



Méthode indice de service

GUIDE MÉTHODOLOGIQUE juin 2003

direction générale de l'Aviation civile

service technique de l'Aviation civile

SOMMAIRE

1. PREAMBULE
2. FONDEMENT DE LA THEORIE DE LA METHODE DE L'INDICE DE SERVICE
3. METHODOLOGIE DU RELEVE DES DEGRADATIONS
4. MATERIEL ET PERSONNEL NECESSAIRES A L'EXECUTION DU RELEVE
5. Releve des degradations
6. Exploitation du releve des degradations
7. Analyse du processus de deterioration des chaussees
8. DESCRIPTION DU SYSTEME DE GESTION9
9. CLASSIFICATION DES TRAVAUX DANS UN RAPPORT D'INDICE DE SERVICE
10. LOGICIEL IS: OUTIL D'EXPLOITATION DU RELEVE DES DEGRADATIONS
11. Periodicite du releve des degradations
12. RAPPORT

1. PREAMBULE

Face au vieillissement du patrimoine aéronautique français accentué par l'intensité croissante du trafic et la tendance persistante au développement des avions gros porteurs induisant une fatigue accrue des chaussées et la nécessité à terme de les renforcer, les préoccupations dominantes des responsables d'infrastructures aéroportuaires ont changé. Elles se sont progressivement détachées des techniques de constructions nouvelles pour venir se cristalliser sur le thème de l'entretien, notamment dans le domaine des chaussées, étant entendu que ce terme général d'entretien couvre l'ensemble des interventions nécessaires, renforcement compris.

L'entretien d'une chaussée n'est pas une tâche aisée. Il pose essentiellement un problème bivalent : quand intervenir et sous quelle forme ?

Cela a conduit au fil des années à la prise de conscience collective, tant du côté des gestionnaires d'aérodromes que des différentes administrations concernées, de la nécessité d'une politique d'entretien rationnel fondée sur un système de gestion approprié.

Ce fut, pour le Service Technique des Bases Aériennes, le point de départ d'une vaste étude dont l'aboutissement a été le développement de l'outil Indice de Service en 1986.

L'outil Indice de Service correspond à la poursuite de trois objectifs :

- l'appréciation rationnelle du niveau de service d'une chaussée et de son évolution ;
- la programmation des besoins à long terme (auscultations et travaux d'entretien) ;
- l'estimation prévisionnelle du coût d'entretien pour l'année N+1 à partir des données relatives à l'année N.

Toutefois, il est nécessaire que tous les utilisateurs de la méthode la pratiquent et l'interprètent de la même façon : c'est l'objectif du présent document.

2. FONDEMENT DE LA THEORIE DE LA METHODE DE L'INDICE DE SERVICE

Le suivi régulier de l'état de la chaussée passe par l'appréciation périodique de ses qualités relevées au moyen d'indicateurs d'états tels que la portance, l'uni, la glissance et son état de surface. En pratique, l'évaluation de ces indicateurs requièrent des investigations contraignantes compte tenu du coût et de la disponibilité des appareillages nécessaires. Comme sur la figure 1, on remarque que l'état de surface, nécessitant un simple relevé visuel, laisse transparaître l'ensemble des qualités offertes par une chaussée.

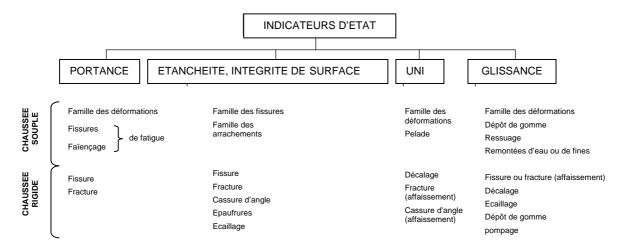


Figure 1. Correspondance indicateurs d'état/dégradations

L'intérêt d'une utilisation approfondie des relevés visuels a alors conduit à l'élaboration d'une méthode permettant de définir un indicateur numérique appelé « indice de service ». L'Indice de Service est un nombre compris entre 0 et 100 qui caractérise l'état d'une chaussée à un instant donné (IS = $100 \rightarrow$ pas de dégradation, IS = $10 \rightarrow$ fermeture de la piste).

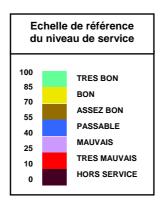


Figure 2. Echelle de référence

Sa valeur est établie à la suite d'un relevé de dégradations aussi exhaustif que possible (type de dégradation et niveau de gravité de cette dernière) dont le traitement est ensuite assuré au moyen d'un logiciel mis au point par le Service Technique des Bases Aériennes.

3. METHODOLOGIE DU RELEVE DES DEGRADATIONS

- Renseignements préalables

Avant l'intervention sur le site, il est nécessaire de se procurer un plan général des infrastructures pour le repérage et la rédaction du rapport ainsi que l'historique des chaussées pour la détermination des zones homogènes et l'interprétation de certaines dégradations.

- Dimensions des mailles et origine du relevé

	Piste	Bretelle ou voie de relation	Aire de trafic	
Origine des relevés	à partir du QFU¹ le plus faible	à partir de la piste	à partir d'un coin de l'aire	
Largeur de la maille	2/3 centraux *	pleine largeur	≥ 20 m *	
Longueur de la maille	Structure souple : telle que la surface d'une maille soit la plus proche possible de 500 m².			
	Structure rigide : relevé de toutes les dalles.			

^{*} Les limites extérieures de la maille peuvent être matérialisées par un joint de construction pour les chaussées souples ou par un joint de construction longitudinal pour les structures rigides.

¹ Quick Fly Usual : direction magnétique de la piste.

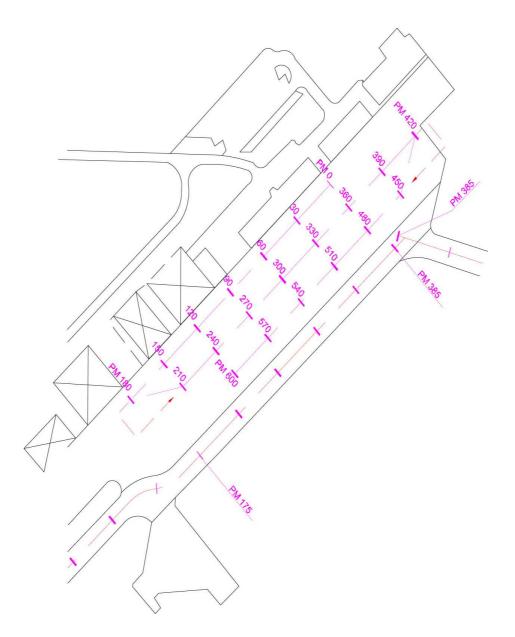


Figure 3. Exemple d'un découpage d'une aire de stationnement sur chaussée souple

- L'échantillonnage

Après un relevé récent et complet d'une aire, il est possible de se limiter ensuite à un relevé partiel de celle-ci grâce à la méthode dite d'échantillonnage. En effet, ce procédé consiste à inspecter un nombre limité de mailles par section caractéristique. Cependant, afin de satisfaire la condition de représentativité de l'échantillon, le nombre minimal n de mailles à retenir sera déterminé par la formule suivante :

$$n = \frac{N.\sigma^2}{6,51.(N-1) + \sigma^2}$$

où σ représente l'écart type de l'I.S. calculé sur les N mailles lors du dernier relevé complet.

4. MATERIEL ET PERSONNEL NECESSAIRES A L'EXECUTION DU RELEVE

L'exécution du relevé des dégradations exige de disposer :

- d'une radio VHF, pour contact avec la tour de l'aérodrome considéré ;
- d'un cyclomètre pour la mesure des dimensions des mailles ou des dalles en béton ;
- d'une bombe de peinture routière pour repérer les mailles en longueur ;
- du catalogue des dégradations ;
- de feuilles de relevé de dégradations en nombre suffisant ;
- une règle de 3 mètres;
- une corde de 7 mètres;
- d'un appareil photographique.

Les relevés exécutés par le Service Technique des Bases Aériennes ont mis en évidence que l'exécution optimale d'un relevé nécessite la présence minimum de deux personnes (trois semble constituer le nombre idéal).

5. RELEVE DES DEGRADATIONS

L'outil indispensable à tout relevé visuel est le *Catalogue des dégradation*s édité en décembre 1984 (figure 4). Il recouvre tous les types de structures de chaussées et les répartit en deux familles distinctes : chaussées souples et chaussées rigides. Chaque dégradation y est illustrée, définie, appréciée (niveaux de gravité, unité de relevé) et analysée (causes et conséquences).

- Chaussée souple

Pour chacune des mailles d'une chaussée souple, chaque dégradation relevée sera répertoriée à l'aide du triplet d'informations suivant :

- le type de la dégradation (22 types retenus),
- son niveau de gravité (léger, moyen, élevé),
- sa surface ou son linéaire.

Catalogue des dégradations Etat De La surace des Chaloses Aéronautiques Chaloses pour la fellación de receive ser chanoses aconsulpre sur chanoses a

Figure 4. Le *Catalogue des dégradations* STBA/DCIA

- Chaussée rigide

Pour une chaussée rigide, le relevé concerne chaque dalle et les dégradations sont caractérisées par leur type (10 types retenus pour les chaussées rigides) et leur niveau de gravité (léger, moyen, élevé).

6. EXPLOITATION DU RELEVE DES DEGRADATIONS

- Description de la procédure de calcul

La méthode repose sur le passage de chaque triplet (type de dégradation relevée, niveau de gravité, densité) pour une chaussée souple ou sur le passage de chaque doublet (type de dégradation relevée, niveau de gravité) pour une chaussée rigide à une valeur numérique significative de l'influence de cette dégradation sur les qualités de la chaussée (voir figure 5). Elle sera communément appelée "valeur déduite" (VD).

La "valeur déduite" (VD) peut être interprétée comme un malus applicable sur le niveau de service de la chaussée, pris par définition à la valeur 100 pour une chaussée neuve.

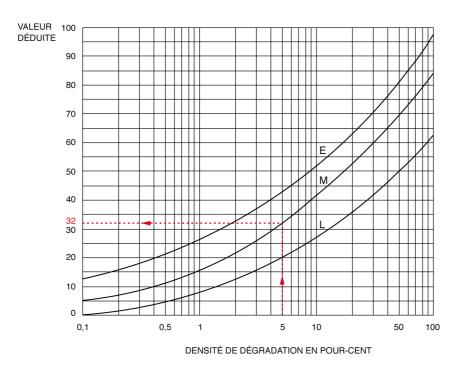


Figure 5. Exemple de courbes de valeurs déduites (chaussées souples)

Surface du rectangle enveloppe de la flache

Densité de dégradation en %

Surface de la maille du relevé

L = niveau léger

M = niveau moyen

E = niveau élevé

Exemple traité:

- Niveau de gravité de la flache = M (moyen)
- Surface de la maille de relevé = 500 m^2
- Surface du rectangle enveloppe de la flache = 25 m^2

La somme des *valeurs déduites* des dégradations rencontrées est calculée sur chaque maille inspectée. C'est la **valeur déduite totale** (VDT).

A partir de la valeur déduite totale obtenue, est déterminée, au moyen d'un nouvel abaque (voir figure 6), une **valeur déduite corrigée** (VDC) tenant compte du nombre de dégradations significatives (valeurs déduites supérieures à 5 points). Cette pondération de la valeur déduite totale **VDT** permet de relativiser le processus de détérioration des chaussées en fonction du nombre de dégradations observé.

L'Indice de Service est alors défini de la façon suivante : **IS = 100 - Valeur Déduite Corrigée**.

L'Indice de Service de la chaussée relevée est pris égal à la moyenne des Indices de Service calculés sur chaque maille.

Le niveau de service peut être alors apprécié à partir de l'échelle de référence (voir figure 1).

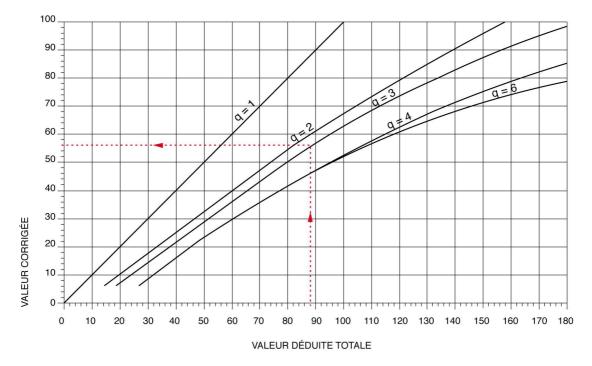


Figure 6. Abaque apportant correction à la valeur déduite totale (q étant le nombre de dégradations observées sur la maille considérée)

En conclusion, l'Indice de Service de la section caractéristique² représente la moyenne arithmétique des Indices de Service des différentes mailles la composant. Les abaques et le programme informatique, auxquels peut indifféremment faire appel la méthode, ont été élaborés à partir des nombreux rapprochements entre les états de dégradation estimés et les observations faites en surface de chaussée.

² Une section caractéristique est une section de chaussée homogène à la fois quant à sa structure (âge et composition du corps de chaussée) et de la nature du trafic qu'elle reçoit.

- IS global, IS structurel et IS superficiel

Jusqu'à présent, il n'a été fait référence qu'à un indice de service calculé à partir du traitement de l'ensemble des dégradations recensées lors du relevé visuel. C'est l'**IS global**.

Coexistent deux autres indices de service à caractère plus spécifique qui apportent des enseignements complémentaires très utiles dans l'analyse des besoins d'une chaussée :

- l'**IS** structurel calculé uniquement à partir des dégradations révélant un défaut de portance;
- l'**IS superficiel** calculé uniquement à partir des dégradations révélant un défaut de surface (ensemble des dégradations autres que celles de structure).

Le classement des dégradations se résume comme suit :

	Dégradations de structure	Dégradations de surface
Chaussée souple	 Flache Ornière Fissure de fatigue Faïençage de fatigue Déformation en W Gonflement Tassement différentiel Remontée d'eau Remontée de fines 	 Désenrobage Fissure de joint Fissure de retrait Faïençage de retrait Réparation ponctuelle dégradée Contamination Dépôt de gomme Empreinte Ressuage
Chaussée rigide	FissureFractureFissure en coinPompageDécalage - marche	 Epaufrure Ecaillage Faïençage Réparation ponctuelle dégradée Défaut de joint Dépôt de gomme

- Histogramme des dégradations

L'histogramme des dégradations s'obtient en reportant, sur un axe horizontal, une série de rectangles définis de la façon suivante :

- le côté horizontal, de longueur constante, symbolise la longueur d'une maille ;
- le côté vertical est proportionnel à l'Indice de Service obtenu sur la maille considérée.

Le diagramme-enveloppe de cet histogramme fournit un cliché instantané du niveau de service offert sur toute étendue de la chaussée étudiée (voir figure 7). En effet, on peut immédiatement visualiser les zones de comportement homogène et repérer les points « à problème ».

L'histogramme des dégradations apparaît nettement comme un support très riche en enseignements et indispensable à toute analyse de l'état d'une chaussée.

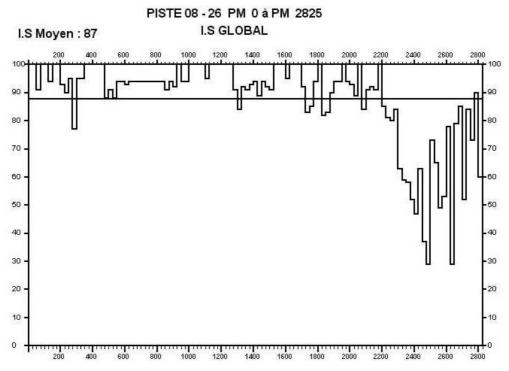


Figure 7. Exemple d'histogramme de l'état d'une piste - mise en évidence de deux sections homogènes -(IS global bon – qualité passable entre les PM 2 200 et 2 800)

7. Analyse du processus de deterioration des chausses

Afin de mieux comprendre le système de gestion qui est développé par la suite, il convient de rappeler brièvement les étapes successives que l'on peut dissocier au sein du processus de détérioration des chaussées normalement dimensionnées.

La première étape peut être considérée comme celle correspondant aux premières années de vie de la chaussée durant laquelle seules les dégradations très ponctuelles et de niveau de gravité « léger » apparaissent. Progressivement, ces dégradations vont se multiplier, commencer à perdre leur caractère ponctuel pour s'étendre sur des zones de surface de plus en plus grande et atteindre, en certains points, le niveau de gravité élevé.

On peut considérer que l'on a alors franchi un seuil, baptisé « **seuil critique** », fixé à 65 pour les pistes et à 60 pour les autres aires, à partir duquel la chaussée mérite un suivi régulier et fréquent, eu l'égard aux contraintes de sécurité inhérentes à l'exploitation des chaussées aéronautiques.

Cette tendance au développement des dégradations va s'accroître au point d'atteindre bientôt un nouveau seuil, le **seuil d'alarme**, fixé à 50 pour les pistes et à 45 pour les autres aires, qui correspond à une chute irrémédiable des qualités structurelles de la chaussée. On peut en effet considérer que la présence de nombreuses dégradations, initialement de surface et ne portant atteinte de ce fait qu'aux qualités fonctionnelles de la chaussée, a fini par générer, sous l'action destructive des eaux d'infiltration, des dégradations affectant le corps de chaussée dans la majeure partie de son épaisseur. Tous travaux se bornant à rétablir une parfaite étanchéité de la couche de roulement sont désormais insuffisants.

On entre dans la troisième étape où seuls des travaux de réfection peuvent permettre une amélioration durable du niveau de service. Enfin, si on laisse se poursuivre ce processus de détérioration, l'utilisation de la chaussée va bientôt présenter un risque portant atteinte de façon inacceptable à la sécurité des aéronefs. Il s'agit du **seuil limite de réfection** fixé à 30 pour toutes les aires.

8. Description du système de gestion

Le système de gestion proposé est développé schématiquement à l'aide de l'organigramme composant la figure 8 ci-après.

On constate que l'on retrouve les différents seuils définis au paragraphe précédent. A noter que les seuils prennent des valeurs différentes suivant la nature de l'aire étudiée.

La désignation des valeurs de seuils a été opérée à partir de la connaissance des travaux survenus sur les aérodromes ayant préalablement fait l'objet de relevés visuels de dégradation.

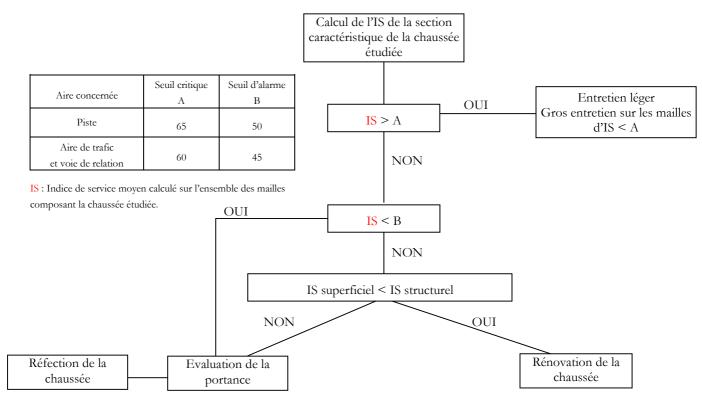


Figure 8. Organigramme simplifié du système de gestion

9. CLASSIFICATION DES TRAVAUX DANS UN RAPPORT D'INDICE DE SERVICE

La recherche d'un système de gestion recouvrant tous les types d'interventions possibles a fait ressortir l'intérêt de la définition d'une classification des travaux associée à une terminologie parfaitement définie. La classification adoptée, établie essentiellement sur des considérations de coût, est la suivante :

- Entretien léger

- Préventif : garnissage de joints, scellement des fissures (niveau de gravité « léger »), application d'un produit anti-kérosène sur les aires de stationnement.
- Curatif : réparation ponctuelle, rabotage de marche entre dalles ou de bosse, scellement de fissures (niveau de gravité « moyen » ou « élevé »).

- Gros entretien

- Grosse réparation sur chaussée souple (≈ 150 m²);
- Reconstruction de dalles (< 5% du nombre de dalles) ;
- Injection sous dalle.

- Travaux d'investissement

- Rénovation : application d'un enduit superficiel ou d'un coulis bitumineux, mise en œuvre d'une couche de béton bitumineux d'épaisseur inférieure ou égale à 6 cm, thermorégénération, reprofilage.
- Réfection : renforcement, reconstruction.





Pour traiter les résultats, le Service Technique des Bases Aériennes a développé un logiciel qui permet le calcul :

- ⇒ de l'Indice de Service global : qui prend en compte l'ensemble des dégradations relevées.
- ⇒ de l'Indice de Service structurel : qui ne prend en compte que les dégradations de structure.
- ⇒ de l'Indice de Service superficiel : qui ne prend en compte que les dégradations de surface.

Les deux derniers indicateurs apportent un complément d'informations utile pour la détermination des besoins d'entretien de la chaussée.

Le logiciel IS offre également la possibilité de :

- ⇒ tracer l'histogramme des dégradations pour les trois indices de services (global, superficiel et structurel).
- ⇒ déterminer et analyser des zones de comportement homogène et apprécier leur niveau de service respectif,
- ⇒ définir des travaux d'entretien (ex : pontage des fissures, effaçage et remise en peinture du balisage diurne, etc....),
- ⇒ programmer des travaux en fonction de l'évolution dans le temps de l'Indice de Service.

11. PERIODICITE DU RELEVE DES DEGRADATIONS

Compte tenu de l'évolution constatée de l'indice de service dans le temps, il s'avère intéressant de procéder à une réactualisation de la banque de données « dégradations » chaque année.

Le choix de la date préférentielle pour l'exécution d'un relevé est laissé à la discrétion de chaque observateur, ne serait-ce que par égard à la variabilité des données climatiques.

Il est possible de réduire la fréquence des relevés lorsque l'Indice de Service obtenu lors du précédent relevé est encore suffisamment élevé. C'est à fortiori le cas d'une chaussée neuve sur laquelle il n'est pas nécessaire d'effectuer le relevé avant trois ans. Dans le même esprit, il conviendra d'accroître leur fréquence dès lors qu'apparaît une accentuation du processus de détérioration. Cela peut survenir par exemple à la suite d'une augmentation subite du trafic (création d'une ligne supplémentaire, apparition d'avions à gros tonnage, etc.) ou bien d'un hiver très rigoureux.

On peut également imaginer une modulation de la fréquence des relevés en fonction de la nature des aires (pistes, voies de circulation, aires de stationnement).

A titre d'exemple, la figure 9 ci-dessous représente la courbe d'évolution propre d'une piste et le positionnement dans le temps, qu'elle permet, des différentes interventions.

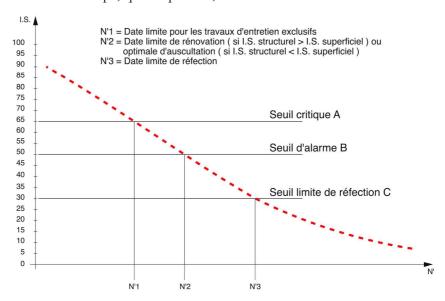


Figure 9. Courbe d'évolution propre de l'indice de service d'une piste

12. RAPPORT

L'inspection visuelle des aires aéronautiques est finalisée par un rapport présenté de la façon suivante :

I – Contexte de l'étude

Il contient:

- le cadre de l'inspection,
- la présentation des aires concernées et des sections ayant fait l'objet de relevés (plan de désignation des ouvrages),
- les structures et l'historique des chaussées,
- les données sur le trafic actuel et futur,
- les PCN publiés et les dates des mesures de portance à partir desquelles ils ont été établis.

II – Analyse des résultats des niveaux de service (ou évaluation de l'état des chaussées)

Pour chaque aire ou section sont détaillés :

- les informations relatives aux relevés (PM³ de début et de fin, dimension des mailles, longueur totale du relevé, etc...,
- les bilans des dégradations,
- l'évaluation des indices de service (structurel, superficiel et global) et les niveaux de service correspondant,
 - N.B.: Suivant la répartition des dégradations, l'aire peut être fragmentée pour une évaluation partielle de l'indice. On mentionnera alors les résultats obtenus pour chaque zone.
- les commentaires (qui feront également état de l'évolution des indices de services),
- le tableau récapitulatif des Indices de Service (superficiel, structurel et global) avec les niveaux de service correspondants.
 - N.B. : Si des inspections ont déjà eu lieu sur le même site, on indiquera, dans le tableau récapitulatif, les résultats des indices de service précédent obtenus.

-

³ Point Métrique.

- le plan des ouvrages avec les indices de service respectifs (figure 10).

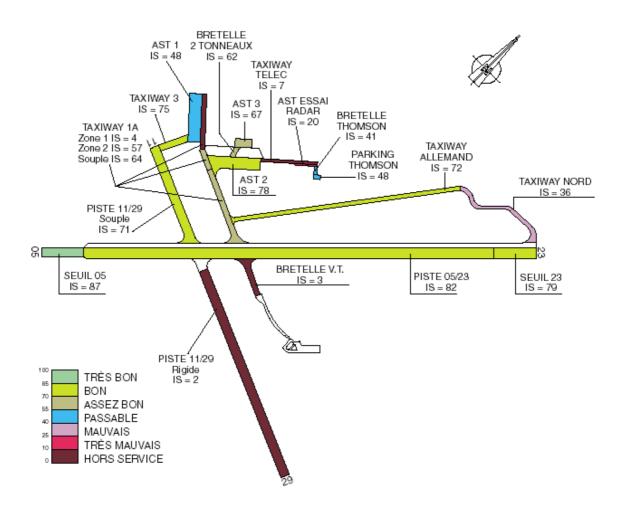


Figure 10. exemple d'un plan des ouvrages avec les indices de service respectifs

III - Conclusion et recommandations

- Propositions, pour chaque aire et section, de recommandations pour le maintien de la qualité des chaussées.

IV-Annexes

Insérer pour chaque aire et section :

- La présentation sommaire de la méthode « indice de service »
- les histogrammes,
- les feuilles des relevés des dégradations,
- des photographies des dégradations les plus significatives.

BIBLIOGRAPHIE

Catalogue des dégradations DCIA – STBA, décembre 1984.

"L'indice de service : une voie nouvelle vers l'entretien rationnel des chaussées aéronautiques " Revue générale des routes et des aérodromes, décembre 1986

Instruction technique sur les aérodromes civils STBA, juin 1999

Ce document a été rédigé par le département Génie Civil et Pistes du STAC.