MINISTÈRE
CHARGÉ
DES TRANSPORTS

Liberté
Égalité
Fraternité

dgac direction générale de l'Aviation civile

L'ESPRIT DES MÉTHODES DE CONTRÔLE DU CALAGE DES PAPI

NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE

MINISTÈRE
CHARGÉ
DES TRANSPORTS
Liberté
Égalité
Fraternité

dgac direction générale de l'Aviation civile

L'ESPRIT DES MÉTHODES DE CONTRÔLE DU CALAGE DES PAPI

NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE

service technique de l'Aviation civile

Département Sûreté, Équipements

RÉDACTEUR

Philippe **RAPP**

Chef de programme Énergie-Balisage

Après l'obtention d'un DUT Génie Électrique Philippe RAPP travaille sur des chantiers d'installations électriques industrielles puis en bureau d'études en électronique. Il prend ensuite la direction d'une petite entreprise d'installations électriques industrielles et domestiques et de climatisation.

Concours externe TEEAC en 1995, il est instructeur en électronique, courant fort et électricité avion à l'ENAC, il entre en 2007 à la DSAC Sud/Est où, en travail aérien, il accompagnera la montée en puissance des drones et leur règlementation dans le Var et les Alpes maritimes. Il est y exerce aussi en tant qu'inspecteur de la surveillance hélistation et énergie-balisage.

En 2013 il rejoint le STAC à la subdivision Énergie Balisage.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 7

2. UN PAPI, COMMENT ÇA MARCHE ? 8

3. MÉTHODES DE MESURES DE L'ANGLE DE CALAGE DES UNITÉS PAPI 9

4. MISE EN ŒUVRE DES MÉTHODES 11

5. L'ESPRIT DES MÉTHODES 12

6. CONCLUSION 14

7. COROLLAIRE : méthodologie du contrôle de calage du papi 15

8. PUBLICATION 18

RÉSUMÉ - MOTS-CLÉS

RÉSUMÉ

Les angles de calage en site de chaque unité de PAPI doivent être vérifiés périodiquement, c'est une obligation réglementaire française et internationale. Le Guide technique français de maintenance du balisage lumineux des aérodromes détaille notamment les méthodologies à employer ; l'inclinomètre (Alidade), et les méthodes autres que l'alidade. Si ces deux types de méthodologie sont fondamentalement différents elles sont complémentaires et doivent être utilisées toutes les deux.

Cette note d'information technique met en relief les différences de leurs principes fondamentaux, les raisons de leur complémentarité, les caractéristiques de leurs mises en application. Finalement elle donne une méthodologie permettant d'accroître l'exactitude des mesures faites à l'inclinomètre.

MOTS-CLÉS

PAPI, calage, angle de calage, unité PAPI, méthode de calage, Alidade.

EXECUTIVE SUMMARY

The elevation angles setting of each PAPI unit must be checked periodically, this is a French and international regulatory obligation. The French technical guide for the maintenance of airfield lighting details the methods to be used; the inclinometer (Alidade), and methods other than the Alidade. While these two types of methodology are fundamentally different, they are complementary and should both be used.

This technical briefing note highlights the differences in their fundamental principles, the reasons for their complementarity, and the characteristics of their application.

Finally, it provides a methodology for increasing the exactness of inclinometer measurements.

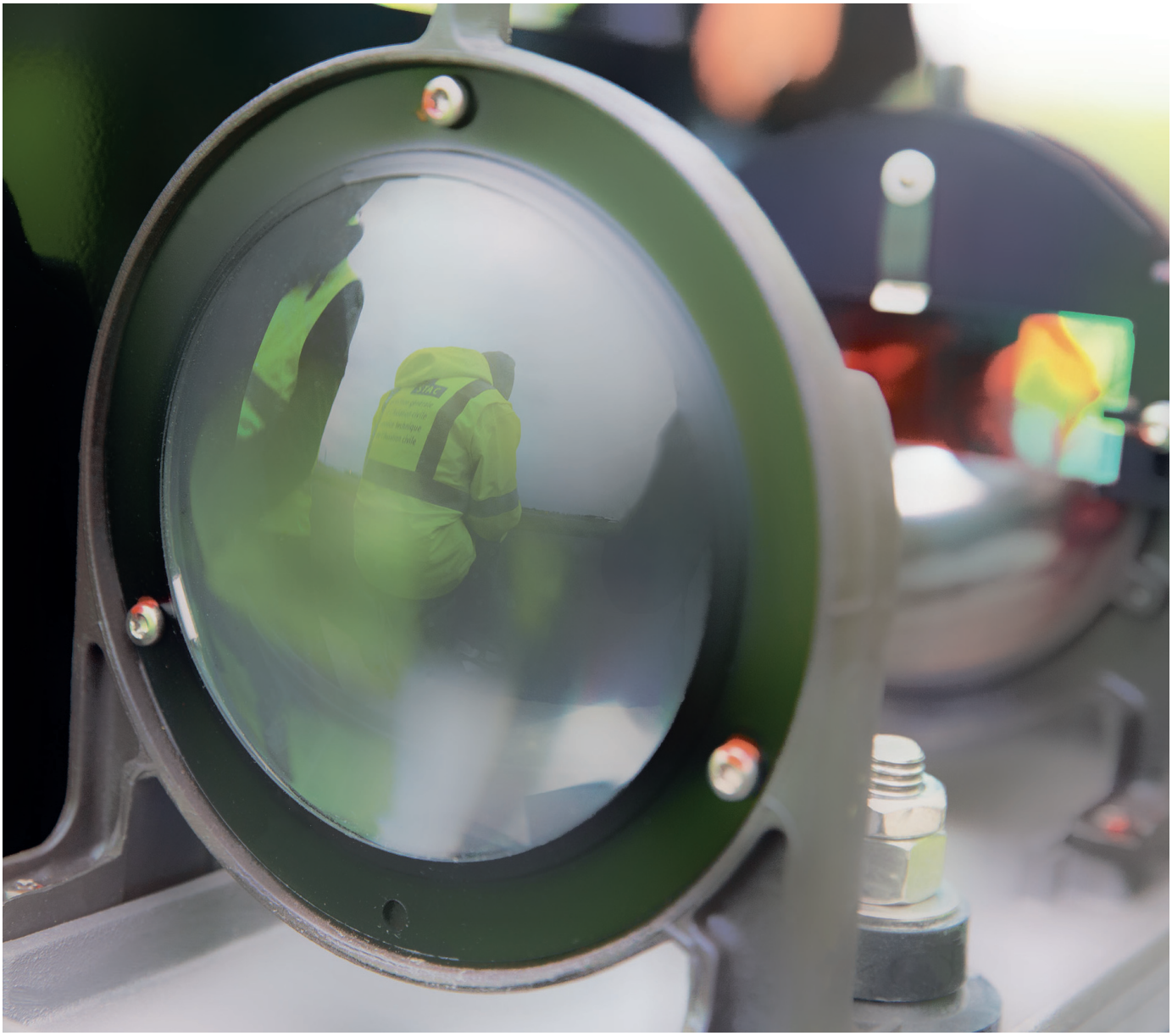
KEYWORDS

PAPI, setting, setting angle, PAPI unit, setting method, Alidade.

1. INTRODUCTION

Cette note technique présente les deux méthodes fondamentales de mesure et de contrôle du calage des unités d'un indicateur visuel de pente d'approche (PAPI). Elle cherche à mettre en relief leurs différences de principe et l'esprit de leur utilisation respective. Elle aboutit à une méthode qui pourra être mise en œuvre pour améliorer la justesse des mesures que réalisera un exploitant pour la vérification périodique de ses PAPI (Precision Aproach Path Indicator) et maintenir un haut niveau de sécurité.

Elle s'adresse principalement aux exploitants d'aérodromes, aux agents en charge de la maintenance des aides visuelles, aux inspecteurs de la surveillance des Directions de la Sécurité de l'Aviation Civile, mais elle se veut aussi compréhensible par tous sans nécessité de connaissances particulières.



2. UN PAPI COMMENT ÇA MARCHE ?

Les indicateurs visuels de pente d'approche (PAPI) donnent au pilote une référence visuelle de pente d'approche.

Un PAPI est composé de 4 unités émettant un faisceau rouge en partie inférieure et blanc en partie supérieure, placées à une distance définie du seuil, elles garantissent au pilote qui suit l'indication de pente, une certaine hauteur de passage au seuil et une protection vis-à-vis des obstacles en amont du seuil. Elles sont placées, sauf exception, sur le côté gauche de la piste, perpendiculairement à l'axe de piste.

Ces unités présentent un calage de faisceau dans le plan vertical (en site) évoluant d'un angle minimum pour l'unité la plus éloignée de la piste à un angle maximum pour l'unité la plus proche de la piste. La valeur de l'angle d'approche souhaitée est la moyenne des valeurs des angles de calage des deux unités intérieures.

L'angle de calage en site d'une unité correspond à l'angle sous lequel le pilote apercevra pour cette unité la transition de couleur, du rouge vers le blanc ou inversement. Le pilote suivra la pente d'approche du PAPI en gardant la vue de deux unités blanches et de deux unités rouges.

Le différentiel de calage des unités crée l'information visuelle du :

- « Sur la pente » : deux blanches et deux rouges ;
- « Trop haut » : trois blanches et une rouge ou toutes blanches (beaucoup trop haut) ;
- « Trop bas » : trois rouges et une blanche ou toutes rouges (danger).

De ce fait les bonnes valeurs de calage des unités sont essentielles.

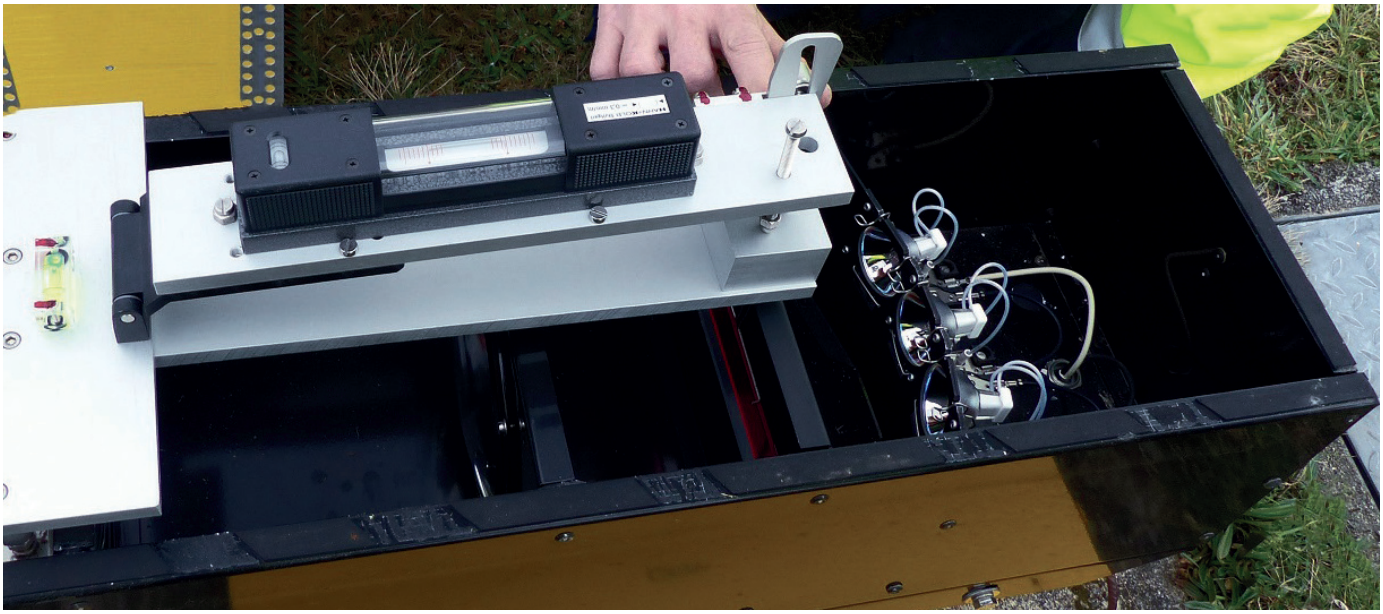
Pour des raisons diverses ces valeurs peuvent varier dans le temps les unités étant soumises à leur environnement (souffle, etc.…), le sol pouvant être instable (terrassement récent, passage d'engin de fauchage, etc.…).

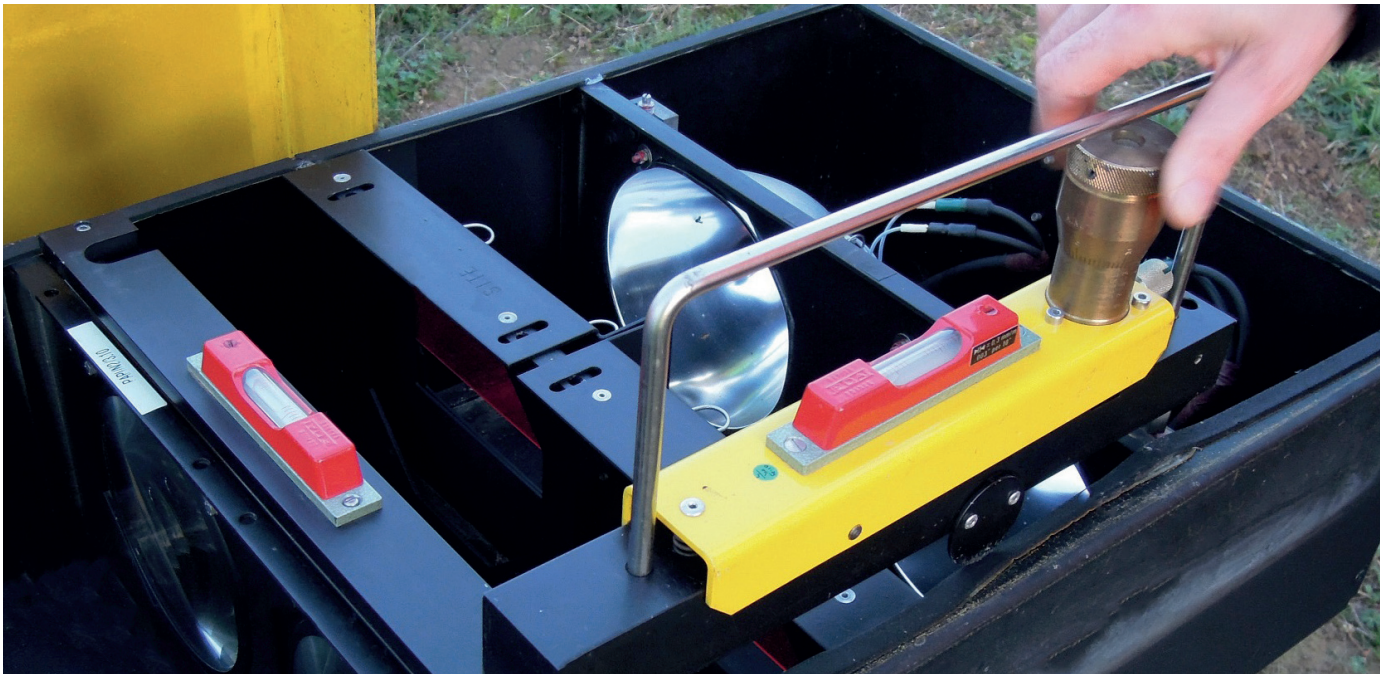
Le calage des angles des unités doit être réglé et vérifié lors de la mise en service et doit être suivi dans le temps, vérifié périodiquement, pour garantir au pilote que la pente qu'il suit visuellement l'affranchisse des obstacles et le feront passer au-dessus du seuil de piste en sécurité.

3. MÉTHODES DE MESURES DE L'ANGLE DE CALAGE DES UNITÉS PAPI

3.1. MÉTHODE DE L'INCLINOMÈTRE (Alidade)

L'inclinomètre est constitué d'une partie fixe se calant sur le châssis de l'unité à contrôler et d'une partie mobile s'inclinant par rapport à la partie fixe. Cette dernière est équipée d'un niveau à bulle pour l'amener à l'horizontale. Une fois l'horizontalité de la partie mobile réalisée, un système de graduations permet de mesurer l'angle formé entre les deux parties de l'inclinomètre. Gradué en degré (°) et minute d'angle (') ce dispositif donne alors l'angle de calage de l'unité.





3.2. MÉTHODE AUTRE QUE CELLE DE L'ALIDADE

Par ce vocable la règlementation désigne des méthodes qui permettent de mesurer directement l'angle de la transition des faisceaux.

Plusieurs méthodes existent :

- la méthode de l'avion, décrite dans la réglementation, consiste à utiliser un avion en vol sinusoïdal autour de la transition de l'unité concernée, le pilote donnant, à chaque transition visuelle, un top à un géomètre qui suit l'avion avec un théodolite et note l'angle au moment du top du pilote
- la méthode dite de la nacelle reconnue par l'autorité de surveillance française, réalisée avec le concours d'un géomètre qui relève la hauteur de l'œil d'un observateur embarqué à bord d'une nacelle, et qui s'est positionné pour voir la transition de l'unité.

L'évolution technologique a permis l'émergence de nouvelles méthodes, toujours en mesure directe de l'angle de transition du faisceau.

- des systèmes au sol, placés devant l'unité, équipés de caméras et d'inclinomètre de haute précision, ou
- des méthodes utilisant des drones.

Avant de valider une nouvelle méthode, l'autorité de surveillance sollicite généralement le STAC pour donner un avis technique sur la justesse et la fidélité des mesures réalisées.

Certaines de ces nouvelles méthodes ont d'ores et déjà été validées par ce processus.

4. MISES EN ŒUVRE DES MÉTHODES

4.1. MISE EN ŒUVRE DE LA MÉTHODE DE L'INCLINOMÈTRE

La mise en œuvre de la méthode de l'inclinomètre (Alidade) est très légère, et nécessite une occupation de la piste limitée. Une équipe réduite, un ou deux agents, peut procéder à l'opération en un temps de l'ordre de l'heure pour l'ensemble des unités d'un PAPI. L'équipe peut éventuellement dégager très rapidement la piste si besoin, lors de mouvement d'aéronef.

Bien sûr l'opération peut être effectuée de nuit si l'occupation de la piste, même courte, est rédhibitoire.

4.2. MISE ŒUVRE DES MÉTHODES « Autre que l'Alidade »

Quelle que soit la méthode choisie, la mise en œuvre des méthodes autre que l'alidade requièrent une occupation de la piste importante et une logistique qui n'est pas négligeable. Le coût de l'opération n'est pas neutre, et reste un facteur important même si, sur ce point, la nacelle était une amélioration par rapport à la méthode de l'avion.

Les nouvelles méthodes, drone, système au sol, sont d'un coût encore moindre et diminuent aussi le temps d'occupation de la piste, mais elles restent tout de même encore coûteuses et très contraignantes dans leurs mises en œuvre. Elles nécessitent la plupart du temps, une fermeture de la piste.

5. L'ESPRIT DES MÉTHODES

5.1. PÉRIODICITÉ

Cette différence dans la contrainte de mise en œuvre des deux types de méthode impactera leur fréquence d'utilisation pour la réalisation des contrôles/réglages de calage des PAPI. Une périodicité courte, de mensuelle à annuelle pour la méthode de l'inclinomètre, bien plus longue pour les méthodes autre que l'alidade. Le STAC préconise néanmoins, pour assurer une meilleure qualité des contrôles/mesures, que cette méthode autre que l'alidade soit utilisée à des intervalles n'excédant pas 5 années. À noter que leur utilisation est obligatoire lors de la mise en service d'un PAPI ou en cas de remise en service (après travaux ou remplacement d'unité…).

5.2. L'ESPRIT DE LA MÉTHODE DE L'INCLINOMÈTRE

Du fait de ses caractéristiques de simplicité de mise en œuvre et de possibilité de périodicité courte, cette méthode permet un suivi dans le temps efficace.

Il faut néanmoins être conscient que cette méthode ne garantit pas que l'angle de transition du faisceau soit à la valeur mesurée par l'inclinomètre.

En effet, cette méthode mesure l'angle que forme le châssis de l'unité par rapport à l'horizontale, et non l'angle du faisceau. L'inclinomètre peut aussi présenter un risque de défaut.

Elle donne néanmoins avec certaines précautions, une « bonne » valeur de l'angle du faisceau (voir chapitre méthodologie du contrôle de calage du PAPI ci-dessous). Elle permet de la comparer à la valeur nominale attendue, et, en fonction des seuils de tolérance, de prendre des mesures rectificatives immédiates (re-réglage, ou arrêt, voir guide de maintenance du balisage).

5.3. L'ESPRIT DES MÉTHODES AUTRE QUE L'ALIDADE

Ces méthodes permettent :

- une mesure de la valeur de l'angle de transition directement sur le faisceau émis par l'unité ;
- de caler/régler directement le faisceau de chaque unité à son angle nominal ;
- de contrôler la cohérence de la liaison mécanique « inclinomètre – châssis – faisceau » de chaque unité et de suivre son évolution (à périodicité longue) ;
- d'apporter (si nécessaire) les corrections aux mesures faites avec l'inclinomètre (écart à appliquer à la mesure avec l'inclinomètre).

5.4. CE QU'IL EN DÉCOULE

La méthode de l'inclinomètre sera systématiquement utilisée par les équipes de maintenance avec des fréquences de contrôle courtes. Cela permettra de réaliser un suivi du calage des unités PAPI à périodicité adaptée en fonction des résultats des mesures.

Périodiquement, à fréquence beaucoup plus faible, une méthode de mesure autre que l'alidade (sur le faisceau) permettra de réajuster les valeurs de calage si nécessaire. À cette occasion, il sera conjointement vérifié le positionnement correct (dans les tolérances) des unités.

Du fait que la mesure est faite sur le faisceau, ce qui est le plus juste par rapport à ce que verra le pilote et présente le plus de garanties quant à sa perception, la mesure et le réglage par l'une de ces méthodes devront être réalisés à la mise en service d'un PAPI. Au préalable de ces mesures, le positionnement des unités sera vérifié (horizontalité, azimut etc.…).

À noter concernant le positionnement des unités :

- Si la méthode autre que l'alidade utilisée nécessite l'intervention d'un géomètre ce dernier vérifiera aussi le positionnement des unités, l'horizontalité de leur plan, leur perpendicularité par rapport à l'axe de la piste, en fonction des tolérances admises (cf. guide de maintenance du STAC).
- Si la méthode utilisée (drone, système au sol) ne requiert pas l'intervention d'un géomètre, il y aura lieu, à la mise en service et périodiquement (a priori au moins tous les 5 ans) de réaliser ou de faire réaliser les vérifications de positionnement des unités, indépendamment (ou non) de la vérification quinquennale du calage des PAPI.

6. CONCLUSION

Les deux types de mesures sont complémentaires.

La mesure par une méthode autre que l'alidade servira de « référence » pour les mesures avec l'inclinomètre.

La complémentarité de ces méthodes et leurs différences fondamentales de principe permettront d'utiliser la plus contraignante pour améliorer la justesse des mesures faites plus fréquemment avec la moins contraignante. Pour cela, le STAC préconise une méthodologie présentée ci-après.

7. COROLLAIRE : MÉTHODOLOGIE DU CONTRÔLE DU CALAGE DU PAPI

Le passage à la règlementation européenne qui demande que soient installés des PAPI sur les plateformes accueillant des avions à turboréacteurs a conduit à de nouvelles installations sur différentes plateformes. Certains exploitants (et le STAC) ont constaté que pour certains de ces équipements, la mesure à l'inclinomètre ne reflétait pas la bonne valeur de l'angle de transition du faisceau. Cela a aussi été constaté parfois sur d'anciennes installations.

À la mise en service[1] et à périodicité quinquennale, le STAC préconise de réaliser « un contrôle par une méthode autre que l'alidade ». À cette occasion, la méthodologie suivante pourra être utilisée. Elle permettra de réaliser les contrôles/réglages/vérification de l'angle de calage d'un PAPI mais de plus, en déterminant un angle de base alidade pour chaque unité, d'améliorer l'exactitude des mesures qui seront réalisées ensuite avec l'inclinomètre.

Pour chaque unité :

1) Faire une mesure à l'inclinomètre (alidade) et faire une mesure avec une méthode autre que celle de l'alidade (mesure de référence) ;

2) calculer l'écart entre les deux mesures (mesure inclinomètre – mesure référence) ;

3) Calculer l'angle de base alidade (angle nominal + Écart) en faisant attention au signe de l'écart). Si l'écart (en valeur absolue) est inférieur ou égal à 2 minutes, passer en 7) ;

4) afficher sur l'inclinomètre la valeur de l'angle de base alidade pour l'unité.

5) positionner l'inclinomètre sur le châssis et régler l'unité pour amener l'inclinomètre à sa position nominale (bulle au milieu) ;

6) refaire une mesure de référence et vérifier que l'angle est nominal à 2'près. Si ce n'est pas le cas, revenir à l'étape 2) en prenant comme valeur de la mesure inclinomètre, l'angle de base alidade utilisé ;

7) Noter pour chaque unité, dans la fiche de suivi de l'unité, et à l'intérieur du châssis de l'unité, la valeur de l'angle de base alidade de l'unité à retrouver sur l'inclinomètre et correspondant à l'angle nominal de l'unité ;

8) Se référer à cet angle de base alidade pour calculer les écarts entre la mesure et l'angle nominal de l'unité lors des contrôles à l'inclinomètre (voir exemple numérique).

Les mesures réalisées aux étapes 1 et 6 doivent être effectuées dans des conditions identiques (même inclinomètre, même observateur…)[2].

Définitions :

- « La pente nominale du PAPI » est la valeur de l'angle de la pente d'approche visuelle donnée par le PAPI. Cette valeur a été calculée lors de l'étude d'implantation du PAPI. Elle est publiée à l'information aéronautique

- « L'angle nominal de l'unité » est la valeur de l'angle de calage en site qui en combinaison avec les angles nominaux des autres unités établira la pente du PAPI

- « La mesure de référence » est la mesure faite en utilisant une « méthode autre que l'alidade »

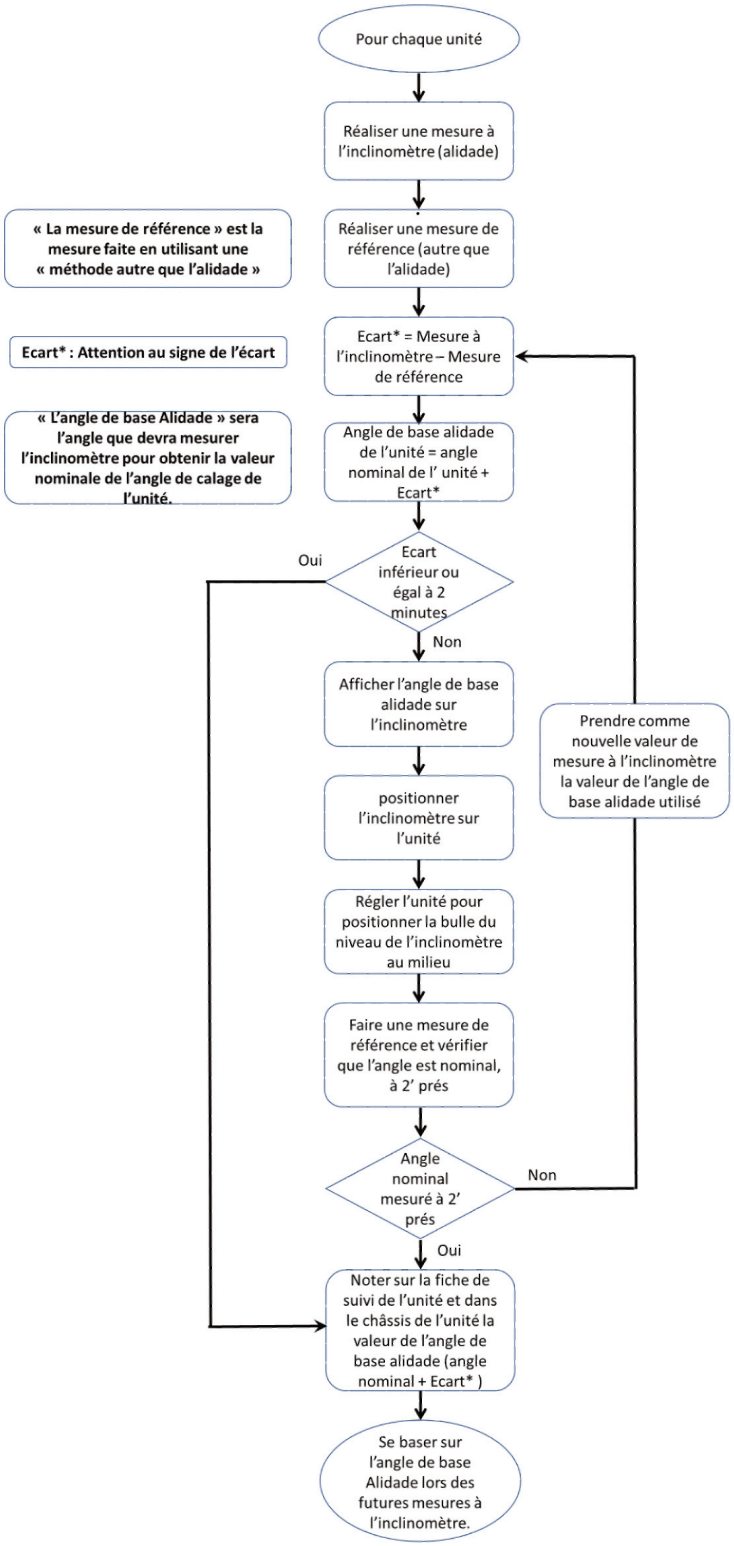
- « Écart » = Mesure à l'inclinomètre – Mesure de référence (dans cet ordre, attention au signe)

- « L'angle de base Alidade » est l'angle que doit mesurer l'inclinomètre pour obtenir la valeur de l'angle nominal de calage de l'unité.

[1] La règlementation demande un contrôle par une mesure avec une méthode autre que l'alidade à la mise en service. Chapitre 4.7 de l'instruction N° 20580/DNA/2A du 8 juin 1993 modifiée relative à l'implantation et à l'installation des papi et apapi sur les aérodromes

[2] Remarque : si le même écart est trouvé sur toutes les unités une attention particulière est à porter à la justesse de la mesure de référence. Il peut s'agir d'une erreur systématique dans la réalisation de cette mesure. Il faudrait s'en assurer avant de reprendre tous les calages (en changeant d'observateur par exemple…).

Cette méthodologie préconisée est décrite dans l'organigramme ci-dessous :



Exemple numérique :

Pente du PAPI 3°							
Campagne de mesure par une méthode autre que l'alidade							
Date de la campagne : en mars de l'année N par exemple	Valeur nominale de calage de l'unité (A)	Mesure à Inclinomètre (B)	Moyenne des 5 mesures par une méthode autre que l'alidade (Référence) (C)	Écart (D)=(B-C)	"Angle de base alidade" = Valeur nominale + Écart (A+D)	Nouvelles mesures par une méthode autre que l'alidade* pour vérification (nouvelle valeur de référence)**	Valeur à noter sur la fiche de l'unité et dans le châssis de l'unité (E)
Unité D	3°30'	3°31'	3°29'	2'	3°32'	NIL	3°32'
Unité C	3°10'	3°14'	3°07'	7'	3°17'	3°11'	3°17'
Unité B	2°50'	2°47'	2°52'	-5'	2°45'	2°49'	2°45'
Unité A	2°30'	2°31'	2°32'	-1'	2°29'	NIL	2°29'

* après réglage de l'unité à la valeur d'inclinomètre "angle de base alidade", à effectuer si Ecart (D) > à ±2'.

** les valeurs sont données à titre d'exemple.

Campagne de mesure à l'aide de l'alidade une fois les "angles de base alidade" déterminés					
Date de la campagne : en juin de l'année N+1 par exemple	Valeur nominale de calage de l'unité (A)	Mesure à Inclinomètre (B)	"Angle de base alidade" à utiliser (E)	Écart à la valeur nominale (F)=(B-E)	Tolérance
Unité D	3°30'	3°32'	3°32'	0'	Dans la tolérance
Unité C	3°10'	3°143	3°17'	-4'	Dans la tolérance
Unité B	2°50'	2°51'	2°45'	6'	Hors tolérance
Unité A	2°30'	2°32'	2°29'	3'	Dans la tolérance'

8. PUBLICATION

Cette note sera diffusée aux aéroports via le site internet du STAC :
(https://www.stac.aviation-civile.gouv.fr)

Conception : STAC/Division documentation et diffusion des connaissances

Couverture : © Richard METZGER DGAC/STAC

Crédit photos : © Richard METZGER DGAC/STAC, pages 7, 8, 10, 11, 13
© Philippe RAPP DGAC/STAC, page 9

Illustrations : © DGAC/STAC

Mars 2022

Direction générale de l'Aviation civile
service technique de l'Aviation civile
CS 30012 - 31 avenue du Maréchal Leclerc
94 385 Bonneuil-sur-Marne CEDEX FRANCE
Téléphone : 01 49 56 80 00
www.stac.aviation-civile.gouv.fr
www.ecologie.gouv.fr