

"La méthode ACN /PCN comme outil de gestion des chaussées aéronautiques"

Cette méthode est applicable depuis 1983 par l'ensemble des états membres de l'OACI.

1.1 - Le PCN : Pavement Classification Number

Le principe de cette méthode est relativement simple puisque l'on associe à chaque zone homogène [☞] d'une plate-forme un PCN qui reflète la capacité portante de la chaussée. Cette information est publiée de la manière suivante (d'après les spécifications de l'Annexe 14 de l'OACI) :

PCN = 27 /F /A /W /T

Le nombre est le numéro de classification de chaussée arrondi à un nombre entier ; il sera utilisé en comparaison avec l'ACN (cf. § 1.2.).

Nature de la chaussée.

F souple (F pour flexible)

R rigide

(pour les chaussées « mixtes », on utilise la publication qui correspond le mieux au comportement mécanique de la chaussée).

Catégorie de résistance du sol support (sol « naturel » sous la chaussée).

A résistance élevée

B résistance moyenne

C résistance faible

D résistance ultra faible

[☞] On entend par « zone homogène » un secteur dont les caractéristiques techniques de la chaussée sont identiques ou du moins suffisamment proches pour être assimilées.

NOTE D'INFORMATION

Photobanque STRA / A. Portogance



Mots clefs :

Chaussées aéronautiques

Gestion

ACN

PCN

Cette note d'information a pour but d'exposer ce qu'est **la méthode ACN/PCN** et la façon dont elle est utilisée **en France**.

1 - Les paramètres de base

La méthode ACN/PCN est un système international normalisé élaboré par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) qui vise à fournir des renseignements sur la résistance des chaussées aéronautiques et qui permet de ce fait de juger de l'admissibilité de chaque avion en fonction de sa charge et de la résistance des chaussées.



Limite de pression de gonflage des pneumatiques.

W	pas de limite
X	1,5 MPa
Y	1 MPa
Z	0,5 MPa

Remarque : les limitations en pression de gonflage sont relativement rares. Lorsqu'elles existent, elles sont la plupart du temps liées à l'état de la couche de roulement (limite de cisaillement des matériaux). C'est pour cette raison qu'il n'en sera pas fait mention ultérieurement. Mais bien entendu pour tout accueil d'aéronef, il convient de vérifier que les pressions de gonflage respectent les tolérances lorsque des limitations sont indiquées au niveau de la chaussée.

Base d'évaluation du PCN

T technique (seul cas qui va être étudié par la suite)

U "par expérience" du trafic existant.

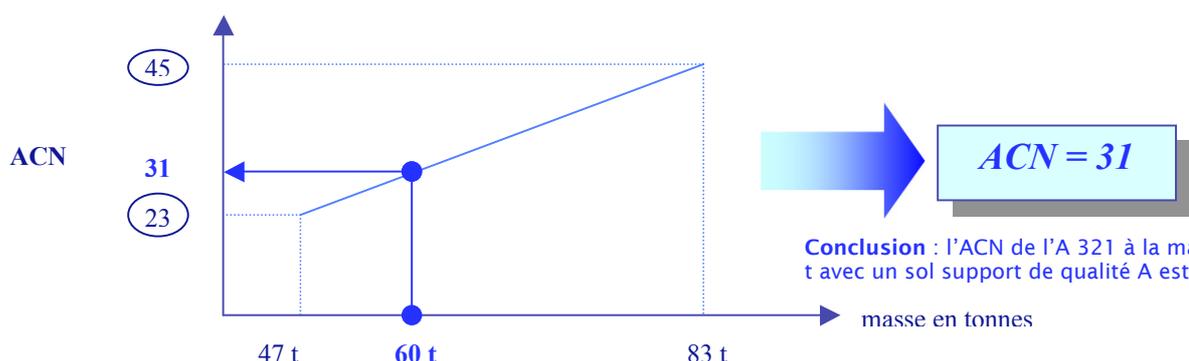
Le but n'étant pas ici d'expliquer comment on calcule un PCN mais plutôt d'indiquer comment utiliser le PCN publié

Exemple :

L'A 321 dont les caractéristiques sont données ci-dessus veut se poser à la masse de 60 tonnes sur la plate-forme donnée comme modèle dans le paragraphe précédent (27/F/A/W/T).

Il convient dans un premier temps de déterminer l'ACN de l'avion dans la configuration de vol selon laquelle il veut se présenter.

Le sol support de la plate-forme étant de catégorie A, on lit dans le tableau ci-dessus les valeurs extrêmes de l'ACN. Sachant que la variation de l'ACN est linéaire en fonction de la masse, on en déduit aisément l'ACN de l'avion considéré à la masse à laquelle il souhaite venir.



sur une chaussée, il ne sera pas ici fait état de cette base d'évaluation.

1.2 - L'ACN : Aircraft Classification Number

Cet autre paramètre représente « l'agressivité » d'un avion sur une chaussée.

Il est déterminé, conformément à certaines procédures normalisées, par les constructeurs aéronautiques.

Cet ACN est publié sous la forme simplifiée suivante :

Exemple : A 321

		CLASSES								
		Chaussées Souples				Chaussées Rigides				
		Masse de calcul	A	B	C	D	A	B	C	D
masse max au roulage	83 400 kg	45	48	53	59	50	55	57	59	
masse vide d'exploitation	47 000 kg	23	24	26	30	26	28	29	31	

Avec ce tableau et en connaissant la masse à laquelle un appareil veut venir (sur une plate-forme dont la qualité du sol support est connue), il est possible de déterminer l'ACN de l'avion.

2 - Utilisation de la méthode

2.1 - Principe général

Les éléments de base posés, l'explication de cette méthode peut être schématisée par le principe suivant : **si l'ACN est inférieur au PCN** l'avion peut manœuvrer sur cette aire **sans restriction**. Dans le cas contraire, c'est à dire si $ACN > PCN$, l'avion peut, néanmoins, être accepté sous certaines conditions, en se voyant appliquer des limitations en terme de masse et/ou de fréquence d'accueil.

Reprenons le cas de l'A 321 qui veut se poser sur la piste de portance publiée 27/F/A/W/T

Exemple 1 :

Supposons que cet A 321 veut opérer à une masse de 50 tonnes. L'ACN est alors de 25 suivant le même calcul que précédemment. Dès lors $ACN < PCN$, l'appareil peut venir sans restriction à une masse inférieure ou égale à 50 tonnes.

Etudions maintenant le cas d'une masse supérieure.

Exemple 2 :

Soit le même exercice à une masse de 60 tonnes, on sait déjà que l'A 321 présente un ACN de 31 à 60 tonnes

On constate donc que $ACN > PCN$. Donc l'acceptation de cet appareil mérite une attention particulière (cf. § 2.2.).

[Remarque : des études particulières ne sont déclenchées que si l'ACN de l'appareil dépasse de 10 % (respectivement 5 %) le PCN de la chaussée pour des chaussées souples (respectivement rigides).]

2.2 - La procédure en cas de dépassement du PCN.

Elle est décrite de manière exhaustive dans le « Guide pratique d'utilisation de la méthode ACN-PCN » publié par le STBA. Les Directions de l'Aviation Civile compétentes sur le territoire où se trouve la plate-forme concernée sont habilitées à autoriser ou

non l'accueil de certains avions particulièrement « agressifs », c'est à dire dont l'ACN dépasse le PCN de la chaussée sur laquelle ils veulent manœuvrer.

Si le rapport ACN/PCN est supérieur à 1,1 pour une chaussée souple (1,05 en rigide) , il faut se livrer à des calculs plus techniques de charges admissibles par la chaussée.

En d'autres termes, une chaussée dont on connaît les caractéristiques techniques (celles-là mêmes qui permettent de calculer le PCN) est capable de supporter un avion donné à une charge maximale admissible P_0 qui est fonction de la configuration du train et de la pression de gonflage des pneumatiques de cet avion.

Si l'on veut faire venir cet appareil à une masse réelle P' , son accueil dépend de la valeur du rapport P'/P_0 . C'est ce calcul que va faire l'autorité à qui sont demandées les autorisations en cas de dépassement du PCN.

Ce qui est beaucoup plus intéressant dans l'application française de la méthode ACN/PCN, c'est la notion de trafic équivalent. Elle l'est tout particulièrement dans les cas où $ACN > PCN$.

Annexe 1 : « Algorithme d'admissibilité »

2.3 - Le trafic équivalent

Considérons un avion de masse P' qui passe une fois sur une chaussée.

Suivant l'agressivité de cet avion, on peut considérer que ce passage à P' correspond au passage de CP avions à Po avec CP donné par la relation :

$$CP = 10^{(5((P'/Po)-1))}$$

Dès lors le trafic équivalent est égal au produit du trafic réel par le coefficient de pondération CP.

Exemple :

Reprenons l'A 321 qui veut se poser sur la piste de portance publiée 27/F/A/W/T.

On sait qu'à 60 tonnes l'A 321 présente un ACN de 31.

On peut par ailleurs calculer Po de manière approximative par la formule suivante (le calcul exact peut être réalisé au moyen d'abaques propres à l'avion et édités par le STBA)

$$Po = \left[m + (M - m) \cdot \left[\frac{(PCN - ACN_{min})}{(ACN_{max} - ACN_{min})} \right] \right]$$

où :

M la masse maximale au roulage (en tonnes),

m la masse à vide d'exploitation (en tonnes),

ACN max = ACN (M) et ACN min = ACN (m).

On a donc ici Po = 53,6 tonnes.

Or P' = Masse réelle soit 60 tonnes.

On obtient un ratio P'/Po de 1.12 ce qui signifie que suivant la procédure en cas de dépassement du PCN, on peut accueillir cet appareil avec une fréquence de 5 mouvements pour 2 jours.

ATTENTION à la notion de mouvement.

1 mouvement correspond au passage d'un appareil en un point de la chaussée. Ceci signifie que, dans une configuration de plate-forme sans taxiway parallèle, comme dans le cas de la figure ci-contre, le nombre de mouvements peut être de 3 pour une seule rotation d'appareil.

Les enseignements à tirer de cet exemple :

- l'avion, même si son ACN dépasse le PCN de la chaussée, peut fréquenter la plate-forme sous certaines conditions. 5 fois en 2 jours à 60 tonnes (restriction en fréquence) ou 10 fois par jour à 53,6 tonnes c'est à dire à Po (restriction en masse).

- un seul passage de cet avion à 60 tonnes engendrerait un dommage à la chaussée équivalent à celui créé par 4 passages de ce même avion à la masse Po.

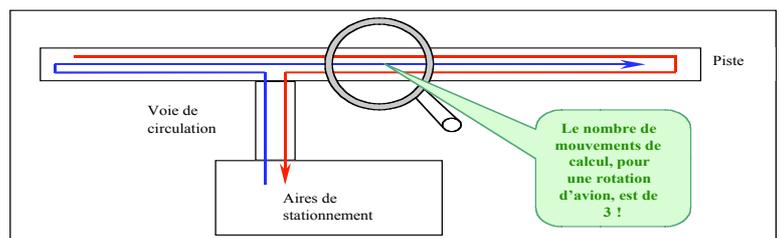
Exemple :

Reprenons l'A 321 qui veut se poser sur la piste de portance publiée 27 F/A/W/T mais, cette fois-ci, avec une masse d'exploitation de 75 tonnes.

En suivant le même cheminement que précédemment, on sait qu'à 75 tonnes correspond un ACN de 40 pour l'A 321.

On a alors P' = 75 tonnes d'où P'/Po = 1,39 ce qui signifie suivant la procédure en cas de dépassement du PCN, on ne peut accueillir en toute rigueur cet appareil qu'avec une fréquence de 2 mouvements par mois.

Annexe 2 : « Fréquences d'admissibilité en fonction de P'/Po »



3 - Le cumul des dommages ou l'utilisation de la méthode ACN/PCN comme outil des chaussées aéronautiques

3.1 - La notion de « potentiel »

Comme constaté précédemment, il est possible, à partir de données élémentaires, de quantifier, par le biais du paramètre CP, « l'agressivité relative » d'un appareil particulier par rapport à l'avion (ou au trafic) de référence qui a servi à dimensionner la structure de chaussée.

Or, le dimensionnement d'une chaussée se fait généralement pour 10 mouvements par jour de l'avion de référence pendant 10 ans.

Autrement dit, la chaussée est conçue pour pouvoir « **théoriquement** » résister à 36500 passages de l'avion de référence. Il est dès lors séduisant d'affecter à une chaussée un « potentiel » de 36 500 mouvements

de la charge de référence (on parlera dorénavant de « potentiel portance de la chaussée »).

A chaque passage d'un avion particulier, il est alors logiquement possible d'associer une consommation d'une certaine quantité de ce potentiel initial, cette quantité étant proportionnelle à l'agressivité de cet aéronef particulier, ce que l'on trouve dans l'exemple suivant.

Exemple : Le suivi du cumul des dommages

Cet exemple est l'illustration de la méthode ACN/PCN comme outil de gestion des chaussées aéronautiques.

Il s'agit de suivre l'impact des avions les plus agressifs (on se contentera ici de ceux pour qui $P'/Po > 1$) sur ce que l'on pourrait appeler « potentiel portance de la chaussée ».

Dans cet exemple, on comptabilise le trafic circulant sur une section d'une piste de PCN égal à 27/F/C/W/T. La comptabilisation ne prend en considération que les avions les plus agressifs, c'est pour cette raison qu'ils sont peu nombreux.

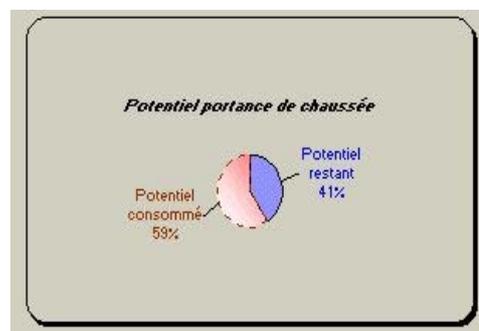
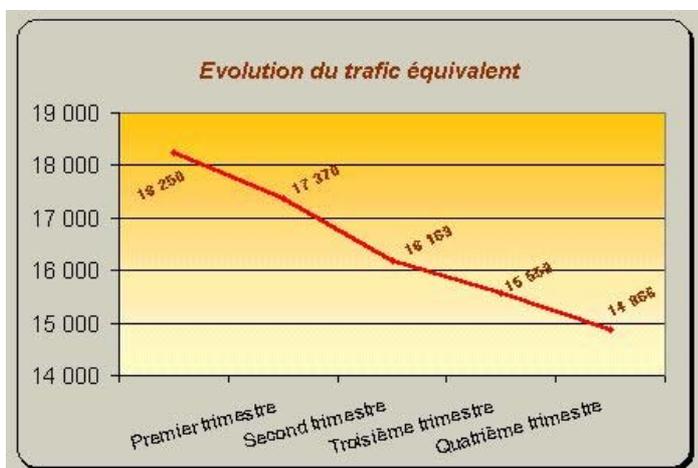
Leur fréquence de venue est compatible avec le maximum admissible dans la procédure en cas de dépassement du PCN (cf. Annexe 1 & 2).

On suppose que l'on se situe dans la sixième année d'existence de la chaussée (avec comme hypothèse que les 5 premières années ont occasionné une consommation de la moitié du « potentiel chaussée » soit 5×3650 mvts équivalents).



Piste 1 Section 1 PCN = 27/F/A/W/T Sixième année

Type avion	Circuit	Masse réelle	CP	Nbre mvt réel	Trafic équivalent	T ég	Potentiel	Année N-1
						18 250	50%	
Premier trimestre								
B 767-200	Décollage	144 000	33	6	198			
B 767-200	Atterrissage	117 000	2	6	12			
A 321	Décollage	70 000	34	6	204			
A 321	Atterrissage	65 000	11	6	66			
B 757-200 T1	Décollage	100 000	1	400	400			
					Sous-total	880	17 370	48%
Second trimestre								
DC 8-62	Décollage	140 000	173	3	519			
DC 8-62	Atterrissage	109 000	4	3	12			
A 321	Décollage	70 000	34	6	204			
A 321	Atterrissage	65 000	11	6	66			
B 757-200 T1	Décollage	100 000	1	400	400			
					Sous-total	1 201	16 169	44%
Troisième trimestre								
B 767-200	Décollage	144 000	33	6	198			
B 767-200	Atterrissage	117 000	2	6	12			
B 757-200 T1	Décollage	100 000	1	400	400			
					Sous-total	610	15 559	43%
Quatrième trimestre								
A 321	Décollage	70 000	34	6	204			
A 321	Atterrissage	65 000	11	6	66			
HC 130	Décollage	80 000	1	25	23			
B 757-200 T1	Décollage	100 000	1	400	400			
					Sous-total	693	14 866	41%
					TOTAL ANNUEL	3 384	14 866	41%
							59%	Potentiel consommé
								Potentiel restant



On constate d'après les illustrations précédentes que l'on peut suivre deux paramètres au fil du temps :

- le **trafic équivalent restant**, c'est à dire la différence entre les 36500 mouvements initiaux et le trafic équivalent cumulé depuis.
- le « **potentiel portance de la chaussée** », c'est à dire le rapport entre le trafic équivalent restant et 36 500.

L'utilité de la méthode ACN/PCN pour les gestionnaires réside typiquement dans le suivi de ces deux paramètres.

En effet, il est envisageable de fixer des seuils d'alerte tels que si le potentiel consommé dépasse un certain pourcentage, il convient de suivre avec une fréquence importante les dégradations sur les chaussées (Indices de Service réguliers). De même si ce potentiel dépasse un pourcentage encore plus important, il pourrait être conseillé de procéder à une évaluation de la portance de la chaussée (auscultation lourde au moyen de la remorque de portance) de manière à s'assurer de sa suffisance et de prévoir, au besoin, les investissements nécessaires pour remédier à une chute prévisible de la résistance de la chaussée.

Le suivi de ce « potentiel portance » est alors un véritable outil d'aide à la décision en matière de programmation des investissements à réaliser sur la chaussée.

Remarque fondamentale :

ATTENTION : il ne faut pas confondre les notions de mouvements et de recouvrement (nombre d'applications de la charge).

En effet, compte tenu que le trafic aéronautique n'est pas canalisé comme c'est le cas sur les routes, on considère qu'un point d'une chaussée circulée subit statistiquement

l'application d'une charge tous les 3 à 4 mouvements.

Du fait de ce recouvrement les chaussées sont conçues pour résister à l'application de 10000 fois la charge de l'avion de référence, ce qui correspond statistiquement au passage de 36 500 fois cet appareil.

On peut parler d'un « potentiel chaussée » de 36 500 mouvements de l'avion de référence ou encore de 10 000 fois l'application de la charge de référence.

3.2 - Les moyens à mettre en place pour une bonne utilisation de la méthode ACN/PCN comme outil de gestion des chaussées aéronautiques

Pour bien utiliser cette méthode plusieurs éléments doivent être réunis :

- une connaissance correcte de la méthode elle-même dans son concept. C'est à dire une compréhension des notions de cumul des dommages et de trafic équivalent.
- une volonté de rechercher de manière précise les **masses réelles** auxquelles les avions opèrent. En effet, prendre par défaut la masse maximale autorisée induirait une accélération importante de la consommation du « potentiel chaussée » qui ne serait pas nécessairement représentative de la réalité. ✈
- cette nécessité de connaître les masses opérationnelles va de pair avec celle de connaître les **cheminements** sur les plates-formes afin de pouvoir affecter un dommage à une chaussée qui l'a bien subi.
- cette connaissance de la masse opérationnelle et des circulations sur la plate-forme est indispensable et ne pourra se faire qu'avec un **partenariat** efficace et concerté entre les différents acteurs opérant sur une plate-forme : compagnies (services d'escale et pilotes qui possèdent les devis de masse), gestionnaires (connaissance du trafic et des types d'appareils) et contrôleurs (connaissance des mouvements dont les circuits empruntés par les appareils) ...
-

3.3 - Une assistance technique

Le STBA se tient bien évidemment à disposition pour toute information à ce sujet.

4 - Conclusion

La méthode ACN/PCN est (ou devrait être) un outil de gestion des chaussées aéronautiques d'une plate-forme. Cela pourrait se faire moyennant un comptage précis des mouvements d'aéronefs aussi bien en terme de masse réelle que de cheminement au roulage.

La finalité de cet outil est de fournir aux gestionnaires un moyen de suivre le « potentiel portance » de leurs chaussées et de programmer les investissements à venir.

Il convient de retenir que :

- la méthode ACN/PCN est une norme internationale de l'OACI.
- la méthode ACN/PCN est d'un intérêt fondamental en ce qui concerne la prévisibilité des investissements à faire sur les chaussées d'une plate-forme.

Le couplage du suivi des paramètres de prévision (évolution du trafic équivalent suivant certaines hypothèses de trafic) qu'elle met en jeu et de celui des indicateurs d'état classiques (Indice de Service et Valeurs de portance tirées des auscultations) serait la garantie d'une optimisation du système actuel.

- des outils et des procédures adéquats de comptage du trafic permettraient d'utiliser toutes les ressources de cette méthode.

ANNEXES

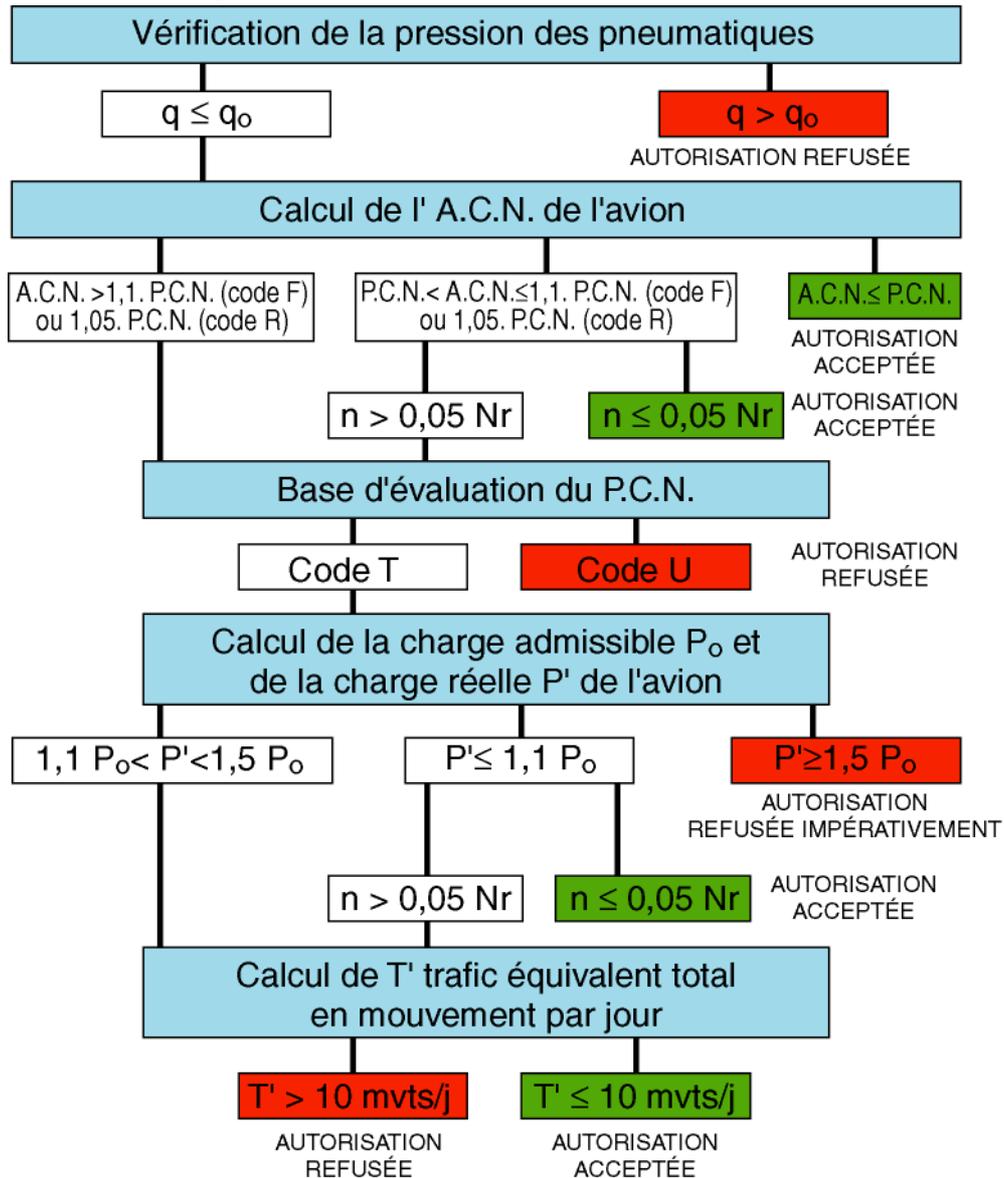
Annexe 1 - Algorithme d'admissibilité

Annexe 2 - Fréquence d'admissibilité en fonction de P'/P_0

Annexe 3 - Effet masse

Annexe 1 - Algorithme d'admissibilité

Le système dérogatoire peut être résumé par le schéma suivant :



q : pression réelle de gonflage des pneumatiques de l'avion

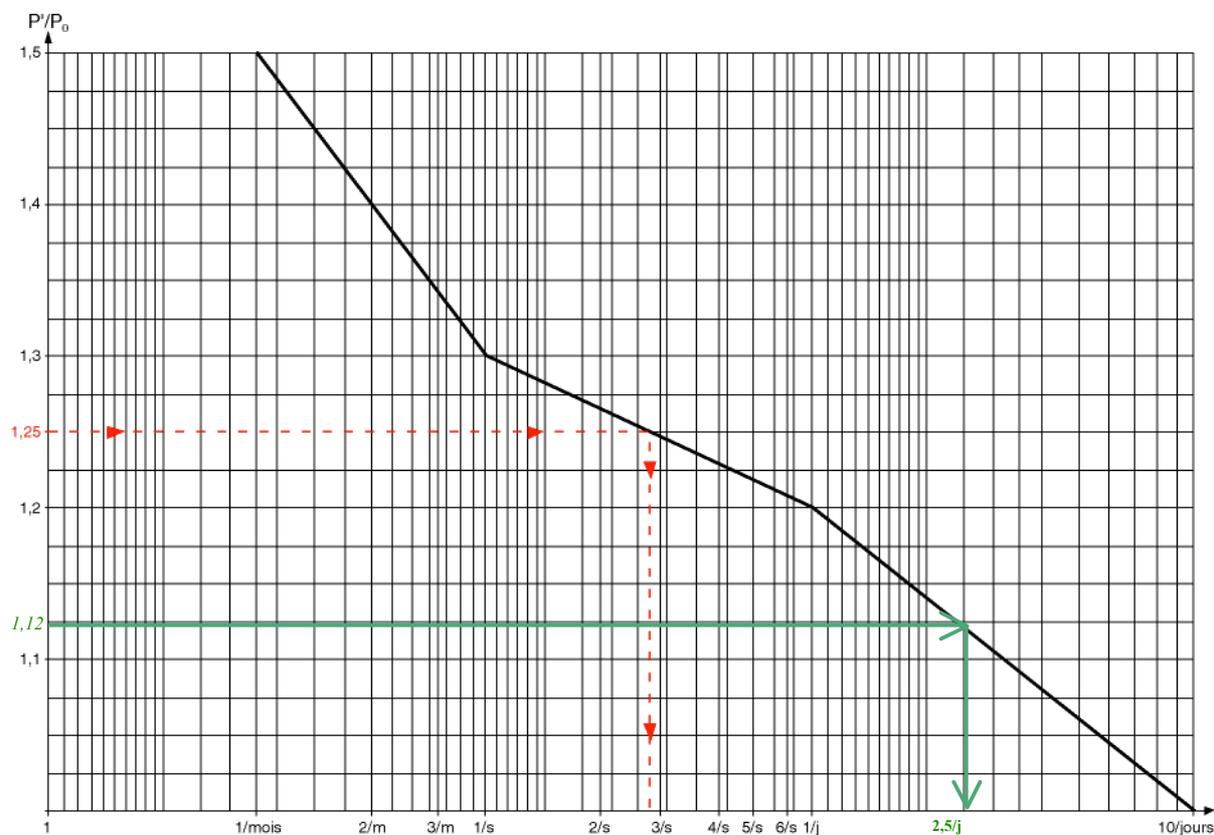
q_0 : pression limite de gonflage des pneumatiques

n : nombre de mouvements en surcharge

N_r : nombre de mouvements contenus dans le trafic de référence

Annexe 2 - Fréquence d'admissibilité en fonction de P'/Po

Le graphique ci-dessous présente le nombre de mouvements pouvant être autorisés en cas de dépassement du PCN en fonction du rapport P'/Po.



Admettons qu'un avion ait un ACN supérieur au PCN se caractérisant par un rapport P'/P_o égal à 1,25 alors l'avion peut être accueilli à la masse P' à une fréquence de près de 3 mouvements par semaine.

Annexe 3 - Effet masse

Afin de bien insister sur la nécessaire connaissance de la masse réelle, une simple modification de l'illustration du paragraphe 3.1. est relativement parlante.

Supposons que l'on prenne le même trafic qu'à ce paragraphe mais que la saisie de la masse ne soit pas faite correctement mais en prenant la masse maximale de l'opération

Si l'on ne tient pas compte du fait que certains des appareils suivants présentent un rapport $P'/P_o > 1,5$ ce qui signifie qu'il ne sont pas autorisés à venir et en supposant qu'un comptage des trafics est effectué, on remarque une consommation excessivement rapide du potentiel piste (bien supérieur aux 3650 mouvements équivalents par an).

En effet, l'A 321 si on le prend à une masse de 83 tonnes (masse maxi au décollage) au lieu des 70 tonnes du paragraphe 3.1, on a un coefficient de pondération de 900 contre 34.

Conclusion : Cette illustration montre que l'on pénalise très fortement le trafic en effectuant un cumul des trafics équivalents avec comme saisie par défaut de la masse maximale en opération plutôt que la masse réelle.

(Remarque : l'exemple du Bae 146 en bas de tableau illustre l'effet d'un avion pour lequel on a $P'/P_o < 1$. Cela montre clairement que ces trafics doivent être pris en compte à la seule condition qu'ils représentent une part importante du nombre de mouvements).

Piste 1 Section 1 PCN = 27/F/A/W/T Sixième année							T éq	Potentiel
Type avion	Circuit	Masse maxi	CP	Nbre mvt réel	Trafic équivalent		18 250	50%
Premier trimestre								
B 767-200	Décollage	144 000	33	6	198			
B 767-200	Atterrissage	125 000	5	6	30			
A 321	Décollage	83 400	599	6	3 594			
A 321	Atterrissage	73 500	71	6	426			
B 757-200 T1	Décollage	100 000	1	400	400			
					Sous-total	4 648	13 602	37%
Second trimestre								
DC 8-62	Décollage	160 000	1 904	3	5 712			
DC 8-62	Atterrissage	109 000	4	3	13			
A 321	Décollage	70 000	34	6	204			
A 321	Atterrissage	65 000	11	6	66			
B 757-200 T1	Décollage	100 000	1	400	400			
					Sous-total	6 395	7 207	20%
Troisième trimestre								
B 767-200	Décollage	144 000	33	6	198			
B 767-200	Atterrissage	125 000	5	6	30			
B 757-200 T1	Décollage	100 000	1	400	400			
					Sous-total	628	6 579	18%
Quatrième trimestre								
A 321	Décollage	83 400	599	6	3 594			
A 321	Atterrissage	73 500	71	6	426			
HC 130	Décollage	80 000	1	25	23			
B 757-200 T1	Décollage	100 000	1	400	400			
					Sous-total	4 443	2 136	6%
					TOTAL ANNUEL	16 114	2 136	6% Potentiel restant
								94% Potentiel consommé
Exemple :	Bae 146-200	Décollage	42 000	0,06	10 000	600	600	0,76