

Direction
générale de
l'Aviation civile

Service
technique de
l'Aviation civile

Janvier 2017

PAPI

Implantation, installation et maintenance

Guide technique



Ministère
de l'Environnement,
de l'Énergie
et de la Mer

Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer

www.stac.aviation-civile.gouv.fr



STAC

Direction
générale de
l'Aviation civile

Service
technique de
l'Aviation civile

Janvier 2017

PAPI

Implantation, installation et maintenance

Guide technique

Service technique de l'Aviation civile
Département Sûreté, Équipements

1^{ère} édition
Janvier 2017

Rédacteurs

Christian DRÉANO
Bertrand LUPIAC
Sébastien MIROUZE "PAULIROU"
Philippe RAPP



Résumé

Les aides visuelles sont une composante essentielle à la sécurité et à la régularité du transport aérien, ainsi qu'à l'aviation générale. En conséquence, une attention particulière doit être portée à leurs conceptions et réalisations. La conception de l'indicateur visuel de pente d'approche (PAPI), vise à fournir aux pilotes une information quant à la pente d'approche suivie. Ce guide a pour objectif de porter à la connaissance des exploitants d'aérodromes les éléments nécessaires à l'implantation du PAPI.

Mots-clés

PAPI

Summary

Visual aids are an essential component of the safety and regularity of air transport, as well as to general aviation. Consequently, a special attention must be carried to their design and implementation. The Precision Approach Path Indicator (PAPI) is designed to provide pilots with information for the slope of the followed approach. This guide aims to make available for the aerodromes operators the necessary elements for the implementation of the PAPI.

Keywords

PAPI

Sommaire

Résumé	3
1. Introduction	7
1.1. Généralités :	7
1.2. Objectif :	7
2. Références Réglementaires	8
3. Définitions	9
4. Principe du PAPI	11
4.1. Principe général de fonctionnement :	11
4.2. Définition de la pente d'approche donnée par le PAPI :	13
5. Méthodologie d'implantation d'un PAPI	14
5.1. Surface de protection contre les obstacles (OCS) :	15
5.1.1. Définition de l'OCS en plan :	15
5.1.2. Détermination de la pente de l'OCS :	20
5.2. Détermination du calage angulaire nominal du PAPI :	22
5.3. Cas où le PAPI est le seul moyen indiquant aux avions la pente de descente suivie :	24
5.3.1. Définition de l'avion de référence et de sa HOR :	25
5.3.2. Déduction de la Marge de Franchissement de Seuil souhaitable (MFS souhaitable) :	25
5.3.3. Calcul de la MEHT à prendre en compte :	25
5.3.4. Calcul de la distance D1 théorique entre la barre PAPI et le seuil de piste :	26
5.4. Cas où le PAPI est utilisé avec un ILS :	27
5.4.1. Problématique concernant la différence de pente d'approche de l'ILS par rapport à celle indiquée par le PAPI :	27
5.4.2. Pente d'approche indiquée par l'ILS et HOA de l'avion de référence :	28
5.4.3. Harmonisation entre la pente indiquée par l'ILS et le PAPI selon l'avion de référence :	29
5.4.4. Vérification que la MEHT déduite est suffisante pour l'avion de référence :	30

5.5. Prise en compte de la topographie du terrain :	31
5.5.1. Influence du profil longitudinal de la piste sur la position du PAPI permettant d'obtenir la MEHT souhaitée :	31
5.5.2. Estimation d'une zone d'implantation du PAPI :	34
5.5.3. Relevé topographique de la zone d'estimation de l'implantation PAPI :	39
5.5.4. Calcul de l'implantation réelle du PAPI :	39
5.5.5. Vérification que la MEHT résultant de l'implantation du PAPI est équivalente à la MEHT souhaitée :	47
6. Installation d'un PAPI	49
6.1. Paramètres d'implantation du PAPI par rapport au bord de la piste :	49
6.2. Tolérances d'alignement des unités PAPI :	49
7. Recommandations relatives à la maintenance d'un PAPI	53
Annexes	55

1. Introduction

1.1. Généralités

L'indicateur visuel de pente d'approche est conçu pour fournir des indications visuelles quant à la pente d'approche à suivre. Ce dispositif est installé sur des aérodromes qui présentent des caractéristiques physiques extrêmement diverses et est destiné à être utilisé par tous les types d'avions, quelle que soit leur taille. L'implantation de ce dispositif doit être calculée de sorte à garantir à l'avion en approche une marge de franchissement suffisante au-dessus de tous les obstacles, ainsi qu'une marge de franchissement du seuil.



1.2. Objectif

L'objectif de ce guide est de fournir aux exploitants d'aérodrome des éléments à connaître dans le cadre de l'étude d'implantation d'un PAPI. Le principe de fonctionnement, la méthodologie pratique de calcul d'installation d'un PAPI et la problématique de l'utilisation simultanée d'un PAPI et d'un ILS sur une même piste, avant la mise en service du dispositif, sont traités dans ce document.

Ce guide ne concerne pas l'installation des APAPI.

2. Références Réglementaires

Réglementation française

- ▶ Arrêté du 28 août 2003 relatif aux conditions d'homologation et aux procédures d'exploitation des aérodromes.
- ▶ Instruction N° 20580/DNA/2A relative à l'implantation et à l'installation des PAPI et APAPI sur les aérodromes.

Réglementation internationale

- ▶ Règlement UE N° 139/2014 du 12 février 2014 établissant des exigences et des procédures administratives relatives aux aérodromes conformément au règlement (CE) n° 216/2008 du Parlement européen et du Conseil.
- ▶ Décision de l'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne n° 2015/001/R of the executive director of the agency of 29 January 2015 amending Certification Specifications and Guidance Material for Aerodromes Design (CS-ADR-DSN).
- ▶ Annexe 14 à la Convention relative à L'aviation Civile Internationale, volume 1 (6^{ème} édition juillet 2013).
- ▶ Doc 9157: Manuel de conception des aérodromes, Partie 4 : Aides Visuelles.

3. Définitions

Avion de référence : Au sens du présent document, l'avion de référence est l'avion le plus exigeant parmi ceux qui utilisent régulièrement la piste. C'est l'avion à prendre en compte pour l'installation et le calage du PAPI.

Altitude : Distance verticale par rapport au niveau moyen de la mer.

DME (*Distance Measuring Equipment*) : Dispositif ou système qui permet de connaître la distance qui sépare un avion d'une station au sol.

HOA (*hauteur œil antenne*) : Distance verticale entre la trajectoire de l'œil du pilote et la trajectoire de l'antenne ILS de l'avion, l'avion étant en configuration d'approche. La HOA est communiquée par les avionneurs.

HOR (*Hauteur œil/roues*) : Distance verticale entre la trajectoire de l'œil du pilote et la trajectoire de la partie basse du train d'atterrissage principal, l'avion étant en configuration d'approche finale. La HOR est communiquée par les avionneurs.

ILS (*Instrument Landing System*) : Système d'atterrissage aux instruments qui fournit une indication d'alignement de piste (RAP ou LLZ), de plan de descente (RAD ou GP) et de distance par rapport au seuil.

MEHT (*Minimum Eye Height at Threshold*) : Hauteur la plus faible à laquelle le pilote percevra une indication « sur la pente » au passage du seuil.

MFO : Marge de Franchissement des Obstacles.

MFS : Marge de Franchissement de Seuil.

OCS (*Obstacle Clearance Surface*) : Surface de protection contre les obstacles. C'est une surface qui ne doit pas être percée par un obstacle existant au moment de l'étude d'installation d'un PAPI.

PAPI (*Precision Approach Path Indicator*) : Indicateur de trajectoire d'approche de précision.

θ_0 : Angle correspondant à la pente de la surface de protection contre les obstacles, exprimée en degré/centième.

d : Distance entre la base de l'OCS et le seuil de piste, exprimée en mètres.

L : Profondeur de l'OCS, exprimée en mètres.



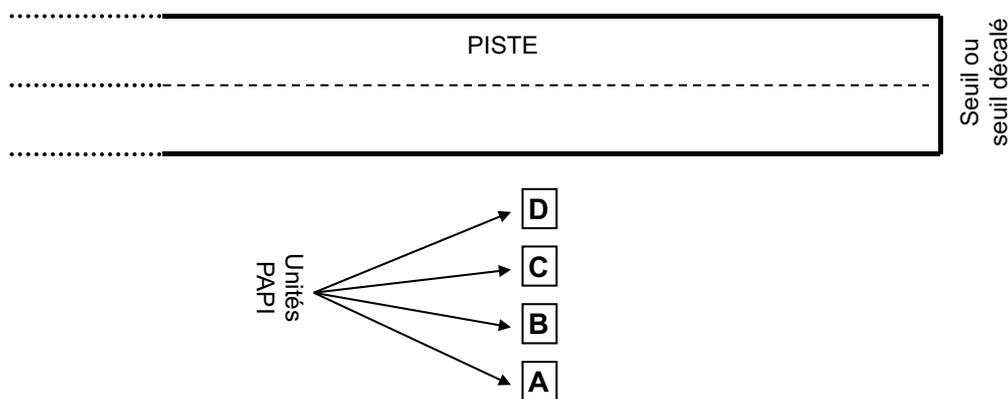
4. Principe du PAPI

Le PAPI est destiné à indiquer au pilote sa position par rapport à la pente d'approche qu'il doit suivre lors de la phase d'atterrissage.

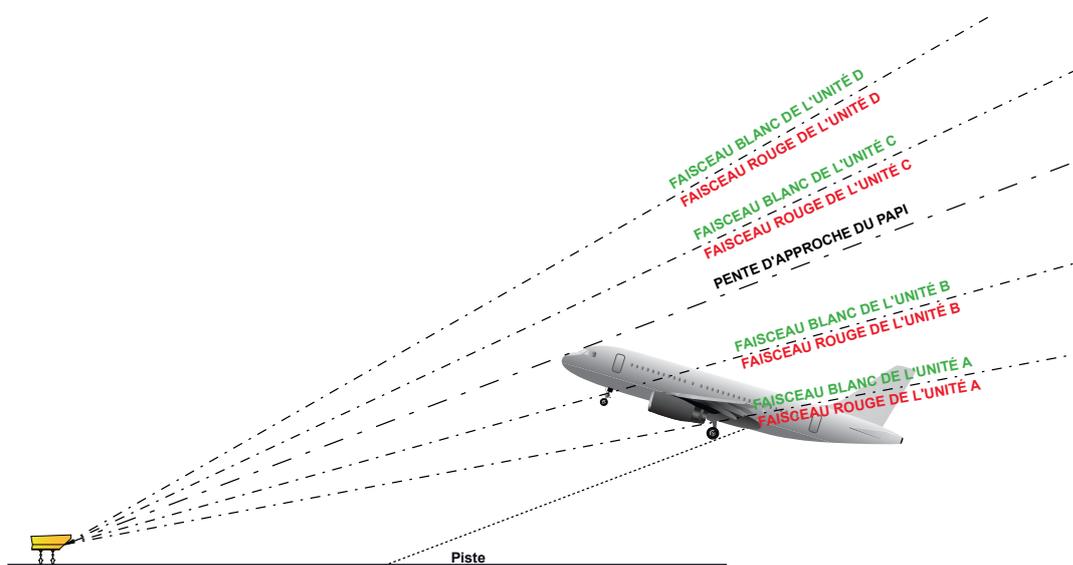
4.1. Principe général de fonctionnement

Le dispositif PAPI est constitué d'une barre de quatre unités lumineuses alignées perpendiculairement à l'axe de piste et également espacées. Il est installé sur le côté gauche de la piste, à moins que cette disposition ne soit physiquement impossible.

L'installation d'un PAPI peut être schématisée comme ci-dessous :



Chaque unité lumineuse émet dans la direction de l'approche, un faisceau lumineux blanc dans sa partie supérieure et rouge dans sa partie inférieure comme le montrent les schémas ci-dessous :



Le pilote en approche, voit l'indication donnée par le PAPI comme indiqué dans les schémas suivants :



Vision des 4 unités du PAPI en lumière blanche :
L'avion est situé **bien au-dessus** de la pente d'approche nominale



Vision de 3 unités du PAPI en lumière blanche et de la dernière unité en lumière rouge :
L'avion est situé **un peu au-dessus** de la pente d'approche nominale



Vision de 2 unités du PAPI en lumière blanche et des 2 autres unités en lumière rouge :
L'avion **suit la pente d'approche nominale**



Vision d'1 unité du PAPI en lumière blanche et des 3 autres unités en lumière rouge :
L'avion est situé **un peu au-dessous** de la pente d'approche nominale



Vision des 4 unités du PAPI en lumière rouge :
L'avion est situé **bien au-dessous** de la pente d'approche nominale

4.2. Définition de la pente d'approche donnée par le PAPI

Chaque unité lumineuse reçoit un calage en site qui lui est propre. L'unité lumineuse la plus proche du bord de piste, conventionnellement notée D, reçoit l'angle de calage le plus élevé.

L'angle de calage des unités suivantes est obtenu en retranchant successivement 20 minutes d'angle à l'angle de calage de l'unité précédente.

La réglementation permet aussi d'avoir pour le PAPI un secteur "sur la pente" de 30 minutes d'angle. Dans ce cas l'angle de calage de l'unité B est obtenu en retranchant 30 minutes d'angle à l'angle de calage de l'unité C.

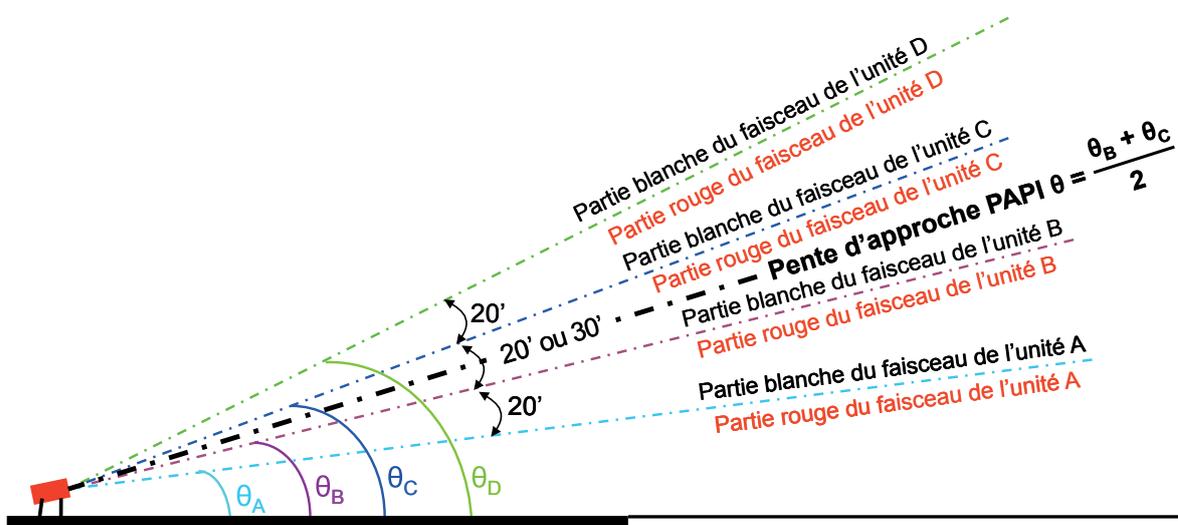
Le plan nominal de descente du PAPI est défini entre les plans des unités B et C, à égale distance de ces 2 plans. Le pilote évolue donc entre les transitions des unités B et C pour suivre la pente nominale.

Les angles des plans indiqués par les unités B et C étant séparés de 20' le plan nominal est donc à $\pm 10'$ des angles de ces plans.

Dans le cas où le secteur "sur la pente" retenu est de 30' les angles des plans indiqués par les unités B et C sont séparés de 30' et le plan nominal est donc à $\pm 15'$ des angles de ces plans.

L'unité A recevant l'angle de calage le plus bas (θ_A) et le calage des unités suivantes étant obtenu en ajoutant successivement 20 minutes d'angle à l'angle de calage de l'unité précédente :

- $\theta_B = \theta_A + 20'$
 - $\theta_C = \theta_B + 20'$ ($\theta_C = \theta_B + 30'$ si le secteur "sur la pente" est de 30 minutes d'angle)
 - $\theta_D = \theta_C + 20'$
- Le schéma suivant illustre les informations qui précèdent :

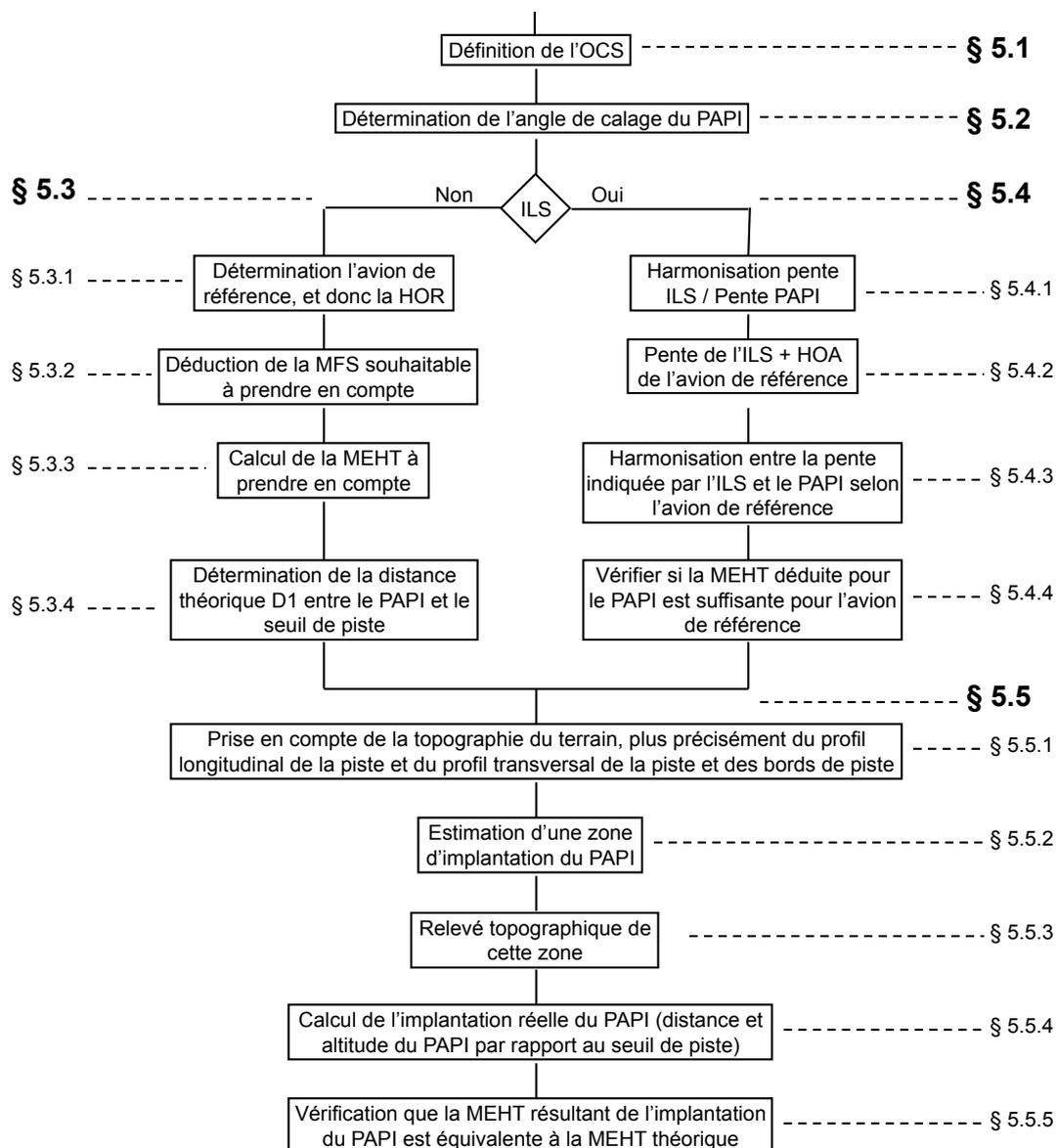


5. Méthodologie d'implantation d'un PAPI

Le calage de la pente du PAPI et sa distance d'implantation par rapport au seuil sont calculés pour garantir à l'avion de référence choisi :

- ▶ une marge de franchissement suffisante au-dessus de tous les obstacles (MFO);
- ▶ une marge de franchissement du seuil (MFS).

Ci-dessous le logigramme résumant la méthodologie à suivre pour définir l'implantation d'un PAPI (les numéros indiqués correspondent aux paragraphes du guide évoquant les thèmes cités) :



5.1. Surface de protection contre les obstacles (OCS)

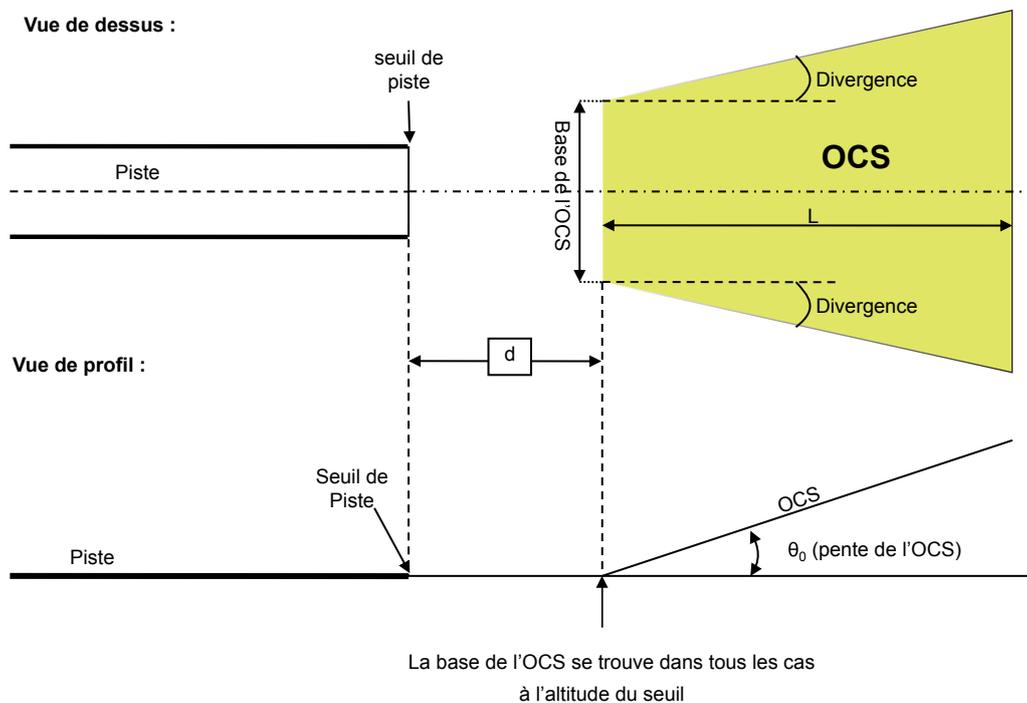
Une surface de protection contre les obstacles (OCS) est établie lorsqu'il est prévu d'installer un PAPI.

Comme indiqué ci-après, les caractéristiques de l'OCS dépendent à la fois du chiffre de code de la piste et de son utilisation : à vue ou aux instruments.

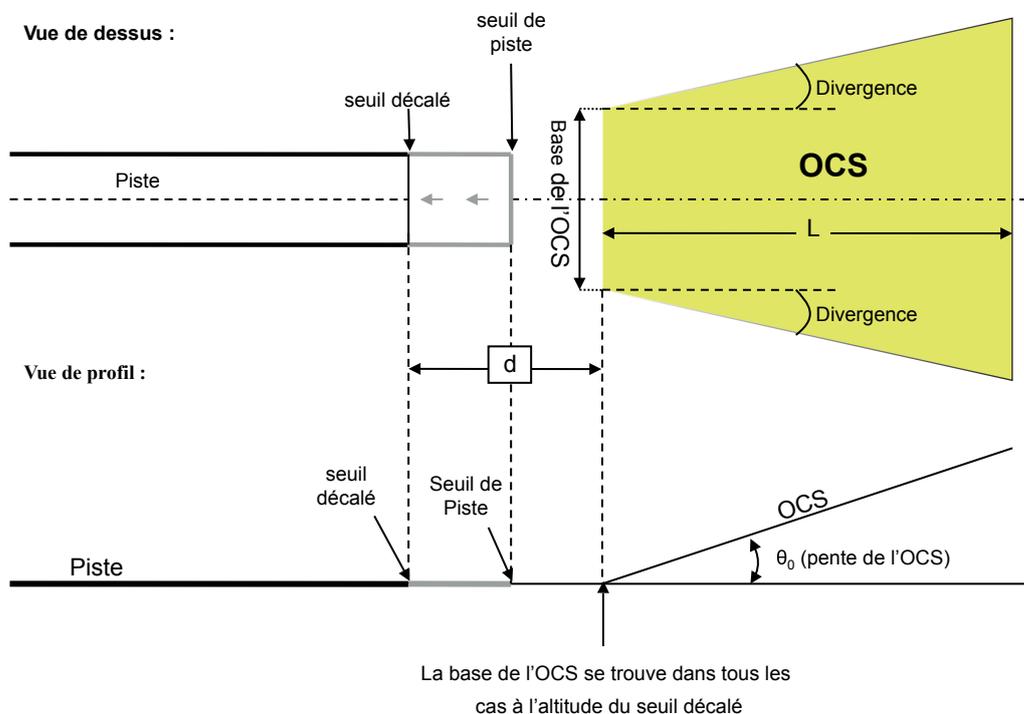
Dans tous les cas la base de l'OCS est positionnée à la même altitude que le seuil de piste, ou que le seuil décalé si la piste est utilisée à l'atterrissage avec un seuil décalé.

5.1.1. Définition de l'OCS en plan

5.1.1.1. Cas général



1 : Cas d'une piste utilisée sans seuil décalé.



2: Cas d'une piste utilisée avec seuil décalé.

Caractéristiques de l'OCS

Les dimensions que doit présenter l'OCS en fonction du type et de l'utilisation de piste figurent dans le tableau suivant :

<i>Dimensions de la surface de protection contre les obstacles (OCS)</i>				
➤ Piste utilisée à vue (de jour ou de nuit)				
<i>Chiffre de code de la piste existante</i>	<i>Largeur de la base de l'OCS</i>	<i>d (distance entre la base de l'OCS et le seuil de piste)</i>	<i>Divergence</i>	<i>L (profondeur de l'OCS)</i>
1	60 m	30 m	10 %	7500 m
2	80 m	60 m	10 %	7500 m
3 ou 4	150 m	60 m	10 %	15000 m
➤ Piste utilisée aux instruments				
1 ou 2	150 m	60 m	15 %	7500 m
3 ou 4	300 m	60 m	15 %	1500 m

5.1.1.2. Cas particulier des obstacles éloignés (concerne les aérodromes devant répondre aux exigences de l'arrêté CHEA)

Dans le cadre de l'étude de l'implantation, la profondeur de l'OCS peut être réduite pour éviter d'y inclure un obstacle qui, pour s'en affranchir, imposerait une pente de l'OCS et un calage du PAPI trop importants. Cependant la profondeur de l'OCS ne peut être inférieure à 7 km.

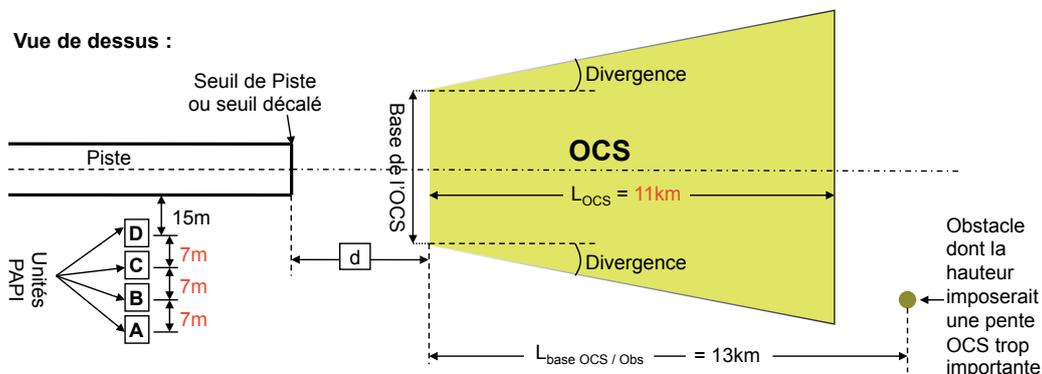
Ainsi une montagne située à 11 km du seuil de piste impose un calage du PAPI trop important alors que les autres obstacles situés plus proches du seuil de piste imposeraient un calage inférieur à 4°. Afin de ne pas avoir à tenir compte de cette montagne lors du calage du PAPI, il est possible de réduire la profondeur de l'OCS à 9 km.

La profondeur de l'OCS étant déterminée par la distance maximale de "lisibilité" du signal du PAPI, il faut donc réduire cette distance maximale pour réduire la profondeur de l'OCS. Le moyen le plus simple de réduire la distance de "lisibilité" du signal du PAPI de façon permanente est de réduire l'écartement latéral entre les unités du PAPI.

Les valeurs suivantes pourront être retenues :

<i>Écartement latéral entre chaque unité du PAPI</i>	<i>Profondeur de l'OCS</i>
<i>9 m</i>	<i>15 km</i>
<i>8 m</i>	<i>13 km</i>
<i>7 m</i>	<i>11 km</i>
<i>5 m</i>	<i>9 km</i>
<i>4 m</i>	<i>7 km</i>

Cas pratique:

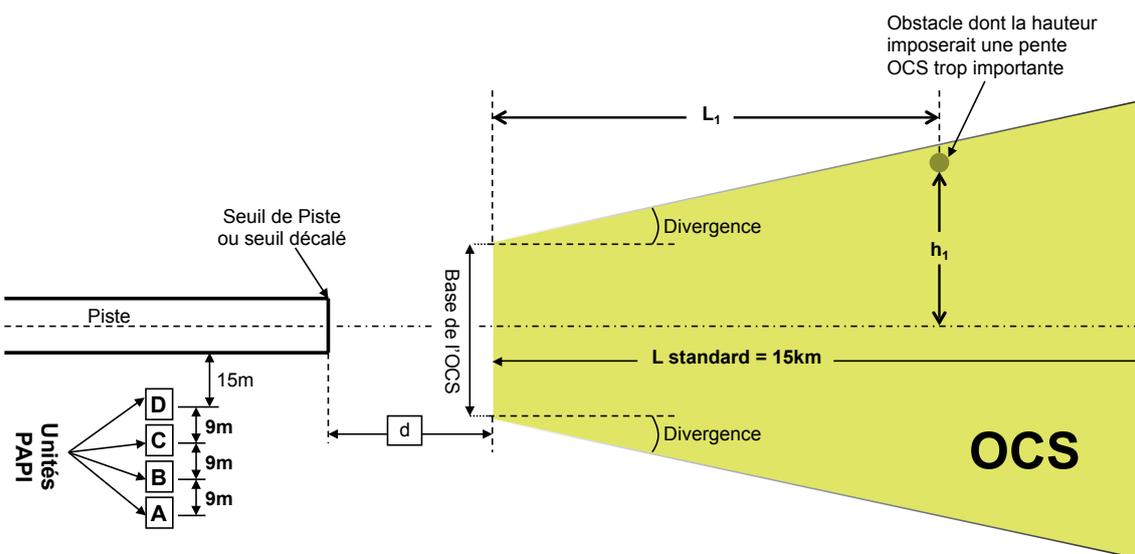


Le schéma ci-dessus représente un PAPI installé sur le bord d'une piste, l'OCS correspondante et un obstacle situé à 13 km de la base de cette OCS. La profondeur standard de l'OCS étant de 15 km, cet obstacle devrait normalement se trouver dans l'OCS. Comme cet obstacle impose une pente de l'OCS trop importante, il est alors possible de réduire la profondeur de l'OCS à une profondeur inférieure à 13 km. Cela permet de s'affranchir de cet obstacle lors du calcul de la pente de l'OCS.

D'après le tableau précédent, un écartement de 7 m entre les unités du PAPI permet de réduire la profondeur de l'OCS à 11 km. Une telle réduction de portée doit être validée par l'autorité de surveillance.

La portée du PAPI limitée à une valeur inférieure à la valeur standard est portée à la connaissance des pilotes par la voie de l'information aéronautique.

5.1.1.3. Cas particulier des obstacles situés en bordure de l'OCS



Afin de s'affranchir des contraintes liées à la présence d'un obstacle situé en bordure latérale de l'OCS, deux possibilités existent :

- Décaler l'axe du PAPI de 5° maximum par rapport à l'axe de la piste.
- Réduire l'ouverture en azimut des unités du PAPI.

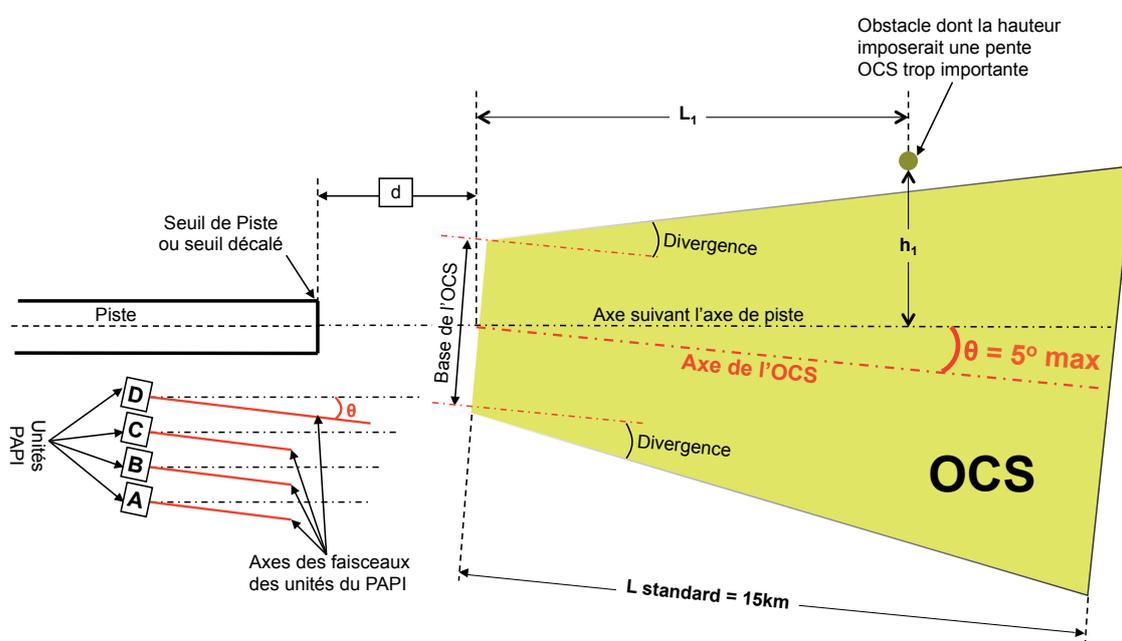
a) Décaler l'axe du PAPI de 5° maximum par rapport à l'axe de la piste

En décalant l'axe de l'OCS de 5° maximum par rapport à l'axe de la piste, on constate, comme le montre le schéma ci-dessous, que l'obstacle n'est plus sous l'emprise de l'OCS.

La nouvelle OCS prise en compte ne contient pas l'obstacle initialement identifié lors de la définition de la pente de l'OCS.

Il convient dans ce cas de faire pivoter les unités du PAPI d'un angle égal à celui que fait l'axe de l'OCS par rapport à l'axe de la piste.

Par exemple s'il a été décidé de décaler l'axe de l'OCS de 3° par rapport à l'axe de la piste, les unités du PAPI devront pivoter également de 3° dans le même sens.



b) Réduire l'ouverture en azimut des unités du PAPI

Pour éviter la prise en compte d'obstacles situés en bordure latérale de l'OCS, il est aussi possible de réduire l'ouverture en azimut des unités du PAPI de façon à ce que l'obstacle se trouve à l'extérieur des limites de faisceau. Cette modification doit être réalisée en usine sur le matériel en modifiant l'optique de chaque unité ou en occultant une partie du faisceau.

Cependant, cette solution est plus contraignante et plus onéreuse que la précédente. En effet, d'une part, elle impose un PAPI spécifique, et d'autre part, après installation, la vérification de l'ouverture du faisceau du PAPI est complexe.

Note relative aux § 5.1.1.2 et 5.1.1.3

Le décalage de l'axe de l'OCS ou la réduction de la surface de l'OCS, fait partie des informations qui seront portées à la connaissance des pilotes par la voie de l'information aéronautique.

5.1.2. Détermination de la pente de l'OCS

Il convient de noter que:

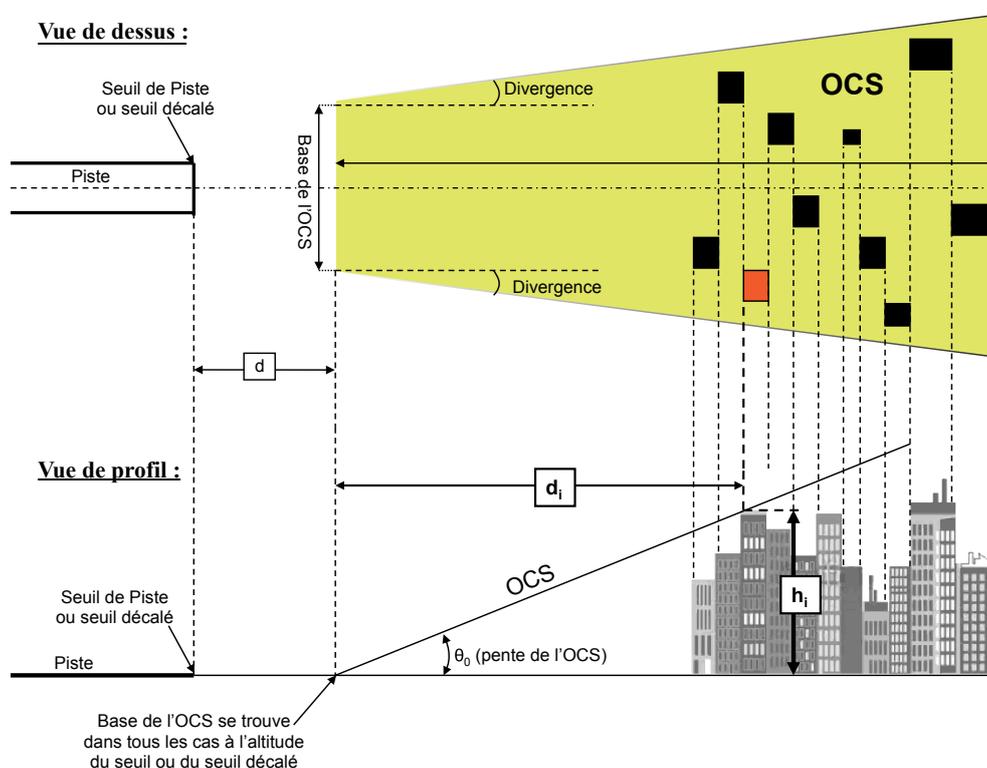
- L'arrêté CHEA exige qu'aucun obstacle ne perce l'OCS.
- Le Règlement UE N°139/2014 du 12 février 2014 mentionne que « la présence de nouveaux objets ou la surélévation d'objets existants ne sera pas autorisée au-dessus d'une surface de protection contre les obstacles, sauf quand le nouvel objet ou la surélévation de l'objet existant se trouve défilé par un objet inamovible, ou qu'après avis de l'autorité de surveillance, il a été déterminé que l'objet ne compromettrait pas la sécurité de l'exploitation des aéronefs ».

Dans ce document, l'étude d'implantation prend pour hypothèse qu'aucun obstacle ne perce la surface de protection contre les obstacles.

Tous les obstacles se trouvant sous l'OCS doivent être identifiés. La position et la hauteur par rapport au seuil de piste (ou du seuil décalé si la piste est utilisée avec un seuil décalé) de chacun de ces obstacles doivent être relevées. Il est généralement fait appel à un géomètre pour situer chaque obstacle dans l'OCS et mesurer la hauteur de chacun d'eux par rapport au seuil de piste (ou du seuil décalé le cas échéant).

Pour définir la pente θ_0 de l'OCS, il convient de prendre en compte l'obstacle qui impose la pente de l'OCS la plus importante.

Cas pratique de détermination de la pente θ_0 de l'OCS:

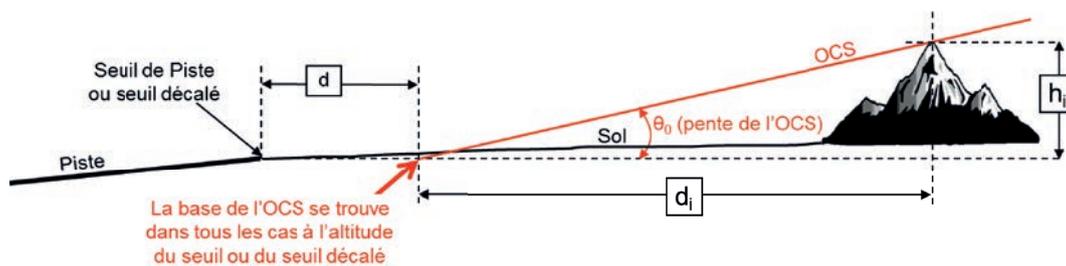


L'obstacle le plus contraignant est l'immeuble repéré par le carré rouge.

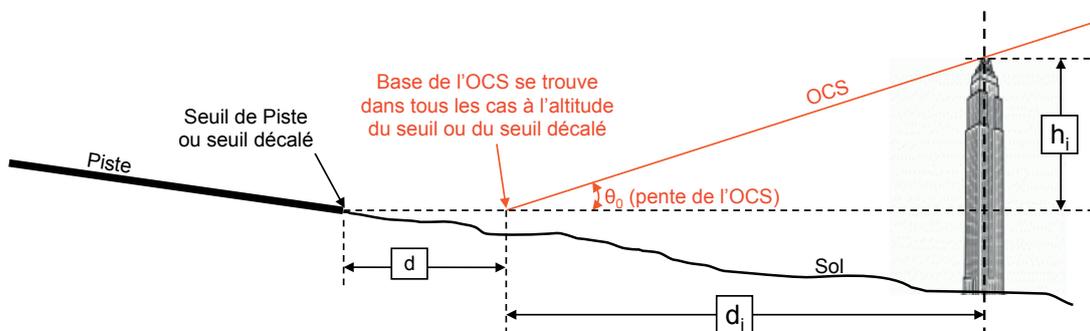
À noter que la distance d_i est **la distance perpendiculaire à la base de l'OCS** de l'obstacle le plus pénalisant et non la distance entre la base de l'OCS et l'obstacle le plus pénalisant.

Les deux schémas ci-dessous illustrent les cas où l'altitude du sol au niveau de la base de l'OCS est supérieure ou inférieure à l'altitude du seuil (ou du seuil décalé si la piste est utilisée avec un seuil décalé) :

➤ **1- Vue de profil si l'altitude du seuil est INFÉRIEURE à l'altitude du sol au niveau de la base de l'OCS :**



➤ **2- Vue de profil si l'altitude du seuil est SUPÉRIEURE à l'altitude du sol au niveau de la base de l'OCS :**



θ_0 = pente de l'OCS = angle créé par :

- un plan horizontal passant par la base de l'OCS et,
- un autre plan passant par la base de l'OCS et le sommet de l'obstacle le plus contraignant.

$$h_i = \text{Alt}_{\text{sommet de l'obstacle}} - \text{Alt}_{\text{seuil (décalé) de piste}}$$

d_i = distance entre l'obstacle le plus contraignant et la base de l'OCS

Ainsi $\text{tg } \theta_0 = h_i / d_i$

$$\rightarrow \theta_0 = \text{Arctg} \left(\frac{h_i}{d_i} \right)$$

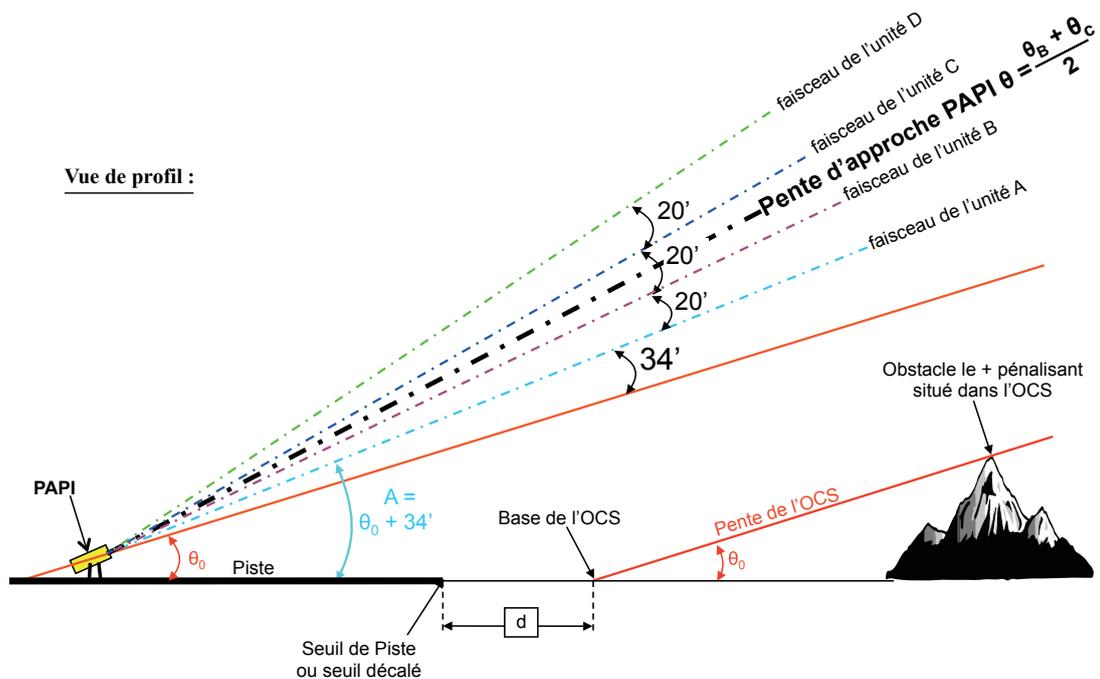
5.2. Détermination du calage angulaire nominal du PAPI

Dans l'absolu, l'axe des lentilles devrait être au niveau de l'axe de la piste. Dans la pratique cela peut ne pas être le cas.

En effet le niveau du sol, à l'endroit où se trouve le PAPI, peut être à une altitude différente de celle de l'axe de la piste. Par ailleurs, les unités du PAPI sont toujours installées sur des pieds et se trouvent donc au-dessus du niveau du sol.

En conséquence, lors de l'implantation du PAPI il faudra tenir compte de la différence d'altitude entre l'axe des lentilles et l'axe de piste.

Le calage angulaire A de l'unité A du PAPI est égal à $\theta_0 + 34'$ (34' est la marge de sécurité):



Conformément au § 4.2, le calage nominal θ du PAPI est :

$$\begin{aligned}
 &= (B + C) / 2 \\
 &= (A + 20' + A + 40') / 2 \\
 &= A + 30' \\
 &= \theta_0 + 34' + 30'
 \end{aligned}$$

$$\text{Soit } \theta = \theta_0 + 1^{\circ}04'$$

Le CHEA (instruction PAPI) précise que :

Si $\theta \leq 3^\circ$ alors, θ angle calage retenu du PAPI = 3°

Si $3^\circ \leq \theta \leq 4^\circ$ alors, θ angle calage du PAPI = θ , une consultation des exploitants (usagers) habituels de l'aérodrome doit alors être entreprise pour étudier le meilleur compromis possible entre la position définitive du seuil et le calage du PAPI.

L'angle de calage du PAPI étant publié au dixième de degré près¹, l'angle de calage retenu sera l'angle de calage défini arrondi au dixième de degré supérieur.

Par exemple, si un angle² de calage de $3^\circ 15'$ (soit $3,25^\circ$) a été défini, il faudra retenir un angle de calage de $3,3^\circ$ (soit $3^\circ 18'$).

Si $\theta > 4^\circ \rightarrow$ consultation de la DSAC.

L'évolution réglementaire en cours, en harmonisation avec le règlement européen, conduit à ne pas préconiser des angles de calage supérieurs à 4° .

Le Règlement UE N°139/2014 mentionne en effet que le calage de chacune des unités du PAPI est compris entre $1^\circ 30'$ et $4^\circ 30'$, ce qui équivaut à un calage nominal du PAPI compris entre 2° et 4° .

Note: L'implantation d'un PAPI fait l'objet d'une action de surveillance de la DSAC avant la mise en service opérationnelle (arrêté CHEA, règlement UE n° 139/2014 - suivi des changements). En conséquence, tout projet d'implantation d'un PAPI doit faire l'objet d'une information à la DSAC de la part de l'exploitant d'aérodrome.

Dans le cas d'un PAPI utilisé avec un ILS, passer au § 5.4 "Cas où le PAPI est utilisé avec un ILS"

¹ Suivant l'annexe 5 de l'OACI relative aux "Unités de mesure à utiliser dans l'exploitation en vol et au sol".

² Angle de calage: $1^\circ = 60 \text{ minutes} = 100 \text{ centièmes}$.

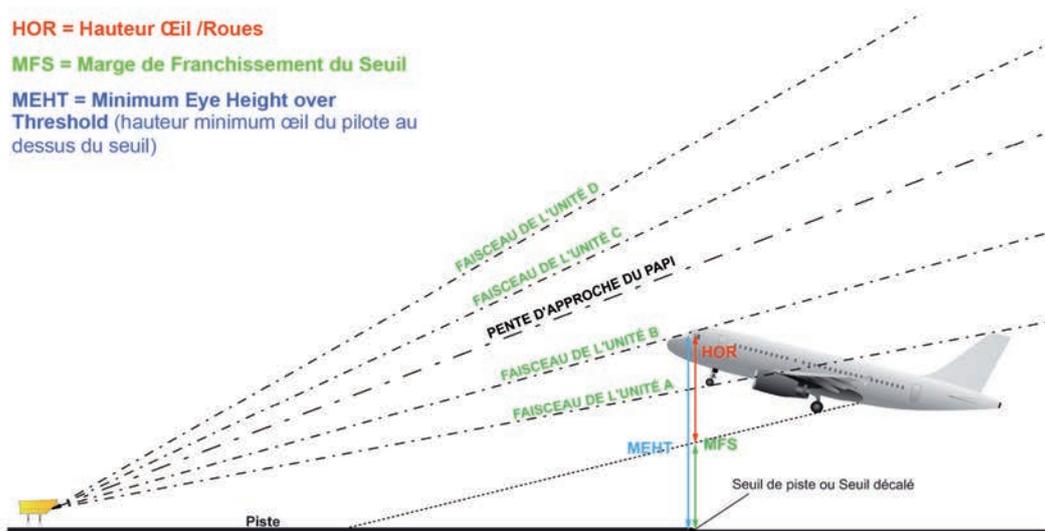
5.3. Cas où le PAPI est le seul moyen indiquant aux avions la pente de descente suivie

La distance de la barre PAPI par rapport au seuil dépend du calage du PAPI, et donc des obstacles situés dans l'OCS, mais aussi du type d'avion opérant sur l'aéroport.

En effet, en phase d'atterrissage, l'œil du pilote doit se trouver à une hauteur minimale lors du passage au-dessus du seuil de piste (ou du seuil décalé si la piste est utilisée avec un seuil décalé). Cette hauteur est appelée MEHT (Minimum Eye Height at Threshold).

La MEHT est égale à la somme de la hauteur (œil / roue), dénommée HOR définie pour l'avion de référence retenu pour le calage du PAPI, et de la marge de franchissement de seuil, dénommée MFS.

Le schéma ci-dessous permet de le visualiser :



5.3.1. Définition de l'avion de référence et de sa HOR

Avant toute étude d'implantation de PAPI, il est nécessaire d'avoir défini un "avion de référence" pour l'aérodrome concerné. En effet, la HOR de l'avion de référence sera prise en compte pour déterminer la position du PAPI.

La HOR est indiquée par le constructeur de l'aéronef.

La MEHT calculée à partir de l'avion de référence est portée à la connaissance des pilotes par la voie de l'information aéronautique. Tout pilote dont l'aéronef nécessite une MEHT supérieure à la MEHT publiée doit s'assurer qu'il dispose d'une MFS suffisante.

L'information aéronautique peut également préciser que pour un avion ayant une HOR supérieure à une certaine valeur (celle de référence pour le calcul du PAPI) la MFS sera inférieure à la MFS souhaitable. Exemple de publication : « PAPI THR 11/THR 29: La marge de franchissement au seuil est inférieure à 9 m (29 ft) pour les avions avec une hauteur œil-roue supérieure à 10,90 m ».

5.3.2. Déduction de la Marge de Franchissement de Seuil souhaitable (MFS souhaitable)

Pour chaque type d'aéronef, sa HOR va permettre de déduire la valeur de sa MFS.

Le tableau³ ci-dessous permet de définir la valeur de la MFS en fonction de la valeur de la HOR :

<i>HOR</i>	<i>MFS souhaitable</i>	<i>MFS minimale</i>
< 3 m	6 m	3 m
≥ 3 m et < 5 m	9 m	4 m
≥ 5 m et < 8 m	9 m	5 m
≥ 8 m et < 14 m	9 m	6 m

³ Extrait de l'instruction n° 20580/DNA/2A et du Règlement UE N° 139/2014.

Pour la marge de franchissement de seuil, on utilisera si possible les MFS souhaitables.

Dans certains cas très particuliers (piste courte, exploitation de la piste avec un seuil décalé, par exemple) il est cependant possible d'utiliser une valeur de MFS inférieure à la MFS souhaitable, mais au minimum égale à la MFS minimale. Dans ce cas une étude de sécurité devra démontrer que la MFS retenue est acceptable.

Dès que la HOR de "l'avion de référence" est connue, il est facile de déterminer la MFS à prendre en compte pour définir la position du PAPI.

5.3.3. Calcul de la MEHT à prendre en compte

Pour chaque type d'aéronef la MEHT est égale à la somme de sa HOR et de sa MFS (cf schéma ci-dessous).

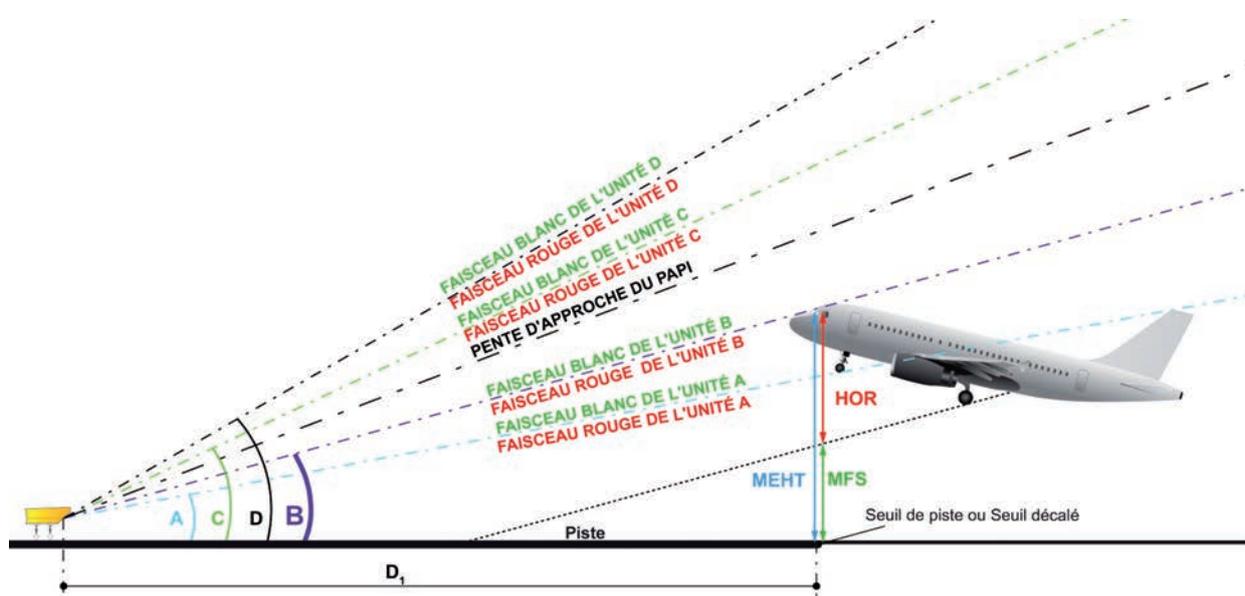
En conséquence, pour déterminer la position du PAPI, la MEHT à prendre en compte sera :

$$MEHT = HOR_{\text{avion de Référence}} + MFS_{\text{associée}}$$

5.3.4. Calcul de la distance D1 théorique entre la barre PAPI et le seuil de piste

Pour calculer la distance D1 théorique d'implantation du PAPI par rapport au seuil, il faut prendre en compte la pente la plus basse qui donne au pilote l'indication "feux blancs pour les unités A et B et feux rouges pour les unités C et D".

Le schéma ci-dessous permet de constater que la pente la plus basse qui donne l'indication "feux blancs pour les unités A et B et feux rouges pour les unités C et D" correspond à l'angle de calage de l'unité B du PAPI (angle B sur le schéma). **L'unité B est donc considérée comme l'unité de référence du PAPI.** Ce sera l'unité dont l'implantation est à étudier en premier; l'implantation des autres unités sera étudiée par rapport à l'unité B tout en respectant les préconisations d'installation d'un ensemble PAPI.



$$D1 = (HOR + MFS) \cotg B = MEHT \cotg B$$

Pour la suite de la méthode d'implantation du PAPI, passer au § 5.5 "Prise en compte de la topographie du terrain"

5.4. Cas où le PAPI est utilisé avec un ILS

5.4.1. Problématique concernant la différence de « pente » d'approche de l'ILS par rapport à celle indiquée par le PAPI

5.4.1.1. Principe de fonctionnement de l'ILS

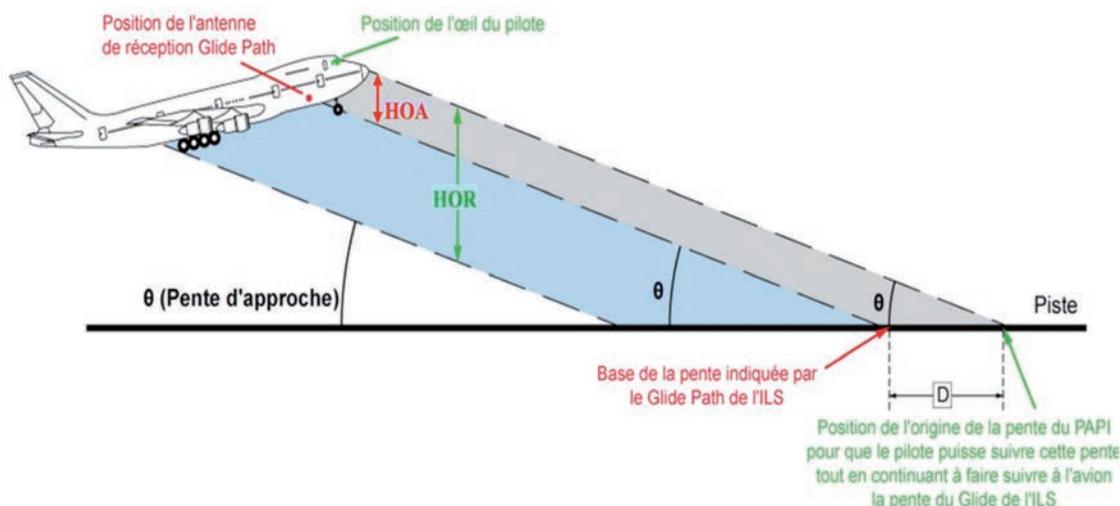
L'ILS est un système d'aide à l'atterrissage aux instruments.

Les informations délivrées au pilote sont :

- ▶ sa position par rapport à l'axe de la piste, donnée par le Localizer (LLZ - RAP: Radio Alignement de Piste).
- ▶ sa position par rapport à un plan oblique de descente aboutissant à la piste, donnée par le Glide Path (GP - RAD: Radio Alignement de Descente).
- ▶ sa distance par rapport au seuil de piste soit en continu en présence d'un DME, soit ponctuellement en présence de markers (OM, MM et IM).

5.4.1.2. Conséquence liée à la différence de position dans l'avion de l'œil du pilote par rapport à celle de l'antenne de réception du Glide path

Le schéma ci-dessous présente le cas où le PAPI a été installé de telle manière que, pour un type d'aéronef considéré il est possible pour le pilote de suivre la pente PAPI tout en continuant à suivre la pente indiquée par le Glide Path de l'ILS.



Chaque type d'aéronef a sa propre HOR et sa propre HOA. En conséquence, la différence entre HOR et HOA varie selon le type d'aéronef.

Le schéma ci-dessus montre que, pour **un pilote suivant la pente du PAPI** avec un avion dont la **HOA est inférieure** à celle de l'avion de référence, l'antenne de réception du Glide path va se retrouver au-dessus de la pente indiquée par l'ILS (dans la partie grise du schéma). Dans ce cas **l'ILS indique au pilote que l'avion est trop haut** alors que le signal donné par le PAPI indique que l'avion suit la bonne pente. Si avec le même avion le pilote décide de suivre la pente de l'ILS, le signal du PAPI indiquera alors que l'avion est trop bas

À l'inverse si un pilote suit la pente du PAPI avec un avion dont la **HOA est supérieure** à celle de l'avion de référence, l'antenne de réception du signal Glide path se trouve au-dessous de la pente indiquée par l'ILS (dans la partie bleue du schéma). Dans ce cas **l'ILS indique au pilote que l'avion est trop bas** alors que le signal donné par le PAPI indique que l'avion suit la bonne pente. Si avec le même type d'avion le pilote décide de suivre la pente de l'ILS, le signal du PAPI indiquera alors que l'avion est trop haut.

5.4.1.3. Conclusion

Sur un aéroport recevant différents types d'aéronefs il n'est pas possible de faire correspondre l'information donnée par l'ILS et l'information donnée par le PAPI pour tous les aéronefs.

L'harmonisation entre la pente indiquée par l'ILS et la pente indiquée par le PAPI ne peut se faire que pour l'avion de référence.

Toutefois, il convient de noter que pour des avions présentant des caractéristiques différentes de celles de l'avion de référence (HOR et HOA), il est possible de faire correspondre l'indication donnée par le PAPI et le plan de descente du glide de l'ILS, jusqu'en un point plus rapproché du seuil, en portant de 20' à 30' l'ouverture du secteur de descente. Dans le cas d'une pente de descente de 3°, les angles de calages seront alors de 2°25', 2°45', 3°15' et 3°35'.

5.4.2. Pente d'approche indiquée par l'ILS et HOA de l'avion de référence

La correspondance de l'information donnée par l'ILS et l'indication donnée par le PAPI n'étant possible que pour un type d'avion, c'est l'avion de référence qui sera pris en compte pour définir le positionnement du PAPI par rapport au point d'aboutissement du glide de l'ILS.

Le calcul de positionnement du PAPI sera effectué en tenant compte de la HOA de l'avion de référence (HOA donnée constructeur).

Par ailleurs, quand un PAPI est utilisé avec un ILS, les deux instruments doivent indiquer une pente d'approche équivalente. Le calcul de positionnement du PAPI sera effectué de manière à ce que la pente d'approche du PAPI soit harmonisée avec celle de l'ILS. La pente de l'ILS est publiée dans l'AIP de l'aérodrome concerné.

5.4.3. Harmonisation entre la pente indiquée par l'ILS et le PAPI selon l'avion de référence



Dans le cas où la piste est horizontale, la distance entre la base de la pente indiquée par le Glide de l'ILS et la position de l'origine de la pente indiquée par le PAPI est égale à :

$$D = \frac{HOA}{\text{Tg } \theta}$$

L'ANNEXE II. "Précisions concernant l'implantation du glide de l'ILS" donne des informations supplémentaires concernant l'emplacement du glide de l'ILS.

L'ANNEXE III. "prise en compte du profil longitudinal de la piste lors de l'harmonisation ILS / PAPI" permet de se rendre compte que la distance D varie selon le profil longitudinal de la piste et de ses accotements.

Exemples de calculs pour une pente d'approche $\theta = 3^\circ$ et en considérant la piste horizontale entre la base de la pente indiquée par le Glide de l'ILS et la position de l'origine de la pente indiquée par le PAPI :

Airbus A320 (données constructeur) :

H (ILS-beam-to-wheel-path height) = 5 m

HOR (eye-path-to-wheel-path height) = 6,84 m

HOA = HOR - H

$$D = HOA / \text{tg } \theta = (HOR - H) / \text{tg } 3^\circ = (6,84 - 5) / 0,05241 = 1,84 / 0,05241 = 35 \text{ m}$$

$$\mathbf{D = 35 \text{ m}}$$

➤ Donc si l'Airbus A320 est choisi comme avion de référence, l'origine de la pente indiquée par le PAPI doit être décalée de **35 m** par rapport à la base de la pente indiquée par le Glide Path de l'ILS.

BOEING B747-400 (données constructeur) :

H = 23,4ft soit 7,13 m

HOR = 44,4ft soit 13,53 m

HOA = HOR - H

$$D = HOA / \operatorname{tg} \theta = (HOR - H) / \operatorname{tg} 3^\circ = (13,53 - 7,13) / 0,05241 = 6,40 / 0,05241 = 122 \text{ m}$$

$$\mathbf{D = 122 \text{ m}}$$

➤ Donc si le BOEING B747-400 est choisi comme avion de référence, l'origine de la pente indiquée par le PAPI doit être décalée de 122 m par rapport à la base de la pente indiquée par le Glide Path de l'ILS.

5.4.4. Vérification que la MEHT déduite est suffisante pour l'avion de référence

Il est nécessaire de calculer la MEHT qui résulterait d'un **décalage d'une distance D** de l'origine de la pente PAPI par rapport à celle de l'ILS, ceci afin de vérifier que la MFS est suffisante pour l'avion de référence.

Dans ce cas : **MEHT_{théorique} = (D + distance entre le glide et le seuil de piste) X tg (θ-10')**

➤ avec θ angle de la pente de l'ILS. Le PAPI devant indiquer une pente équivalente à celle de l'ILS, θ est aussi l'angle de calage du PAPI, et (θ-10') est l'angle de calage de l'unité B du PAPI.

Il convient ensuite de s'assurer que la MEHT théorique résultante du positionnement du PAPI est suffisante pour assurer une MFS au moins égale à la MFS souhaitable nécessaire pour l'avion de référence.

$$\begin{aligned} & [(D + \text{distance entre le glide et le seuil de piste}) \times \operatorname{tg} (\theta - 10')] - \text{HOR}_{\text{avion de référence}} \\ & \geq \\ & \text{MFS}_{\text{souhaitable de l'avion de référence}} \end{aligned}$$

5.5. Prise en compte de la topographie du terrain

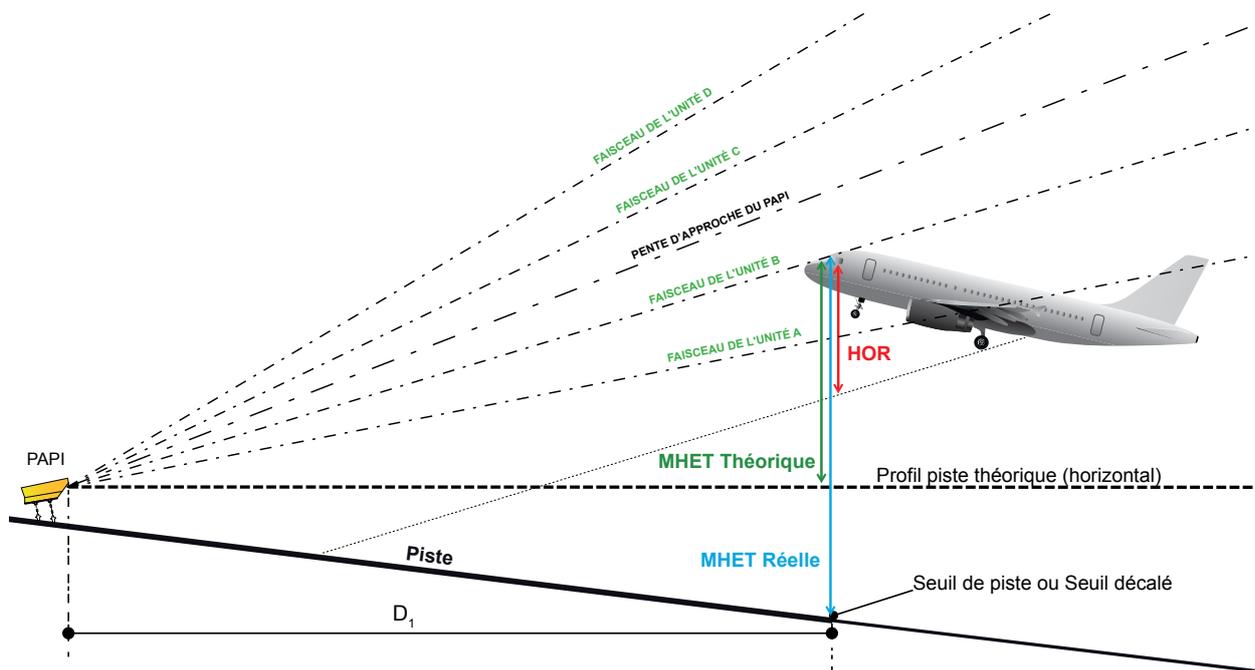
La distance théorique d'implantation du PAPI par rapport au seuil de piste est calculée en prenant pour hypothèse une piste horizontale.

Cependant la plupart des pistes ne sont pas strictement horizontales ou présentent des ruptures de pente. De plus le PAPI étant installé dans la bande de piste, cette dernière peut également présenter une pente transversale. Il y a donc une différence d'altitude entre la barre PAPI et le seuil / seuil décalé de la piste. Cette différence d'altitude a une incidence sur la MEHT, ce qui nécessite un nouveau calcul de la position du PAPI.

5.5.1. Influence du profil longitudinal de la piste sur la position du PAPI permettant d'obtenir la MEHT souhaitée

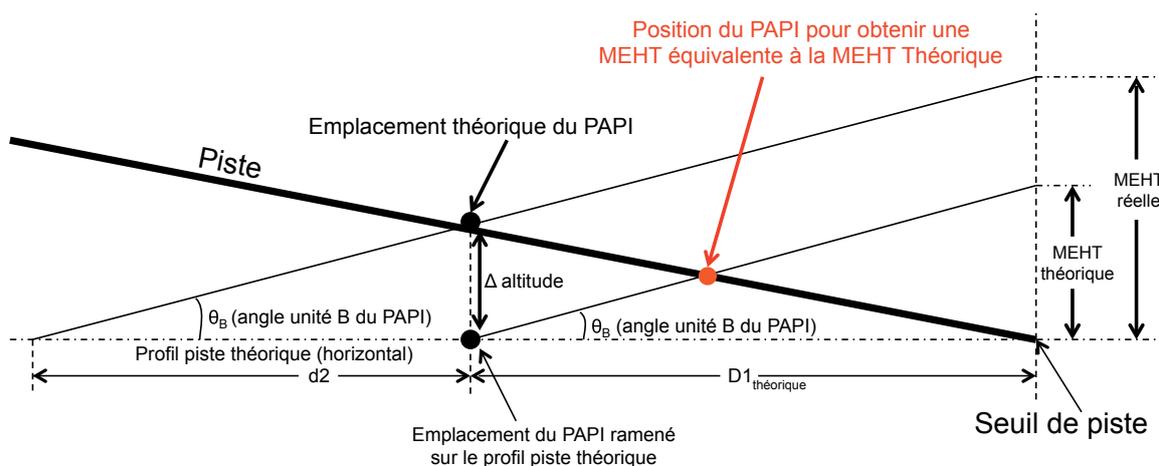
5.5.1.1. Cas où l'axe des lentilles du PAPI se trouve à une altitude supérieure à celle du seuil de piste

Si l'axe des lentilles de la barre PAPI se trouve à une altitude supérieure à l'altitude du seuil (ou du seuil décalé), la MEHT réelle va être plus importante que la MEHT théorique.



Dans le cas où le PAPI est implanté à une altitude supérieure au seuil de piste et installé à la distance théorique $D1$ du seuil de piste, la piste ne serait pas utilisée de façon optimale.

Le schéma ci-dessous permet de le constater :

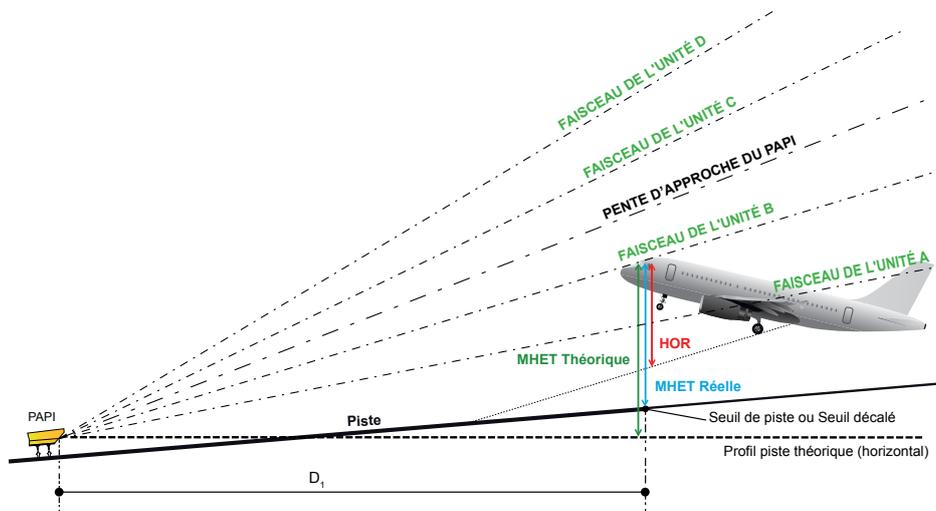


Dans le cas général il est préférable d'installer le PAPI à une distance du seuil permettant d'utiliser la piste sur une longueur maximale lors des phases d'atterrissage tout en maintenant une valeur de la MEHT équivalente à celle de la MEHT théorique.

5.5.1.2. Cas où l'axe des lentilles du PAPI se trouve à une altitude inférieure à celle du seuil de piste

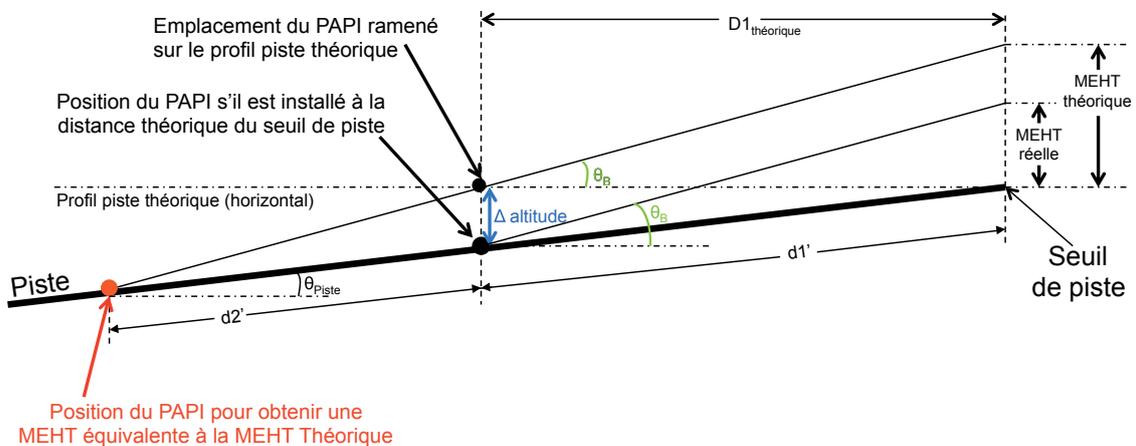
À l'inverse si l'axe des lentilles de la barre PAPI se trouve à une altitude inférieure à l'altitude du seuil (ou du seuil décalé), la MFS est réduite par rapport à celle liée à la MEHT théorique. La MEHT obtenue est dans ce cas inférieure à la MEHT théorique. La pente de descente définie ne permet donc pas dans ce cas de garantir un passage sécuritaire au seuil, La trajectoire de descente est trop basse et la MFS insuffisante.

Le schéma ci-dessous illustre ces propos :



Dans le cas où le PAPI se trouve à une altitude inférieure à celle du seuil de piste, il faut éloigner le PAPI d'une distance égale à d_1 théorique + d_2' du seuil de piste pour obtenir une MEHT équivalente à la MEHT théorique. Il peut donc être intéressant de connaître cette distance d_2' (cf annexes). Il est cependant difficile de définir cette distance d_2' avec précision compte tenu du fait que les pentes longitudinale et transversale d'une piste sont, dans la grande majorité des cas, irrégulières.

Le schéma ci-dessous illustre ces propos :



La distance d_2' étant difficile à déterminer, il est nécessaire de définir une zone estimative de l'emplacement du PAPI avant de calculer l'emplacement précis de la barre PAPI.

5.5.2. Estimation d'une zone d'implantation du PAPI

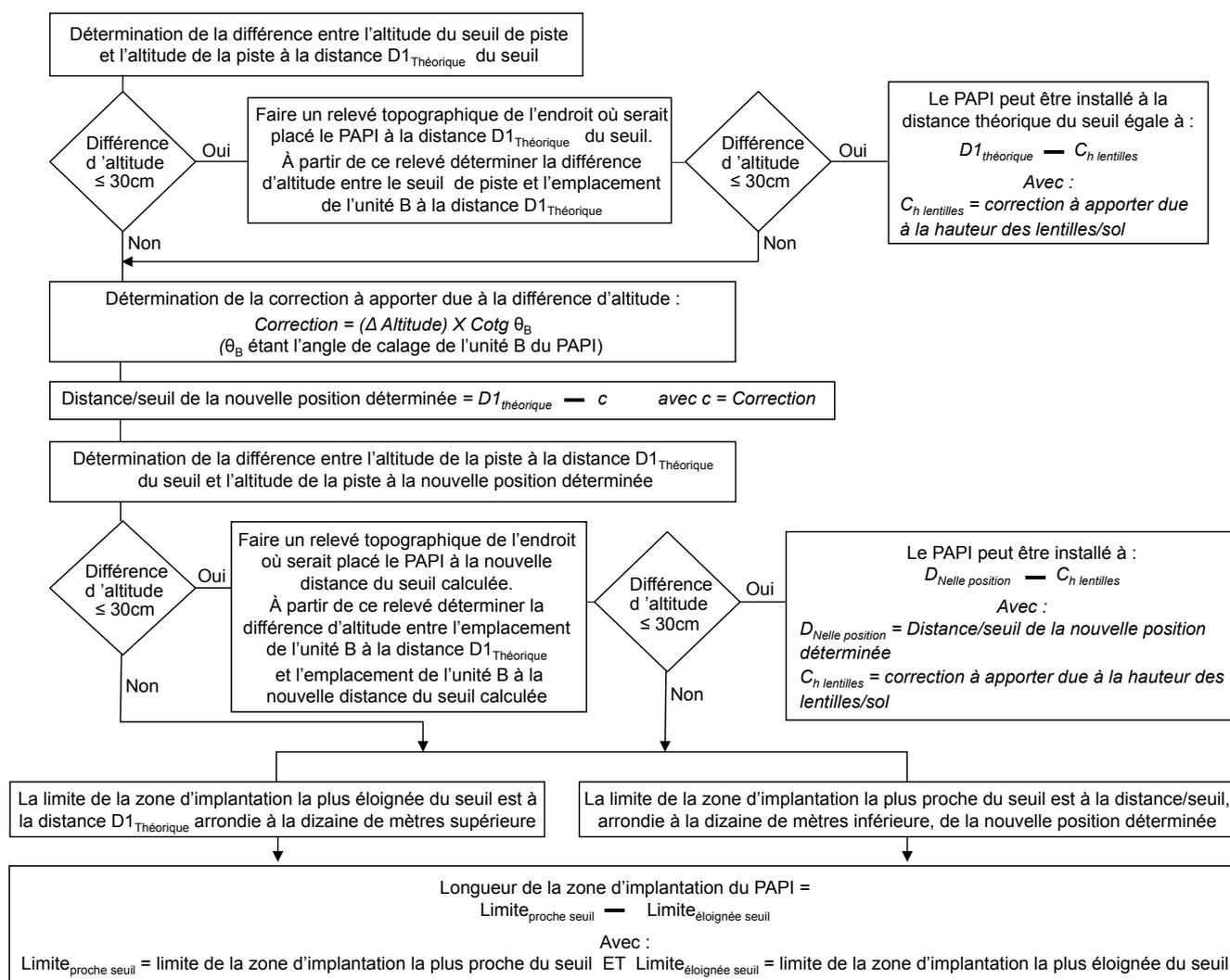
Afin de réduire la zone de relevé topographique, il est nécessaire de définir une zone estimative de l'emplacement du PAPI.

Il convient de prendre en compte le profil de la piste pour pouvoir déterminer cette zone. En effet comme il est présenté ci-dessous, la méthodologie à suivre n'est pas la même si le seuil se trouve à une altitude inférieure ou supérieure par rapport à l'altitude du point d'implantation théorique du PAPI ($D1$ théorique).

5.5.2.1. Cas d'une piste MONTANTE dans le sens de l'atterrissage: Méthodologie pour estimer la zone d'implantation du PAPI

Une piste est considérée montante dans le cas où le seuil de piste se trouve à une altitude inférieure à celle du point d'implantation théorique du PAPI.

➤ Logigramme pour la détermination de la longueur de la zone d'implantation du PAPI :



► Détermination de la largeur de la zone d’implantation du PAPI :

Les paramètres d’implantation du PAPI par rapport au bord de la piste, décrits dans la partie 5.1 de ce guide, doivent être pris en compte dans la détermination de la largeur de la zone d’implantation du PAPI et de la distance de cette zone par rapport au bord de piste.

En effet :

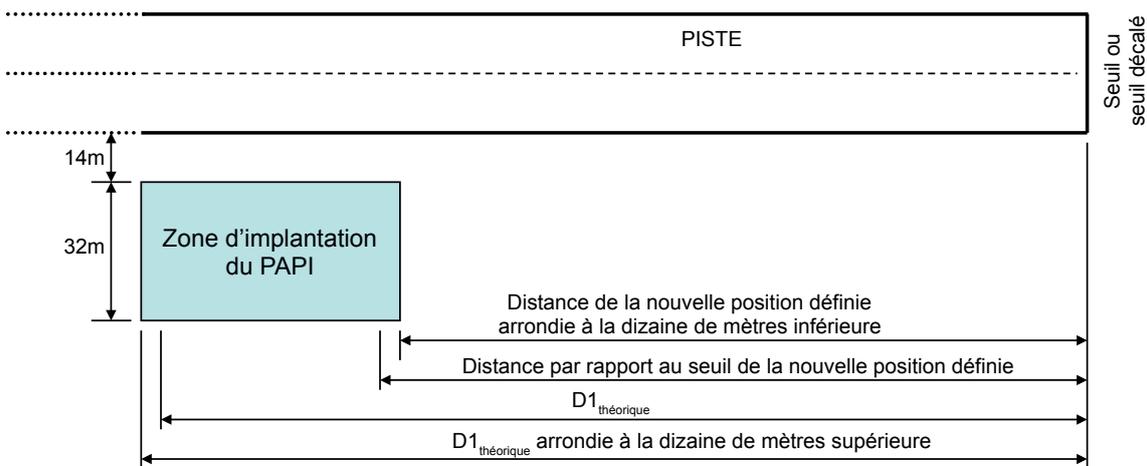
- la distance par rapport au bord de piste de la zone d’implantation dépend de la distance de l’unité D du PAPI par rapport au bord de piste ;

et

- la largeur de la zone d’implantation dépend quant à elle des distances entre les unités du PAPI.

Dans le cas d’une installation standard, la zone d’implantation du PAPI doit se trouver à 14 m du bord de la piste et avoir une largeur de 32 m.

Le schéma ci-dessous permet d’illustrer une zone d’implantation du PAPI dans le cas d’une piste montante dans le sens de l’atterrissage :



► Exemple d’estimation de la zone d’implantation du PAPI :

Sur la piste étudiée, prenons par exemple l’AIRBUS A320 comme avion de référence et considérons que l’étude des obstacles a permis de déterminer une OCS qui impose un angle de calage du PAPI de 3°.

La HOR de l’A320 est de 6,84 m, la MFS souhaitable est donc de 9 m, la MEHT calculée est de 15,84 m (MEHT = HOR + MFS).

L’unité B du PAPI est réglée avec un angle $\theta_B = 2^\circ 50'$, soit 2,83°.

La distance théorique entre la barre du PAPI et le seuil de piste est :

$$D1_{\text{théorique}} = 15,84 \cotg \theta_B = 15,84 \cotg 2^\circ 50' = 320 \text{ m.}$$

Le schéma de profil de la piste permet de constater que l'altitude du seuil de piste est de 60,6 m et que l'altitude de la piste à 320 m du seuil est de 63,8 m ; à cette distance, l'altitude du seuil est inférieure de 3,2 m par rapport à celle de la piste au point d'implantation du PAPI.

La nouvelle distance D1 calculée entre la barre du PAPI et le seuil de piste est égale à :

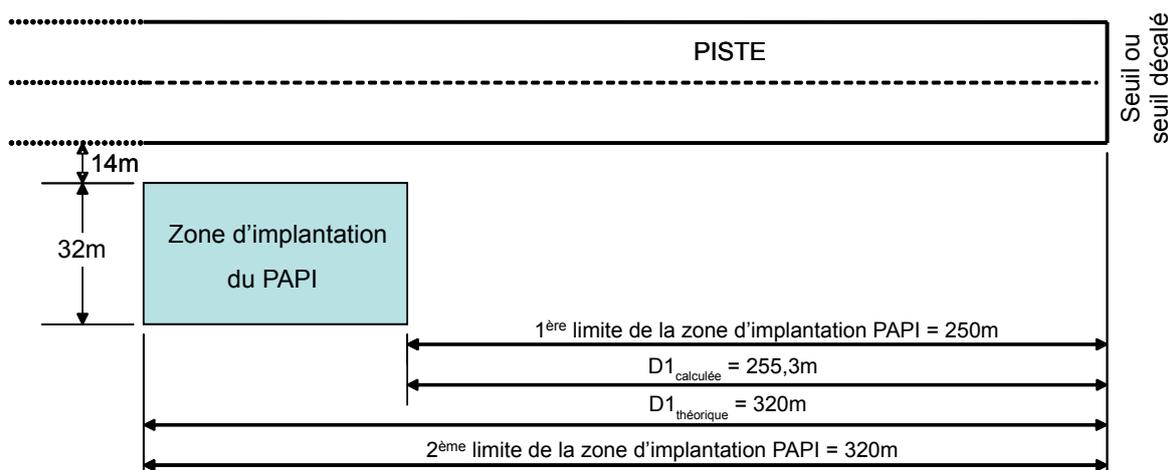
$$D1_{\text{calculée}} = 320 - (3,2 \times \cotg 2^{\circ}50') = 320 - 64,7 = 255,3 \text{ m}$$

Dans cet exemple, le relevé topographique permet de constater que la différence d'altitude entre les emplacements de l'unité B à la distance $D1_{\text{théorique}}$ et à la distance $D1_{\text{calculée}}$ est inférieure à 30 cm.

La distance $D1_{\text{théorique}}$ et la distance $D1_{\text{calculée}}$ étant respectivement égales à 320 m et 255,3 m, les limites de la zone d'estimation d'implantation du PAPI seront respectivement à 320 m et à 250 m du seuil de piste.

Dans le cas d'une installation standard d'un PAPI, la zone d'implantation doit se trouver à 14 m du bord de piste et faire 32 m de large.

Ci-dessous le schéma illustrant cet exemple :



5.5.2.2. Cas d'une piste DESCENDANTE dans le sens de l'atterrissage

Une piste est dite descendante lorsque le seuil de piste se trouve à une altitude supérieure à celle du point d'implantation théorique du PAPI.

- Détermination de la limite de la zone d'implantation la plus proche du seuil de piste :

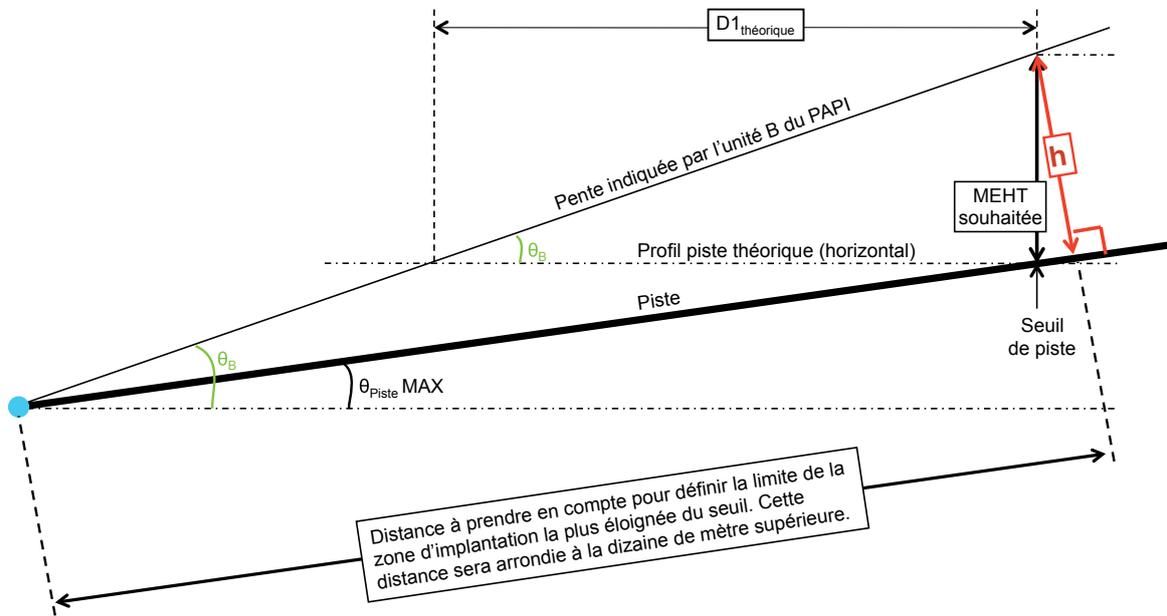
La **limite de la zone d'implantation la plus proche du seuil de piste** se trouve à la **distance $D1_{\text{théorique}}$** (distance d'implantation théorique du PAPI) arrondie à la dizaine de mètres inférieure.

- Détermination de la limite de la zone d'implantation du PAPI la plus éloignée du seuil de piste :

La pente maximum de la piste est prise en compte pour déterminer la limite de la zone d'implantation la plus éloignée du seuil de piste.

Lorsque la pente maximum est connue, le schéma ci-dessous et la méthodologie suivante sont proposés pour déterminer la limite de la zone d'implantation la plus éloignée du seuil de piste :

Sur le schéma ci-dessous, h et la MEHT souhaitée ont la même origine.



1) La pente maximum de la piste, identifiée par l'angle $\theta_{\text{Piste MAX}}$ sur le schéma, est à prendre en compte. Le profil en long de la piste permet de définir la pente maximum de la piste. Si ce n'est pas le cas, les pentes maximales tolérées par la réglementation en vigueur peuvent être prises en compte.

Note : ces pentes maximales tiennent compte du numéro du code et des conditions d'exploitation de la piste.

2) L'angle de calage de l'unité B du PAPI (angle θ_B sur le schéma) est pris en compte.

3) On considère que h est à peu près égale à la MEHT souhaitée. En effet l'angle entre la MEHT et h est très faible ($\theta_{\text{Piste MAX}} \ll \theta_B$).

Dans le cas d'une piste descendante, on peut donc considérer que la **limite de la zone d'implantation la plus éloignée du seuil** se trouve à une distance de ce seuil égale à :

$$\text{MEHT souhaitée} \times \cotg(\theta_B - \theta_{\text{Piste MAX}})$$

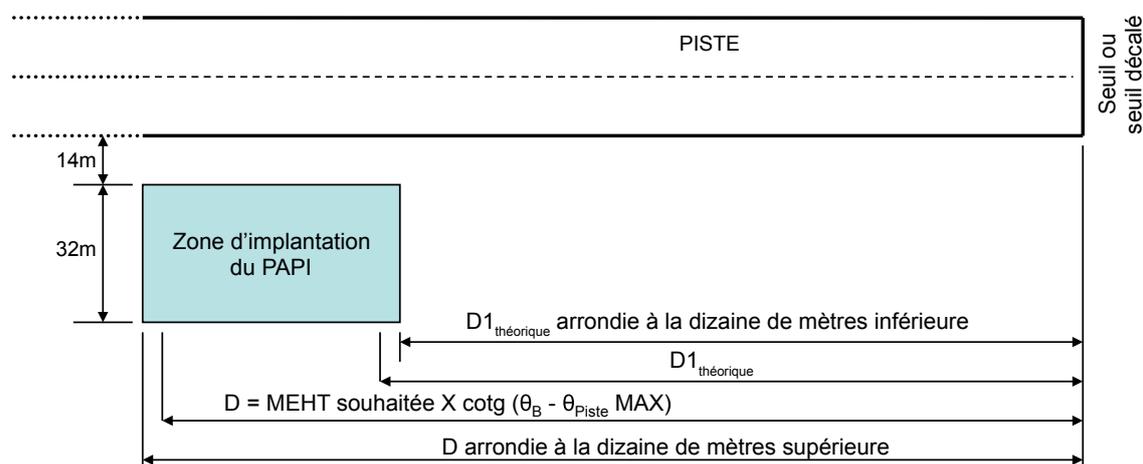
Le résultat de ce calcul sera arrondi à la dizaine de mètres supérieure

➤ Détermination de la largeur de la zone d'implantation PAPI :

La largeur de la zone d'implantation du PAPI et la distance entre cette zone et le bord de piste sont les mêmes que pour une piste montante dans le sens de l'atterrissage.

Donc pour une piste descendante dans le sens de l'atterrissage et une installation standard d'un PAPI, la zone d'implantation doit se trouver à 14 m du bord de piste et avoir une largeur de 32 m.

- Schéma résumant cet exemple :



- Exemple d'estimation de la zone d'implantation du PAPI :

Sur la piste étudiée, prenons l'AIRBUS A320 comme avion de référence et considérons que l'étude des obstacles a permis de déterminer une OCS qui impose un angle de calage du PAPI de 3°.

La HOR de l'A320 est de 6,84 m la MFS souhaitable est de 9 m, la MEHT calculée est de 15,84 m (MEHT = HOR + MFS).

L'unité B du PAPI est réglée avec un angle $\theta_B = 2^\circ 50'$ soit $2,83^\circ$.

- Détermination de la limite la plus proche du seuil de la zone d'implantation du PAPI :

La distance théorique entre la barre PAPI et le seuil de piste est donc de :

$$D1_{\text{théorique}} = 15,84 \cotg \theta_B = 13,9 \cotg 2^\circ 50' = 320 \text{ m}$$

La limite la plus proche du seuil de la zone d'implantation PAPI se trouve donc à 320 m de ce seuil.

- Détermination de la limite la plus éloignée du seuil de la zone d'implantation du PAPI :

La portion de la piste la plus pentue présente une pente de 1,5 %, ce qui correspond à un angle de $0,86^\circ$.

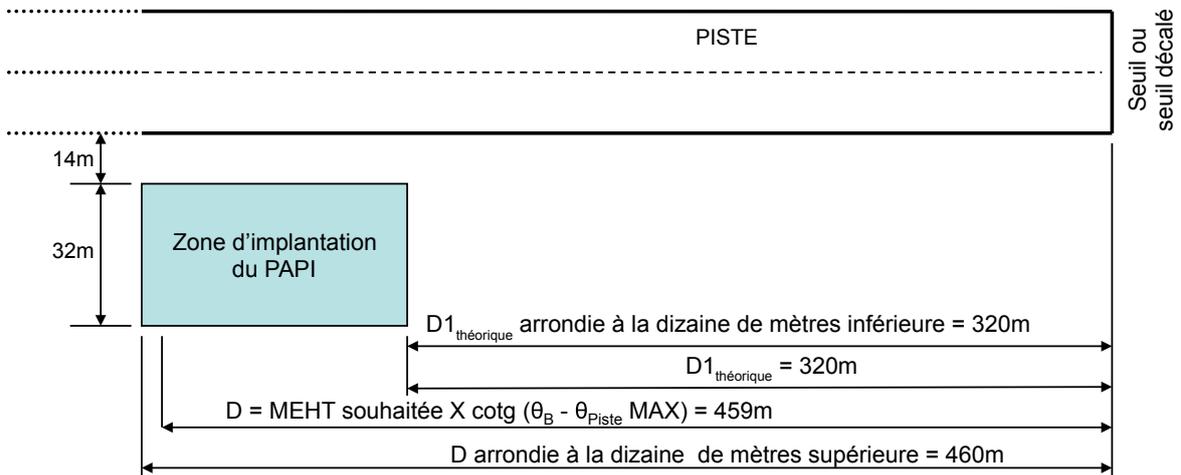
$$\theta_{\text{Piste MAX}} \text{ est donc égal à } 0,86^\circ.$$

Pour déterminer la limite de la zone d'implantation la plus éloignée du seuil, il convient donc de calculer :

$$\text{MEHT souhaitée} \times \cotg (\theta_B - \theta_{\text{Piste MAX}}) \text{ soit } 15,84 \times \cotg (2,83^\circ - 0,86^\circ) = 459 \text{ m}$$

La limite la plus éloignée du seuil de la zone d'implantation du PAPI se trouve donc à 459 m de ce seuil.

Ces calculs sont illustrés dans le schéma ci-dessous :



5.5.3. Relevé topographique de la zone d'estimation de l'implantation du PAPI

Afin de pouvoir définir l'emplacement de la barre PAPI, il est nécessaire de réaliser un relevé topographique précis de la zone de l'emplacement du PAPI déterminée précédemment. En effet pour définir avec précision l'emplacement de l'unité B, les altitudes à différents points de cette zone d'estimation d'implantation doivent être connues.

5.5.4. Calcul de l'implantation réelle du PAPI

L'implantation de l'unité B devant être étudiée en premier; l'implantation des autres unités sera réalisée par rapport à l'unité B tout en respectant les préconisations d'installation d'un ensemble PAPI. Les points du relevé topographique à prendre en compte sont des points situés à une certaine distance du bord de piste où pourrait être placée l'unité B (cf. § 5.5.2.1).

5.5.4.1. Méthodologie pour déterminer l'implantation réelle du PAPI

Afin de prendre en compte les différences d'altitudes, l'emplacement estimé de l'unité B du PAPI sera déplacé parallèlement à la piste.

Si la différence de hauteur, entre 2 positions calculées successivement est nommée Δh , la distance de déplacement est :

$$\text{distance de déplacement} = \Delta h \times \cotg \theta_B.$$

Détermination du sens de déplacement :

- Si l'altitude de la position « n » qui vient d'être déterminée > à l'altitude de la position « n-1 » déterminée précédemment, alors il faut rapprocher la position du PAPI vers le seuil.
- Si l'altitude de la position « n » qui vient d'être déterminée < à l'altitude de la position « n-1 » déterminée précédemment, alors il faut éloigner la position du PAPI du seuil.

En général :

- Pour une piste montante (dans le sens de l'atterrissage), le premier déplacement sera un rapprochement du seuil, puis alternativement un éloignement et un rapprochement.
- Pour une piste descendante (dans le sens de l'atterrissage), le sens de déplacement sera un éloignement systématique du seuil.

Il ne sera pas nécessaire de continuer à calculer l'emplacement du PAPI quand la différence d'altitude, entre la dernière position déterminée et la position déterminée précédemment, est inférieure ou égale à 30 cm.

Dans ce cas, la dernière position calculée sera jugée satisfaisante.

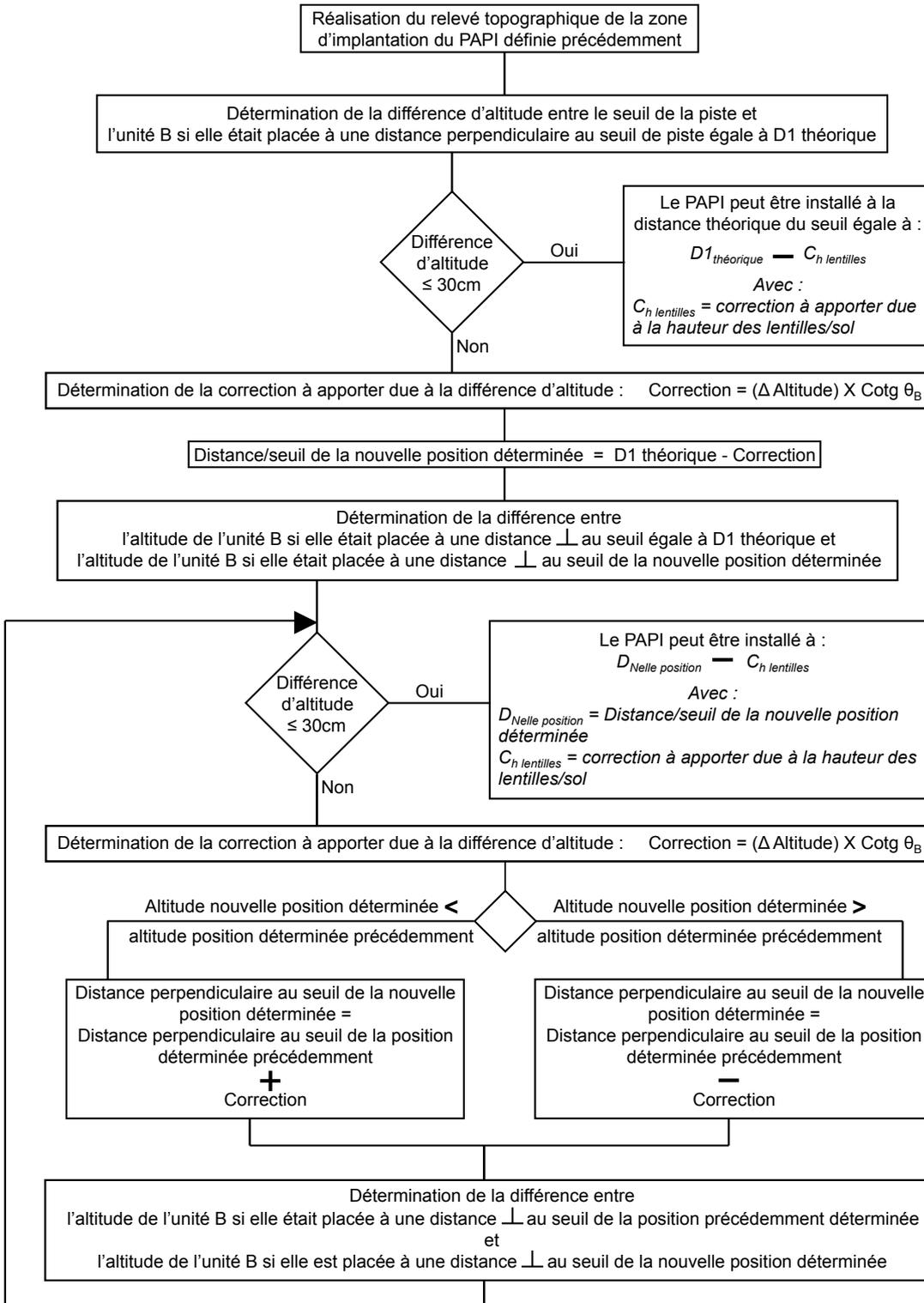
Enfin il faut tenir compte du fait que les lentilles du PAPI sont à une certaine hauteur du sol (hauteur généralement nommée $h_{\text{lentilles PAPI}}$).

Le PAPI pourra donc être installé à une distance du seuil égale à :

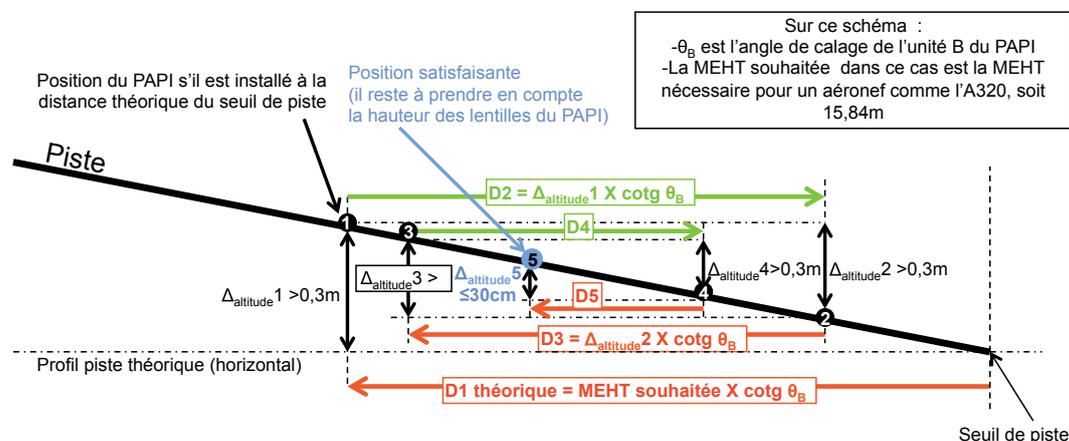
Distance de la dernière position calculée - $h_{\text{lentilles PAPI}} \times \text{Cotg } \theta_B$

Rappel: les distances mentionnées sont des distances perpendiculaires au seuil de piste.

La méthodologie d'implantation de l'unité B est illustrée par le logigramme suivant.



- Schéma illustrant la méthodologie pour déterminer l'emplacement du PAPI d'une piste MONTANTE dans le sens de l'atterrissage :



Précisions et explications apportées à ce schéma :

- Les altitudes des points ①, ②, ③, ④ et ⑤ sont connues suite au relevé topographique de la zone d'implantation du PAPI. Pour rappel il convient de prendre en compte l'altitude à une distance du bord de piste où pourrait être installée l'unité B.

- $\Delta_{altitude1}$ = différence d'altitude entre le seuil et la position théorique du PAPI (unité B).

- $\Delta_{altitude2}$ = différence d'altitude entre la position théorique du PAPI et la deuxième position estimée du PAPI (②), (unité B).

- $\Delta_{altitude3}$ = différence d'altitude entre la deuxième position estimée du PAPI (②) et la troisième position estimée du PAPI (③) (unité B).

- - Quand la position estimée n+1 est à une altitude supérieure à la position n, la position n+2 doit être rapprochée du seuil par rapport à la position n+1. Inversement quand la position n+1 est à une altitude inférieure à la position n, la position n+2 doit être éloignée du seuil par rapport à la position n+1.

- Distance de déplacement $D_{n1} = (\Delta_{altitude} \text{ entre les positions déterminées } n \text{ et } n-1) \times \cotg \theta_B$.

- Tant que $\Delta_{altitude n} > 30 \text{ cm}$, le PAPI ne peut être installé à la position n et il convient donc de calculer D_{n+1} . Sur le schéma $\Delta_{altitude1}$, $\Delta_{altitude2}$, $\Delta_{altitude3}$ et $\Delta_{altitude4}$ sont supérieures à 30 cm. Les 4 premières positions déterminées ne peuvent donc pas être jugées satisfaisantes pour déterminer l'emplacement du PAPI. Il convient donc de calculer D_5 . Si comme sur le schéma $\Delta_{altitude5} \leq 30 \text{ cm}$, la 5^{ème} position déterminée peut être considérée comme satisfaisante.

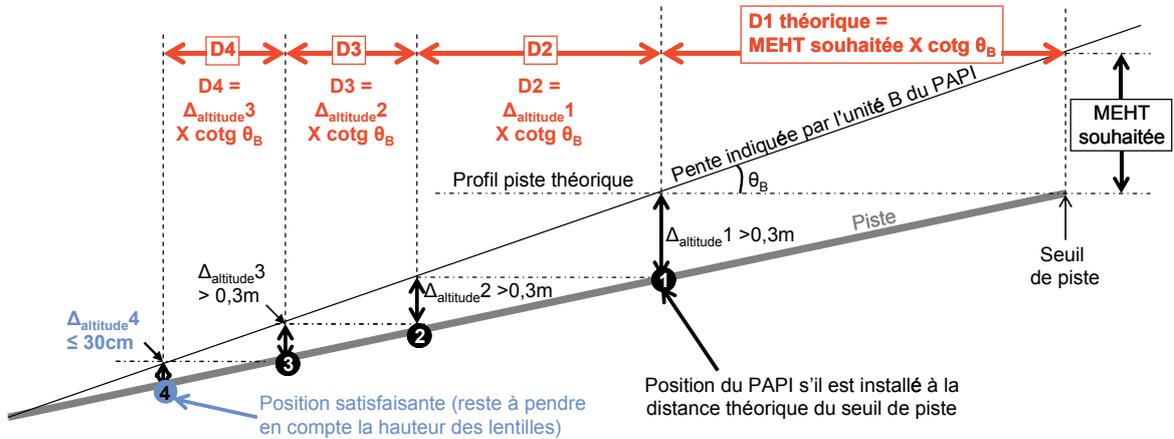
- Lorsqu'une position est considérée comme satisfaisante, il convient de prendre en compte la hauteur de l'axe des lentilles par rapport au sol (à l'emplacement considéré) pour déterminer l'emplacement définitif de l'unité B du PAPI.

- Dans le cas du schéma ci-dessus, l'unité B du PAPI sera installée à une distance perpendiculaire au seuil de piste égale à :

$$(D1 - D2 + D3 - D4 + D5) - (\text{hauteur de l'axe des lentilles du PAPI} \times \cotg \theta_B)$$

$D1 - D2 + D3 - D4 + D5$ = distance perpendiculaire au seuil de la 5^{ème} position déterminée.

► Schéma illustrant la méthodologie pour déterminer l'emplacement du PAPI d'une piste DESCENDANTE dans le sens de l'atterrissage :



Précisions et explications apportées à ce schéma :

- Les altitudes des points ①, ②, ③ et ④ sont connues suite au relevé topographique de la zone d'implantation du PAPI. Pour rappel il convient de prendre en compte l'altitude à une distance du bord de piste où pourrait être installée l'unité B.
- $\Delta_{altitude1}$ = différence d'altitude entre le seuil et la position théorique du PAPI (unité B).
- $\Delta_{altitude2}$ = différence d'altitude entre la position théorique du PAPI et la deuxième position estimée du PAPI (②) (unité B).
- $\Delta_{altitude3}$ = différence d'altitude entre la deuxième position estimée du PAPI (②) (unité B) et la troisième position estimée du PAPI (③).
- Sur une piste descendante dans le sens de l'atterrissage la nouvelle position déterminée sera toujours en dessous de la position précédemment calculée. Le sens du déplacement sera donc toujours de s'éloigner du seuil.
- Distance de déplacement $D_{n+1} = (\Delta_{altitude} \text{ entre les positions déterminées } n \text{ et } n-1) \times \cotg \theta_B$.

Rappel: θ_B est l'angle de calage déterminé pour l'unité B du PAPI.

- Tant que $\Delta_{altitude n} > 30 \text{ cm}$, le PAPI ne peut être installé à la position n et il convient donc de calculer D_{n+1} . Sur le schéma $\Delta_{altitude1}$, $\Delta_{altitude2}$ et $\Delta_{altitude3}$ sont supérieures à 30 cm. L'unité B du PAPI ne pourra donc pas être installée aux 3 premières positions déterminées et il conviendra de calculer D4. Si comme sur le schéma $\Delta_{altitude4} \leq 30 \text{ cm}$, la 4^{ème} position déterminée est considérée satisfaisante avant prise en compte de la hauteur des lentilles du PAPI.
- Dans ce cas l'unité B du PAPI pourra donc être installée à une distance perpendiculaire au seuil de piste égale à :

$$(D1 + D2 + D3 + D4) - (\text{hauteur de l'axe des lentilles du PAPI} \times \cotg \theta_B)$$

5.5.4.2. Exemple de calcul de l'implantation réelle du PAPI pour une PISTE MONTANTE dans le sens de l'atterrissage

Afin d'illustrer la méthodologie décrite précédemment, prenons le cas pour lequel l'avion de référence choisi est un Airbus A320 avec une MEHT de 15,84 m :

Le relevé du profil en long de la piste, illustré ci-dessous, permet de constater que l'altitude du seuil de piste est de 60,6 m.

La pente définie de l'OCS impose un angle de calage du PAPI de 3°. L'unité B du PAPI doit donc être calée à 2°50'.

1) Le relevé topographique de la zone d'implantation du PAPI fait apparaître à 320 m du seuil (distance théorique d'implantation du PAPI) et à une distance du bord de piste où pourrait être installée l'unité B du PAPI une altitude du sol de 64 m.

Dans ce cas $\Delta_{\text{altitude}1} = 3,4$ m avec $\Delta_{\text{altitude}1}$ = différence entre l'altitude du seuil et celle du sol à l'emplacement théorique de l'unité B. $\Delta_{\text{altitude}1}$ étant supérieure à 30 cm, le PAPI ne peut pas être installé à cette distance.

2) Le déplacement D2 à prendre en compte est donc égal à $\Delta_{\text{altitude}1} \times \cotg 2^{\circ}50' = 3,4 \times 20,2 = 68,7$ m.

L'altitude du seuil étant inférieure à l'altitude à la distance théorique, la 2^{ème} distance déterminée pour l'unité B est égale à $D1_{\text{théorique}} - D2 = 320 - 68,7 = 251,3$ m du seuil de piste.

3) Le relevé topographique de la zone d'implantation fait apparaître à une distance du seuil égale à ($D1_{\text{théorique}} - D2$) et à une distance du bord de piste où pourrait être installée l'unité B du PAPI, une altitude de 63 m.

Dans ce cas $\Delta_{\text{altitude}2} = 1$ m avec $\Delta_{\text{altitude}2}$ = différence entre l'altitude du sol à la 2^{ème} distance calculée et l'altitude du sol à D1 théorique. $\Delta_{\text{altitude}2}$ étant supérieure à 30 cm, le PAPI ne peut toujours pas être installé à la 2^{ème} distance calculée.

4) Le déplacement D3 à prendre en compte est donc égal à $\Delta_{\text{altitude}2} \times \cotg 2^{\circ}50' = 1 \times 20,2 = 20,2$ m.

L'altitude à la distance D1 théorique étant supérieure à l'altitude à la 2^{ème} distance calculée, la 3^{ème} distance déterminée pour l'unité B est donc égale à $D1_{\text{théorique}} - D2 + D3 = 251,3 + 20,2 = 271,5$ m.

5) Le relevé topographique de la zone d'implantation fait apparaître à la 3^{ème} distance calculée et à une distance du bord de piste où pourrait être installée l'unité B du PAPI une altitude de 63,2 m.

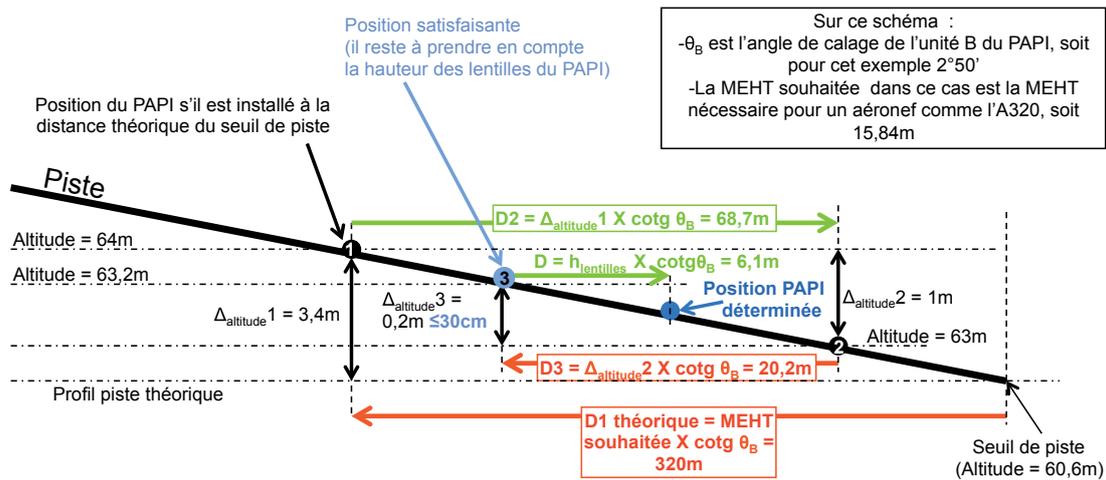
Dans ce cas $\Delta_{\text{altitude}3} = 0,2$ m avec $\Delta_{\text{altitude}3}$ = différence d'altitude du sol à la 3^{ème} distance calculée par rapport à la 2^{ème} distance calculée). $\Delta_{\text{altitude}3}$ étant inférieure à 30 cm, la 3^{ème} distance calculée peut donc être considérée comme satisfaisante.

6) La hauteur de l'axe des lentilles ($h_{\text{lentilles}}$) par rapport au sol doit être prise en compte. Sur le modèle de PAPI qui a été choisi les lentilles se trouvent à 0,3 m du sol.

Cela signifie que le PAPI peut être rapproché du seuil, par rapport à la 3^{ème} position déterminée, d'une distance D égale à $h_{\text{lentilles}} \times \cotg 2^{\circ}50' = 0,3 \times 20,2 = 6,06$ soit environ 6,1 m.

Dans cet exemple le PAPI peut être placé à une distance du seuil égale à $271,5 - 6,1 = 265,4$ m (perpendiculaire au seuil).

► Illustration de l'exemple ci-dessus :



5.5.4.3. Exemple de calcul de l'implantation réelle du PAPI pour une PISTE DESCENDANTE dans le sens de l'atterrissage

Afin d'illustrer la méthodologie décrite précédemment, prenons le cas, pour lequel l'avion de référence choisi est un Airbus A320 avec une MEHT de 15,84 m :

Le relevé du profil en long de la piste permet de constater que l'altitude du seuil de piste est de 70 m.

La pente définie de l'OCS impose un angle de calage du PAPI de 3° . L'unité B du PAPI doit être calée à $2^\circ 50'$.

1) Le relevé topographique de la zone d'implantation fait apparaître à 320 m du seuil (distance théorique du PAPI) et à une distance du bord de piste où pourrait être installée l'unité B du PAPI, une altitude du sol de 65,8 m.

Dans ce cas $\Delta_{altitude\ 1} = 4,2$ m avec $\Delta_{altitude\ 1}$ = différence entre l'altitude du seuil et celle du sol à l'emplacement théorique de l'unité B). $\Delta_{altitude\ 1}$ étant supérieure à 30 cm, le PAPI ne peut pas être installé à la distance théorique.

2) Le déplacement D2 à prendre en compte est égal à $\Delta_{altitude\ 1} \times \cotg 2^\circ 50' = 4,2 \times 20,2 = 84,9$ m.

L'altitude du seuil étant supérieure à celle à la distance théorique, la 2^{ème} distance déterminée pour l'unité B est égale à $D1_{théorique} + D2 = 320 + 84,9 = 404,9$ m du seuil de piste.

3) Le relevé topographique de la zone d'implantation fait apparaître à 404,9 m du seuil et à une distance du bord de piste où pourrait être installée l'unité B du PAPI, une altitude de 64,5 m.

Dans ce cas $\Delta_{altitude\ 2} = 1,3$ m, avec $\Delta_{altitude\ 2}$ = différence entre l'altitude du sol à la 2^{ème} distance calculée et l'altitude du sol à $D1_{théorique}$). $\Delta_{altitude\ 2}$ étant supérieure à 30 cm, le PAPI ne peut pas être installé à la 2^{ème} distance calculée.

4) Le déplacement D3 à prendre en compte est donc égal à $\Delta_{\text{altitude}2} \times \cotg 2^{\circ}50' = 1,3 \times 20,2 = 26,3 \text{ m}$.

L'altitude à la distance D1_{théorique} étant supérieure à l'altitude à la 2^{ème} distance calculée, la 3^{ème} distance déterminée pour l'unité B est égale à $D1_{\text{théorique}} + D2 + D3 = 404,9 + 26,3 = 431,2 \text{ m}$.

5) Le relevé topographique de la zone d'implantation fait apparaître à la 3^{ème} distance calculée et à une distance du bord de piste où pourrait être installée l'unité B du PAPI, une altitude de 64,1 m.

Dans ce cas $\Delta_{\text{altitude}3} = 0,4 \text{ m}$ avec $\Delta_{\text{altitude}3}$ = différence d'altitude du sol à la 3^{ème} distance calculée par rapport à la 2^{ème} distance calculée). $\Delta_{\text{altitude}3}$ étant supérieure à 30 cm, le PAPI ne peut pas être installé à la 3^{ème} distance calculée.

6) Le déplacement D4 à prendre en compte est donc égal à $\Delta_{\text{altitude}3} \times \cotg 2^{\circ}50' = 0,4 \times 20,2 = 8,1 \text{ m}$.

L'altitude à la 2^{ème} distance calculée étant supérieure à l'altitude à la 3^{ème} distance calculée, la 4^{ème} distance déterminée pour l'unité B est donc égale à $D1_{\text{théorique}} + D2 + D3 + D4 = 431,2 \text{ m} + 8,1 = 439,3 \text{ m}$.

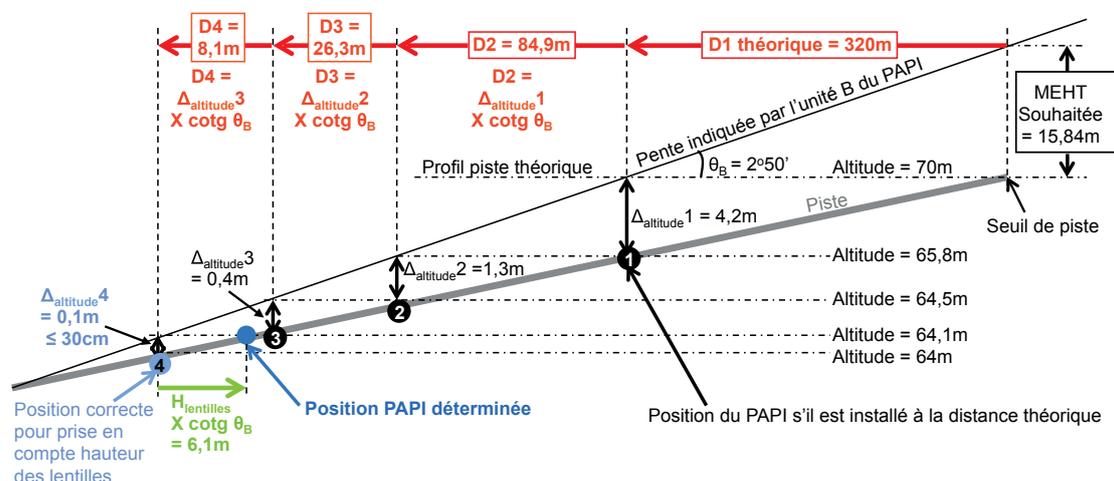
7) Le relevé topographique de la zone d'implantation fait apparaître à la 4^{ème} distance calculée et à une distance du bord de piste où pourrait être installée l'unité B du PAPI, une altitude de 64 m.

Dans ce cas $\Delta_{\text{altitude}4} = 0,1 \text{ m}$ avec $\Delta_{\text{altitude}4}$ = différence d'altitude du sol à la 4^{ème} distance calculée par rapport à la 3^{ème} distance calculée). $\Delta_{\text{altitude}4}$ étant inférieure à 30 cm, la 4^{ème} distance calculée peut être considérée comme satisfaisante.

8) La hauteur de l'axe des lentilles ($h_{\text{lentilles}}$) par rapport au sol doit être prise en compte. Sur le modèle de PAPI qui a été choisi l'axe des lentilles se trouve à 0,3 m du sol. Cela signifie que le PAPI peut être rapproché du seuil, par rapport à la 4^{ème} position déterminée, d'une distance D égale à $h_{\text{lentilles}} \times \cotg 2^{\circ}50' = 0,3 \times 20,2 = 6,06$ soit environ 6,1 m.

Dans cet exemple **le PAPI peut donc être placé à une distance du seuil égale à $439,3 - 6,1 = 433,2 \text{ m}$** (distance perpendiculaire au seuil).

➤ Schéma récapitulatif de l'exemple ci-dessus :



5.5.5. Vérification que la MEHT résultant de l'implantation du PAPI est équivalente à la MEHT souhaitée

Il convient dans tous les cas de vérifier que la MEHT qui résulte de l'emplacement défini du PAPI est au moins égale à la MEHT souhaitée et nécessaire pour l'avion de référence choisi.

En reprenant l'exemple traité au § 5.5.4.2 on obtient :

► MEHT avec PAPI à 265,4 m du seuil de piste = $265,4 \times \text{tg } 2^{\circ}50'$ + (Altitude du sol à 265,4 m du seuil - Altitude du sol au seuil de piste) + hauteur des lentilles du PAPI.

Exemple, pour un relevé topographique faisant apparaître une altitude de 63,1 m à l'emplacement définitif de l'unité B, la MEHT serait de :

$$265,4 \times \text{tg } 2^{\circ}50' + (63,1 - 60,6) + 0,3 = 265,4 \times 0,04949 + 2,5 + 0,3 = 15,93 \text{ m}$$

La MEHT souhaitée étant de 15,84 m, la position calculée du PAPI peut être considérée comme satisfaisante.

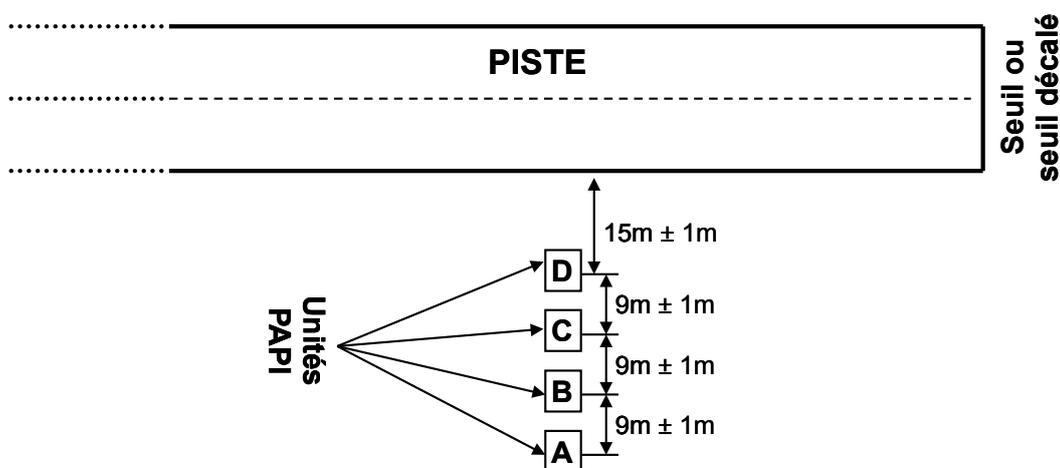
Rappel: MEHT_{A320} souhaitée = MFS_{souhaitable} + HOR_{A320r} soit 9 m + 6,84 m.



6. Installation d'un PAPI

6.1. Paramètres d'implantation du PAPI par rapport au bord de la piste

D'après l'instruction relative à l'implantation et à l'installation des PAPI sur les aérodromes, et sauf cas particuliers, les distances des unités PAPI par rapport au bord de la piste doivent être conformes au schéma ci-dessous :



Cas particuliers:

Comme vu précédemment, il est possible de rapprocher entre elles les unités du PAPI seulement s'il est nécessaire de réduire la profondeur de l'OCS pour éviter de devoir prendre en compte un obstacle trop contraignant. Pour la même raison les unités lumineuses pourront être calées en azimut avec un angle de 5° maximum par rapport à l'axe de la piste.

6.2. Tolérances d'alignement des unités PAPI

Les 4 unités PAPI pourront être installées sur une pente transversale moyenne comprise entre $-1,25\%$ et $+1,25\%$ uniformément répartie le long des ensembles. Une pente est ici considérée comme positive si elle est montante par rapport au bord de piste et est considérée comme négative dans le cas contraire.

Les parties avant des unités lumineuses sont positionnées sur une même horizontale avec des ajustements de $\pm 2,5\text{ cm}$ sur l'ensemble des unités.

- Ci-dessous un schéma reprenant ces indications (exemple pour une pente transversale montante):

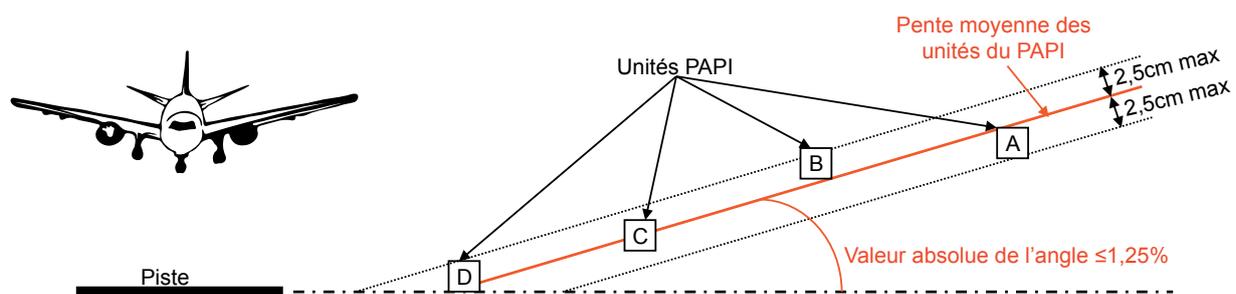
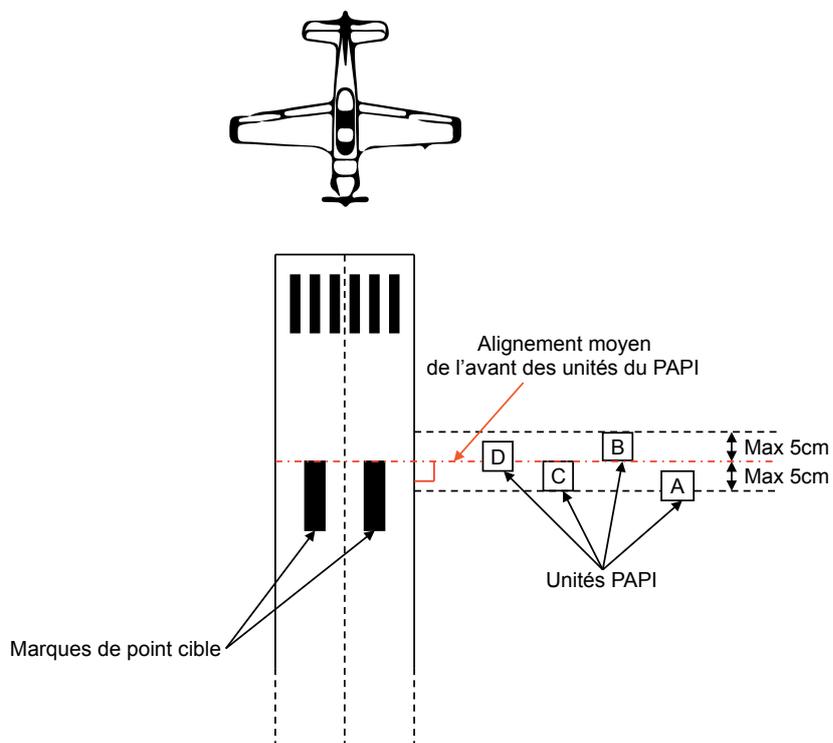
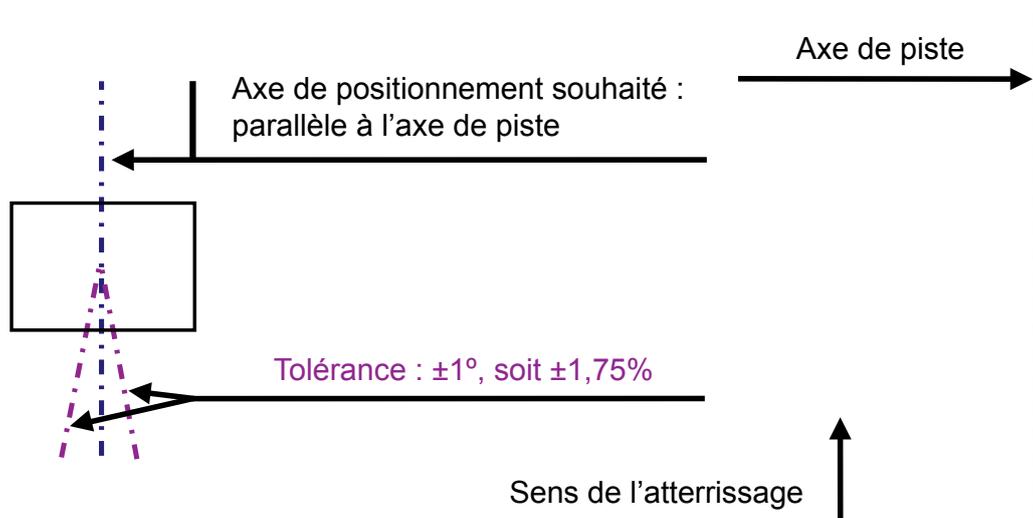


Photo d'un PAPI installé sur un sol en pente. Pour compenser la pente et afin que les unités soient positionnées selon les tolérances décrites ci-dessus, chaque unité du PAPI est positionnée à une hauteur différente.

De même les unités lumineuses (l'avant des unités) sont alignées sur une même perpendiculaire à l'axe de piste avec des ajustements de ± 5 cm entre elles (cf schéma ci-dessous).



Enfin, afin d'assurer une perception optimale du signal du PAPI par les pilotes, les unités lumineuses sont calées en azimut parallèlement à l'axe de piste avec une tolérance de $\pm 1^\circ$, soit $\pm 1,75\%$ (cf schéma ci-dessous).



7. Recommandations relatives à la maintenance d'un PAPI

Voir Guide de la "Maintenance du balisage lumineux" édité par le STAC (<http://www.stac.aviation-civile.gouv.fr/>).



Vérification du calage de l'unité d'un PAPI à l'aide d'une alidade



ANNEXE 1

Calculs théoriques permettant d'utiliser une approximation sur le calcul des distances du chapitre 5.5.4.1

ANNEXE 2

Précisions concernant l'implantation du GLIDE de l'ILS

ANNEXE 3

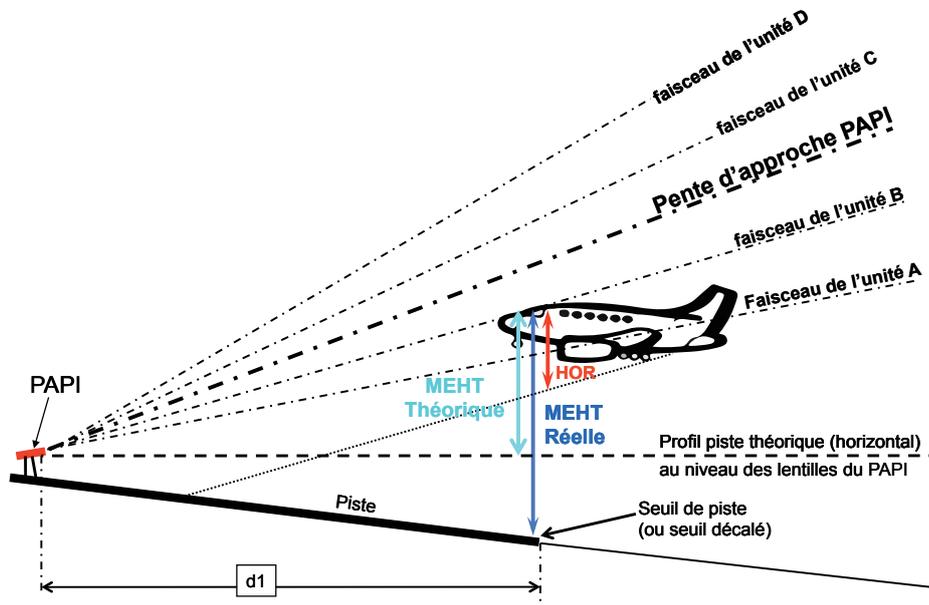
Prise en compte du profil longitudinal de la piste lors de l'harmonisation ILS/ PAPI

ANNEXE 1

Calculs théoriques permettant d'utiliser une approximation sur le calcul des distances du Chapitre 5.5.4.1

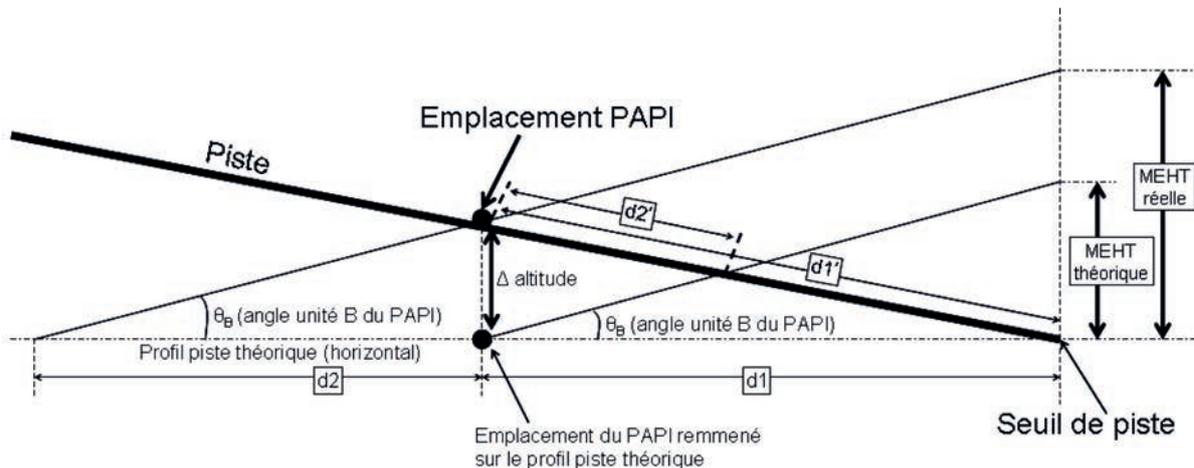
1) Cas où les lentilles du PAPI se trouvent à une altitude supérieure à celle du seuil de piste en prenant en compte une pente régulière de la piste (piste montante):

Si les lentilles de la barre PAPI se trouvent à une altitude supérieure à l'altitude du seuil (ou du seuil décalé), la MEHT réelle va être plus importante que la MEHT théorique. Le schéma ci-dessous illustre cette problématique:



Dans le cas où le PAPI est à une altitude supérieure au seuil de piste et que le PAPI est installé à la distance théorique d_1 du seuil de piste, l'utilisation de la piste ne serait pas optimale.

Le schéma ci-dessous, illustre ce cas :



Le schéma montre que :

$$\frac{d1' - d2'}{d1'} = \frac{d1}{d1 + d2} \quad (\text{cf théorème de Thalès}) \implies d2' = \left[1 - \frac{d1}{d1 + d2} \right] \times d1'$$

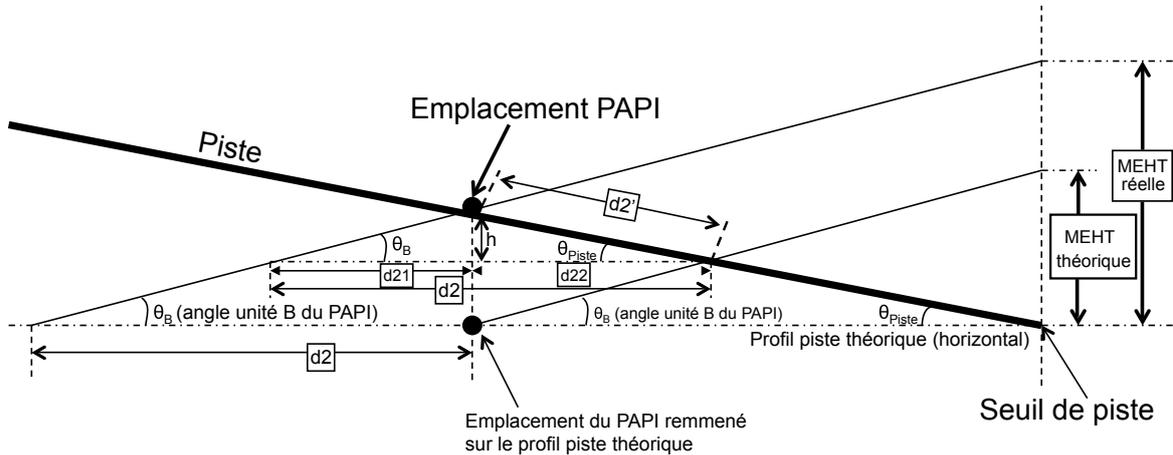
De plus il a été vu précédemment que :

- ▶ $d1' \sim d1$
- ▶ $d1 = \text{MEHT Théorique} \times \text{Cotg } \theta_B$
- ▶ $d2 = \Delta \text{ altitude} \times \text{Cotg } \theta_B$

Par conséquent :
$$d2' = \left[1 - \frac{\text{MEHT Théorique}}{\text{MEHT Théorique} + \Delta \text{ Altitude}} \right] \times \text{MEHT Théorique} \times \text{Cotg } \theta_B$$

On constate que la valeur de $d2'$ est assez complexe à obtenir, il serait donc intéressant de savoir dans quels cas $d2'$ peut être considérée égale à $d2$.

Le schéma ci-dessous permet de comparer la distance $d2'$ par rapport à la distance $d2$:



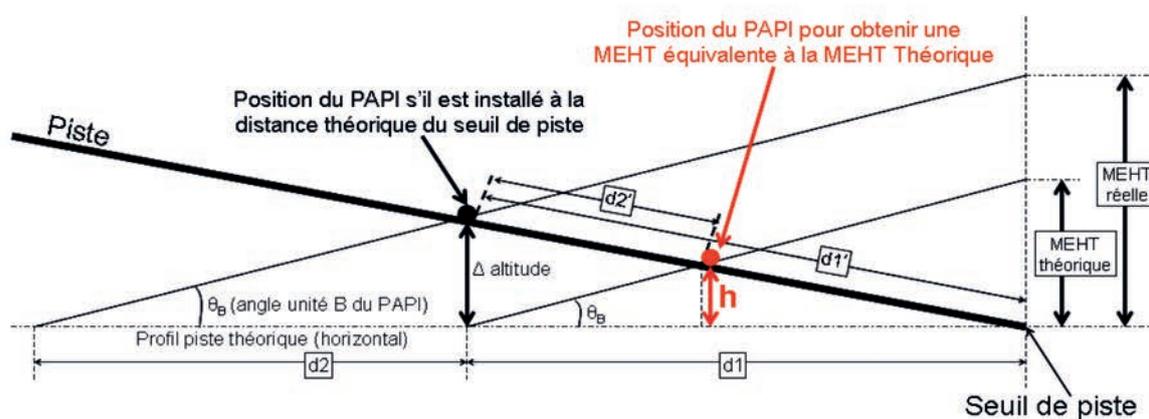
Ce schéma montre que :

- ▶ $\text{tg } \theta_{\text{piste}} = h / d22$
- ▶ $\text{tg } \theta_B = h / d21$
- ▶ $\text{cos } \theta_{\text{piste}} = d22 / d2'$
- ▶ $d2 = d21 + d22$

D'où
$$d2 = d2' \times \left[\frac{\text{Tan } \theta_{\text{piste}} \times \text{Cos } \theta_{\text{piste}}}{\text{Tan } \theta_B} + \text{Cos } \theta_{\text{piste}} \right]$$

Il est possible que l'exploitant préfère installer le PAPI à une distance du seuil permettant d'utiliser la piste sur toute sa longueur lors des phases d'atterrissage, tout en maintenant une valeur maximum de la MEHT équivalente à celle de la MEHT théorique.

Le schéma ci-dessous permet de constater que dans ce cas il faut s'assurer que le PAPI sera installé à une certaine hauteur, nommée h, par rapport au seuil de piste.



De ce schéma on déduit la valeur minimum de h (ch théorème de Thalès) :

$$h \geq \left[\frac{d_1' - d_2'}{d_1'} \right] \times \Delta_{\text{Altitude}}$$

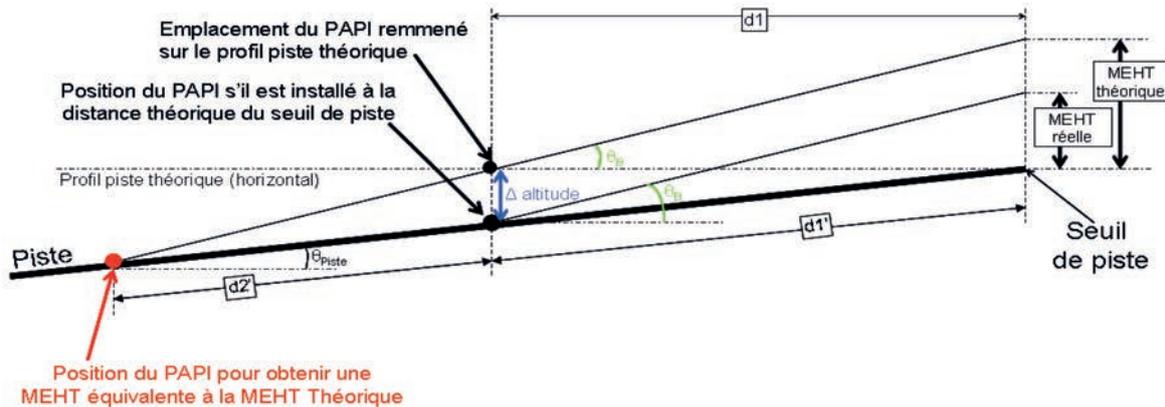
Il a été démontré que :

► $d_1' \sim d_1$ et que $d_1 = \text{MEHT théorique} \times \cotg \theta_B$

► Pour les pistes dont aucune portion ne présente une pente longitudinale supérieure à 1 % entre le PAPI et le seuil, $d_2' \sim d_2$ et que $d_2 = \Delta_{\text{Altitude}} \times \cotg \theta_B$

$$\text{Donc } h \geq \left[\frac{\text{MEHT théorique} - \Delta_{\text{Altitude}}}{\text{MEHT théorique}} \right] \times \Delta_{\text{Altitude}}$$

2) Cas où les lentilles du PAPI se trouvent à une altitude inférieure à celle du seuil de piste en prenant en compte une pente régulière de la piste (piste descendante):



Le schéma ci-dessus permet de constater que dans le cas où le PAPI se trouve à une altitude inférieure à celle du seuil de piste, il faut placer le PAPI à une distance égale à $d1' + d2'$ par rapport seuil de piste pour obtenir une MEHT équivalente à la MEHT Théorique. Il peut donc être intéressant de connaître cette distance $d2'$.

Ce schéma il permet aussi de constater que :

$$\frac{\text{MEHT réelle}}{\text{MEHT théorique}} = \frac{d1'}{d1' + d2'} \quad (\text{cf théorème de Thalès})$$

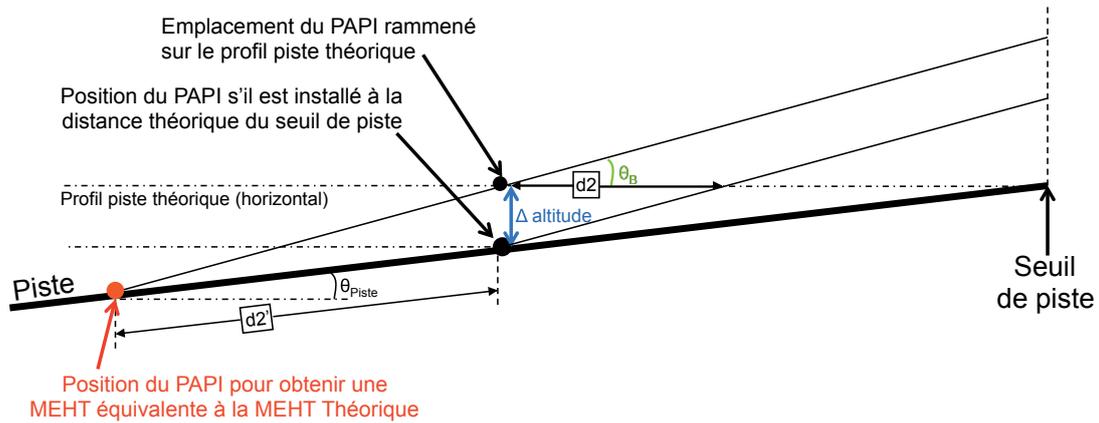
De plus :

- ▶ $d1' \sim d1$
- ▶ $d1 = \text{MEHT}_{\text{théorique}} \times \cotg \theta_B$
- ▶ $\text{MEHT}_{\text{réelle}} = \text{MEHT}_{\text{théorique}} - \Delta \text{Altitude}$

$$D'où : \quad d2' = \left[\frac{\text{MEHT Théorique}}{\text{MEHT Théorique} - \Delta \text{Altitude}} - 1 \right] \times \text{MEHT Théorique} \times \text{Cotg} \theta_B$$

$d2'$ n'est donc pas facile à calculer.

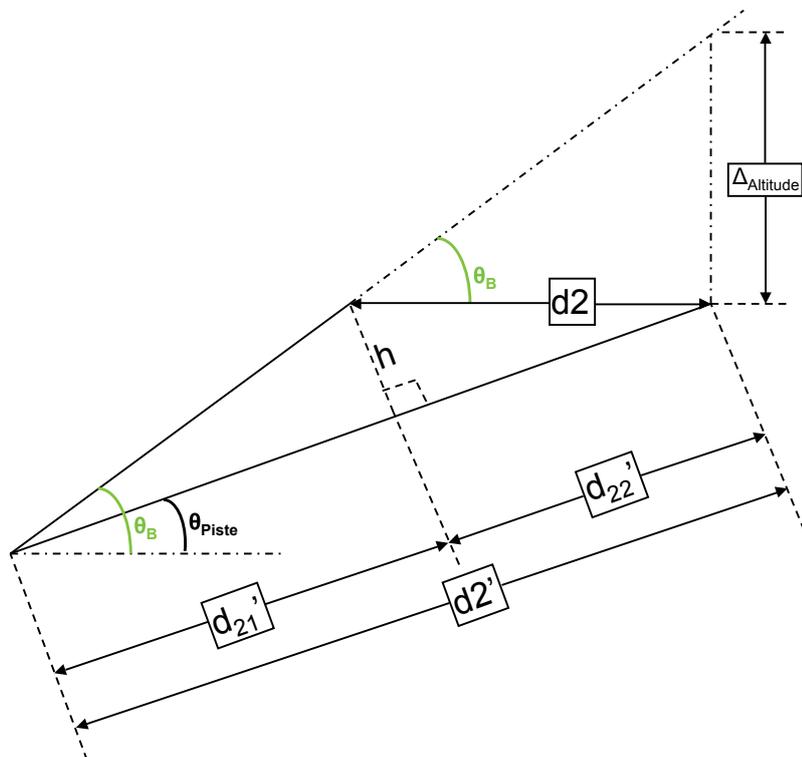
Le schéma ci-dessous permet de déterminer les cas où il est possible de simplifier le calcul de d_2' afin de pouvoir estimer rapidement cette valeur.



Sur le schéma ci-dessus, on constate que $d_2 = \Delta \text{ altitude} \times \cotg \theta_B$

Afin de pouvoir estimer rapidement la distance d_2' il convient donc de démontrer les cas où d_2 est équivalente à d_2' .

Le schéma suivant, illustre le propos :



On constate que :

$$\tan \theta_{\text{Piste}} = h / d_{22'}$$

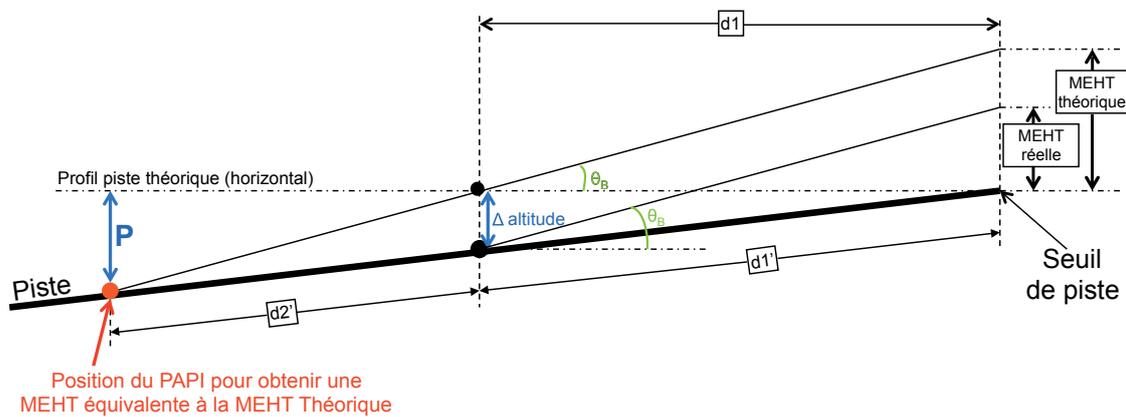
$$\tan (\theta_B - \theta_{\text{Piste}}) = h / d_{21'}$$

$$\cos \theta_{\text{Piste}} = d_{22'} / d_2$$

$$d_2' = d_{21'} + d_{22'}$$

$$\text{D'où } d_2' = \left[1 + \frac{\tan \theta_{\text{Piste}}}{\tan (\theta_B - \theta_{\text{Piste}})} \right] \times \cos \theta_{\text{Piste}} \times d_2$$

Le schéma ci-dessous montre que dans ce cas il faut s'assurer que le PAPI sera installé à une hauteur P, en dessous du seuil de piste :



La valeur maximum de P (cf théorème de Thalès) :

$$P \leq \left[\frac{d_1' + d_2'}{d_1'} \right] \times \Delta_{\text{Altitude}}$$

Or :

- $d_1' \sim d_1$ et que $d_1 = \text{MEHT}_{\text{théorique}} \times \cotg \theta_B$

$$d_2' = \left[\frac{\text{MEHT Théorique}}{\text{MEHT Théorique} - \Delta_{\text{Altitude}}} - 1 \right] \times \text{MEHT Théorique} \times \cotg \theta_B$$

$$\text{D'où } P \leq \left[\frac{\text{MEHT théorique}}{\text{MEHT théorique} - \Delta_{\text{Altitude}}} \right] \times \Delta_{\text{Altitude}}$$

ANNEXE 2

Précisions concernant l'implantation du GLIDE de l'ILS

Sur une piste équipée d'un ILS, le positionnement du GLIDE est défini en prenant en compte :

- ▶ Les profils en long et en travers de la piste et des accotements.
- ▶ Les obstacles situés sous la pente qu'il est prévu de faire suivre avec le glide.
- ▶ Une hauteur du signal ILS / Seuil de piste (RDH) conforme à la réglementation.

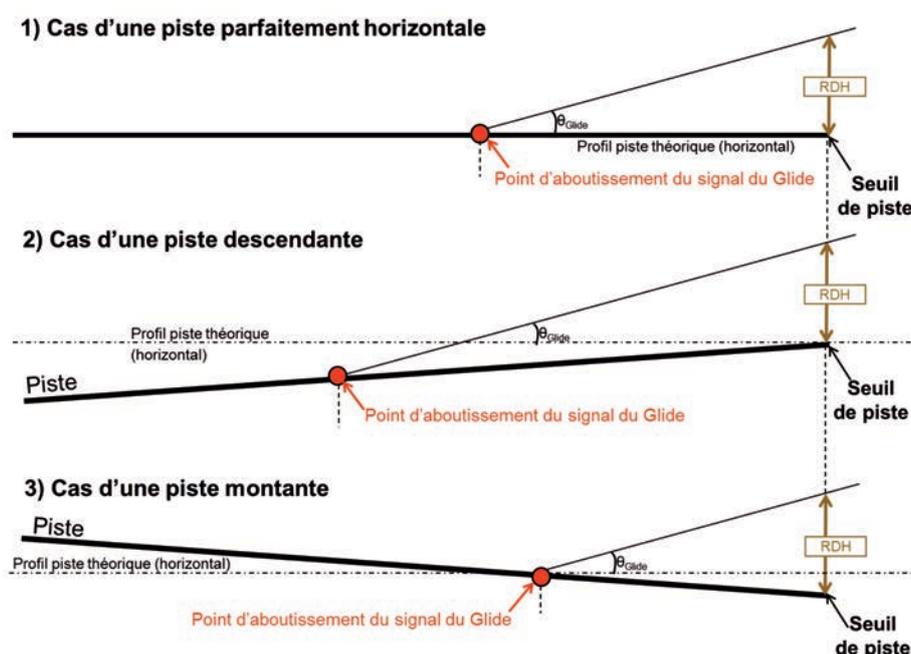
La réglementation impose une certaine hauteur du signal ILS / Seuil de piste (RDH) :

- ▶ Pour une piste CAT 2-3, la RDH peut être comprise entre 15 et 18 m. Cette valeur est publiée à l'AIP.
- ▶ Pour une piste CAT 1 la réglementation tolère une RDH inférieure à 15 m. Cette valeur est publiée à l'AIP.
- ▶ Pour une piste courte (code 1 et 2 avec longueur inférieure à 1200 m) la réglementation impose de prendre en compte une RDH = 12 m. Ce dernier cas ne concerne que très peu de pistes en France.

La RDH est publiée dans l'information aéronautique de l'aéroport concerné.

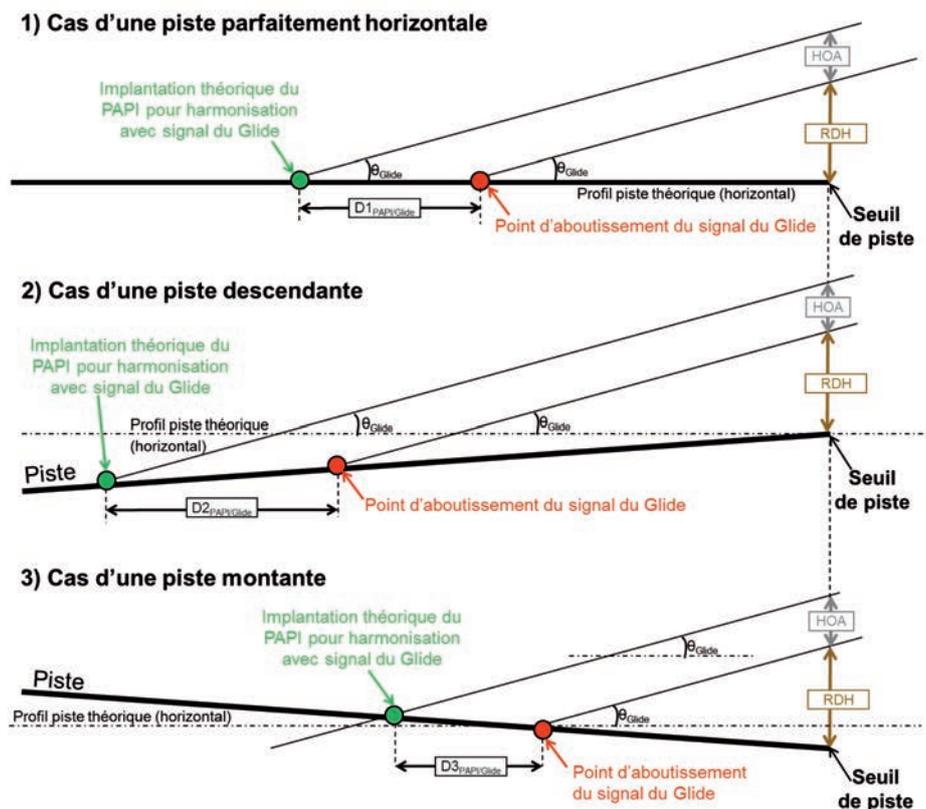
De plus la distance d'implantation du glide par rapport au seuil de piste dépend du profil longitudinal de la piste.

Le schéma suivant permet de constater que pour obtenir une même RDH, le point d'aboutissement du signal du glide doit être plus ou moins éloigné du seuil de piste, selon que la piste soit horizontale, descendante ou montante (dans le sens de l'atterrissage).



ANNEXE 3

Prise en compte du profil longitudinal de la piste lors de l'harmonisation ILS/ PAPI



Sur les trois schémas ci-dessus il a été pris en compte une même RDH pour le glide et le même type d'avion de référence (donc la même HOA).

Sur ces 3 schémas il peut être constaté que $D1_{PAPI/Glide}$, $D2_{PAPI/Glide}$ et $D3_{PAPI/Glide}$ sont différentes. Cela démontre que dans le cas où il est recherché l'harmonisation du signal du glide avec l'information donnée par le PAPI, la distance théorique entre l'implantation du PAPI et le point d'aboutissement du glide varie selon le profil longitudinal de la piste.

Une fois l'implantation théorique du PAPI définie pour obtenir l'harmonisation du signal du glide avec l'information donnée par le PAPI, il faut déterminer l'implantation réelle du PAPI pour obtenir cette harmonisation. Pour ce faire il faut tenir compte du profil transversal de la piste et des accotements et des différences d'altitude entre les différentes positions déterminées (cf partie 5.5.4 "Calcul de l'implantation réelle du PAPI").

Conception: STAC/SINA groupe Documentation et diffusion des connaissances (DDC)

Couverture © Division SE/Équipements/DGAC - STAC

Photos intérieures: © Division SE/Équipements/DGAC - STAC pages 13, 48, 50, 51, 53
© Photothèque STAC/Richard METZGER pages 7, 10, 54

Illustrations: © Bertrand LUPIAC/DGAC - STAC

© Gilles MAQUIN/DGAC - STAC

Janvier 2017



service technique de l'Aviation civile
CS 30012
31, avenue du Maréchal Leclerc
94385 BONNEUIL-SUR-MARNE CEDEX
Tél. +33 1 49 56 80 00
Fax +33 1 49 56 82 19

Site de Toulouse
9, avenue du Docteur Maurice Grynfolgel - BP 53735
31 037 TOULOUSE CEDEX
Tél. +33 1 49 56 83 00
Fax +33 1 49 56 83 02

Centre de test de détection d'explosifs
Centre d'essais de lancement de missiles - BP 38
40 602 BISCARROSSE CEDEX
Tél. +33 5 58 83 01 73
Fax +33 5 58 78 02 02