



Circulaire d'information

Sujet: Pistes sans revêtement en dur

| | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|------------|
| Bureau émetteur : | Aviation civile, Direction des Normes | Numéro de document : | CI 300-004 |
| Numéro de classification du dossier : | Z 5000-34 | Numéro d'édition : | 04 |
| Numéro du SGDDI : | 13454070-V2 | Date d'entrée en vigueur : | 2017-12-05 |

TABLE DES MATIÈRES

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1.0 | INTRODUCTION | 3 |
| 1.1 | Objet..... | 3 |
| 1.2 | Applicabilité | 3 |
| 1.3 | Description des changements..... | 3 |
| 2.0 | RÉFÉRENCES ET EXIGENCES | 3 |
| 2.1 | Documents de référence..... | 3 |
| 2.2 | Documents annulés | 4 |
| 2.3 | Définitions et abréviations..... | 4 |
| 3.0 | CONTEXTE | 5 |
| 4.0 | EFFETS DU GEL SUR LES REVÊTEMENTS EN GRAVIER | 6 |
| 5.0 | PROPRIÉTÉS DU SOL-EFFET SUR LA RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT DE LA SURFACE | 6 |
| 6.0 | MESURE DE RÉSISTANCE ET RAPPORT | 7 |
| 6.1 | Indice de résistance des revêtements en gravier | 7 |
| 6.2 | Résistance au cisaillement des surfaces de piste sans revêtement..... | 7 |
| 7.0 | INSPECTION DE L'ÉTAT DES PISTES EN GRAVIER | 11 |
| 7.1 | Inclinaison de la pente | 11 |
| 7.2 | Réseau du drainage..... | 11 |
| 7.3 | Soulèvement par le gel | 11 |
| 7.4 | Défauts de surface des revêtements en gravier | 11 |
| 8.0 | ENTRETIEN ET RÉPARATION DES PISTES EN GRAVIER | 13 |
| 8.1 | Remplacement du gravier..... | 13 |
| 8.2 | Nivellement et compaction | 13 |
| 8.3 | Lutte antipoussière..... | 14 |
| 9.0 | ENTRETIEN ET RÉPARATION DES PISTES D'ATTERISSAGE GAZONNÉES | 15 |
| 9.1 | Entretien normal | 15 |
| 9.2 | Entretien printanier..... | 15 |
| 9.3 | Ensemencement | 16 |
| 9.4 | Drainage..... | 16 |

| | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------|
| 9.5 | Entretien hivernal | 16 |
| 9.6 | Opérations..... | 16 |
| 10.0 | GESTION DE L'INFORMATION | 16 |
| 11.0 | HISTORIQUE DU DOCUMENT..... | 16 |
| 12.0 | BUREAU RESPONSABLE | 17 |
| ANNEXE A — TABLEAU 1..... | | 18 |
| ANNEXE B — FIGURES 1 À 3 | | 19 |

1.0 INTRODUCTION

- 1) La présente Circulaire d'information (CI) vise à fournir des renseignements et des conseils. Elle décrit un moyen acceptable, parmi d'autres, de démontrer la conformité à la réglementation et aux normes en vigueur. Elle ne peut en elle-même ni modifier, ni créer une exigence réglementaire, ni peut-elle autoriser de changements ou de dérogations aux exigences réglementaires, ni établir de normes minimales.

1.1 Objet

- 1) Le présent document résume les méthodes de mesure et de rapport de résistance au cisaillement de la surface des pistes sans revêtement. On y présente aussi les pratiques aéroportuaires d'inspection de l'état, d'entretien et de réparation des surfaces en gravier et des pistes d'atterrissage en gazon recommandées.

1.2 Applicabilité

- 1) Le document s'adresse aux exploitants des aéroports canadiens et, à titre d'information, au secteur de l'aviation en général.

1.3 Description des changements

- 1) Modification à la section 6.2.7 (1).
- 2) D'autres changements d'ordre rédactionnel.

2.0 RÉFÉRENCES ET EXIGENCES

2.1 Documents de référence

- 1) Les documents de référence suivants sont destinés à être utilisés conjointement avec le présent document :
 - a) Partie III, sous-partie 2 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) – Aéroports;
 - b) Publication de Transports Canada (TP) 312 5^e édition – *Normes relatives aux aéroports et pratiques recommandées*;
 - c) Circulaire d'information (CI) 302-011 – *Publication de la force portante d'une chaussée d'aéroport*;
 - d) CI 302-023 – *Mesure et évaluation de la rugosité de la piste*;
 - e) CI 525-006 – *Exploitation d'avions sur piste sans revêtement en dur*;
 - f) CI 700-011 – *Utilisation de piste sans revêtement en dur*;
 - g) TP 14371 – *Manuel d'information aéronautique de Transports Canada (AIM de TC)*;
 - h) Federal Aviation Administration Advisory Circular (FAA AC) 150-5320-6F, 2016-11-10 – *Airport Pavement Design and Evaluation*;
 - i) Annexe 14 de la Convention relative à l'aviation civile internationale – *Normes et pratiques recommandées – Aérodromes, (septième édition, juillet 2016), de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI)*;
 - j) Document 9157-AN/901 de l'OACI – *Manuel de conception des aérodromes, 3^{ème} partie : Chaussées* (deuxième édition, 1983);

- k) NAV CANADA – Supplément de vol Canada– *Canada and North Atlantic Terminal and Enroute Data (mis à jour et publié tous les 56 jours)*;
- l) Document Boeing D6-24555, 1984-04-05 – *High Load Penetrometer Soil Strength Tester*;
- m) Document Boeing D6-45222-1, 1980-10-03 – *Airplane Requirements for Operations on Gravel Runways*;
- n) American Society for Testing and Materials (ASTM) D2487, 2011 – *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*;
- o) ASTM D4429, 2009 – *Standard Test Method for the CBR (California Bearing Ratio) of Soils in Place*;
- p) ASTM D6951/D6951M, 2009 (2015) – *Standard Test Method for the Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications*.

2.2 Documents annulés

- 1) Sans objet.
- 2) Par défaut, il est entendu que la publication d'une nouvelle édition d'un document annule automatiquement toutes éditions antérieures de ce même document.

2.3 Définitions et abréviations

- 1) Les **définitions** suivantes s'appliquent aux fins du présent document :
 - a) **Indice de masse d'aéronef (ALR)** : Nombre qui exprime l'effet structural relatif de la masse d'un aéronef sur une chaussée (ancien code de publication de la force portante d'une chaussée utilisé par Transports Canada).
 - b) **Indice portant californien (CBR)** : Mesure de la force portante d'un échantillon donné de sol exprimée sous la forme d'un indice défini par rapport à la force portante de la pierre à chaux broyée.
Note : La force portante de la pierre à chaux broyée correspond à un indice de 100.
 - c) **Indice de résistance de chaussée (PLR)** : Nombre qui exprime la force portante d'une chaussée pour l'exploitation sans restriction des aéronefs (ancien code de publication de la force portante d'une chaussée utilisé par Transports Canada).
 - d) **Numéro de classification d'aéronef (ACN)** : Nombre qui exprime l'effet relatif d'un aéronef sur une chaussée pour une catégorie de type spécifiée du terrain de fondation;
 - e) **Numéro de classification de chaussée (PCN)** : Nombre qui exprime la force portante d'une chaussée pour une exploitation sans restriction.
 - f) **Piste à chaussée traitée** : Revêtement en gravier recouvert d'une mince couche de matériau bitumineux stabilisé empêchant la pénétration de l'eau et facilitant le drainage.
 - g) **Piste sans revêtement en dur** : Piste dont le revêtement est constitué de gravier, de gazon, d'argile ou d'un mélange de sols compacté. Ce genre de chaussée peut être construit ou utilisé tel qu'il se présente à l'état naturel.
- 2) Les **abréviations** suivantes s'appliquent aux fins du présent document :
 - a) **ACN** : Numéro de classification d'aéronef
 - b) **ALR** : Indice de masse d'aéronef
 - c) **ASTM** : American Society for Testing and Materials

- d) **CBR** : Indice portant californien
- e) **OACI** : Organisation de l'aviation civile internationale
- f) **PCN** : Numéro de classification de chaussée
- g) **PLR** : Indice de résistance de chaussée

3.0 CONTEXTE

- 1) La présente Circulaire d'information (CI) est à utiliser de concert avec les circulaires CI 700-011 et CI 525-006 de l'Aviation civile de Transports Canada, qui visent respectivement l'exploitation et la certification d'aéronefs devant être exploités sur piste sans revêtement en dur.
- 2) La 5^e édition du TP 312 – *Normes relatives aux aérodromes et pratiques recommandées* indique la norme suivante concernant la détermination et publication de la résistance des surfaces de piste sans revêtement :
2.4.1.2 La force portante d'une chaussée sans revêtement, telle qu'une chaussée en gravier ou recouverte d'herbe, est déterminée au moyen d'une méthode d'évaluation CBR reconnue en indiquant les renseignements suivants :
 - a) Indice de CBR;
 - b) type de surface;
 - c) méthode d'évaluation.
- 3) Selon les effets du climat et l'utilisation des aéronefs, les pistes sans revêtement en dur peuvent présenter des écarts importants quant à leur résistance et à leurs caractéristiques. Pour conserver sa résistance et ses caractéristiques, la chaussée devrait être bien entretenue et ne pas être exposée à une humidité excessive.
- 4) Les pistes à chaussée traitée [voir la partie 2.3(1) de cette CI] peuvent présenter une faible résistance au cisaillement par rapport aux pistes à revêtement en dur ressemblant davantage à celles sans revêtement en dur.
- 5) Si le drainage est inadéquat, l'humidité peut être excessive en cas de forte précipitation ou pendant le dégel printanier, entraînant une diminution de la résistance au cisaillement de la chaussée suffisante pour limiter ou empêcher totalement son utilisation. Réciproquement, pendant les périodes de gel prolongé en profondeur, la résistance au cisaillement des pistes sans revêtement en dur se compare à celle des pistes à revêtement en dur.
- 6) Avec le temps, en cas d'utilisation répétée, les pistes en gravier se détériorent et finissent, en général, par présenter des ornières, des soulèvements par le gel, des dépressions, des nids-de-poule, des surfaces meubles et des délogements d'agrégats. Pour maintenir leur intégrité et assurer la sécurité des aéronefs, il faut les niveler et les compacter régulièrement et ajouter des matériaux.
- 7) Les pratiques recommandées pour l'entretien et la réparation des pistes en gravier permettent aux exploitants d'aéroport de favoriser la sécurité des terrains d'aviation. Les spécifications de la présente CI quant au gravier ne devraient pas servir pendant des travaux échelonnés où le revêtement est appliqué plus tard, mais de programme d'entretien préventif afin de conserver le revêtement en bon état selon des conditions météorologiques et d'utilisation normales.
- 8) Les pratiques recommandées pour l'entretien et la réparation des pistes gazonnées visent les pistes d'atterrissage en gazon conçues pour les petits aéronefs dont la pression des pneus ne dépasse pas 0,35 MPa (51 psi) et dont le poids se compare à celui d'une voiture. Leur entretien normal consiste à tondre l'herbe en été, à effectuer de petites réparations au printemps et à compacter et enlever la neige en hiver.

4.0 EFFETS DU GEL SUR LES REVÊTEMENTS EN GRAVIER

- 1) Les revêtements en gravier ont l'avantage de présenter une surface facile à niveler pour éliminer les déformations causées par le gel. En conséquence selon les opérations, il arrive que ce genre de revêtement soit préférable dans les zones de gel important.
- 2) Parmi les effets néfastes du gel, il y a la déformation de la surface allant de gonflements irréguliers à la perte de résistance du sol pendant le dégel. Peux s'ajoutent à cela la perte de compaction, le mauvais drainage et la détérioration du revêtement. Un sol sensible au gel, des températures de gel pénétrant dans le sol et une humidité suffisante pour créer des cristaux de glace causant l'expansion du sol sont autant de facteurs favorisant les effets néfastes du gel.
- 3) En général, les sols à grain grossier, comme le gravier et le sable, sont peu sensibles au gel. Par comparaison, le limon l'est beaucoup et l'argile moyennement. La profondeur du gel dépend des propriétés thermiques du revêtement et de la masse de sol, mais aussi de la température de l'air et du revêtement.
- 4) Dans le cas des revêtements posés sur un sol porteur sensible au gel exposé au gel saisonnier, on peut limiter la pénétration du gel en appliquant une épaisseur de matériau non sensible au gel suffisante pour limiter la déformation créée par le soulèvement dû au gel. Un ajustement adéquat de la capacité portante peut également être nécessaire quand elle diminue pendant le dégel.
- 5) Le pergélisol caractérise les régions arctiques où le sol est parfois gelé en permanence toute l'année. Le gel et le dégel saisonnier de la couche supérieure (dite active) peuvent causer une importante diminution de la capacité portante de même qu'un soulèvement ou un affaissement différentiel. Dans les zones de pergélisol, la conception du revêtement doit tenir compte de la couche active. Si elle est mince, le revêtement posé sur un sol porteur sensible au gel devrait être assez épais pour empêcher le dégel d'atteindre la couche porteuse. Toutefois, cela n'est pas économique dans les zones où la couche active est profonde et où l'épaisseur du revêtement se limite à celle nécessaire pour accueillir les aéronefs pendant le dégel du terrain de fondation. Puisque le revêtement accroît d'habitude l'épaisseur de la couche active, il en résulte le dégel du pergélisol et un risque d'affaissement continu après la fin des travaux si la teneur en glace du sol qui se met à dégeler est grande. Dans ce cas, un revêtement en gravier est particulièrement avantageux.

5.0 PROPRIÉTÉS DU SOL–EFFET SUR LA RÉSISTANCE AU CISAILLEMENT DE LA SURFACE

- 1) La composition des pistes sans revêtement en dur n'est pas homogène en général et peut comporter divers types de sol. La méthode de classification des sols habituelle à des fins techniques se trouve dans *l'American Society for Testing and Materials (ASTM) D2487 – Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*. La classification permet de prédire le comportement probable du sol sous l'effet du gel et de l'humidité.
- 2) Le système de classification unifié classe les sols selon sa granulométrie (fine ou grossière), puis par sous-groupes selon les constantes de plasticité. À chaque groupe correspond un symbole (p. ex., GW : gravier à granulométrie continue ou un mélange de gravier et sable, avec peu ou pas de particules fines).
- 3) L'indice portant californien (CBR) évalue la résistance des pistes sans revêtement au cisaillement causé par le poids d'un aéronef. Selon l'appendice A de la *Federal Aviation Administration (FAA) AC 150-5320-6F – Airport Pavement Design and Evaluation*, dans le cas d'un sol de gravier à granulométrie continue, l'indice se situe entre 60 et 80 et dans le cas d'un sable à granulométrie continue, l'indice se situe entre 20 et 40. Ce genre de sol présente un risque de gel minime et une compressibilité presque nulle, tandis que son taux d'expansion et de drainage est en général excellent. Si la présence de sols argileux peut entraîner une perte de résistance au cisaillement et au gel, en revanche dans le cas des revêtements composés d'éléments granuleux, cette

présence est souhaitable pour assurer la cohésion du revêtement et le rendre imperméable et résistant à l'érosion.

- 4) La classification du sol sert à vérifier la validité d'un CBR déterminé.

6.0 MESURE DE RÉSISTANCE ET RAPPORT

- 1) La force portante du terrain de fondation et l'épaisseur en général du revêtement de gravier déterminent le tassement de la surface sous la charge d'un aéronef et, partant, la capacité de la piste à supporter l'aéronef. La force portante d'une chaussée de piste est indiquée par l'ancien indice de résistance de chaussée (PLR) et le numéro de classification d'aéronef (PCN). (Voir la CI 302-011 – *Publication de la force portante d'une chaussée d'aéroport.*)
- 2) Même si la force portante du terrain de fondation et l'épaisseur en général du revêtement de gravier déterminent le tassement de la surface, la principale cause de problème des pistes sans revêtement en dur est le cisaillement de la couche superficielle sous l'effet de la pression élevée des pneus des aéronefs. Pour mesurer la résistance au cisaillement des pistes sans revêtement en dur, on peut se servir de CBR, qui peut être utilisé pour déterminer la limite de pression des pneus pour le revêtement.

6.1 Indice de résistance des revêtements en gravier

- 1) Le PLR des revêtements en gravier se détermine comme celui des revêtements souples. (Voir la CI 302-011.) Pour obtenir le PCN correspondant, voir le tableau 8, (Revêtement souple), de la CI 302-011. Une note jointe au PCN devrait indiquer que le revêtement est en gravier (Nota – Revêtement en gravier). Pour les revêtements en gravier, la pression des pneus à utiliser est fonction de la résistance au cisaillement (voir plus bas). Voici un exemple de PCN de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) pour un revêtement en gravier :
52/F/D/0.69MPa/T Nota Revêtement en gravier.

6.2 Résistance au cisaillement des surfaces de piste sans revêtement

- 1) La résistance au cisaillement des revêtements en gravier dépend de l'union des agrégats (la friction et la cohésion des particules), mais aussi de la réaction des matériaux de revêtement à l'humidité. Ce sont là ces facteurs qui déterminent l'exposition au cisaillement des pistes sans revêtement en dur, en particulier sous l'effet de l'humidité.
- 2) La faible résistance au cisaillement des pistes sans revêtement en dur, spécialement quand elles sont mouillées, limite parfois la charge des aéronefs que la piste peut supporter.

6.2.1 CBR (Indice portant californien)

- 1) La résistance au cisaillement des pistes sans revêtement en dur est déterminée par l'CBR, soit le rapport entre la force portante d'un sol et celle de la pierre à chaux broyée. La force portante de la pierre à chaux broyée sert à comparer d'autres types de sol. Son indice est de 100 ou CBR 100. Ainsi, la force portante d'un sol dont la CBR est 10 correspond à 10 % de celle de la pierre à chaux broyée.
- 2) L'ASTM a mis au point des méthodes d'essai normalisées en laboratoire et sur le terrain. En laboratoire, celle servant à déterminer le CBR des sols compactés est l'ASTM D1883 – *Standard Test Method for CBR in Place*. Sur le terrain, on utilise l'ASTM D4429 – *Standard Test Method for CBR of Soils in Place*. La méthode d'essai en laboratoire est utile pour la conception du revêtement, mais moins aux fins d'exploitation. Pour connaître la résistance d'une piste sans revêtement en dur, la méthode normalisée à utiliser pour obtenir le CBR est l'ASTM D4429, qui sert essentiellement à déterminer la force nécessaire à un piston pour pénétrer uniformément

dans le sol. Elle exige en outre de tenir compte de l'humidité du sol. La présence d'agrégats ou de cailloux à forte granulométrie peut causer des résultats erronés si un gros caillou se trouve sous le piston.

- 3) La mise en œuvre de l'ASTM D4429 étant parfois longue et laborieuse, cela peut la rendre inutilisable pour les pistes sans revêtement en dur. D'où d'autres façons d'obtenir le CBR.
- 4) La CBR obtenue selon l'ASTM D4429 sert de critère de comparaison par rapport à d'autres méthodes. Pour connaître la résistance au cisaillement d'un revêtement, on évalue la force nécessaire pour le tasser ou y faire pénétrer un piston à une profondeur déterminée. Divisée par la surface sur laquelle elle s'exerce, cette force mesure la résistance maximale du sol. La pression exercée s'obtient au moyen d'un pénétromètre et est souvent corrélée au CBR.
- 5) Les CBR fournis par d'autres méthodes sont des valeurs approximatives et non absolues et différent des résultats de la méthode ASTM. D'où l'importance d'indiquer la méthode utilisée pour déterminer l'indice portant.
- 6) Le sol des pistes sans revêtement en dur dont la résistance au cisaillement est grande résiste bien à la pression et ont une CBR élevée.

6.2.2 Pénétrromètre à grande force Boeing

- 1) Le pénétromètre à grande force Boeing (document de référence de Boeing, *High Load Penetrometer Soil Strength Tester*) est constitué d'un cylindre hydraulique muni d'une fiche d'essai à pointe conique à l'extrémité de la bielle. On place le cylindre sur le châssis d'un véhicule lourd qui sert de force de résistance. Pour l'essai, on enfonce la fiche selon un taux uniforme de 100 mm (4 pouces) dans le revêtement en appliquant une pression au moyen d'une pompe manuelle. D'habitude, on lit la pression environ 30 secondes ou moins après que le pénétromètre a atteint une profondeur de 100 mm (4 pouces).
- 2) La pression exercée sur le sol s'obtient en divisant la force de pénétration par la surface projetée de la pointe conique de 50,8 mm (2 pouces) de diamètre. Les forces de friction et de cisaillement exercées à côté de la pointe conique sont comprises dans la force totale. Le CBR est déterminé à l'aide d'une formule et la résistance maximale du sol.
- 3) Selon cette méthode d'essai, le matériau de surface doit être homogène à une profondeur dépassant la pointe conique. La présence de gros cailloux peut être source d'erreurs et l'opérateur devrait en tenir compte pendant la mesure. Cela se traduit par une forte augmentation soudaine des lectures de pression du pénétromètre. Dans ce cas, on recommencera plusieurs pieds à côté. L'inclinaison du pénétromètre peut également causer des lectures imprécises en raison de la friction exercée sur les côtés et le raccord.
- 4) Selon la courbe du CBR versus la résistance maximale du sol établie au moyen du pénétromètre à grande force Boeing, le CBR fournie par le pénétromètre correspond à celui obtenu avec la méthode ASTM D4429 selon une pénétration de 12,7 mm (0,5 pouce) (document de référence Boeing D6-24555). Toutefois, cette méthode exige de déterminer le CBR à une profondeur de 2,54 ou 5,08 mm (0,1 ou 0,2 pouce). Aussi devrait-on considérer le CBR obtenue avec pénétromètre à grande force Boeing comme une approximation ou un indice et non une valeur absolue.

6.2.3 Autres façons de déterminer le CBR

- 1) Des constructeurs d'aéronefs européens utilisent un pénétromètre à percussion. Cet appareil constitué d'une longue tige munie d'un cône et d'un poids curseur de 3 kg (6,6 lb) s'enfonce dans le sol sous l'effet répété de la chute et de la remontée du poids le long de la tige. Le CBR est fonction du nombre de chutes nécessaire pour permettre au pénétromètre de s'enfoncer à une profondeur de 100 mm (4 pouces). La faible taille du poids curseur par rapport à la force

employée avec l'ASTM D4429 ou le pénétromètre à grande force Boeing limite cependant l'emploi du pénétromètre à percussion aux surfaces relativement meubles. Et comme il sert à réaliser un test d'impact et non selon une force constante, il n'offre donc pas toujours une bonne corrélation avec le CBR. La comparaison des résultats de mesure de la résistance de la surface avec un pénétromètre à percussion a révélé des écarts importants par rapport au CBR obtenu sur la même piste avec le pénétromètre Boeing.

- 2) Des fabricants d'aéronefs militaires se servent d'un pénétromètre à cône dynamique, selon la méthode d'essai décrite dans l'ASTM D6951/D6951M, 2009 – *Standard Test Method for the Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications*. Cet appareil comporte une tige munie d'une extrémité conique, un poids de 8 kg (17,6 lb) qu'on laisse tomber d'une hauteur de 575 mm (22,6 pouces), un coupleur et une poignée. Pour l'utiliser, on le tient à la verticale, puis on soulève et laisse tomber le poids à répétition à partir d'une hauteur standard. La pénétration totale est fonction du nombre d'impacts. Des équations de corrélation, fondées sur le taux de pénétration par impact, donnent le CBR approximative. Pour le moment, il n'y a pas de données comparatives de mesures de résistance de la surface obtenues sur la même piste avec un pénétromètre à cône dynamique et le pénétromètre à grande force Boeing.

6.2.4 Choix de la méthode de mesure du CBR

- 1) En général, pour déterminer la résistance au cisaillement d'une piste, on préfère un appareil à force réactive et pression constante. Idéalement, on utilisera la méthode servant à déterminer le CBR minimale, décrite dans le *manuel de vol* ou le supplément pour l'utilisation d'un aéronef sur la piste. Le plus souvent, au Canada, pour certifier les aéronefs utilisant des pistes en gravier et évaluer celles-ci, on se sert du pénétromètre à grande force Boeing.

6.2.5 Détermination du CBR

- 1) La résistance au cisaillement des pistes sans revêtement en dur [incluant les pistes à chaussée traitées conformément à la partie 2.3(1) de cette CI] devrait être déterminée par des employés formés ayant l'habitude des mesures et des analyses de résistance de ce genre de piste.
- 2) La résistance au cisaillement du revêtement des pistes est fonction des résultats d'essais de résistance sur place menés selon la méthode technique en vigueur reconnue dans l'industrie. La méthode d'essai devrait être corrélée avec une précision suffisante à la méthode d'essai ASTM D4429 normalisée. Les données de corrélation du CBR devraient être celles communiquées par les fabricants, avant les essais, pour qualifier leur équipement.
- 3) S'il y a lieu, l'équipement devrait être certifié et étalonné selon la fréquence recommandée par le fabricant.
- 4) Les instructions du fabricant pour mesurer la résistance au cisaillement de la piste devraient être respectées.
- 5) Les mesures devraient être effectuées sur le revêtement, selon la profondeur recommandée par le fabricant.
- 6) Si la présence de gros agrégats ou de grosses pierres risque induire des erreurs, on interrompt l'essai et déplace l'appareil ailleurs.
- 7) Les mesures s'effectuent normalement le long de la piste, dans la trajectoire anticipée des roues du train d'atterrissage principal, puis à intervalles déterminés, en général de 30 à 60 m (100 à 200 pieds). Elles devraient être uniformément décalées entre les deux trajectoires. Plusieurs mesures devraient également être prises sur l'axe de piste et à 8 m (25 pieds) à partir du bord de la piste (vers d'axe de piste) ce qui pourrait identifier les portions faibles de la piste. Des mesures ponctuelles sont également nécessaires aux endroits qu'on juge être meubles et sur les voies de circulation et les aires de trafic.

- 8) Au moins 20 relevés, sur la piste, sont nécessaires pour disposer d'un échantillon représentatif d'indices CBR.
- 9) La moyenne (\bar{X}) des mesures et leur écart type (σ) devraient être déterminés. Le CBR correspond au CBR moyen du revêtement moins l'écart type ($\text{CBR} = \bar{X} - \sigma$).

6.2.6 Fréquence et moment des mesures du CBR

- 1) La fréquence des mesures du CBR dépend de différents facteurs incluant l'état de la piste, le type d'aéronef et la fréquence d'utilisation. Au début, les mesures devraient être prises chaque année, afin de déterminer une tendance, puis au moins tous les 3 ans.
- 2) La résistance d'une piste sans revêtement en dur varie selon la teneur en humidité et le moment de l'année. Les mesures du CBR devraient normalement être prises peu après le dégel printanier, afin d'évaluer la résistance du revêtement de la piste alors qu'elle est à son plus faible. Si les essais sont effectués à ou à peu près à ce temps de l'année, la mesure de résistance de la surface d'une piste obtenue sera vraisemblablement valable pour le reste de l'année, à moins que la piste ne soit exposée pendant de longues périodes de temps à des pluies abondantes.
- 3) Les mesures de CBR devraient être effectuées lorsque l'une des conditions suivantes existe :
 - a) après la réalisation d'une partie du revêtement de la piste, sauf le nivellement et la compaction normaux);
 - b) lorsqu'il y a lieu de croire à une perte de résistance au cisaillement du revêtement (ornières, plaintes de pilote);
 - c) lorsque la piste n'a pas été utilisée ou entretenue pendant toute une saison.

6.2.7 Rapport de CBR

- 1) Les rapports de CBR devraient signaler clairement la méthodologie et l'appareil de mesure utilisés, car les résultats diffèrent d'un appareil à l'autre. Étant donné les erreurs inhérentes au matériel et aux méthodes d'essai servant à déterminer le CBR standard, il est important de préciser la méthode utilisée, de même que le type de revêtement.
- 2) Les trois méthodes mentionnées (pénétrömètre Boeing, à percussion ou à cône dynamique) n'offrent pas de facteurs de correction du CBR selon l'humidité du sol. Puisque la résistance des pistes sans revêtement risquant d'être bien moindre après le dégel printanier ou une pluie abondante, on devrait noter les conditions dans lesquelles les mesures ont été prises.
- 3) Au minimum les renseignements suivants devraient être enregistrés et inclus dans le rapport d'essai :
 - a) Lieu de l'aéroport;
 - b) Lieu de l'essai (piste, voie de circulation);
 - c) Date de l'essai;
 - d) Type de revêtement;
 - e) Taux de saturation du sol;
 - f) Endroit de l'essai;
 - g) Profondeur de l'essai;
 - h) Valeurs du CBR;
 - i) Méthode d'essai.

- 4) Pour obtenir la liste des exploitants d'aéroport canadiens et les numéros de téléphone des personnes-ressources, consulter la dernière version du *Supplément de vol Canada* de NAV CANADA.

6.2.8 Détermination des limites de pression des pneus

- 1) Certains constructeurs d'aéronef utilisent le CBR pour fixer les limites de pression des pneus à respecter sur la piste. Boeing a obtenu des pressions de pneus acceptables selon le CBR au moyen de son pénétromètre à grande charge (document de référence de Boeing D6-45222-1 - *Airplane Requirements for Operations on Gravel Runways*). La courbe (annexe B, figure 1 de cette CI) montre que le revêtement des pistes est suffisant pour les aéronefs lorsque la pression des pneus (en psi) est inférieure ou égale à cinq fois le CBR mesuré avec le pénétromètre Boeing.

7.0 INSPECTION DE L'ÉTAT DES PISTES EN GRAVIER

- 1) Des inspections périodiques déterminent habituellement l'entretien nécessaire pour rendre conforme la sécurité des pistes en gravier. Parmi les aspects techniques à considérer, il y a l'inclinaison de la pente, le réseau de drainage, la détection des surfaces meubles ou mouillées, la présence de grosses pierres sur la surface et les soulèvements par le gel.

7.1 Inclinaison de la pente

- 1) Pour être bien drainés et éviter la formation de flaques d'eau, les pistes et les voies de circulations en gravier devraient avoir une crête de bombement avec une pente transversale de 2 à 2,5 % (voir la section 3.1.2.6 de la 5^e édition du TP 312). Pour les aires de stationnement des aéronefs et de plein de carburant, la pente devrait être moindre.
- 2) Quand c'est possible, il devrait y avoir, le long de l'accotement de la piste, une pente descendante sur une distance 60 à 75 mètres (de 200 à 250 pieds) de chaque côté du centre de la piste.

7.2 Réseau du drainage

- 1) Les tendances ou patrons de drainage devraient être observées. Pour les surfaces meubles du revêtement qui retiennent l'eau ou empêchent son écoulement, il faut prévoir rajouter du gravier et les niveler. La couche superficielle devrait être rendue le plus imperméable possible par un bon drainage et une bonne compaction et en limitant le risque d'orniérage. L'accumulation d'humidité sur la surface affaiblit la structure et est à éviter.

7.3 Soulèvement par le gel

- 1) L'hiver, les bordures de soulèvement par le gel devraient être surveillées et marquées. On devrait également prévoir le remplacement des matériaux sensibles au gel jusqu'au niveau de pénétration du gel. Le travail devrait être exécuté quand il n'y a pas de gel.

7.4 Défauts de surface des revêtements en gravier

- 1) À l'annexe B, la figure 2 de cette CI donne un exemple de formulaire d'évaluation des défauts des revêtements en gravier. Les défauts les plus fréquents sont indiqués. Voici leurs descriptions.

7.4.1 Perte de matériau

- 1) La perte de matériau, des surfaces nues, l'apparition de matériaux du terrain de fondation à la surface et l'accumulation de matériau granulaire sur le bord de la piste sont causées par le déneigement, les pneus et l'infiltration de matériaux des couches inférieures dans la couche superficielle.

7.4.2 Ségrégation

- 1) La ségrégation, c'est l'accumulation sur la piste d'agrégats meubles, sans cohésion et de taille grossière. La perte de particules fines est causée par le souffle des hélices ou des réacteurs, les pneus et le climat.

7.4.3 Orniérage

- 1) L'orniérage, c'est un phénomène de déformation longitudinale, dans le sens de la trajectoire des roues. La présence d'ornières sans bourrelet de matériau à côté témoigne d'un défaut des couches profondes ou du terrain de fondation, causé par une épaisseur insuffisante ou un poids excessif. En revanche, un bourrelet indique qu'il y a cisaillement de la couche superficielle en raison d'un manque de cohésion (faible résistance au cisaillement de la surface) ou de pneus trop gonflés. Trop d'humidité, un mauvais nivellement, la ségrégation et une compaction insuffisante expliquent le manque de cohésion.

7.4.4 Drainage superficiel

- 1) Des endroits détremés persistant après la pluie ou la fonte de la neige, sans ornières, témoignent d'un mauvais drainage superficiel. Parmi les causes, il y a une pente transversale insuffisante, l'existence de surfaces plus basses ou un mauvais système de drainage.

7.4.5 Drainage souterrain

- 1) Des surfaces meubles accompagnées d'ornières et de bourrelets pendant le dégel ou quand il pleut et des soulèvements causés par le gel en hiver sont des indices de mauvais drainage souterrain. Le résultat ressemble à des ornières, sauf qu'il est causé par une humidité excessive et non l'épaisseur insuffisante de la surface. Des endroits mouillés en permanence ne résultant pas d'un drainage superficiel inadéquat témoignent aussi d'un mauvais drainage souterrain, à cause d'un mauvais réseau de drainage souterrain ou de la hauteur de la nappe aquifère.

7.4.6 Action du gel

- 1) L'action du gel se manifeste sous forme de soulèvements différentiels de la surface ou de dépressions apparaissant chaque année au même endroit sous l'effet du gel. Un mauvais drainage souterrain et l'épaisseur insuffisante de la couche de matériau granulaire sur les matériaux sensibles au gel sont aussi des causes de soulèvement par le gel.

7.4.7 Déformation

- 1) La déformation s'entend des irrégularités du profil longitudinal. Les critères d'évaluation de déformation de piste se trouvent dans la CI 302-023 - *Mesure et évaluation de la rugosité de la piste*. Les déformations sont causées par la perte de matériaux, l'action du gel ou le tassement.

7.4.8 Végétation

- 1) Il arrive que la végétation envahisse les surfaces en gravier actives et les surfaces nivelées des bords de piste. Cela s'explique par un mauvais drainage ou l'accumulation de sols organiques (de la terre) sur la surface, mais aussi par une faible utilisation de la piste.

8.0 ENTRETIEN ET RÉPARATION DES PISTES EN GRAVIER

- 1) L'entretien des revêtements en gravier exige d'abord de niveler régulièrement la surface pour effacer les irrégularités qui se forment avec le temps et rétablir la pente de drainage. Parfois, l'ajout de gravier peut être nécessaire afin de remplacer les matériaux perdus. L'été, l'élimination de la poussière peut également être nécessaire.

8.1 Remplacement du gravier

- 1) Le nivellement de la piste et son érosion sous l'effet du trafic, du vent et de la pluie entraînent une perte graduelle de matériaux. De plus, la contamination par le sol souterrain peut réduire l'épaisseur de la surface. En général, selon le nombre de mouvements d'aéronef et le trafic, l'épaisseur des pistes en gravier non concassé diminue d'environ 25 mm (1 pouce) par année, et d'environ la moitié dans le cas du gravier concassé.
- 2) Selon l'état de la piste et le taux de perte, l'ajout de matériaux aux surfaces en gravier peut être nécessaire pour remplacer le matériau granulaire usé, emporté par le vent, érodé ou dispersé dans le sol souterrain.
- 3) Pour la réparation, on utilisera un mélange (naturel ou artificiel) de gravier, de roche, de laitier et de sol adapté aux exigences. L'agrégat devrait être fait de particules propres, dures et durables de gravier, de roche et de laitier, concassé ou pas, et exempt de particules meubles, minces, allongées ou laminées et de matières organiques ou délétères.
- 4) La gradation des matériaux de reprofilage et d'entretien des pistes en gravier qu'utilisait Transports Canada dans le passé en tant que propriétaire-exploitant des aéroports, se trouve au tableau 1 de l'annexe A de cette CI. Dans le cas d'un terrain de fondation et d'un revêtement de piste bien profilés et compactés, les gradations indiquées devraient limiter l'entretien au minimum. Selon l'état de la piste, d'autres administrations aéroportuaires emploient une gradation différente. Il devrait toujours y avoir, près des pistes en gravier fréquentées, un tas de gravier conforme aux exigences de profilage.
- 5) La grande quantité de particules fines obtenues avec un tamis de 0,075 mm (voir le tableau 1 de l'annexe A de cette CI) est réservée à l'entretien, afin de compenser la perte de celles dispersées par le vent, le trafic et le ruissellement. Pour les agrégats destinés aux projets de construction ou de reconstruction de piste, la proportion de particules fines est moindre.

8.2 Nivellement et compaction

- 1) Les pistes en gravier devraient être nivelées et compactées le plus vite possible après le dégel printanier et de préférence aussi en automne, en vue de l'hiver. Selon la détérioration de la surface, sous l'effet du climat et du trafic, il peut être aussi nécessaire de les niveler et de les compacter en été.
- 2) L'entretien des pistes en gravier comprend le nivellement à intervalles suffisants pour éviter les déformations et maintenir la pente longitudinale et la pente transversale. Après le dégel, un nivellement est nécessaire pour éliminer les nids de poule et les ornières, reprofiler la surface et la compacter. Sauf au printemps, le reprofilage et la compaction devraient avoir lieu après une

période de précipitation, quand la surface est humide. Durant les périodes secs, les petits travaux de nivellement devraient servir à maintenir une couche de gravier d'épaisseur uniforme.

- 3) Le nivellement devrait se faire en même temps que le nettoyage et l'entretien des fossés et des ponceaux. Les dépressions qui retiennent l'eau ou l'empêchent de s'écouler devraient être nivelées. Le reprofilage et le nivellement sont alors prioritaires.
- 4) Le nivellement ne devrait pas modifier radicalement l'inclinaison des pentes. On devrait s'efforcer de conserver l'inclinaison d'origine.
- 5) Le nivellement devrait supprimer les dépressions, les ornières, les surfaces meubles et les nids-de-poule. Le travail consiste habituellement à scarifier la surface à la profondeur qu'il faut pour supprimer les dépressions et les matériaux qui se sont mélangés, puis compactés. La lame de la niveleuse devrait être maintenue parallèle à la pente souhaitée, de manière à ce que la piste ait la pente requise pour que l'eau s'écoule.
- 6) Le nivellement de la piste devrait permettre de rétablir la pente transversale prévue à l'origine pour assurer un drainage satisfaisant et l'uniformité nécessaire à la sécurité des aéronefs. Si l'on procède du haut de la crête d'un bombement vers le bord de la piste, la crête d'un bombement risque de finir par disparaître. Pour la conserver, l'opérateur devrait procéder d'un bord à l'autre de la piste en remontant vers le sommet de la crête d'un bombement. Le prochain passage se fait du côté de la piste opposé à celui où a été amorcé le nivellement précédent. Au dernier passage, la lame ne devrait pas laisser de cordon, mais une surface raisonnablement plane. (Pour la façon recommandée de niveler les pistes en gravier, voir la figure 3 de l'annexe B de cette CI).
- 7) La niveleuse devrait enlever le moins de matériau possible. Les grosses pierres rejetées sur le bord devraient être enlevées. Le nivellement devrait dépasser les feux de piste et inclure les parties de la surface nivelée où se fait l'enlèvement de la neige. Les pierres partiellement découvertes devraient être enlevées.
- 8) Les matériaux ajoutés pendant le nivellement devraient être intégrés à une surface désagrégée, et le mélange obtenu compacté de manière à créer un revêtement homogène de 50 à 75 mm (2 à 3 pouces). Comme elle permet de bien lier les couches, cette méthode est préférable au simple ajout de nouveau matériau à la surface. Le gravier qui est ajouté sert à remplacer les agrégats fins et à remplir les dépressions du genre de celles qu'on trouve dans la zone servant à faire le point fixe, près du seuil de piste.
- 9) Après le nivellement de la piste ou l'ajout de gravier et son nivellement, la surface devrait être compactée au rouleau lorsque son humidité est optimale (quand on serre le matériau dans la paume de la main, il devrait former un « pain » dont il ne s'écoule pas d'eau). Le roulement après une averse ou avoir arrosé la surface avec un camion-citerne offre les meilleurs résultats.
- 10) Une fois compactée, la surface devrait être lisse, respecter la ligne et le niveau mesurés, offrir une bordure uniforme de 5 mètres (16,4 pieds) et libre de pierres de plus de 25 mm (1 pouce). Les dépressions créées par le rouleau devraient être désagrégées, après quoi on ajoute du matériau que l'on compacte.

8.3 Lutte antipoussière

- 1) Selon les opérations et la gravité des problèmes de poussière, des mesures antipoussière peuvent être nécessaires en été.
- 2) Des produits chimiques comme le chlorure de calcium et le sel servant à la lutte antipoussière sur les routes ne peuvent être utilisés sur les revêtements côté piste, car ils sont corrosifs et peuvent endommager les aéronefs.
- 3) Le bitume léger (liquide à durcissement lent SC 70 ou à émulsion fluide SS-1 peut être vaporisé à raison de 0,5 à 3 litres par mètre carré. Les émulsions devraient être diluées dans au plus 5

parties d'eau par volume. À cause de ses effets sur l'environnement, les administrations locales n'autorisent pas toujours ce genre de bitume.

- 4) S'il y a un taux élevé d'argile sur la surface, on peut appliquer du bitume routier selon un taux de 0,5 litre par mètre carré pour éviter qu'elle ne retienne trop d'humidité et ne s'ameublisse. On évitera d'en appliquer trop, sinon il risque de se retrouver dans le système de drainage et de polluer les cours d'eau voisins. Les responsables locaux de la lutte antipollution n'autorisent pas toujours l'utilisation d'huile à moteur récupéré.
- 5) D'autres types de produits antipoussière sont offerts dans le commerce; leur utilisation est fonction de leur coût et des connaissances locales quant à leur efficacité. Il devrait être démontré que les produits utilisés ne sont pas corrosifs sur les matériaux ou les composantes d'aéronefs. Les renseignements concernant les spécifications exigées pour les essais peuvent être obtenus auprès des principaux fabricants d'aéronefs.

9.0 ENTRETIEN ET RÉPARATION DES PISTES D'ATERRISSAGE GAZONNÉES

- 1) La sécurité des aéronefs repose sur un entretien uniforme des pistes d'atterrissage gazonnées, selon la présente section. Toutefois, la diversité des conditions climatiques et de sols au Canada ne permet pas de donner des instructions d'entretien détaillées.

9.1 Entretien normal

- 1) Pour garder les pistes gazonnées dans un bon état et limiter les dommages causés par l'érosion, il faut maintenir une bonne couche uniforme d'herbe. Pour respecter cette exigence, on devrait :
 - a) fertiliser et aérer le sol chaque année;
 - b) maintenir la hauteur de l'herbe entre 5 et 10 cm (2 et 4 pouces);
 - c) empêcher la prolifération de la mauvaise herbe.

9.2 Entretien printanier

- 1) Les pistes d'atterrissage en gazon devraient être roulées chaque printemps, quand le sol est encore humide. Le poids du rouleau devrait permettre à l'herbe soulevée par le gel de reprendre sa place d'origine après le passage du rouleau. Le choix du poids du rouleau selon l'humidité du sol est important. Un poids excessif risque d'infliger de grandement endommager le nivellement et la structure du sol et de nuire au drainage. Un rouleau trop pesant peut également laisser des ornières et déplacer le sol. D'un autre côté, si le sol est trop sec, le rouleau risque d'être à peu près sans effet.
- 2) Le roulement devrait être longitudinal, d'un bout à l'autre de la piste, en se rapprochant par des passages successifs et parallèles vers le centre de la piste.
- 3) Les pierres de plus de 4 mm (0,2 pouce) de diamètre devraient être enlevées par raclage. Sous l'action du gel, celles qu'avant on ne voyait pas finissent pas atteindre la surface.
- 4) Les endroits où l'hiver a fait mourir l'herbe et où il y a des ornières et des irrégularités devraient être désagrégés et ameublés. Lorsqu'on ajoute de la terre végétale, il faut la mélanger au sol avant de passer le rouleau, d'ensemencer ou de gazonner. Là où il manque de grandes quantités de matériau (en raison de l'érosion, par exemple), il peut être nécessaire de remplacer le sous-sol avant de mettre de la terre végétale.

9.3 Ensemencement

- 1) L'ensemencement et le sureensemencement sont parfois nécessaires pour réparer les endroits endommagés ou renforcer le gazon. Le mélange de semences utilisé devrait permettre :
 - a) à l'herbe de ne pas pousser par touffes;
 - b) à l'herbe de former rapidement un gazon bien touffu;
 - c) à l'herbe de pousser dans des conditions secs et ensoleillé.
- 2) Étant donné que les types, les variétés et les mélanges de graines à employer peuvent varier selon l'endroit et les conditions climatiques, mieux vaut consulter un représentant en agriculture pour déterminer le bon mélange. Voici les mélanges suggérés.
 - a) Fétuque rouge traçante : 60 à 70 %;
 - b) Pâturin des prés : 20 à 30 %;
 - c) Ivraie vivace : 10%.

9.4 Drainage

- 1) Une bonne façon de favoriser le drainage est de maintenir un nivellement net et uniforme et, de préférence, une crête d'un bombement centrale et une pente transversale de 2 à 2,5 % (voir la section 3.1.2.6 de la 5^e édition du TP 312). Pour le drainage souterrain, la piste devrait reposer sur du sable ou du gravier. S'il y a des flaques d'eau et des endroits mouillés, on corrigera la pente longitudinale ou la pente transversale. Il faut aussi empêcher l'eau qui est sur les bords d'envahir la piste. Il est donc recommandé de creuser des fossés et de les débarrasser des débris, du limon et de l'herbe.

9.5 Entretien hivernal

- 1) Si la piste sert en hiver, la neige devrait être suffisamment compactée pour supporter le poids d'un aéronef et empêcher l'orniérage. À la suite de chutes de neige successives, la neige devrait être enlevée de la surface compactée. Dans le cas des pistes en neige compactée, il peut être nécessaire de marquer les bords. Pendant le ruissellement printanier, il faut permettre à la surface gazonnée de sécher. L'exploitation des aéronefs devrait être suspendue tant que la surface n'est pas sèche et capable de supporter le poids d'une voiture.

9.6 Opérations

- 1) Des marques bien visibles du haut des airs devraient délimiter la surface gazonnée. Le genre de marque à utiliser et les endroits où les poser devraient suivre la norme indiquée dans la 5^e édition du TP 312.

10.0 GESTION DE L'INFORMATION

- 1) Sans objet.

11.0 HISTORIQUE DU DOCUMENT

- 1) Circulaire d'information (CI) 300-004 Édition 01, SGDDI 6836758 (F), 6571515 (E), daté 2012-03-16 - *Pistes sans revêtement en dur*.

- 2) Circulaire d'information (CI) 300-004 Édition 02, SGDDI 8785880 (F), 8786183 (E), daté 2013-12-02 - *Pistes sans revêtement en dur*.
- 3) Circulaire d'information (CI) 300-004 Édition 03, SGDDI 11302845 (F), 11300951 (E), daté 2016-02-05 - *Pistes sans revêtement en dur*.

12.0 BUREAU RESPONSABLE

Pour obtenir plus de renseignements ou pour faire des suggestions concernant ce document, veuillez communiquer avec :

<http://www.tc.gc.ca/fra/regions.htm>

Toute proposition de modification au présent document est bienvenue et devrait être soumise à l'adresse de courriel :

TC.FlightStandards-Normsvol.TC@tc.gc.ca

Le directeur des normes
Aviation civile

Original signé par

Robert Sincennes

ANNEXE A — TABLEAU 1

Tableau 1 – Gradation des matériaux de remplacement du gravier

| Gradation ou mélange des matériaux de remplacement du gravier | |
|--|--|
| Dimension de tamis (en mm) | Pourcentage selon le poids du matériau tamisé |
| 25 | 100 |
| 19 | 70-100 |
| 2.00 | 40-70 |
| 0.425 | 20-45 |
| 0.075 | 10-20 |

ANNEXE B — FIGURES 1 À 3

Figure 1 – Limite de pression des pneus vs le CBR obtenu avec le pénétromètre Boeing
(La figure 1 est tirée du document D6-45222-1 de Boeing)

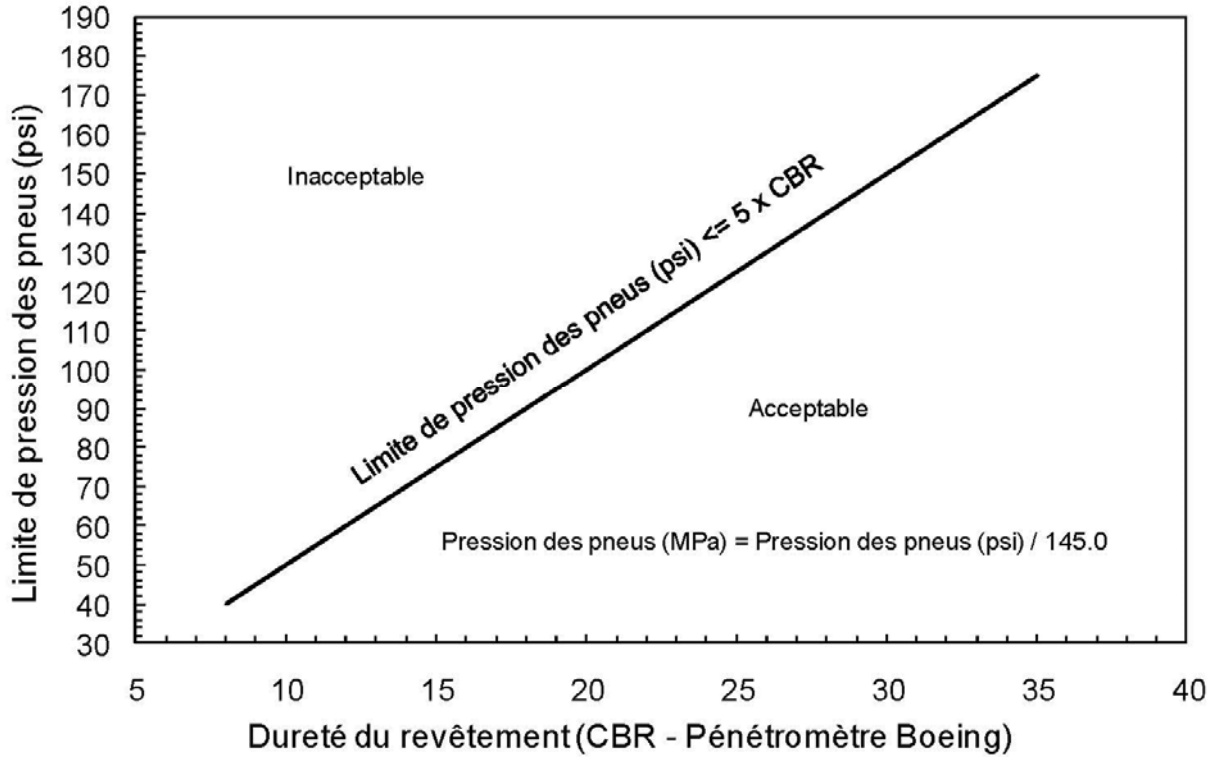
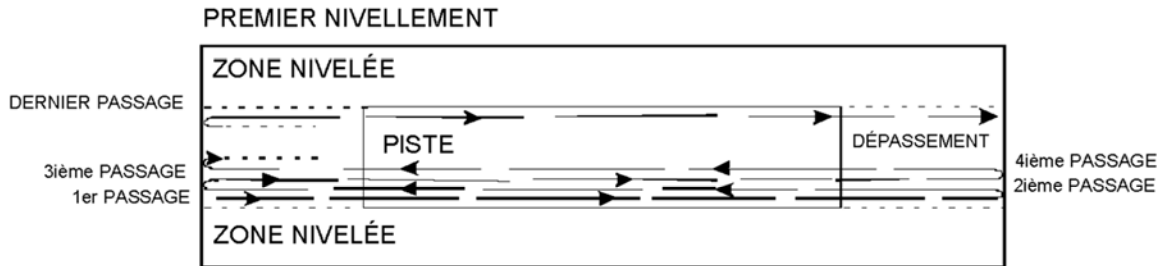
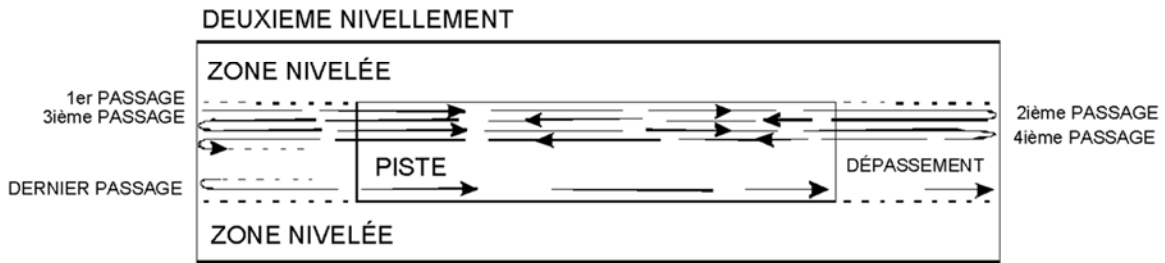


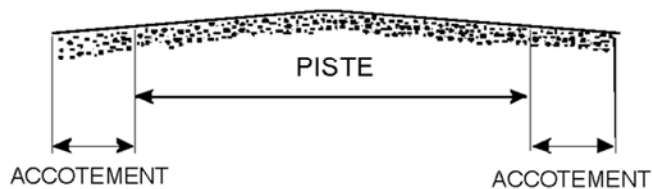
Figure 3 – Méthode recommandée pour le nivelage des pistes en gravier



PROCÉDURE - COMMENCER PAR LE BORD DE LA PISTE ET LAISSER UN CORDON SUR LE BORD DE LA ZONE NIVELÉE



DEUXIEME PASSAGE - COMMENCER PAR LE BORD OPPOSÉ DE LA PISTE
 PROCÉDER A UN DEUXIEME PASSAGE SEULEMENT S'IL RESTE DES DÉFORMATIONS



VUE EN COUPE DE LA ZONE A NIVELER