérisée par une épaisseur de la dalle de béton de 33 cm, une contrainte de traction par flexion du béton de 2,80 MPa et un module de réaction du sol support de 70 MN/m³. Aucune limite de pression des pneumatiques n'est prescrite. La chaussée est justifiable d'un coefficient de pondération des charges CF de 1,2.

L'abaque "roue simple isolée" approprié pour chaussée rigide (R3 page 27) fournit d'après les caractéristiques de la chaussée une charge RSI de 30 tonnes.

Le coefficient G (K) est égal à 1,51 pour la catégorie B de résistance du terrain de fondation.

La chaussée étant justifiable d'un coefficient de pondération CF de 1,2 la valeur de PCN obtenue est la suivante :

$$PCN = 30 \times 1,51/1,2 = 38$$

soit une valeur publiable : PCN = 38 R/B/W/T.

3.4 CALCUL OPTIMISÉ DU PCN

Sur une chaussée donnée, les différents avions qui composent le trafic sont admissibles au sens de la méthode française à des charges différentes auxquelles correspond la

même RSE (roue simple équivalente) à une pression donnée.

Mais compte tenu des différences existant entre la méthode adoptée par l'O.A.C.I. et la méthode française pour le calcul des RSE, ces avions n'ont pas rigoureusement la même RSE à 1,25 MPa au sens de la méthode O.A.C.I. et par conséquent pas le même ACN.

La méthode optimisée a pour objectif de déterminer un PCN égal à une moyenne pondérée de ces ACN, la pondération tenant compte de la part de trafic équivalent de chaque avion.

Le PCN qui résulte de cette méthode de calcul est mieux adapté au trafic réel reçu par la chaussée que le PCN issu du calcul approché. En général, les deux méthodes donnent des résultats voisins.

3.4.1 Processus de calcul du PCN optimisé

a - Recensement des données

- . Coefficient de pondération CF des charges réelles fonction de la chaussée étudiée;
- . pour les chaussées souples, CBR du sol support et épaisseur équivalente e de la chaussée;
- . pour les chaussées rigides, module de réaction K corrigé du sol support, épaisseur h de la dalle de béton, contrainte admissible de traction par flexion du béton.

b - Recensement du trafic

Seuls les avions produisant un effet significatif (voir Définitions) sur la chaussée sont pris en compte.

Le trafic choisi pourra être soit le trafic ayant servi de base au dimensionnement pour une chaussée neuve, soit le trafic "in situ" ou prévu à plus ou moins court terme pour une chaussée existante. Ce trafic constituera ensuite le trafic de référence nécessaire à l'application des procédures d'autorisation.

c - Calcul du trafic équivalent

Le mode de calcul du trafic équivalent total est explicité en Annexe 2 (Calcul de trafic équivalent).

D'une part, ce calcul permet de vérifier l'admissibilité du trafic de référence choisi vis-à-vis des règles de dimensionnement et de la politique de gestion de l'aérodrome. A titre indicatif la valeur de référence pour la méthode française de dimensionnement est de 10 mouvements par jour pour une durée de vie normale de 10 ans, soit au total 36 500 mouvements équivalents.

3 CALCUL DES PCN

D'autre part, en utilisant les désignations suivantes :

- T' : nombre de mouvements ou trafic équivalent total,
- n'i : nombre des mouvements équivalents ou trafic équivalent de l'avion (i),
- N : nombre total d'avions considérés,

peuvent être exprimées les relations :

$$T' = \sum_{i:1 \rightarrow N} n'i \quad \text{ou} \quad \sum_{i:1 \rightarrow N} n'i/T' = 1$$

La fraction $n'i/T'$ notée $t'i$ est le trafic équivalent relatif de chaque avion et représente sa part dans le trafic équivalent total.

d - Calcul des charges admissibles Poi de chaque avion et pondération éventuelle

Le calcul des charges admissibles Poi est déjà réalisé dans le calcul du trafic équivalent total (Annexe 2).

Si la chaussée est justifiable d'un coefficient de pondération des charges CF, la charge à prendre en compte dans la suite des calculs est Poi/CF.

e - Calcul de l'ACNi correspondant à la charge Poi ou Poi/CF de chaque avion (1)

. Choix de la catégorie de résistance du sol support

Conformément à la codification de l'O.A.C.I. la catégorie est déterminée comme suit (Tableau 1 page 13):

Catégorie	A	B	C	D
chaussées souples CBR	13 < CBR	8 ≤ CBR ≤ 13	4 ≤ CBR ≤ 8	CBR < 4
chaussées rigides K (MN/m ³)	120 < K	60 ≤ K ≤ 120	25 ≤ K ≤ 60	K < 25

. Calcul de l'ACNi

L'ACN pour la charge Poi (ou Poi/CF) considérée a pour expression :

$$ACNi = ACNi \text{ min.} + (ACNi \text{ max.} - ACNi \text{ min.}) \times \frac{P_{toi} - m_i}{M_i - m_i}$$

P_{toi}: charge totale admissible, égale à P_{oi}/p_i
 (ou P_{oi}/CF/p_i)
 p_i : pourcentage de répartition de la charge totale
 sur l'atterrisseur principal
 M_i : masse maximale au roulage
 m_i : masse à vide en ordre d'exploitation
 ACN_i max. : ACN correspondant à M_i
 ACN_i min. : ACN correspondant à m_i
 (Annexe 1 : tableau des ACN caractéristiques).

f - Calcul final du PCN

Le PCN est donné par la relation suivante :

$$PCN = ACN_1 \cdot t'_1 + ACN_2 \cdot t'_2 + \dots + ACN_n \cdot t'_n$$

Ce PCN traduit une bonne connaissance des caractéristiques de la chaussée et reflète sa portance réelle. Il doit donc être publié avec la lettre de code T.

3.4.2 Remarque

La détermination théorique du PCN d'une chaussée prend en compte ou renseigne sur la charge admissible à laquelle les avions peuvent être acceptés sur la chaussée à raison de 10 mouvements par jour pendant 10 ans.

Mais dans la pratique, le PCN est comparé aux ACN des avions dont la détermination tient compte de leur charge réelle. Or pour les avions significatifs pris en compte dans le trafic de référence, leur nombre réel de mouvements est en général inférieur à 10 mouvements par jour et leur charge réelle est le plus souvent supérieure à leur charge admissible.

Ainsi, certains avions peuvent être en dépassement apparent bien que la chaussée soit correctement dimensionnée pour les recevoir aux fréquences prévues pendant sa durée de vie.

Cette situation, pénalisante pour certains avions fréquentant régulièrement la chaussée, peut être résolue, sous réserve de précautions d'emploi, en envisageant la solution suivante :

- 1 - Est pris en compte le trafic réel total de référence en nombre de mouvements des avions significatifs.
- 2 - Les ACN des avions significatifs sont calculés sur la base de leur charge réelle.
- 3 - la valeur maximale des ACN obtenue est divisée par 1,1 pour les chaussées souples et par 1,05 pour les chaussées rigides.

3 CALCUL DES PCN

4 - Le résultat obtenu est pris comme PCN de la chaussée (sauf si le PCN résultant du calcul optimisé lui est supérieur).

De cette manière, tous les avions pris en compte dans le trafic de référence sont tels que leur ACN est inférieur ou égal à 1,1 PCN pour les chaussées souples et à 1,05 PCN pour les chaussées rigides.

Il convient de bien considérer les dangers inhérents à la publication d'un tel PCN :

Si elle minimise les contraintes opérationnelles pour les avions contraignants contenus dans le trafic de référence, elle accepte selon le principe de la méthode ACN-PCN la venue sans restriction de tout avion nouveau dont l'ACN est inférieur au PCN retenu et supérieur au PCN résultant du calcul optimisé.

Elle accepte également toute augmentation du trafic des avions contraignants contenus dans le trafic de référence (sous réserve du respect de la règle des 5 % : voir paragraphe 5.3).

Elle peut ainsi conduire la chaussée à supporter un trafic pour lequel elle est sous dimensionnée, avec tous les risques que peut induire une telle situation, en particulier pour les avions.

En toute rigueur et dans un souci de sécurité pour les avions, publier un tel PCN exige de vérifier à chaque modification ou augmentation du trafic de référence, l'admissibilité du trafic total obtenu.

Recourir à une telle publication est par conséquent vivement déconseillé. Dans l'éventualité où cette solution était toutefois choisie, le PCN issu de la remarque 3.4.2 doit impérativement être publié avec la lettre de code U.

3.4.3 Exemples

Exemple 1

Recherche de la valeur du PCN publiable pour une piste souple récemment auscultée, pourvue d'une chaussée de 71 cm d'épaisseur équivalente et reposant sur un sol support d'indice CBR 7. Aucune limite de pression des pneumatiques n'est préconisée.

Une prévision de trafic établie à moyen terme fournit les nombres annuels de mouvements des avions suivants :

Avions	nombre annuel de mouvements	charge réelle totale Pti (tonnes)
A300 B2	1 550	120
B727-200 standard	930	70
B747-200 B/C/F	350	280
Caravelle 12	2070	50
Mercure	1 900	52

La connaissance du trafic permet de procéder à un calcul optimisé du PCN, selon le processus développé au paragraphe 3.4.1 :

a - Recensement des données

En l'absence de prescription particulière, le coefficient de pondération des charges CF est pris égal à 1.

Les caractéristiques de la chaussée sont les suivantes :

- . épaisseur équivalente : 71 cm
- . indice CBR du sol support : 7

b - Recensement du trafic

Le trafic est fourni dans les données en nombre annuel de mouvements.

c - Calcul du trafic équivalent

Le processus de calcul indiqué en Annexe 2 est utilisé en raisonnant sur des nombres de mouvements annuels, les charges étant exprimées en tonnes :

Avions	P	Vs *	P	P'	Po	P'/Po	CP	n	n'
A300 B2	120	46,5	55,80	55,80	58,45	0,95	0,55	1550	852,5
B727-200	70	46,2	32,34	32,34	33,72	0,96	0,62	930	576,6
B747-200	280	22,7	63,56	63,56	67,04	0,95	0,55	350	192,5
Car. 12	50	46,0	23,00	23,00	38,87	0,59	0,01	2070	20,7
Mercure	52	46,5	24,18	24,18	31,71	0,76	0,06	1900	114,0
trafic équivalent total T'									1756,3

(*) Vs : pourcentage de répartition de la charge sur l'atterrisseur principal

3 CALCUL DES PCN

Le trafic prévu est admissible si la valeur du trafic équivalent total n'excède pas 10 mouvements équivalents par jour sur 10 ans, soit 3 650 mouvements équivalents pour une année. Dans le cas présent, T' est égal à 1 756,3 mouvements équivalents; le trafic est donc admissible.

Déterminons le trafic équivalent relatif de chaque avion, exprimé par $t' = n'/T'$:

A300 B2	: $t' = 852,5/1756,3 = 0,4854$	soit 48,54 %
B727-200	: $t' = 576,6/1756,3 = 0,3283$	soit 32,83 %
B747-200	: $t' = 192,5/1756,3 = 0,1096$	soit 10,96 %
Caravelle 12	: $t' = 20,7/1756,3 = 0,0118$	soit 1,18 %
Mercure	: $t' = 114,0/1756,3 = 0,0649$	soit 6,49 %

Un avion est dit significatif si sa part de trafic équivalent t' est supérieure à quelques pour cent. La Caravelle 12 peut donc être qualifiée d'avion non significatif.

Le trafic prévu étant admissible, le trafic de référence à retenir pour la suite du calcul et pour l'emploi des procédures d'autorisation se compose donc de l'A300 B2, du B727-200, du B747-200 et du Mercure aux nombres de mouvements réels et aux charges prévus.

d - Calcul des charges admissibles P_o de chaque avion et pondération éventuelle

Ce calcul est réalisé dans la détermination du trafic équivalent total. La chaussée n'est de plus pas justifiable d'un coefficient de pondération des charges ($CF = 1$).

e - Calcul de l'ACN correspondant à la charge P_o de chaque avion

L'indice CBR du sol support étant égal à 7, la catégorie de résistance du sol support est représentée par la lettre de code C.

. Calcul de l'ACN de chaque avion

Sur la base des données contenues dans le tableau des ACN caractéristiques (Annexe 1), rapportées à une chaussée souple et à une catégorie C de résistance du sol support, le calcul des ACN obéit à la relation suivante :

$$ACN = ACN \text{ min.} + (ACN \text{ max.} - ACN \text{ min.}) \times \frac{P_{to} - m}{M - m}$$

Avions	P_o	P_{to}	m	M	ACN min.	ACN max.	ACN
A300 B2	58,45	125,7	85,69	142,00	26	55	46,6
B727-200	33,72	73,0	44,29	78,47	23	48	44,0
B427-200	67,04	295,3	156,64	379,20	23	71	52,9
Mercure	31,71	68,2	31,08	54,50	17	34	43,9

f - Calcul du PCN optimisé

$$PCN = \sum ACN.t'$$

$$PCN = 46,6 \times 0,4854 + 44,0 \times 0,3283 + 52,9 \times 0,1096 + 43,9 \times 0,0649$$

En arrondissant au nombre entier, le PCN optimisé a finalement pour valeur 46.

3 CALCUL DES PCN

Application de la remarque 3.4.2

Déterminons les ACN de chaque avion du trafic de référence correspondant à leur charge réelle, conformément à la relation précédente :

Avions	charge réelle totale Pt (tonnes)	ACN
A300 B2	120	44
B727-200 standard	70	42
B747-200 B/C/F	280	50
Mercure	52	32

Le B747-200 voit son ACN (50) excéder la valeur du PCN optimisé (46). Il est donc en situation de dépassement apparent bien que la chaussée soit correctement dimensionnée pour le recevoir à la fréquence et à la charge prévues.

En opérant comme indiqué dans la remarque, nous sommes amenés à considérer un nouveau PCN égal à l'ACN du B747-200 divisé par 1,1 (chaussée souple), soit 45,5. Or ce PCN est inférieur au PCN optimisé. La remarque 3.4.2. ne se justifie donc pas.

La valeur du PCN publiable pour la chaussée considérée est donc la suivante :

$$PCN = 46 \text{ F/C/W/T}$$

Pour la pratique des procédures d'autorisation, le gestionnaire dispose de plus du trafic de référence ci-dessous :

Avions	nombre annuel de mouvements	charge réelle totale Pt (tonnes)
A300 B2	1 550	120
B727-200 Standard	930	70
B747- 200 B/C/F	350	280
Mercure	1 900	52

Remarque

Sur la base d'une épaisseur équivalente de 71 cm de chaussée reposant sur un sol support d'indice CBR = 7, l'utilisation de l'abaque S1 (page 26) fournit la valeur de la charge sur roue simple isolée gonflée à 0,6 MPa :

$$RSI = 27 \text{ tonnes}$$

La valeur du coefficient H (CBR) est ensuite déduite de la figure 2 (page 24) :

$$H (\text{CBR}) = 1,70$$

Le PCN approché s'obtient alors directement :

$$PCN = H (\text{CBR}) \times RSI = 1,70 \times 27 = 45,9 \text{ arrondi à } 46$$

Il y a ainsi identité des valeurs du PCN résultant des calculs approché et optimisé.

3 CALCUL DES PCN

Exemple 2

Détermination du PCN d'une piste souple pour laquelle le trafic prévu à court terme est le suivant :

Avions	nombre moyen de mouvements par jour	charge réelle totale Pt (tonnes)
A300 B2	1	138
Mercure	2	52
ATR 42	4	15

L'épaisseur équivalente de la chaussée est de 60 cm et le CBR du sol support est égal à 8. Ces caractéristiques résultent d'une évaluation récente de la chaussée et aucune limitation de pression des pneumatiques n'est prescrite.

Sur la base des données sur la chaussée et le trafic, compte tenu d'un coefficient de pondération CF des charges réelles de 1, le calcul du trafic équivalent est réalisé (mouvements quotidiens et charges en tonnes):

Avions	Pt	P't	Pto	P't/Pto	CP	n	n'
A300 B2	138,0	138,0	116,3	1,19	8,6	1	8,569
Mercure	52,0	52,0	60,7	0,86	0,2	2	0,395
ATR 42	15,0	15,0	49,0	0,31	0,0	4	0,001
Trafic équivalent total T'							8,965

Ce calcul met en évidence les points particuliers suivants :

- Un avion est dit significatif si sa part de trafic équivalent t' , ou n'/T' , est supérieure à quelques pour cent. Or les valeurs de t' correspondant aux trois types d'avion composant le trafic sont les suivantes :

A300 B2 : 95,58 %
 Mercure : 4,41 %
 ATR 42 : 0,01 %

L'ATR 42 ne constitue donc pas un avion significatif.

- Le trafic de référence choisi - sous réserve de son admissibilité - se compose donc de l'A300 B2 et du Mercure aux nombres de mouvements et aux charges prévus.

- Le trafic équivalent total T' associé au trafic de référence représente 9 mouvements par jour. Le trafic de référence est donc admissible pour une durée de vie normale de la chaussée (10 ans).

- La part de trafic équivalent $t' = n'/T'$ de chaque avion a été calculée précédemment :

A300 B2 : $t' = 0,956$
 Mercure : $t' = 0,044$

Le sol support est caractérisé par un CBR de 8. Le choix est donc permis entre deux catégories de résistance du sol support :

Catégorie B

Le calcul de l'ACN des avions est exécuté sur la base de leur charge totale admissible Pto, en utilisant les données contenues dans le tableau des ACN caractéristiques (Annexe 1) :

$$\text{pour l'A300 B2 : ACN} = 23 + (45-23) \times \frac{116,30 - 85,69}{142,00 - 85,69} \approx 35$$

$$\text{pour le Mercure : ACN} = 15 + (29-15) \times \frac{60,70 - 31,08}{54,50 - 31,08} \approx 33$$

Le PCN optimisé s'obtient alors en effectuant la moyenne des ACN des avions pondérés par leur trafic équivalent relatif :

$$\text{PCN} = 35 \times 0,957 + 33 \times 0,043 = 34,9 \text{ arrondi à } 35$$

Application de la remarque 3.4.2

L'ACN calculé sur la base de la charge réelle de l'A300 B2 est égal à 43. Il est supérieur à 1,1 PCN optimisé. La publication de ce PCN impose donc à l'A300 B2 de requérir une autorisation permanente. Cette situation, contraignante pour un avion admissible vis-à-vis des caractéristiques de la chaussée, invite à envisager la solution évoquée dans la remarque 3.4.2.

Cette solution fournit un PCN égal à l'ACN maximal, en l'occurrence celui de l'A300 B2, divisée par 1,1 soit 40.

De cette manière l'ACN de l'A300 B2 est compris entre PCN et 1,1.PCN.

Dans le cadre du trafic de référence (365 mouvements annuels de l'A300 B2 à 138 tonnes et 730 mouvements du Mercure à 52 tonnes soit au total 1 095 mouvements annuels), l'A300 B2 peut venir sans avoir recours à autorisation permanente.

Toute augmentation du trafic de l'A300 B2 amènera par contre à considérer ses mouvements sur la chaussée comme des "mouvements en surcharge", qui ne devront pas excéder 5 % du nombre total annuel de mouvements du trafic de référence soit 55 mouvements annuels. Au delà, un calcul de trafic équivalent sera nécessaire pour vérifier l'admissibilité du trafic total.

Catégorie C

Un calcul identique au précédent fournit les valeurs suivantes :

$$\text{A300 B2 : ACN} = 26 + (55-26) \times \frac{116\ 300 - 85\ 690}{142\ 000 - 85\ 690} \approx 42$$

$$\text{Mercure : ACN} = 17 + (34-17) \times \frac{60\ 700 - 31\ 080}{54\ 500 - 31\ 080} \approx 38$$

3 CALCUL DES PCN

Le PCN optimisé se calcule alors aisément :

$$\text{PCN} = 42 \times 0,957 + 38 \times 0,043 = 42$$

Les mêmes conclusions résulteraient de l'application de la remarque 3.4.2. Il est donc possible d'envisager de publier un PCN égal à l'ACN de l'A300 B2 à sa charge réelle (ACN = 53) divisé par 1,1, soit PCN = 48.

Le PCN à publier est donc à choisir entre les quatre valeurs suivantes :

Valeurs recommandées car représentatives de la portance de la chaussée :

$$\text{PCN} = 35 \text{ F/B/W/T} \quad \text{ou} \quad \text{PCN} = 42 \text{ F/C/W/T}$$

Valeurs déconseillées car risquant d'attenter à la pérennité de la chaussée :

$$\text{PCN} = 40 \text{ F/B/W/U} \quad \text{ou} \quad \text{PCN} = 48 \text{ F/C/W/U}$$

Le trafic de référence nécessaire à l'utilisation des procédures d'autorisation est de plus le suivant :

Avions	nombre de mouvements par jour	charge réelle totale Pt (tonnes)
A300 B2	1	138
Mercure	2	52

Remarques

. Les valeurs déduites d'un calcul approché (paragraphe 3.3) seraient :

$$\text{PCN} = 34 \text{ F/B/W/T} \quad \text{ou} \quad \text{PCN} = 41 \text{ F/B/W/T}$$

valeurs qui s'avèrent très proches de celles issues du calcul optimisé.

. L'A300 B2 ne peut augmenter sa fréquence sans risquer de causer des dommages à la chaussée. En effet la valeur du rapport P't/Pto est égale à 1,19, valeur qui fixe la fréquence limite de cet avion à 1 mouvement par jour ou 365 mouvements par an (Tableau 2 page 52).

. Le choix entre les deux catégories de résistance du sol support (B ou C) résulte en général d'une volonté d'homogénéité des valeurs publiées sur une plate-forme considérée. En effet, une piste se compose fréquemment de zones reposant sur des sols support d'indice CBR différent, donc de catégorie de résistance différente. Ainsi, si les valeurs précédentes correspondaient à une partie de la piste, l'autre partie étant caractérisée par PCN = 39 F/C/W/T, le choix se restreindrait pour la première partie aux deux valeurs :

$$\text{PCN} = 42 \text{ F/C/W/T} \quad (\text{valeur recommandée})$$

$$\text{PCN} = 48 \text{ F/C/W/U} \quad (\text{valeur déconseillée})$$

3 CALCUL DES PCN

Exemple 3

Calcul du PCN publiable pour une aire de stationnement de structure rigide pour laquelle un sondage effectué récemment donne les caractéristiques suivantes :

- . module de réaction de la fondation $K = 70 \text{ MN/m}^3$
- . contrainte admissible de traction par flexion $\sigma_a = 3,3 \text{ MPa}$
- . épaisseur de la dalle de béton $h = 26 \text{ cm}$

Le trafic envisagé à moyen terme est composé des mouvements réels des avions suivants :

Avions	nombre de mouvements réels par jour	charge réelle totale Pt (tonnes)
A300 B2	2	115
B707-120 B	6	105
FOKKER 27	10	20
Aviation légère	20	5,7

La chaussée est justifiable d'un coefficient de pondération des charges CF de 1,2.

L'aviation légère peut d'ores et déjà être écartée du trafic à considérer pour le calcul du PCN car non significative vis-à-vis des mouvements d'avions de type A300 B2 ou B707. Les données sur la structure de la chaussée et le trafic permettent de procéder directement au calcul du trafic équivalent, en raisonnant sur des mouvements quotidiens et des charges totales en tonnes :

Avions	Pt	P't	Pto	P't/Pto	CP	n	n'
A300 B2	115	138	136,1	1,01	1,175	2	2,35
B707-120B	105	126	136,1	0,93	0,424	6	2,55
FOKKER 27	20	24	53,4	0,46	0,001	10	0,01
Trafic équivalent total T'							4,91

Ce calcul fait ressortir les éléments suivants :

- . Le FOKKER 27 ne constitue pas un avion significatif (trafic équivalent relatif $n'/T' = 0,2 \%$).
- . Le trafic total est admissible pour la chaussée ($T' \leq 10$ mouvements par jour).
- . Le trafic de référence est par conséquent composé de l'A300 B2 et du B707-120 B aux fréquences et charges prévues.

Le module de réaction de la fondation a pour valeur 70 MN/m^3 . Conformément au tableau page 33, la fondation est de catégorie B de résistance.

Le PCN optimisé résulte alors de la moyenne des ACN correspondant à la charge admissible Pto des avions contenus dans le trafic de référence, pondérés par le trafic équivalent relatif ($t' = n'/T'$) de chaque avion :

3 CALCUL DES PCN

Avions	t'	Pto	m	M	ACN min.	ACN max.	ACN	ACN.t'
A300 B2	0,49	136,1	85,69	142,00	22	44	41,7	20,4
B707-120B	0,51	136,1	57,83	117,03	13	33	39,4	20,1
Σ ACN.t'								40,5

La chaussée est justifiable d'un coefficient de pondération des charges de 1,2. Le PCN optimisé est donc égal à la valeur obtenue précédemment divisée par 1,2, soit 33,7 arrondi à 34.

L'application de la remarque 3.4.2 amène à déterminer la valeur des ACN correspondant à la charge réelle totale de chaque avion :

A300 B2 : ACN = 33

B707-120 B : ACN = 29

La valeur maximale des ACN obtenue est inférieure au PCN optimisé. La remarque 3.4.2 ne se justifie donc pas.

La valeur du PCN publiable pour la chaussée est finalement la suivante :

PCN = 34 R/B/W/T

Il convient en outre d'y associer le trafic de référence suivant :

Avions	nombre de mouvements par jour	charge réelle totale Pt (tonnes)
A300 B2	2	115
B707-120B	6	105

Remarque

La procédure de calcul approché du PCN (paragraphe 3.3) fournirait :

- . une valeur de la RSI fonction des caractéristiques de la chaussée de 26,6 tonnes,

- . une valeur du coefficient G(K) fonction du module de réaction de la fondation de 1,51.

Compte tenu d'un coefficient de pondération des charges de 1,2, le PCN approché s'obtient alors aisément :

$$PCN = G(K) \times RSI/CF = 1,51 \times 26,6/1,2$$

Soit une valeur arrondie du PCN approché de 33, très voisine de la valeur du PCN optimisé (34).

3.5 PCN PUBLIES PAR EXPERIENCE

Tous les PCN issus du calcul approché et du calcul optimisé expriment une bonne connaissance des caractéristiques de la chaussée et sont publiés avec la lettre de code T.

Il peut s'avérer nécessaire de publier un PCN d'une chaussée dont les caractéristiques sont mal connues :

- . soit parce que la chaussée n'a jamais fait l'objet d'une évaluation,
- . soit parce que la chaussée a fait anciennement l'objet d'une évaluation mais ses caractéristiques se sont modifiées (cas d'une chaussée en fin de durée de vie).

Dans ce cas, le PCN est publié par expérience du trafic en fonction de l'ACN de l'avion le plus critique qui vient régulièrement et de l'état des chaussées.

Le PCN ainsi déterminé est publié avec la lettre de code U.

Exemple

Détermination du PCN d'une piste de structure rigide en exploitation depuis plus de dix ans qui accueille le trafic suivant :

Avions	nombre de mouvements réels par jour	charge réelle totale Pt (tonnes)
B707-120 B	4	110
FOKKER 27	8	18
Mercure	2	48

Les archives sur la construction de la chaussée fournissent les caractéristiques suivantes :

- . module de réaction corrigé du sol support : $K' = 50 \text{ MN/m}^3$
- . épaisseur de la dalle de béton $h = 25 \text{ cm}$
- . contrainte admissible de traction par flexion du béton $\sigma_a = 3,3 \text{ MPa}$
- . coefficient de pondération des charges $CF = 1,2$

La chaussée présente de plus un bon état de surface.

L'absence de donnée récente sur les caractéristiques de la chaussée ne permet pas une évaluation technique du PCN. Cependant la faculté de la chaussée à supporter sans dommage apparent le trafic existant amène à envisager la publication d'un PCN par expérience.

La détermination de ce PCN utilise le processus exposé dans la remarque 3.4.2 :

Dans un premier temps sont calculés les ACN des différents avions composant le trafic à leur charge réelle totale Pt. Ce calcul impose de choisir une catégorie de résistance du sol support correspondant à son module de réaction corrigé K' . Les archives fournissent une valeur K' de 50 MN/m^3 qui a certainement évolué avec le temps. Cette donnée peut toutefois être prise en compte en l'absence de renseignements plus récents, ce qui conduit à adopter la catégorie C de résistance. La détermination des ACN s'opère alors selon la méthode décrite en 2.2 :

$$B707-120B : ACN = 15 + (40 - 15) \times \frac{110 - 57,83}{117,03 - 57,83} \approx 37$$

3 CALCUL DES PCN

$$\text{FOKKER 27 : ACN} = 6 + (12 - 6) \times \frac{18 - 11,88}{11,88 - 19,78} \approx 11$$

$$\text{Mercure : ACN} = 18 + (34 - 18) \times \frac{48 - 31,08}{51,5 - 31,08} \approx 30$$

La valeur maximale des ACN obtenue (dans le cas présent il s'agit de l'ACN du B707 qui constitue l'avion le plus critique), divisée par 1,05 compte tenu de la structure rigide de la chaussée, est retenue comme PCN publiable, soit $\text{PCN} = 37/1,05 = 35,2$ arrondi à 35.

Remarque

Cette pondération par 1,05 évite de publier un PCN trop fort tout en permettant aux avions contraignants prévus dans le trafic de référence d'être acceptés sur la chaussée sans avoir recours à autorisation.

Les renseignements sur la résistance des chaussées peuvent-être alors publiés sous la forme suivante :

$$\text{PCN} = 35 \text{ R/C/W/U}$$

Le trafic de référence nécessaire à l'utilisation des règles d'autorisation se compose en outre des avions suivants :

Avions	nombre de mouvements par jour	Charge réelle totale Pt (tonnes)
B707-120B	4	110
Mercure	2	48

Le FOKKER 27 n'a pas été pris en compte dans le trafic de référence car non significatif vis-à-vis du trafic total. Un calcul du trafic équivalent total sur la base des données d'archives sur la chaussée fournit en effet une valeur du trafic équivalent relatif t' de cet avion égale à 0,05 %.

Chapitre 4

PUBLICATION DES PCN

4.1 AUTORITE COMPETENTE POUR LA DETERMINATION ET LA PUBLICATION DES PCN

Les PCN sont fixés par le Ministère des Transports (Direction Générale de l'Aviation Civile - Service des Bases Aériennes) sur propositions :

- du Directeur Général d'Aéroport de Paris pour les aérodromes dépendant de cet établissement;
- du Directeur Régional de l'Aviation Civile ou du Directeur ou du Chef du service de l'aviation civile compétent qui devra recueillir les avis :
 - . du gestionnaire de l'aérodrome et des compagnies de transport aérien le fréquentant régulièrement ;
 - . du S.T.B.A. le cas échéant.

Les décisions fixant les PCN sont transmises :

- au Service de l'Information Aéronautique pour publication,
- selon l'aérodrome, soit au Directeur Général d'Aéroport de Paris, soit au Chef de District Aéronautique compétent pour exécution,
- au Service Local des Bases Aériennes pour exécution,
- au S.T.B.A pour information.

4.2 CHOIX DU PCN A PUBLIER

Le niveau de connaissance, l'âge, l'état de surface, la capacité portante constituent les premiers paramètres à considérer pour déterminer de manière objective le mode d'évaluation du PCN.

La politique de gestion de la chaussée et de la plate-forme apporte ensuite le critère subjectif à prendre en compte pour fixer définitivement le PCN.

4.2.1 Mode d'évaluation du PCN

Chaussée neuve

Le trafic de référence est celui choisi pour le dimensionnement de la chaussée et est donc admissible pour sa durée de vie normale. Un PCN évalué techniquement (code T) est publié dans tous les cas.

Chaussée existante

1 - La chaussée a été évaluée récemment

- * Le trafic de référence est admissible vis-à-vis des caractéristiques de la chaussée (trafic équivalent total inférieur à 10 mouvements par jour pour une durée de vie de 10 ans). Il n'est donc pas nécessaire de prévoir des travaux de renforcement avant 10 ans et un PCN est évalué techniquement (code T) et publié.
- * Le trafic de référence s'avère non admissible vis-à-vis des caractéristiques de la chaussée. Des travaux de renforcement sont donc à réaliser à plus ou moins longue échéance.
 - . Ces travaux ne sont pas urgents : Un PCN évalué par expérience du trafic existant (code U) est publié. Un PCN évalué techniquement (code T), inférieur au précédent est également communiqué au gestionnaire pour lui permettre de gérer au mieux les chaussées. Parallèlement le renforcement est étudié.
 - . Ces travaux sont urgents : C'est en général le cas lorsque la chaussée se dégrade sous l'action du trafic existant. Il est alors inutile de publier un PCN et il suffit de conserver la valeur actuelle du PCN ou les charges admissibles par atterrisseurs types éventuellement abaissées en fonction des résultats de l'évaluation et de la programmation des travaux.

2 - La chaussée n'a pas été évaluée récemment

- * La chaussée se trouve dans un état normal : Un PCN évalué par expérience du trafic existant (code U) est publié.
- * La chaussée présente des signes anormaux de fatigue : Il est nécessaire de procéder à une évaluation de la portance. Un PCN ne peut être publié et la valeur actuelle de PCN ou les charges admissibles par atterrisseurs types sont conservées ou abaissées selon l'état de la chaussée.

Chaussée renforcée

Il est possible de déterminer techniquement un PCN (code T) en fonction du renforcement réalisé :

- * Le renforcement réalisé est celui défini lors des études consécutives à l'évaluation de la portance : Ce PCN permettra de recevoir pendant la durée de vie normale le trafic prévu ;
- * Le renforcement réalisé est inférieur à celui défini lors des études consécutives à l'évaluation de la portance : Ce PCN ne permettra pas de recevoir pendant la durée de vie normale le trafic prévu. Il sera nécessaire d'effectuer le choix entre :
 - . la publication de ce PCN évalué techniquement (code T) qui entraînera des restrictions (charges, nombre de mouvements);
 - . la publication d'un PCN plus fort, correspondant au trafic prévu (code T) mais qui entraînera un risque de diminution de la durée de vie.

Exemple

Détermination du PCN d'une piste de structure souple (coefficient de pondération des charges CF égal à 1), de 73 cm d'épaisseur équivalente de chaussée reposant sur un sol support d'indice CBR 6. Le trafic se compose des deux avions significatifs suivants :

Avions	nombre de mouvements réels par jour	charge réelle totale Pt (tonnes)
B747-200 B/C/F	1	320
B727-200 Standard	1	75

4 PUBLICATION DES PCN

La piste est en bon état, est en exploitation depuis cinq ans et a été récemment l'objet d'une auscultation. Aucune limite de pression de gonflage des pneumatiques n'est préconisée.

La connaissance du trafic permet un calcul optimisé du PCN. Il convient alors d'évaluer le trafic équivalent total T' et la part de trafic équivalent t' de chaque avion (mouvements quotidiens et charges en tonnes) :

Avions	Pt	Vs	P'	Po	P'/Po	CP	n	n'	t' = n'/T'
B747	320	22,7	72,64	58,95	1,23	14,12	1	14,12	0,67
B727	75	46,2	34,65	29,71	1,17	7,08	1	7,08	0,33
Trafic équivalent total T'									21,2

Le trafic total n'est pas admissible ($T' > 10$ mouvements par jour). Des travaux de renforcement sont donc à réaliser à moyen terme. Cette situation conduit à procéder à une évaluation technique et une évaluation par expérience du PCN.

Evaluation technique du PCN

Cette évaluation consiste à exécuter un calcul optimisé du PCN sans tenir compte de la non admissibilité du trafic prévu.

La résistance du sol support (indice CBR 6) est de catégorie C.

Les ACN des avions à leur charge totale admissible sont alors déterminés :

$$B747 : P_{to} = 259,7 \text{ t} : ACN = 45,2$$

$$B727 : P_{to} = 64,3 \text{ t} : ACN = 37,6$$

Le PCN est calculé directement :

$$PCN = \Sigma ACN.t' = 45,2 \times 0,67 + 37,6 \times 0,33$$

$$PCN = 42,7 \text{ arrondi à } 43.$$

Soit PCN = 43 F/C/W/T.

Evaluation par expérience du PCN

Cette évaluation utilise la procédure explicitée dans la remarque 3.4.2 : Les ACN des avions à leur charge réelle totale sont calculés :

$$B747 : Pt = 320 \text{ t} : ACN = 58$$

$$B727 : Pt = 75 \text{ t} : ACN = 45$$

Le PCN "par expérience" se définit alors comme la valeur maximale des ACN obtenue divisée par 1,1 (il s'agit d'une chaussée souple) :

$$PCN = 58 / 1,1 = 52,7 \text{ arrondi à } 53$$

Finalement la valeur du PCN à publier est :

$$PCN = 53 \text{ F/C/W/U}$$

et le gestionnaire dispose des renseignements suivants :

- Valeur du PCN issue de l'évaluation technique :

$$PCN = 43 \text{ F/C/W/T}$$

- Trafic de référence associé :

Avions	nombre de mouvements par jour	charge réelle totale Pt (tonnes)
B747-200 B/C/F	1	320
B727-200	1	75

Parallèlement le renforcement de la chaussée est étudié.

4.2.2 Gestion des aires aéronautiques

Le PCN publié s'exprime de manière simple : Sur la base d'un nombre et de quatre lettres de code, le PCN caractérise la chaussée considérée et quantifie sa portance, et permet à tout avion de savoir facilement s'il peut être reçu sans restriction sur la chaussée.

Cette simplicité de principe ne doit pas faire oublier que de la valeur du PCN retenue peut dépendre la durée de vie de la chaussée et son aptitude à recevoir à plus ou moins long terme un trafic donné.

LA PUBLICATION DU PCN DETERMINE LA POLITIQUE DE GESTION DES AIRES CHOISIE PAR LES AUTORITES AEROPORTUAIRES :

- . Une gestion "prudente" amène à opter pour le PCN déduit des calculs approché ou optimisé. Ce PCN représente réellement le seuil au delà duquel les avions ne peuvent être admis sans restriction. Il s'accorde parfaitement aux principes mêmes du concept ACN-PCN et assure la pérennité des qualités des chaussées.
- . Une gestion "à risque" conduit à choisir un PCN adapté aux avions les plus contraignants contenus dans le trafic de référence, afin de leur permettre l'accès des chaussées sans les soumettre à autorisation. Ce PCN constitue un meilleur argument commercial pour l'aéroport, mais il fournit un seuil haut pour l'octroi des autorisations. Il expose donc les chaussées à un risque de fatigue accélérée, situation qui peut amener à publier par la suite un PCN plus faible.
- . Une gestion "aléatoire" exprime une connaissance insuffisante des caractéristiques de la chaussée et nécessite la publication d'un PCN par expérience du trafic existant et de l'état de la chaussée. Le PCN choisi représente alors une estimation très approximative des capacités portantes de la chaussée.

4 PUBLICATION DES PCN

Ces trois modes de gestion traduisent à la fois le niveau de connaissance des caractéristiques structurelles de la chaussée et la faculté de cette chaussée à recevoir un trafic de référence donné : Ils participent à la gestion de la PORTANCE de la chaussée.

Or, gérer une chaussée signifie également utiliser au mieux les possibilités de la plate-forme aéroportuaire. Ainsi :

- . une exploitation optimisée du cheminement des aéronefs sur les différentes aires de roulement,
- . la modification périodique sur les aires de stationnement de la position des lignes de guidage et des postes de stationnement,

peuvent-elles contribuer à une meilleure répartition du trafic et par suite à une augmentation notable de la durée de vie des chaussées.

Chapitre 5

APPLICATION PRATIQUE DE LA METHODE ACN-PCN

5.1 DONNEES

5.1.1 PCN des chaussées

Un PCN est publié dans les cartes AIP pour exprimer la résistance des chaussées. La codification qui accompagne cette publication renseigne sur les caractéristiques de la manière suivante :

Type de chaussée (*)	Souple Rigide	F R
Catégorie de résistance du sol support	Elevée Moyenne Faible Ultra-faible	A B C D
Pression maximale admissible q_0 des pneumatiques	pas de limite $q_0 = 1,5$ MPa $q_0 = 1$ MPa $q_0 = 0,5$ MPa	W X Y Z
Base d'évaluation	Technique Par expérience	T U

(*) Si la construction est composite ou non normalisée, une note le précisant est rajoutée.

5.1.2 *Trafic de référence*

La détermination du PCN est fondée sur le choix d'un trafic de référence (avions significatifs, nombre de mouvements par jour, masses réelles totales), non publié dans les cartes AIP, mais dont ont connaissance les autorités locales compétentes pour la délivrance des autorisations.

Le trafic de référence est admissible vis-à-vis de la chaussée par définition.

Nr = nombre total des mouvements réels des avions pris en compte dans le trafic de référence.

5.1.3 *Caractérisation des chaussées*

Si la détermination du PCN a fait l'objet d'une évaluation technique (code T), les caractéristiques des chaussées sont connues avec suffisamment d'exactitude pour vérifier de manière rigoureuse l'admissibilité de certains avions pénalisants. L'autorité locale doit dans ce cas disposer pour appliquer les procédures d'autorisations des renseignements suivants :

Chaussées souples (code F)

- . épaisseur équivalente e de la chaussée,
- . indice CBR du sol support.

Chaussées rigides (code R)

- . épaisseur h et contrainte admissible de traction par flexion σ_a des dalles de béton,
- . module de Westergaard K du sol de fondation.

5.2 **ADMISSIBILITE DES AVIONS**

5.2.1 *Pressions limites*

Lorsque le PCN comporte une lettre de code indiquant une limitation de pression de gonflage des pneumatiques (code X, Y, Z), les avions dont la pression effective q' dépasse la valeur limite q_0 ne peuvent être admis sur la chaussée, quelle que soit leur charge.

5.2.2 *Charge admissible des avions*

La charge admissible totale P_{ta} d'un avion se calcule à partir du PCN par la relation :

5 APPLICATION PRATIQUE DE LA METHODE ACN-PCN

$$P_{ta} = m + (M - m) \times \frac{PCN - ACN \text{ min.}}{ACN \text{ max.} - ACN \text{ min.}}$$

ACN max. : Valeur d'ACN correspondant à la masse maximale au roulage M;

ACN min. : valeur d'ACN correspondant à la masse vide en ordre d'exploitation m;

pour le type de chaussée et la catégorie de résistance du sol support communiqués dans le PCN (Cf. Annexe 1 : Tableau des ACN).

5.2.3 Comparaison des ACN et des PCN

L'ACN des avions est calculé à leur masse réelle selon les renseignements communiqués dans le PCN de la chaussée vers laquelle il se destine (paragraphe 2.2, Détermination pratique des ACN).

Si $ACN \leq PCN$: L'avion peut être admis sans restriction.

Si $ACN > PCN$: Une étude particulière doit être menée pour juger de l'admissibilité de l'avion (voir ci-après).

5.3 PROCEDURE EN CAS DE DEPASSEMENT DU PCN

Cas 1	$PCN < ACN \leq 1,1 PCN$	pour les chaussées souples
	$PCN < ACN \leq 1,05 PCN$	pour les chaussées rigides

L'avion peut être autorisé sous réserve du respect de la condition suivante, dite règle des 5 % :

Le nombre annuel des mouvements réels en surcharge ne doit pas excéder 5 % du total annuel des mouvements réels contenus dans le trafic de référence:

$$n \leq 0,05 N_r \quad (1)$$

N_r : nombre total des mouvements réels des avions pris en compte dans le trafic de référence.

n : nombre total des mouvements réels de l'avion considéré.

. Si l'avion est répertorié dans le trafic de référence, n représente l'augmentation de fréquence en nombre de mouvements réels.

. Si d'autres avions ont auparavant subi la même procédure, il convient d'inclure dans n leur nombre de mouvements réels.

5 APPLICATION PRATIQUE DE LA METHODE ACN-PCN

Cas 2 ACN > 1,1.PCN pour les chaussées souples
 ACN > 1,05.PCN pour les chaussées rigides
 ou condition précédente non respectée

- a . Si le PCN comporte la lettre de code U pour la base d'évaluation, la caractérisation de la chaussée est insuffisamment précise pour vérifier rigoureusement l'admissibilité de l'avion. La prudence conseille dans ce cas d'interdire l'accès à l'avion, tout au moins selon la fréquence et la masse proposées (sauf atterrissage d'urgence).
- b . Si le PCN a été évalué techniquement (code T), il convient de se ramener à la charge admissible P_o de l'avion qui est comparée à la charge réelle pondérée P' pour chaque partie d'aire :

- $P' \leq P_o$: L'avion peut être admis sans restriction.
- $P_o < P' \leq 1,1.P_o$: l'avion peut être autorisé sous respect de la condition (1) ou "règle des 5 %".

- $1,1.P_o < P' < 1,5.P_o$ ou condition (1) non respectée :
 Il convient de procéder au calcul du trafic équivalent total T' (en mouvements par jour) que supporte la chaussée (Cf. Annexe 2 : Calcul de trafic équivalent):

- . Si T' est supérieur à 10 mouvements équivalents par jour, l'autorisation doit être refusée à moins d'admettre une usure rapide des chaussées.
- . Si T' est inférieur à 10 mouvements équivalents par jour, l'avion peut être autorisé à la charge réelle P , mais en limitant sa fréquence aux valeurs suivantes et sous réserve d'un suivi des chaussées, selon les indications du tableau ci-après :

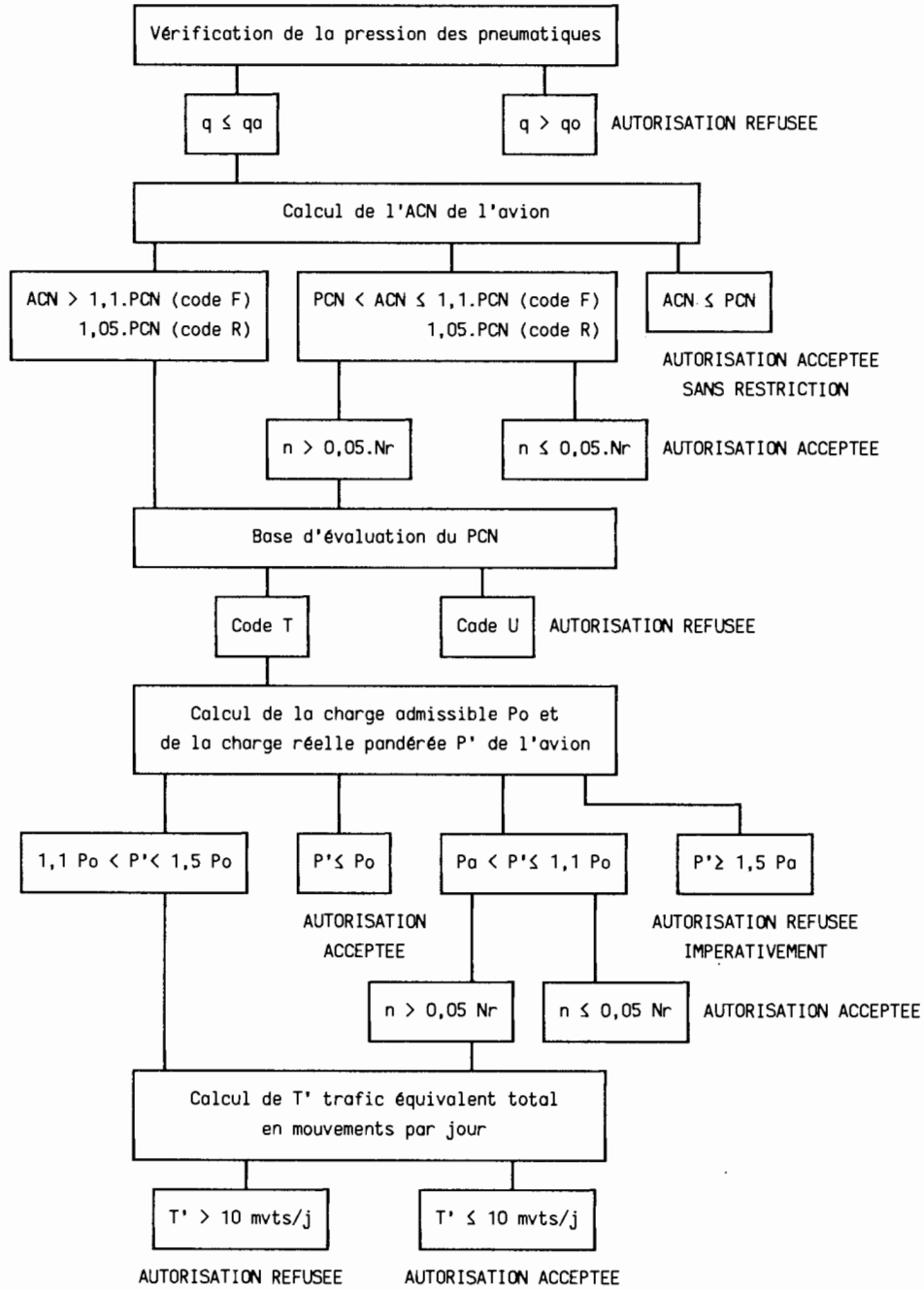
P'/P_o	Nombre limite de mouvements de la charge réelle P	suivi des chaussées
1,1 - 1,2	1 par jour ou 365 par an	suivi recommandé
1,2 - 1,3	1 par semaine ou 52 par an	suivi obligatoire régulier et fréquent
1,3 - 1,4	2 par mois ou 24 par an	
1,4 - 1,5	1 par mois ou 12 par an	

Rappel : 1 mouvement = 1 atterrissage ou 1 décollage.

- TABLEAU 2 -

- $P' > 1,5.P_o$: L'autorisation doit être impérativement refusée, sauf atterrissage d'urgence pour les pistes.

**ALGORITHME DE LA METHODE ACN PCN
PROCEDURES D'AUTORISATION**



Légende

- q : pression réelle de gonflage des pneumatiques de l'avion
- q0 : pression limite de gonflage des pneumatiques
- Nr : nombre total des mouvements réels des avions pris en compte dans le trafic de référence
- n : nombre total des mouvements réels des avions en surcharge

5 APPLICATION PRATIQUE DE LA METHODE ACN-PCN

5.4 EXEMPLES

(Exemples de procédures d'autorisation suite à la publication du PCN calculé à l'exemple 1 chapitre 3.4.3).

Les cartes A.I.P. correspondant à l'aéroport considéré fournissent les renseignements sur la résistance des chaussées sous la forme suivante :

$$PCN = 46 F/C/W/T$$

Le gestionnaire dispose en outre des éléments suivants :

. Le PCN résulte d'un calcul optimisé.

. Le trafic de référence se compose des mouvements suivants :

Avions	Nombre de mouvements annuels	charge réelle totale Pt (tonnes)
A300 B2	1 550	120
B727-200 Standard	930	70
B747-200 B/C/F/I	350	280
Mercure	1 900	52

. La chaussée est caractérisée par :

- une épaisseur équivalente de 71 cm,
- un indice CBR du sol support de 7,
- un coefficient de pondération des charges CF de 1.

Examinons l'admissibilité des avions dans les situations successives suivantes :

- Trafic régulier prévu dans le trafic de référence de l'A300 B2 à 120 tonnes de la compagnie Air Inter, à raison de quatre mouvements par jour.
- Trafic régulier prévu dans le trafic de référence du B747-200 à 280 tonnes de la compagnie Air France, à raison de six mouvements supplémentaires par semaine.
- Augmentation du trafic régulier du B747-200 à 280 tonnes de la compagnie Air France dans la limite de deux mouvements supplémentaires par semaine.
- Trafic régulier du B747-200 à 300 tonnes de la compagnie UTA à raison de deux mouvements par mois.
- Trafic régulier annoncé par la compagnie Air Inter de l'A300 B2 à deux mouvements par jour selon deux hypothèses :
 - . charge totale de 130 tonnes,
 - . charge totale de 145 tonnes.
- Accueil exceptionnel du Concorde à 155 tonnes.

5 APPLICATION PRATIQUE DE LA METHODE ACN-PCN

- a - L'ACN de l'A300 B2 à 120 tonnes pour une chaussée souple reposant sur un sol support de catégorie de résistance C résulte de la relation :

$$ACN = ACN \text{ min.} + (ACN \text{ max.} - ACN \text{ min.}) \times \frac{Pt - m}{M - m} \quad (\text{paragraphe 2.2})$$

Les valeurs ACN min., ACN max., m et M sont issues du tableau des ACN caractéristiques (voir Annexe 1) pour l'avion, le type de chaussée et la catégorie de résistance du sol support correspondants :

$$\begin{aligned} ACN \text{ min.} &= 26 & m &= 85,69 \text{ t} \\ ACN \text{ max.} &= 55 & M &= 142,00 \text{ t} \end{aligned}$$

$$ACN = 28 + (55 - 26) \times \frac{120 - 85,69}{142 - 85,69} = 43,6 \text{ arrondi à } 44$$

L'ACN de l'A300 B2 à 120 tonnes est inférieur au PCN (46) publié. L'A300 B2 peut donc être accueilli sans restriction sur la chaussée et à fortiori à 4 mouvements par jour, soit 1 460 mouvements annuels.

- b - L'ACN du B747-200 à 280 tonnes est déterminé de manière analogue au cas a :

$$ACN = 23 + (71-23) \times \frac{280 - 156,64}{379,2 - 156,64} = 49,6 \text{ arrondi à } 50$$

Nous avons PCN = 46 et 1,1.PCN = 51. Nous sommes donc en présence du cas de figure PCN < ACN ≤ 1,1.PCN pour une chaussée souple. Or, le trafic du B747-200 à 280 tonnes représente 6 mouvements par semaine soit 312 mouvements annuels. Il est inclus dans le trafic de référence, par définition admissible.

Le B747-200 peut donc être accueilli à la charge et à la fréquence prévues.

- c - L'ACN du B747-200 à 280 tonnes a été déterminé dans le cas précédent (ACN = 50). Il obéit au cas de figure PCN < ACN ≤ 1,1.PCN. Cependant, l'augmentation de trafic envisagée amène à considérer 6 mouvements + 2 mouvements supplémentaires, soit 8 mouvements par semaine ou 416 mouvements annuels de cet avion. Cette situation conduit à un dépassement des 350 mouvements annuels prévus dans le trafic de référence, dans une marge de 66 mouvements annuels.

Le B747 à 280 tonnes peut être accepté selon cette prévision de trafic si la règle des 5 % est respectée, c'est-à-dire si :

$$n \leq 0,05 \text{ Nr}$$

n : nombre des mouvements réels en surcharge, en l'occurrence 66 mouvements annuels,

Nr : nombre des mouvements réels des avions contenus dans le trafic de référence :

$$\text{Nr} = 1550 + 930 + 350 + 1900 = 4\,730 \text{ mouvements annuels.}$$

0,05.Nr représente 236,5 mouvements annuels. La règle des 5% est par conséquent respectée et l'augmentation de trafic du B747-200 à la charge et à la fréquence prévue peut être autorisée.

5 APPLICATION PRATIQUE DE LA METHODE ACN-PCN

d - L'ACN du B747-200 à 300 tonnes est déterminé :

$$\text{ACN} = 23 + (71-23) \times \frac{300 - 156,64}{379,2 - 156,64} = 53,9 \text{ arrondi à } 54$$

Par conséquent, ACN est supérieur à 1,1.PCN (51). Il convient de se ramener à la charge admissible P_0 du B747-200 déterminée sur la base des caractéristiques de la chaussée, et de comparer P_0 à la charge réelle pondérée P' de l'avion :

$$. P_0 = 67,04 \text{ tonnes (calcul dans l'exemple 1, paragraphe 3.4.3),}$$

$$. P' = 300 \times 0,231 \times 1 = 69,3 \text{ tonnes (pourcentage de répartition de la charge sur l'atterrisseur de 23,1, et coefficient de pondération CF égal à 1).}$$

Nous obtenons ainsi $P_0 < P' \leq 1,1.P_0$ et l'autorisation peut-être octroyée à l'avion si la règle des 5 % est respectée. Le trafic prévu du B747-200 à 300 tonnes se compose de 2 mouvements par mois, soit 24 mouvements annuels, qui constituent des mouvements en surcharge auxquels il convient d'ajouter les 66 mouvements pris en compte dans le cas c :

$$n = 24 + 66 = 90 \text{ mouvements annuels,}$$

$$0,05 \text{ Nr} = 236,5 \text{ mouvements annuels,}$$

soit $n \leq 0,05.Nr$.

La règle des 5 % est respectée et l'avion peut être admis à la charge et à la fréquence prévues.

e - L'ACN de l'A300 B4 est calculé d'après la relation :

$$\text{ACN} = 27 + (67 - 27) \times \frac{P_t - 87,83}{157 - 87,83}$$

Hyptohèse 1

$P_t = 130$ tonnes : ACN = 48,3 arrondi à 48.

Nous avons ainsi $PCN < ACN \leq 1,1.PCN$.

$$(46) \quad (48) \quad (51)$$

Les mouvements de l'A300 B4 à 130 tonnes constituent par conséquent des mouvements en surcharge et l'autorisation d'accès pour l'avion est conditionnée par le respect de la règle des 5 %.

Le trafic de l'A300 B4 se compose de deux mouvements par jour soit 730 mouvements réels annuels. Le nombre total des mouvements en surcharge devient ainsi égal à $730 + 90 = 820$ mouvements réels, qui excèdent 5 % du nombre Nr de mouvements réels du trafic de référence (236,5 mouvements).

Cette situation amène à comparer la charge admissible P_0 et la charge réelle pondérée P' de l'A300 B4 :

$$. P_0 = 59,3 \text{ t (calcul réalisé sur la base des caractéristiques de la chaussée),}$$

$$. P' = 130 \times 0,465 \times 1 = 60,45 \text{ t,}$$

soit $P_0 < P' \leq 1,1.P_0$.

La règle des 5 % n'étant pas respectée, un calcul du trafic total équivalent est

5 APPLICATION PRATIQUE DE LA METHODE ACN-PCN

nécessaire pour juger de l'admissibilité du trafic total. Le calcul doit tenir compte du trafic de référence et des augmentations de trafic prévues dans les cas précédents, en raisonnant sur des mouvements annuels :

Avions	Pt	Vs	P	P'	Po	P'/Po	CP	n	n'
A300-B2	120	46,5	55,80	55,80	58,45	0,95	0,55	1550	852,5
B727-200	70	46,2	32,34	32,34	33,72	0,96	0,62	930	576,6
B747-200	280	22,7	63,56	63,56	67,04	0,95	0,55	416	228,8
B747-200	300	22,7	68,1	68,1	67,04	1,02	1,20	24	28,8
Mercure	52	46,5	24,18	24,18	31,71	0,76	0,06	1900	114,0
A300 B4	130	46,5	60,45	60,45	59,30	1,02	1,25	730	912,5
Trafic équivalent total T' (mouvements annuels)									2713,2

Le trafic équivalent total T' représente 2 713,2 mouvements annuels soit 7,4 mouvements par jour qui s'avèrent inférieurs à la limite des 10 mouvements par jour pendant 10 ans. Le trafic total obtenu est donc admissible et l'A300 B4 peut être reçu à la fréquence prévue et la charge de 130 tonnes.

En outre, l'admissibilité du trafic total permet de le qualifier de trafic de référence à retenir pour de nouvelles procédures d'autorisation.

Hypothèse 2

Pt = 145 tonnes : ACN = 55,9 arrondi à 56.

Nous obtenons le cas de figure $ACN > 1,1 \cdot PCN$
(56) (51)

Cette situation conduit à comparer la charge admissible P_o et la charge réelle pondérée P' de l'A300 B4 :

. $P_o = 59,3$ tonnes (Voir hypothèse 1),

. $P' = 145 \times 0,465 \times 1 = 67,4$ tonnes,

soit $P' > 1,1 \cdot P_o$ ou $P'/P_o = 1,13$.

Le calcul du trafic équivalent mené de manière analogue à précédemment donnerait une valeur de T' égale à 5319,3 mouvements annuels, soit 14,6 mouvements par jour qui excèdent la limite admissible.

Le trafic total obtenu n'est donc pas admissible et l'autorisation ne peut être octroyée à moins d'admettre le risque d'un vieillissement accéléré des chaussées.

Remarque

L'autorisation peut être donnée à l'A300 B4 à la charge de 145 tonnes si sa fréquence est réduite à 1 mouvement par jour :

. D'une part, sur la base de cette nouvelle donnée, la valeur du trafic équivalent total deviendrait égale à 9,6 mouvements par jour.

. D'autre part, la valeur du rapport P'/P_o (1,13) fixe, selon le tableau page 52, le nombre limite de mouvements de l'avion à la charge de 145 tonnes à 1 mouvement par jour.

5 APPLICATION PRATIQUE DE LA METHODE ACN-PCN

f - L'ACN du concorde à 155 tonnes est déterminé :

$$\text{ACN} = 26 + (81 - 26) \times \frac{155 - 78,70}{185,07 - 78,7} = 65,4 \text{ arrondi à } 65$$

Cette valeur d'ACN excède 1,1.PCN. Il convient de comparer la charge admissible P_0 et la charge réelle pondérée P' du Concorde :

$$. P_0 = 52,48 \text{ tonnes,}$$

$$. P' = 155 \times 0,48 \times 1 = 74,4,$$

soit $P' > 1,1.P_0$ ou $P'/P_0 = 1,4$.

Compte tenu du caractère exceptionnel de la venue de cet avion, l'autorisation peut être donnée si $P'/P < 1,5$, condition en l'occurrence respectée.

Annexe 1

TABLEAU DES ACN CARACTERISTIQUES

Légende

M : masse maximale au roulage (kg)

m : masse à vide en ordre d'exploitation (kg)

Vs : pourcentage de répartition de la charge totale sur l'atterrisseur principal (%)

qo : pression standard de ganflage des pneumatiques (MPa)

Type d'avion	Masses (kg)			ACN							
	maximale M	Vs (%)	qo (MPa)	chaussée souple				chaussée rigide			
	minimale m			A	B	C	D	A	B	C	D
A300 B2	142 000	46,5	1,23	40	45	55	70	37	44	52	60
	85 690			21	23	26	35	19	22	26	30
A300 B4	157 000	46,5	1,41	46	51	62	79	44	52	61	69
	87 826			22	23	27	35	20	23	27	32
A310	132 900	46,8	1,10	36	40	49	64	31	38	46	53
	76 600			18	19	22	29	16	18	21	25
A320-100 jumelage	66 400	46,6	1,24	34	34	38	44	37	39	41	43
	37 800			18	18	19	22	19	20	21	23
A320-100 boggie	66 400	46,6	1,05	17	18	22	30	15	18	22	26
	38 300			9	9	10	13	8	9	10	12
A320-200 jumelage	72 400	46,9	1,36	38	39	43	49	42	45	47	49
	38 350			18	19	20	23	20	21	22	24
A320-200 boggie	72 400	46,9	1,16	19	21	25	34	18	22	26	29
	38 800			9	9	11	14	8	9	11	13
ATL2	46 000	47,5	0,90	24	26	30	32	27	28	30	31
	25 300			12	12	14	16	13	14	15	16
ATR 42	16 170	46,5	0,75	8	9	10	11	9	10	10	11
	9 973			4	5	5	6	5	6	6	6
ATR 72	19 990	46,95	0,70	9	11	12	14	11	12	12	13
	12 200			5	6	6	8	6	7	7	7
BAC 111-400	39 690	47,5	0,93	22	24	27	29	25	26	28	29
	22 498			11	12	13	15	13	13	14	15
BAC 111-475	44 679	47,5	0,57	19	24	28	31	22	25	27	28
	23 450			9	10	12	15	10	11	12	13

Type d'avion	Masses (kg)			ACN							
	maximale M	Vs	qo	chaussée souple				chaussée rigide			
	minimale m	(%)	(MPo)	A	B	C	D	A	B	C	D
BAC 111-500	47 400	47,5	1,08	29	30	33	35	32	34	35	36
	24 757			13	13	15	17	15	16	16	17
B707-120B	117 027	46,7	1,17	31	34	41	54	28	33	40	46
	57 833			13	14	15	20	12	13	15	18
B707-320B	148 778	46,0	1,24	42	47	57	73	39	46	55	63
	64 764			15	16	17	23	14	15	18	20
B707-320C	152 407	46,7	1,24	44	49	60	70	41	49	58	66
	61 463			14	15	17	21	13	14	17	19
B707-320/420	143 335	46,0	1,24	40	44	54	69	37	43	52	59
	64 682			15	15	17	23	14	15	17	20
B720 B	106 594	46,4	1,00	29	31	39	51	25	30	37	43
	52 163			11	12	14	18	10	11	14	16
B727 (modifié)	95 254	46,1	1,15	51	54	61	66	57	60	63	66
	45 677			21	22	24	28	24	25	27	28
B727-100	77 110	45,2	1,14	39	40	46	51	43	45	48	50
	39 778			18	19	20	23	20	21	22	23
B727-200 (standard)	78 471	46,2	1,15	40	42	48	53	45	48	50	53
	44 293			20	21	23	27	23	24	26	27
B727-200 (modifié)	84 277	46,7	1,02	44	46	53	58	48	51	54	57
	44 270			20	21	24	28	22	24	26	27
B737-100	44 361	46,2	0,92	20	22	24	29	22	24	26	27
	25 941			11	12	13	15	12	13	14	15
B737-200	52 616	45,5	1,10	26	27	31	35	29	30	32	34
	27 293			12	13	14	15	13	14	15	16
B737-300	61 460	45,9	1,14	31	33	37	41	35	37	39	41
	32 900			15	16	17	20	17	18	19	20
B377 super guppy	77 560	47,3	1,25	40	42	47	53	37	43	52	59
	45 360			22	22	24	28	14	15	17	20
B747-100B	334 749	23,1	1,56	46	50	60	80	43	50	59	68
	173 036			20	21	24	31	19	21	24	28
B747-200 B/C/F	379 201	22,7	1,39	52	58	71	92	48	56	67	77
	156 642			20	21	23	30	18	20	23	27

Type d'avion	Masses (kg)			ACN							
	maximale M	Vs (%)	qo (MPa)	chaussée souple				chaussée rigide			
	minimale m			A	B	C	D	A	B	C	D
B747SP	318 881	21,9	1,40	41	45	54	72	38	44	53	60
	147 996			16	17	18	23	15	16	19	20
B747 att. secondaire	373 306	11,3	1,47	49	52	57	63	56	59	62	64
	168 872			20	20	21	25	22	23	25	26
B757-200	100 200	46,6	1,11	27	30	36	48	25	29	35	40
	56 900			13	14	16	21	12	14	16	19
B767-200	137 000	46,9	1,31	36	39	46	63	34	40	48	55
	78 930			18	19	21	27	17	18	21	25
B767-200ER	157 400	46,3	1,21	42	46	55	75	36	43	52	61
	80 920			18	19	22	28	16	18	21	25
BREGUET 941	25 500	47,0	0,34	7	8	9	10	7	8	9	10
	14 167			4	4	5	5	4	4	5	5
CSA GALAXY	349 000	23,4	0,84	32	35	43	59	27	31	40	50
	147 528			11	11	13	17	11	11	11	14
CANADAI R CL44	95 708	47,5	1,12	27	30	36	47	25	30	35	40
	40 370			9	10	11	14	9	10	11	13
CARAVELLE série 10	52 000	46,1	0,75	15	17	19	23	15	17	20	22
	29 034			7	7	9	11	7	8	9	10
CARAVELLE série 12	55 960	46,0	0,88	17	19	21	26	16	19	22	25
	31 800			8	9	10	12	8	9	10	12
CONCORDE	185 066	48,0	1,26	65	72	81	98	61	71	82	91
	78 698			21	22	26	32	21	22	25	29
CONVAIR 880 M	87 770	46,6	1,03	27	31	36	44	26	31	36	41
	40 195			10	10	12	15	9	10	12	14
CONVAIR 990	115 666	48,5	1,28	40	45	53	64	41	48	54	60
	54 685			15	16	19	24	15	17	19	22
DCH 7 DASH 7	19 867	46,8	0,74	10	11	12	14	11	12	13	13
	11 793			5	6	6	8	6	6	7	7
DC-3	11 430	46,8	0,31	4	6	8	9	6	7	7	7
	7 767			3	4	5	6	4	5	5	5
DC-6	46 200	47,5	0,90	22	24	27	31	24	26	28	29
	36 000			16	18	19	23	18	19	21	22

Type d'avion	Masses (kg)			ACN							
	maximale M	Vs	qo	chaussée souple				chaussée rigide			
	minimale m	(%)	(MPa)	A	B	C	D	A	B	C	D
DC-8-43	144 242	46,5	1,22	43	49	59	74	41	49	57	65
	61 919			15	16	18	23	15	16	18	21
DC-8-55	148 778	47,0	1,30	46	53	63	78	45	53	62	69
	62 716			15	16	18	24	15	16	19	22
DC-8-61	148 778	48,0	1,30	48	54	64	80	46	54	63	71
	68 992			18	19	21	28	17	19	22	25
DC-8-62	160 121	46,5	1,29	49	56	67	83	47	56	65	73
	65 025			16	16	18	24	15	16	19	22
DC-8-63	162 386	47,6	1,34	52	59	71	87	50	60	69	78
	72 002			18	19	22	29	17	19	23	26
DC-9-15	41 504	46,2	0,90	21	22	26	28	23	25	26	28
	22 300			10	11	12	14	11	12	13	14
DC-9-21	45 813	47,15	0,98	24	26	29	32	27	29	30	32
	23 879			11	12	13	15	12	13	14	15
DC-9-32	49 442	46,2	1,05	26	28	31	34	29	31	33	34
	25 789			12	13	14	16	14	15	15	16
DC-9-41	52 163	46,65	1,10	28	30	33	37	32	34	35	37
	27 821			13	14	15	18	15	16	17	18
DC-9-51	55 338	47,0	1,17	31	32	36	39	35	37	39	40
	29 336			15	15	16	19	17	17	18	19
DC-9-81	63 958	47,8	1,17	36	38	42	46	41	43	45	46
	42 638			22	23	26	29	25	27	28	29
DC-9-82	67 133	47,65	1,24	38	41	45	49	44	46	48	49
	44 755			23	24	27	31	27	28	30	31
DC-10-10	196 406	47,15	1,28	52	57	68	93	45	52	63	73
	108 940			26	27	30	38	23	25	28	33
DC-10-30	253 105	37,7	1,17	53	59	70	97	44	53	64	75
	120 742			22	23	25	32	20	21	24	28
DC-10-40	253 105	37,7	1,17	53	59	70	97	44	53	64	75
	122 567			22	23	26	32	20	21	24	28
DC-10 att. ventral	253 105	16,3	0,95	44	47	54	60	47	51	54	57
	122 567			19	20	22	25	20	21	23	25

Type d'avion	Masses (kg)			ACN							
	maximale M	Vs	qo	chaussée souple				chaussée rigide			
	minimale m	(%)	(MPa)	A	B	C	D	A	B	C	D
FOKKER 27	19 777	47,5	0,54	8	10	12	13	10	11	12	12
	11 879			4	5	6	7	5	6	6	7
FOKKER 28 LTP	29 484	46,3	0,58	11	14	16	19	14	15	17	18
	15 650			5	6	7	9	6	7	8	9
FOKKER 28 HTP	29 484	46,3	0,69	13	15	17	20	15	16	18	18
	16 550			6	7	8	10	8	8	9	10
FOKKER 29	59 781	45,1	1,02	28	30	33	38	30	33	35	37
	33 720			15	15	17	19	16	17	18	19
HERCULES L100	70 670	47,5	0,74	27	30	33	38	30	33	35	38
	33 560			12	14	14	16	14	15	15	16
HERCULES C130	79 380	47,5	0,54	25	31	36	43	30	33	37	40
	34 170			10	12	14	16	12	13	14	15
HS121	68 270	47,5	1,16	27	29	33	38	39	42	44	46
	39 060			13	14	16	19	19	20	22	23
HS125-400	10 600	45,5	0,77	5	5	6	7	7	7	7	8
	5 683			2	3	3	3	3	3	3	3
HS125-600	11 340	45,5	0,83	5	6	7	8	7	7	7	8
	5 683			2	3	3	3	3	3	3	3
HS125-700	11 110	47,5	0,88	6	6	7	8	7	7	8	8
	6 300			3	3	3	4	4	4	4	4
HS748	21 092	43,6	0,59	8	9	11	13	10	11	11	12
	12 183			4	5	6	7	5	5	6	6
IL-62	162 600	47,0	1,08	47	54	64	79	42	50	60	69
	66 400			16	17	18	24	14	15	18	20
IL-62M	168 000	47,0	1,08	50	57	67	83	43	52	62	71
	71 400			17	18	20	26	16	17	19	22
IL-76T	171 000	23,5	0,64	37	40	45	53	38	38	38	39
	83 800			15	16	18	22	11	14	16	16
IL-86	209 500	31,2	0,88	34	36	43	61	25	31	38	46
	111 000			16	17	19	23	13	14	16	19
L-1011-1	195 952	47,4	1,33	52	56	66	91	45	52	62	73
	108 862			25	27	29	38	24	25	28	33

Type d'avion	Masses (kg)			ACN							
	maximale M	Vs	qo	chaussée souple				chaussée rigide			
	minimale m	(%)	(MPa)	A	B	C	D	A	B	C	D
L-1011 100/200	212 281	46,8	1,21	56	61	73	100	46	55	66	78
	110 986			25	26	30	38	23	24	28	32
L-1011-500	225 889	46,2	1,27	60	65	79	107	50	59	72	84
	108 924			25	26	28	36	23	24	27	31
MD-81	63 957	47,7	1,17	36	38	43	46	41	43	45	46
	35 571			18	19	21	24	20	21	23	24
MD-82	68 266	47,55	1,27	39	42	46	50	45	47	49	50
	35 629			18	19	20	24	21	22	24	25
MD-83	73 023	47,4	1,34	42	46	50	54	49	51	53	55
	36 230			18	19	21	24	21	22	24	25
MD-87	63 957	47,9	1,17	36	38	43	47	41	43	45	47
	33 183			17	17	19	22	17	20	21	22
MERCURE	54 500	46,5	0,87	27	29	34	37	30	32	34	36
	31 080			14	15	17	20	15	16	18	19
NORD 262	10 600	47,5	0,41	5	6	6	9	7	7	7	8
	7 225			3	4	6	6	5	5	5	5
TRANSALL	49 100	47,5	0,40	8	10	13	17	9	9	10	12
	28 950			4	5	6	8	5	5	5	6
TRIDENT 1E	61 160	46,0	1,03	23	24	27	32	32	34	37	39
	33 203			10	11	12	15	15	16	17	18
TRIDENT 2E	65 998	47,0	1,07	26	28	31	36	37	39	42	44
	33 980			11	12	13	16	16	17	18	19
TRIDENT 3	68 266	45,5	1,14	26	28	31	36	37	40	42	44
	39 060			13	14	15	18	18	19	21	22
TU-134A	47 600	45,6	0,83	12	13	16	21	11	13	16	19
	29 350			7	8	9	12	7	8	9	10
TU-154B	98 000	45,1	0,93	20	24	30	38	19	25	32	38
	53 500			10	11	13	18	8	10	13	17
VANGUARD 953	66 400	47,3	0,92	35	38	43	47	38	41	43	45
	37 400			18	19	21	24	19	21	22	23
VC10-1150	151 953	48,25	1,01	44	50	61	77	38	46	56	65
	71 940			17	18	21	27	16	17	20	23

Type d'avion	Masses (kg)			ACN							
	maximale M	Vs	qo	chaussée souple				chaussée rigide			
	minimale m	(%)	(MPa)	A	B	C	D	A	B	C	D
VISCOUNT 810	28 210	47,5	0,90	14	15	17	18	17	18	19	20
	18 700			9	10	11	13	10	11	12	12
VFW 641	18 600	47,3	0,47	6	8	10	12	8	9	10	11
	12 200			4	5	6	7	5	6	6	7
fin de tableau laissée intentionnellement libre											



Annexe 2

CALCUL DE TRAFIC EQUIVALENT

1 - tous les modèles d'avions sont recensés :

- . Deux modèles du même avion sont considérés comme différents si les caractéristiques de leurs atterrisseurs sont différentes (nombre de roues, dimensions, pression...).
- . Pour chaque avion (i) sont pris en compte sa charge totale P_{ti} et son nombre de mouvements réels n_i (en mouvements par jour).
- . Les charges réelles totales P_{ti} par application du pourcentage de répartition V_s sur l'atterrisseur principal.
- . Les charges réelles P_i sont transformées en charges réelles pondérées P'_i pour tenir compte de la fonction de l'aire (en général, $P'_i = P_i$ pour les pistes, bretelles et voies de circulation et $P'_i = 1,2P_i$ pour les aires de stationnement. Voir Annexe 3).

2 - Pour chaque modèle d'avion (i), la charge admissible P_{oi} est déterminée à partir des abaques chaussées souples ou chaussées rigides en fonction des caractéristiques de la chaussée :

- . e, CBR pour les chaussées souples,
- . h, σ_a , K pour les chaussées rigides.

Les abaques sont disponibles dans l'Instruction sur le dimensionnement des chaussées (volume 2) (1). S'il n'existe pas d'abaque pour l'avion considéré, celui du modèle d'avion dont les caractéristiques de l'atterrisseur sont les plus proches est utilisé.

3 - Pour chaque modèle d'avion (i) les n_i mouvements réels de chaque charge réelle pondérée P_i sont convertis en n'_i mouvements équivalents à la charge admissible P_{oi} . Pour cela, pour chaque modèle d'avion (i) et chaque charge P_i :

. Le rapport $R_i = P_i/P_{oi}$ est calculé (ce rapport ne doit pas dépasser 1,2 pour les aires de stationnement et 1,5 pour les autres aires).

. Le coefficient de pondération C_{Pi} des mouvements réels est calculé soit par relation :

$$C_{Pi} = 10^{5(R_i-1)}$$

soit à l'aide de l'abaque ci-après (figure 4).

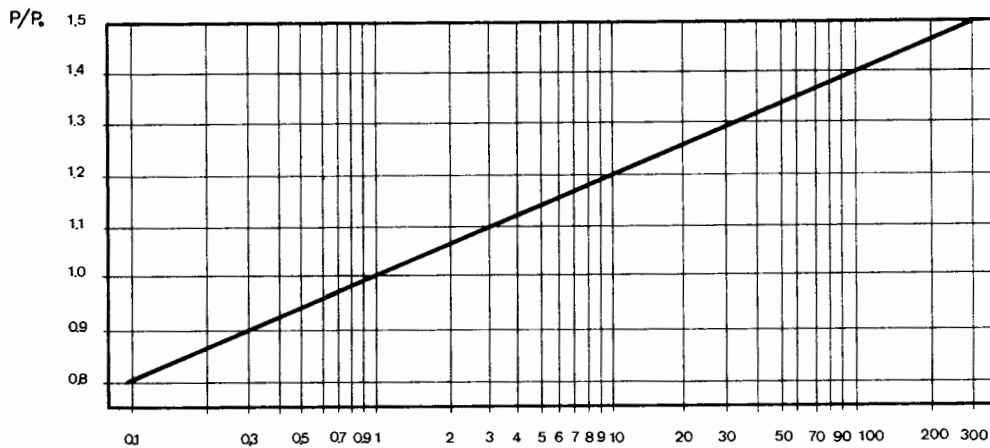


Figure 4 : Abaque pour la pondération des mouvements réels

. Le nombre de mouvements équivalents n'_i est égal au nombre de mouvements réels n_i multipliés par C_{Pi} :

$$n'_i = n_i \times C_{Pi}$$

4 - Le nombre total des mouvements équivalents de tous les modèles d'avions est calculé en additionnant tous les mouvements équivalents n'_i . Ce nombre est appelé trafic équivalent total et noté T' .

Pour l'ensemble de ces opérations, il est conseillé d'utiliser une feuille de calcul du modèle suivant lorsque les calculs sont effectués manuellement. Le Service Technique des Bases Aériennes dispose d'un modèle de calcul informatique.

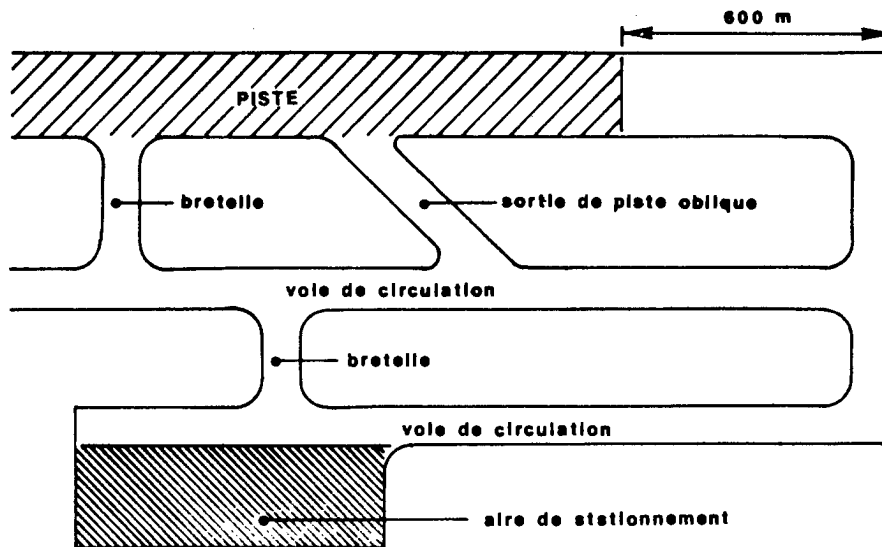
AVION	Charge réelle totale P_t	Charge réelle sur l'atterrisseur P	Charge réelle pondérée P'	Charge admissible P_o	$R=P'/P_o$	CP	Mouvements réels N	Mouvements équivalents $N'=CP.N$
1	P_{t1}	P_1	P'_1	P_{o1}	R_1	CP_1	N_1	N'_1
2	P_{t2}	P_2	P'_2	P_{o2}	R_2	CP_2	N_2	N'_2
...
i	P_{ti}	P_i	P'_i	P_{oi}	R_i	CP_i	N_i	N'_i
...
n	P_{tn}	P_n	P'_n	P_{on}	R_n	CP_n	N_n	N'_n
Trafic équivalent total T'								$T'=EN'j$

A titre de comparaison, le trafic équivalent total d'une chaussée parfaitement dimensionnée pour le trafic considéré est égal à 10 mouvements par jour.

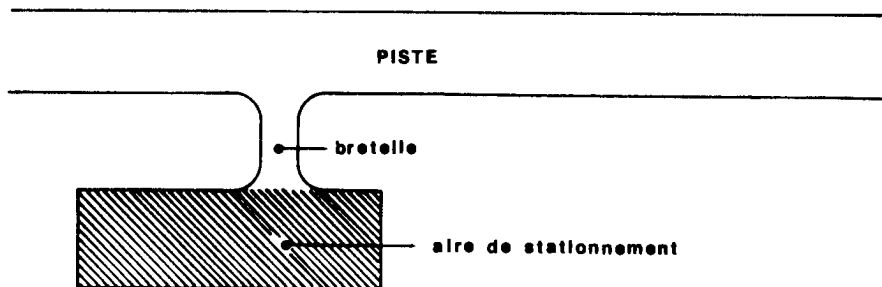
Annexe 3

COEFFICIENTS DE PONDERATION DES CHARGES REELLES

Cas d'une piste dotée d'une voie de circulation



Cas d'une piste non dotée d'une voie de circulation



Pondération de la charge réelle P



$P = 1,2 P$



$P' = P$



$P' = 0,8 P$

P' : charge réelle pondérée

Références bibliographiques

[1] - Instruction sur le dimensionnement des chaussées d'aérodromes et la détermination des charges admissibles - S.T.B.A. - 1983 (3 volumes).

[2] - Normes et pratiques recommandées internationales - AERODROMES - Annexe 14 à la convention relative à l'aviation civile internationale - O.A.C.I. - 8ème édition mars 1983.

[3] - Manuel de conception des aérodromes - 3ème Partie - Chaussées O.A.C.I.- 2ème édition 1983.

