

21 NOV 2019

04/1003

CIRCULAIRE

Relatif à la méthode ACN/PCN comme outil de gestion des chaussées aéronautiques

1.1 Avant propos

En Novembre 1980, l'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale) a proposé à l'ensemble de ces états membres la méthode ACN/PCN comme un système normalisé de communication des renseignements sur la résistance des chaussées aéronautiques.

Conçu 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) et l'autre affecté aux avions (ACN).

1.2 Portée

Le présent Circulaire est applicable à tous les aérodromes civils. Il vise à fournir des lignes directrices sur la résistance des chaussées aéronautiques et qui permet de ce fait de juger de l'admissibilité de chaque aéronef en fonction de sa charge et de la résistance des chaussées.



1.3 Éléments de base

i. Le PCN (Numéro de classification de chaussée)

Le numéro de classification de chaussée (PCN) est un indice égal à $1/500$ de la masse qui, d'après les résultats de l'évaluation, peut être supportée par la chaussée lorsque cette charge est appliquée au moyen d'une roue unique dans les conditions normalisées (pneu gonflé à 1.25 MPa).

Le principe de cette méthode est relativement simple puisque l'on associe à chaque zone homogène d'une plateforme un PCN qui reflète la capacité portante de la chaussée. Cette information est publiée de la manière suivante (d'après le règlement fixant les spécifications techniques de l'exploitation des aérodromes civils) :

PCN = 27/F/A/W/T, avec :

- a. 27 : Un numéro de classification de chaussée arrondi à un nombre entier, et il sera utilisé en comparaison avec l'ACN.
- b. Types de chaussée
 - ❖ F : Chaussée souple (Flexible)
 - ❖ R : Chaussée Rigide

Aux fins de publication de la portance, les chaussées sont classées en chaussées rigides et chaussées souples. Les chaussées rigides comportent une dalle en béton Portland ordinaire, renforcé ou précontraint, avec ou sans couche intermédiaire entre la dalle et le terrain de fondation. Les chaussées souples consistent en une série de couches de résistance croissante depuis le terrain de fondation jusqu'à la couche d'usure. Il est plus difficile de classer les chaussées composées formées d'une chaussée souple recouverte d'une dalle de béton Portland, les chaussées souples avec revêtement de béton bitumineux, ou celles qui comportent des couches stabilisées chimiquement (ciment) et en très bon état. Si la partie "rigide" constitue l'élément structural prédominant de la chaussée et si elle n'est pas gravement affaiblie par des fissures rapprochées, la chaussée doit être classée comme rigide. Dans les autres cas, elle doit être considérée comme une chaussée souple. Dans les cas douteux, la classification dans la catégorie des chaussées souples constitue généralement une hypothèse prudente. Les surfaces sans revêtement (terre compactée, gravier, latérite, corail, etc.) devraient être classées dans la catégorie des chaussées souples. Il en est de même pour les chaussées constituées de briques ou de blocs. Les dalles préfabriquées de grandes dimensions qui doivent être mises en place à l'aide de grues peuvent être classées comme rigides lorsqu'elles sont utilisées pour la construction de chaussées. Les chaussées recouvertes d'un tapis d'atterrissage ou d'une membrane devraient être classées parmi les chaussées souples.

c. Catégorie du terrain de fondation

- ❖ A : Résistance élevée
- ❖ B : Résistance moyenne
- ❖ C : Résistance faible
- ❖ D : Résistance ultra faible



Le problème de la publication de la portance se trouve compliqué par le fait que les atterrisseurs à roues multiples sont d'autant plus efficaces que la chaussée est construite sur un terrain de fondation plus solide. Pour simplifier la publication et permettre l'utilisation d'indices représentant les numéros de classification des chaussées et des aéronefs (PCN et ACN), la méthode ACN/PCN fait appel à quatre catégories de résistance du terrain de fondation. La résistance est qualifiée d'élevée, moyenne, faible et ultra-faible, chaque catégorie correspondant à une gamme déterminée de valeurs. Par conséquent, pour qu'un rapport d'évaluation (PCN) soit utile, il faut établir et indiquer la catégorie de résistance du terrain de fondation sur lequel repose la chaussée. Normalement, la résistance du terrain de fondation aura été évaluée lors de la conception initiale de la chaussée ou à l'occasion d'une remise en état ou d'un renforcement. Si ce renseignement n'est pas disponible, la résistance du terrain de fondation doit être déterminée dans le cadre de l'évaluation de la chaussée. Dans toute la mesure du possible, cette évaluation devrait être fondée sur des essais. Si cela se révèle impossible, une catégorie représentative de la résistance de la chaussée doit être choisie en se fondant sur les caractéristiques du sol, sa classification, l'expérience locale ou le jugement. Normalement, une seule catégorie de terrain de fondation peut s'appliquer à l'ensemble d'un aéroport. Toutefois, lorsque les chaussées sont réparties sur une grande surface et que les caractéristiques du sol diffèrent d'un emplacement à l'autre, il est possible que plusieurs catégories s'appliquent et il faut évidemment en tenir compte dans l'évaluation et la publication des résultats. L'évaluation doit porter sur le terrain de fondation, tel qu'il se présente in situ au-dessous de la chaussée. Normalement, l'humidité et la résistance d'un terrain de fondation situé sous une chaussée d'aéroport atteignent et conservent une valeur relativement constante en dépit des variations saisonnières. Toutefois, dans le cas de surfaces très fissurées, d'un revêtement poreux, d'une nappe phréatique proche de la surface ou d'un mauvais écoulement des eaux, la résistance du terrain de fondation peut être nettement réduite au cours des périodes humides. Les surfaces de gravier ou de terre compactée sont particulièrement sujettes aux changements d'humidité. Enfin, dans les zones soumises à un gel saisonnier, on peut s'attendre à une réduction de la résistance du terrain de fondation pendant les périodes de dégel lorsque les matériaux utilisés sont sensibles au gel.

d. Catégorie de pression des pneus

- ❖ W : Pas de limite
- ❖ X : 1.5 MPa
- ❖ Y : 1 MPa
- ❖ Z : 0.5 MPa

En ce qui concerne la surface elle-même, la pression de contact des pneus est l'élément le plus critique de la charge et ne présente que peu de rapports avec les autres aspects de la résistance de la chaussée. C'est la raison pour laquelle différentes catégories de pression des pneus sont utilisées pour indiquer la pression admissible. Sauf dans de rares cas (joints effrités ou défauts inhabituels de la surface), aucune limite n'est imposée à la pression des pneus sur les chaussées rigides. Toutefois, les chaussées qualifiées de rigides qui possèdent un revêtement souple ou bitumineux doivent être considérées comme des chaussées souples en ce qui concerne la publication de la pression admissible. Les chaussées souples qui sont placées dans la catégorie la plus élevée du point de vue de la pression des pneus doivent être de très bonne qualité et en excellent état, alors que la catégorie la plus basse correspond à celle d'une route soumise à une circulation occasionnelle. Les essais de mélanges bitumineux et d'échantillons obtenus par carottage en vue d'établir



la qualité du revêtement bitumineux peuvent être très utiles pour déterminer la catégorie de pression des pneus, mais aucune relation spécifique n'a été établie entre le comportement lors des essais et la pression acceptable pour les pneus. En général, sauf dans le cas où des limites évidentes s'imposent, il suffit d'établir des catégories de pression lorsqu'une chaussée donne des signes de faiblesse à la suite de l'utilisation de pneus à haute pression.

e. Méthodes d'évaluations

- ❖ T : Evaluation technique ;
- ❖ U: Evaluation faisant appel à l'expérience acquise sur les avions.

Chaque fois que cela est possible, la résistance de la chaussée devrait être publiée en se fondant sur une "évaluation technique". Normalement, la méthode d'évaluation est une inversion de la méthode de calcul. Le calcul d'une chaussée consiste à prendre pour points de départ la charge appliquée par les avions et la résistance du terrain de fondation qui résulte de la préparation du sol et à calculer l'épaisseur et la qualité des matériaux nécessaires pour réaliser la structure de chaussée désirée. L'évaluation procède en sens inverse. Elle consiste à déterminer d'abord la résistance du terrain de fondation existant, à mesurer l'épaisseur et la qualité de chaque élément de la structure de la chaussée et à déterminer le poids des avions que la chaussée peut supporter en appliquant les principes de calcul utilisés pour la conception. Lorsqu'elles sont disponibles, les données d'archives concernant la conception, les essais et la construction du terrain de fondation et des éléments de la structure de la chaussée peuvent souvent être utilisées pour l'évaluation. On peut également pratiquer des excavations dans la chaussée pour déterminer l'épaisseur des couches ainsi que leur résistance et celle du terrain de fondation. L'évaluation technique peut aussi être fondée sur la mesure de la réaction de la chaussée à une charge. La déflexion de la chaussée sous une charge appliquée par l'intermédiaire d'une plaque statique ou d'un pneu peut permettre de prédire son comportement. Il existe aussi différents dispositifs qui sont utilisés pour appliquer des charges dynamiques sur une chaussée, observer sa réaction et prédire son comportement à partir des résultats obtenus. Lorsque, pour des raisons économiques ou autres, une évaluation technique n'est pas possible, on peut se fonder sur l'expérience acquise avec les avions qui utilisent la chaussée. Une chaussée qui supporte de façon satisfaisante un avion donné peut recevoir d'autres avions moins exigeants. Cette constatation peut servir de base à une évaluation.

ii. L'ACN (Numéro de classification d'aéronef)

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

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

Un ACN est publié sous la forme suivante :

		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.

Exemple 1

Constructeur : Airbus

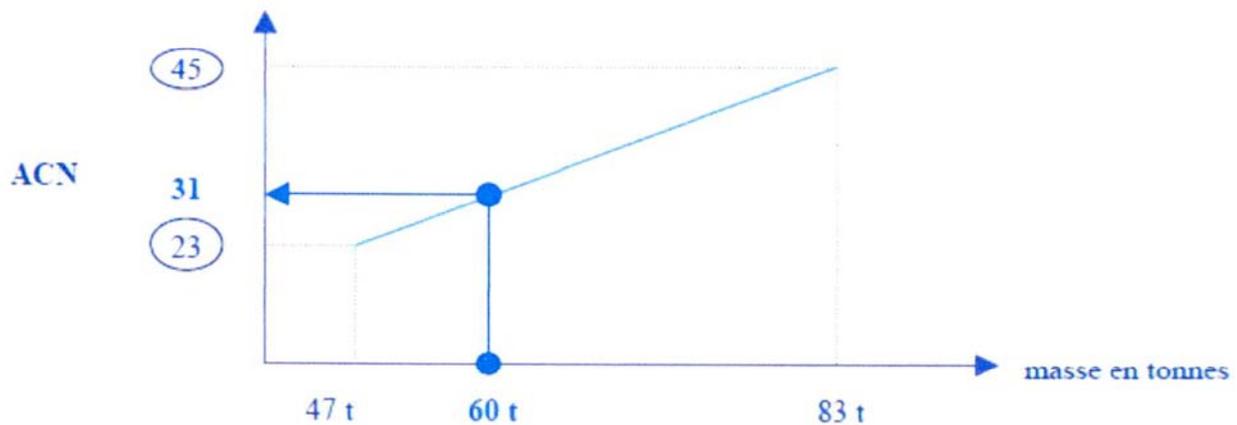
A321

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.



Dans ce cas, l'ACN de l'A 321 à la masse de 60 t avec un sol support de qualité A est de 31.

Exemple 2

Constructeur : Boeing

B777-300

Caractéristiques générales			
Masse maxi au roulage (kg)	Masse maxi au décollage (kg)	Masse maxi à l'atterrissage (kg)	Masse à vide opérationnelle (kg)
300 280	299 370	237 680	160 570



Numéros d'ACN								
Masse de calcul (kg)	Classes							
	Chaussées souples				Chaussées rigides			
	A	B	C	D	A	B	C	D
300 280	53	59	72	100	54	68	88	107
160 570	23	25	29	39	26	27	33	42

1.4 Utilisation de la méthode ACN/PCN

i. 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 termes de masse et/ou de fréquence d'accueil.

Exemple 3 : Cas d'un avion de type A 321 qui veut se poser sur une piste de portance publiée égale à 27/F/A/W/T

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

Exemple 4

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 (1.5)

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).

1.5 La procédure en cas de dépassement du PCN

Si le rapport « ACN/PCN » est supérieur à « 1,1 » pour une chaussée souple, et « 1,05 » en chaussée 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 « Po » 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'/Po ». C'est ce calcul que va faire l'exploitant d'aéroport en cas de dépassement du PCN.

L'exploitant d'aéroport peut utiliser dans le cas de dépassement du PCN la notion du trafic équivalent.

1.6 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 5 :

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 :

$$P_0 = [m + (M - m) * [(PCN - ACN \text{ min}) / (ACN \text{ max} - ACN \text{ min})]]$$

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.

- ❖ 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.

1.7 Les moyens à mettre en place pour une bonne utilisation de la méthode ACN/PCN

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).

1.8 Conclusion

La méthode ACN/PCN est (ou devrait être) un outil de gestion des chaussées aéronautiques d'une plateforme. Cela pourrait se faire moyennant un comptage précis des mouvements d'aéronefs aussi bien en termes de masse réelle que de cheminement au roulage. La finalité de cet outil est de fournir aux exploitants d'aéroport 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.

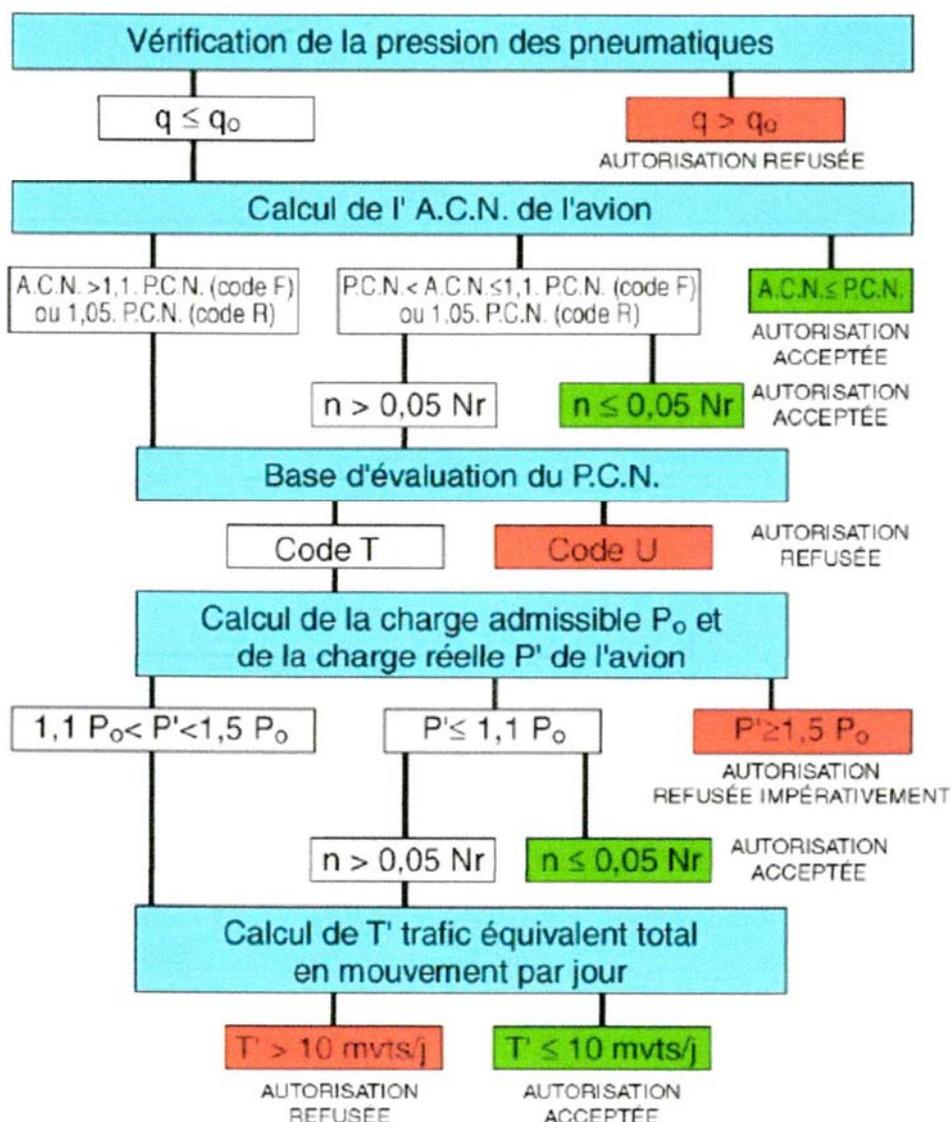
Le Directeur Général de l'Aviation Civile

Habib MEKKI



Annexe 1 : Algorithme d'admissibilité

Le système dérogatoire peut être résumé par le schéma suivant :



Où :

- ❖ q : pression réelle de gonflage des pneumatiques de l'avion ;
- ❖ q_0 : pression limite de gonflage des pneumatiques ;
- ❖ n : nombre de mouvements en surcharge ;
- ❖ Nr : nombre de mouvements contenus dans le trafic de référence.