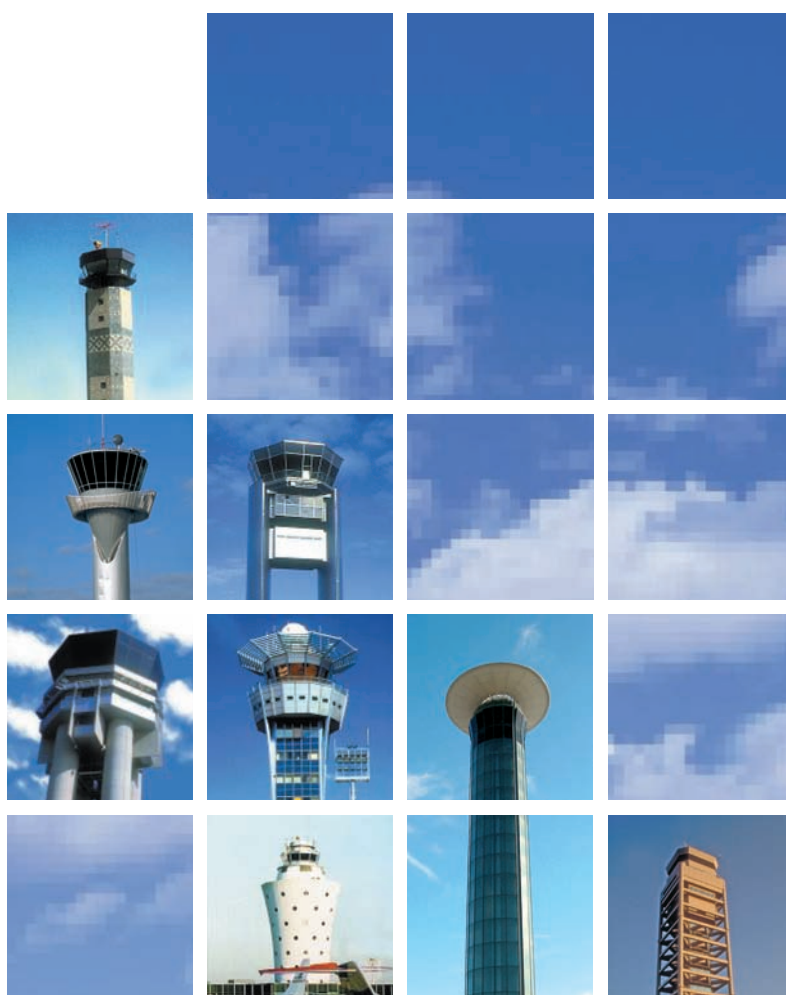


Les tours de contrôle

Fascicule 2

Localisation et hauteur





Sommaire

En amont de l'étude d'une tour de contrôle, il faut rechercher la position la mieux adaptée à sa fonction.

Ce sont principalement des règles de visibilité qui détermineront ce choix.

C'est l'objet du présent chapitre

Fascicule 2

Localisation et hauteur

Des objectifs	4
Des contraintes	7
Les angles de visibilité	22
Une tour de contrôle génère des servitudes	26
Lexique	27



Des objectifs

Priorité à la vigie

Comme la vigie, le bloc technique abrite le personnel et le matériel nécessaires à son bon fonctionnement, ce qui induit entre ces deux entités des trajets fréquents que l'on doit rendre les plus directs et courts possibles. De plus, les liaisons filaires ne doivent pas être trop longues pour éviter des pertes de charge et des coûts trop importants. Aussi, le bloc technique et la vigie doivent-ils être proches l'un de l'autre. Leur implantation, commune sera bien sûr le résultat d'un compromis entre exigences et contraintes. Or, mis à part peut-être des problèmes de proximité (centrale électrique, VRD) et d'accès qui peuvent être compensés par des investissements, parfois coûteux, la localisation d'un bloc technique ne répond à aucune exigence précise et incontournable. C'est l'inverse pour la vigie qui doit donc déterminer l'emplacement de l'ensemble.

Etre bien placé pour bien voir

Le rôle du contrôleur d'aérodrome est tel que l'exigence la plus impérative est la visibilité. Celle-ci doit être optimale tant verticalement (en site) qu'horizontalement (en azimut) de jour comme de nuit (voir schéma 2-1). Certains secteurs au sol et dans l'espace doivent être vus de manière impérative :

- a) les approches finales *,
- b) les seuils de piste *, les seuils décalés * éventuels et les extrémités de piste sur une longueur de 150 m de part et d'autre de ces points ;
- c) les « fins de vent arrière » et les virages des circuits ordinairement suivis par les avions en vol évoluant à proximité de l'aérodrome (étape de base du tour de piste *) - l'altitude du tour de piste varie généralement entre 150 et 450 m au-dessus de celle de l'aérodrome la valeur de 350 m étant de manière générale un bon compromis,



1 L'implantation de la tour de contrôle a un caractère stratégique - TOULOUSE-BLAGNAC

La vigie détermine l'emplacement de l'ensemble tour de contrôle - bloc technique

Respecter avant tout les impératifs de visibilité

- d) les points d'attente * sur les voies de circulation et de là jusqu'au raccordement à la piste ainsi qu'une longueur de piste de 75 m de part et d'autre du point de raccordement des axes,
 - e) les croisements de voies de circulation * ainsi qu'une longueur de 50 m de part et d'autre du point de contact de leurs axes,
 - f) l'aire à signaux *,
 - g) l'aire au sol de parachutisme quand elle existe.
- D'autres zones doivent être vues de manière optimale, sur lesquelles il peut y avoir quelques masques inévitables, mais aussi réduits que possible :
- h) les aires à carburant
 - i) les trouées d'atterrissage et de décollage,
 - j) les circuits en vol * (sauf cas c) du sol jusqu'à une altitude minimum comprise entre 150 et 450 m suivant l'aérodrome,
 - k) la piste (sauf cas b et d),
 - l) le plan vertical de l'axe de piste compris entre le sol et une altitude minimum de 200 m,
 - m) les voies de circulation * (sauf cas d et e),
 - n) les aires de trafic avion *,
 - o) la zone SSLIA *.

Plan des zones et trajectoires à voir

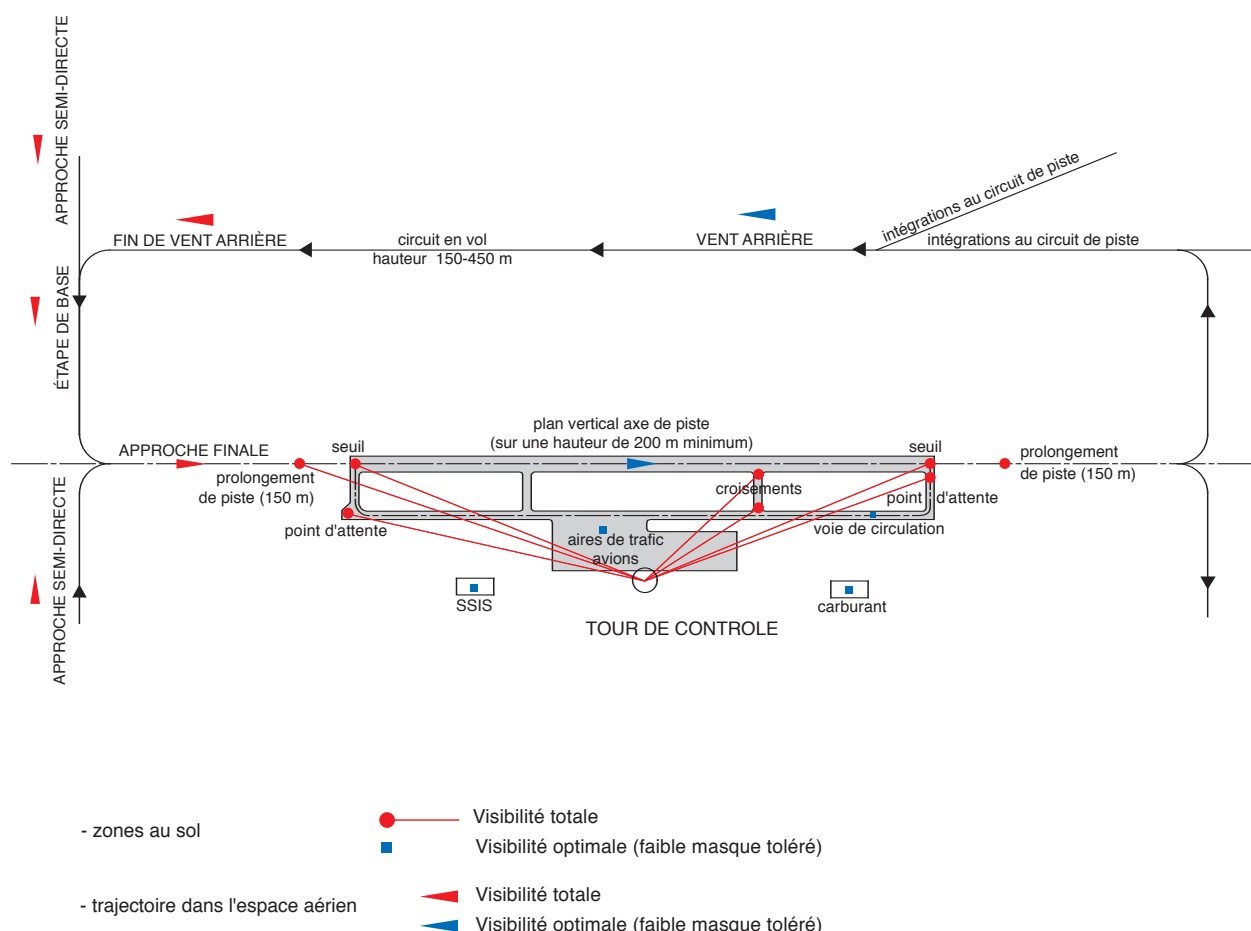


schéma 2-1

Localisation et hauteur

Les exigences de visibilité font que l'étude de l'emplacement de la vigie va déterminer la hauteur des yeux du contrôleur. En effet, pour qu'une personne puisse discerner les positions relatives de deux objets au sol, il faut qu'elle soit située suffisamment haut. Dans le cas contraire, la vue risque d'être trop tangente et être gênée soit par la topographie du terrain (qui, bien que plat, n'est jamais strictement horizontal) soit par des mirages ou des images troublées, conséquences de la piste chauffée par le soleil (souvent à plus de 60°C). Pour éviter de tels

A chaque emplacement potentiel correspond une hauteur optimale de la tour pour avoir une bonne visibilité

désagréments, il a été démontré expérimentalement qu'il convient de voir le sol sous un angle supérieur à 1% (1), la valeur minimale à ne jamais dépasser étant de 0,7%. Ces valeurs ne sont pas à prendre par rapport à l'horizontale mais bien par rapport à la tangente au sol. Les points visés étant surtout situés sur la piste et les voies de circulation, il convient de faire intervenir les profils en long et en travers de ces chaussées. Si le profil en travers est en forme de toit ou monopente avec le point bas côté vigie, on ne tiendra compte que du profil en long et l'on calculera

(1) par simplification, dans ce qui suit, on mesurera les angles par leur tangente

* voir lexique



2 Une vigie doit être à une hauteur suffisante pour voir au sol sous un angle supérieur à environ 1% - MURET

par rapport à l'axe de la chaussée. Si la piste monte, en s'éloignant de la vigie, on prendra l'angle de tangente 1% (ou 0,7%). Dans le cas où la piste descend on rajoutera la valeur de la pente à cet angle (ceci est une approximation ; la théorie voudrait que l'on passe par les arcs tangents).

Le cas le plus défavorable est celui d'un profil en travers monopente avec un point haut côté vigie et une piste qui descend en s'éloignant de l'œil du contrôleur. Une méthode vectorielle permet alors de calculer l'angle qu'il faut ajouter aux exigences habituelles. Ces angles sont toujours petits, rarement plus de 2%, mais ils ont des conséquences très sensibles sur la hauteur de la vigie, la raison des distances d'observation très grandes (2-3 km). En règle générale, les points les plus contraignants sont les extrémités de piste ou les 150 m au-delà de ces points. Mais certaines parties, en creux, de la piste peuvent être

Une tour très haute n'est pas une garantie de bonne visibilité vers le bas

encore plus défavorables, et doivent toujours être vérifiées.

Dans tous ces calculs on doit tenir compte également des différences d'altitude.

Le respect de ces règles implique qu'à chaque emplacement envisagé pour la tour corresponde une hauteur minimum de l'œil du contrôleur. Cela n'est pas toujours suffisant, la vue à partir de la vigie doit également être dégagée des obstacles bâtis (hangars, bâtiments,...) ou naturels (buttes, arbres,...). Il faut également tenir compte, en particulier pour des tours de faible hauteur, de la végétation qui peut être gênante en certaines saisons, certaines céréales par exemple. Sur des aérodromes importants les obstacles bâtis existants ou futurs sont souvent les plus pénalisants.

On pourrait croire que pour tout emplacement, il suffit d'avoir une tour suffisamment haute pour que la visibilité soit bonne. Cela est faux. En effet, plus la vigie est haute, plus le contrôleur a du mal à voir vers le bas. Certaines zones importantes, parkings, voies de circulation, peuvent être cachées par les meubles de contrôle, les allèges ou les garde-corps de la vigie. Sauf cas spécifique, on peut considérer que tout secteur primordial au sol doit être vu sous un angle inférieur à 15° par rapport à l'horizontale. Il correspond à l'inclinaison principale de l'axe du regard. Mais dès lors l'altitude de la vigie aura également ses limites et cela impliquera que n'importe quel emplacement ne peut être choisi. D'autre part, il existe des contraintes qui viennent limiter le choix.



Des contraintes

Les premières contraintes à considérer sont les servitudes aéronautiques

Les servitudes aéronautiques de dégagement

Elles permettent d'obtenir de meilleurs dégagements ou de préserver ceux qui existent. Aussi sont maintenus libres des volumes qui permettent l'évolution normale des aéronefs aux abords des aérodromes, d'autres où la visibilité des aides visuelles n'est pas occultée durant les manœuvres des aéronefs, d'autres enfin où des obstacles seraient de nature à gêner le fonctionnement de certaines installations.

Elles sont définies par un plan de servitudes aéronautiques de dégagement. Elles résultent d'une estimation de ce qu'il faut écarter ou supprimer comme obstacles pour que les aéronefs puissent évoluer dans des conditions acceptables.

Les dégagements aéronautiques sont différents selon le type de l'aérodrome et la nature de l'obstacle (massif, mince ou filiforme). Lorsqu'un aérodrome présente naturellement des dégagements meilleurs que ceux résultant des normes, le plan de servitudes aéronautiques de dégagement peut comporter des dispositions particulières destinées à les sauvegarder. Inversement, des adaptations peuvent être apportées aux surfaces de dégagement de base, lorsque les obstacles existants aux abords d'un aérodrome en exploitation ne puissent être supprimés, ou que la disparité des lieux empêche d'implanter un aérodrome satisfaisant intégralement aux règles générales. Des études aéronautiques préalables permettent de définir ces adaptations. Les surfaces de dégagement sont des surfaces au-dessus desquelles aucun obstacle ne doit être créé ou au-dessus desquelles les obstacles existants peuvent être supprimés. Dans tous les cas, le concepteur de la tour aura donc intérêt à se rapporter au plan de servitudes aéronautiques de l'aérodrome en question avant de déterminer de manière définitive la hauteur et l'emplacement de la tour de contrôle. Ces surfaces prennent appui sur un périmètre dit "périmètre d'appui" qui est défini ainsi :

Même si des adaptations sont possibles, il est fortement recommandé de respecter les servitudes aéronautiques de dégagement

Des servitudes à respecter

Afin que les aéronefs puissent atterrir et décoller dans de bonnes conditions de sécurité et régularité, il est institué des servitudes spéciales de protection attachées aux installations d'un aérodrome et appelées servitudes aéronautiques et servitudes radioélectriques.

Les servitudes aéronautiques comprennent :

- les servitudes aéronautiques de dégagement imposant des limitations de hauteur aux obstacles implantés dans les aires de dégagement associées aux pistes, aux aides visuelles à la navigation aérienne et aux installations météorologiques.

- les servitudes aéronautiques de balisage imposant des dispositifs visuels à certains obstacles destinés à signaler leur présence aux pilotes d'aéronefs. A l'intérieur de l'aire de dégagement d'un aérodrome, les servitudes aéronautiques de balisage découlent des servitudes aéronautiques de dégagement.

* voir lexique

- projeté verticalement, c'est le périmètre d'un rectangle ou d'un ensemble de rectangles successifs, coaxiaux à la piste, de largeur et de longueur définies suivant la catégorie d'aérodrome (voir hors textes 2-1 et 2-2) ;
- projeté horizontalement sur le plan vertical en aval de la piste, il se confond avec le profil en long de celle-ci.

Il est impossible de construire un bâtiment à l'intérieur de ce périmètre. L'Instruction technique sur les aérodromes civils (ITAC*) donne des formules pour connaître les caractéristiques des périmètres d'appui. Dans le contexte des tours de contrôle, c'est surtout la largeur l du périmètre d'appui qui comptera en fonction des catégories de pistes, comme suit :

Les surfaces de dégagement comprennent :

- la surface incluse à l'intérieur du périmètre d'appui,

Catégorie de piste	Largeur (l) en m
A	300
B	300
C	300
D	150
E	100

Seule une étude spécifique peut vérifier la possibilité d'un perçement des servitudes

* voir lexique

- les trouées d'atterrissage ou de décollage,
- deux surfaces latérales,
- une surface conique (sauf pour les aérodromes de cat. E et certains de cat. D)

Les surfaces les plus pénalisantes pour la tour sont les surfaces latérales et la surface horizontale intérieure.

Les premières sont générées par des directrices prenant appui sur le périmètre d'appui, s'arrêtant à la surface horizontale intérieure et caractérisée par une pente variant en fonction de la catégorie de l'aéroport (voir hors texte 2-3). Cette pente est de 14,3 % sauf pour la catégorie D1 où elle est de 20%.

La deuxième est moins pénalisante puisqu'elle se trouve déjà à une hauteur de 45 m par rapport au point le plus haut de l'aérodrome.

Ainsi, dans le cas d'un aérodrome de catégories A, B ou C exploité aux instruments, une tour de 10 m de hauteur ne pourra être construite à moins de 220 m de l'axe de la piste par la seule application du critère de respect des dégagements.

La classification OACI

Il existe plusieurs nomenclatures. On peut adopter comme critère de classification des aérodromes une ou plusieurs caractéristiques dimensionnelles. C'est cette solution qu'a adoptée à l'origine l'OACI dans l'annexe 14 à la Convention de Chicago, en répartissant les aérodromes en cinq classes (A, B, C, D et E) d'après la longueur de base de leur piste principale de laquelle découlent les autres caractéristiques dimensionnelles.

Depuis le 22 mars 1983, le code de référence des aérodromes de l'OACI fait intervenir le type d'avion pouvant utiliser l'aérodrome. En effet, l'évolution des besoins du trafic a conduit les constructeurs à concevoir des avions très différents, mais dont les besoins en longueur de piste sont identiques. Par conséquent, la correspondance entre les caractéristiques dimensionnelles et la longueur de piste seule n'est pas suffisamment valable.

PISTE

Chiffre de code	Longueur de terrain de référence de l'avion	Lettre de référence
1	moins de 800 m	A
2	de 800 à 1200 m	B
3	de 1200 à 1800 m	C
4	1800 m et au-delà	D
		E

TYPE D'AÉRONEF

Envergure	Largeur hors tout du train principal
moins de 15 m	moins de 14,5 m
de 15 m à 24 m	de 4,5 m à 6 m
de 24 m à 36 m	de 6 m à 9 m
de 36 m à 52 m	de 9 m à 14 m
de 52 m à 60 m	de 9 m à 14 m

hors texte 2-1

En France comme dans d'autres états, il a paru préférable d'adopter une classification fonctionnelle reposant sur les caractéristiques des activités aériennes auxquelles l'aérodrome est destiné.

Catégorie A

Aérodromes destinés aux services à grande distance assurés normalement en toutes circonstances.

Catégorie B

Aérodromes destinés aux services à moyenne distance assurés normalement en toutes circonstances et à certains services à grande distance assurés dans les mêmes conditions mais qui ne comportent pas d'étape longue au départ de ces aérodromes.

Catégorie C

1/ aérodromes destinés aux services à courte distance et à certains services à moyenne et même longue distance qui ne comportent que des étapes courtes au départ de ces aérodromes.

2/ aérodromes destinés au grand tourisme.

Catégorie D

Aérodromes destinés à la formation aéronautique, aux sports aériens, au tourisme et à certains services à courte distance.

Catégorie E

Aérodromes destinés aux giravions et aux aéronefs à décollage vertical et oblique.

Ces nomenclatures ne tiennent pas compte de l'aviation militaire. Il faut préciser que :

- une étape est dite longue distance si sa longueur excède 3 000 km ;
- une étape est dite moyenne distance si sa longueur est comprise entre 1 000 km et 3 000 km.

Les aérodromes de catégorie A, B et C sont couramment appelés aéroports car ils correspondent en général à la définition retenue par l'Administration française et notifiée à l'OACI : "Un aéroport est un aérodrome ou partie d'aérodrome utilisé pour des transports commerciaux et qui comporte les installations nécessaires à cet effet."

Par la suite et dans le but de donner des règles techniques aux concepteurs d'aérodromes la Direction Générale de l'Aviation Civile a défini des classes, qui regroupent les aérodromes de caractéristiques semblables.

Classe A

Aérodromes de catégorie A. Cette classe est constituée par tous les aéroports long-courrier.

Classe B

Aérodromes de catégorie B. Cette classe contient les aéroports moyen-courrier, que le trafic soit régulier ou non régulier (trafic charter).

Classe C1

Aérodromes de catégorie C destinés à l'aviation de voyage et aux lignes à faible trafic. Cette classe est constituée par les aérodromes court-courrier n'ayant pas de ligne supérieure à environ 15 000 passagers

Catégorie d'aéroport (France)	Classes longueur piste (France)	Type de transport	Code OACI (piste et avion)
A	A (2500-3000)	Long courrier	4E
B	B (2100-2500)	Moyen courrier Charter	4D
C	C1 (1200-1500)	Voyage	3B
C	C2 (1500-2100)	Court courrier	4C
D	D1 (500-100)		1A-2A
D	D2 (1000-1700)		3C
D	D3 (800-1200)		2B

par an. Les aérodromes de cette classe doivent être accessibles normalement en toutes circonstances.

Classe C2

Aérodromes de catégorie C destinés aux lignes grand et moyen trafic. Cette classe est constituée par les aérodromes court-courrier ayant au moins une ligne supérieure à environ 15 000 passagers par an. Les aérodromes de cette classe doivent être accessibles normalement en toutes circonstances.

Classe D1

Aérodromes destinés aux activités courantes de la catégorie D. Cette classe est constituée par les aérodromes destinés à l'aviation légère.

Classe D2

Aérodromes de catégorie D destinés à certains services à courte distance sans exigences spéciales. Cette classe est constituée par les aérodromes destinés aux services à courte distance n'ayant pas d'exigence particulière de régularité.

Classe D3

Aérodromes de catégorie D normalement utilisés en toutes circonstances. Cette classe est constituée par les aérodromes destinés à l'aviation légère, qui peuvent être équipés d'un moyen radioélectrique permettant une approche aux instruments.

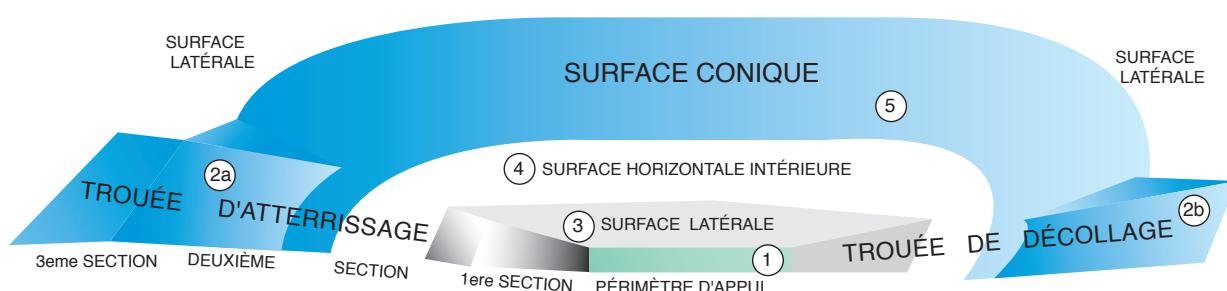
Les aérodromes de classe A, B, C1, C2 et D3 doivent pouvoir être équipés d'un ILS*. Pour ce qui concerne les aérodromes de classe D1 et D2, leur exploitation peut être améliorée sans modification de leurs caractéristiques par une aide radioélectrique à l'approche (radiobalise, T-VOR,...).

Toutes ces catégories peuvent être modifiées dans un proche avenir, surtout avec la mise en service de très grands avions.

Les aéroports sont destinés à la desserte des régions accidentées et imposent l'utilisation de pistes à forte pente. Pour eux, on distingue seulement des aéroports de catégorie et de classe C et des aéroports de catégorie et de classe D.

Les catégories d'aérodromes en France

Les surfaces aéronautiques de dégagement



Les surfaces aéronautiques de dégagement sont déterminées comme suit :

La surface (1) incluse dans le périmètre d'appui est une surface réglée ayant pour directrice le profil en long de l'axe du périmètre d'appui et pour génératrices des segments perpendiculaires au plan axial (défini comme étant le plan vertical du périmètre d'appui) et limités à ce périmètre.

Les trouées d'atterrissage (2a) et de décollage (2b) sont appuyées et limitées par :

- le petit côté du périmètre d'appui,
- des droites (dites de fond de trouée) partant des deux extrémités de ce petit côté et dont la projection verticale fait avec le plan axial un angle appelé divergence,
- une droite perpendiculaire au plan axial marquant l'extrémité de la trouée. Une trouée comporte une ou plusieurs sections délimitée(s) par des droites horizontales.

La surface latérale (3) est limitée :

- vers le bas, par le grand côté du périmètre d'appui et les droites de fond de trouées,
- vers le haut, par une surface horizontale intérieure, par la surface conique et, le cas échéant, par une

droite située au niveau du contour extérieur de cette surface.

C'est une nappe de droites génératrices ayant pour direction le grand côté du périmètre d'appui et les droites de fond de trouée. Ces génératrices ont une pente spécifiée qui varie selon la catégorie de l'aérodrome (voir tableau).

La surface horizontale intérieure (4)

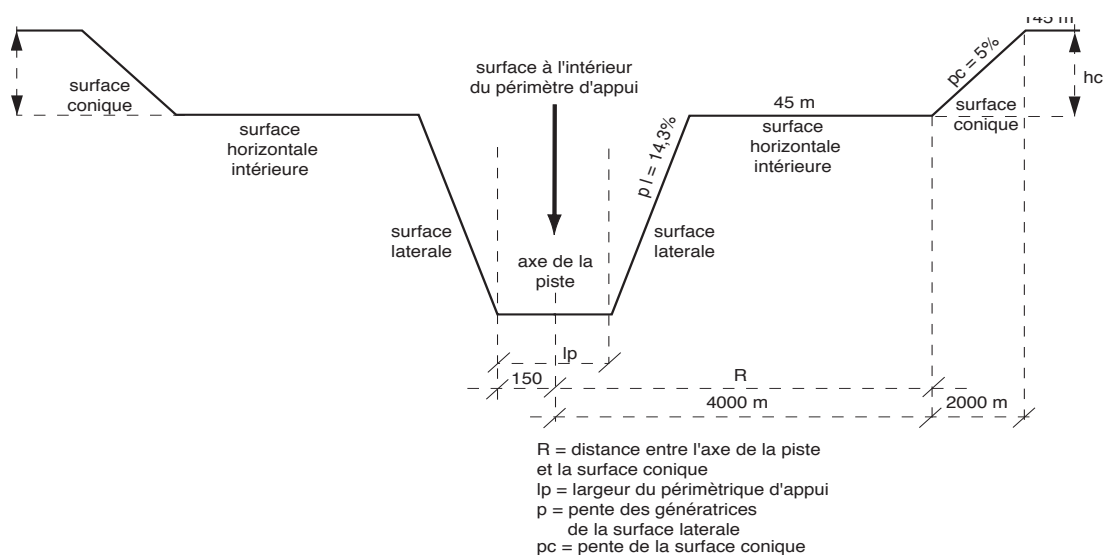
est un plan horizontal dont l'altitude est celle du point le plus élevé de l'air d'atterrissage augmentée de 45 m. Elle est délimitée par le contour convexe obtenu à partir :

- de deux demi-circonférences de rayon spécifié R centrées sur des verticales contenues dans le plan axial du périmètre d'appui situées à une distance spécifiée d du milieu des petits côtés (d et R sont donnés dans le tableau),
- des tangentes communes à ces deux demi-circonférences.

La surface conique (5)

est une nappe des droites génératrices s'appuyant sur le contour de délimitation de la surface horizontale intérieure. Ces génératrices ont une pente spécifiée (pc) donnée dans le tableau et sont normales au

Hors texte 2-3



Catégorie piste	largeur périmètre d'appui L_p	Pente des génératrices de la surface latérale p	Rayon r de la surface horizontale intérieure r	Hauteur de la surface conique hc	Pente de la surface conique pc
A IFR	300 m	14,3%	4000 m	100 m	5%
B IFR	300 m	14,3%	4000 m	100 m	5%
C1 IFR	300 m	14,3%	1500 m	75 m	5%
C2 IFR	300 m	14,3%	4000 m	100 m	5%
C2 VFR	300 m	14,3%	1500 m	45 m	3%
D3 IFR	150 m	14,3%	1500 m	75 m	5%
D2 VFR	150 m	14,3%	1500 m	45 m	3%
D1 VFR	100 m	20%	1200 m	pas de surface conique	pas de surface conique

NB : le cas des hélistations est traité dans un chapitre spécifique

contour de délimitation de la surface horizontale intérieure. Elle est limitée vers le bas par la surface horizontale intérieure et vers le haut à une hauteur spécifiée (hc donnée dans le tableau).

Pour un aéroport pourvu de plusieurs pistes, le plan de servitudes aéronautiques de dégagement est établi selon le principe suivant :

- les paramètres des trouées et des surfaces latérales sont afférents à la catégorie de chaque piste ;
- le contour de délimitation de la surface horizontale intérieure est déterminé en traçant l'enveloppe extérieure aux contours des surfaces horizontales intérieures afférentes à chaque piste ;

riures afférentes à chaque piste ;

- la surface conique est tracée à partir du contour de la surface horizontale intérieure définie ci-dessus avec les caractéristiques (pente et hauteur) afférentes à la catégorie de la piste principale.

L'implantation et la hauteur d'une vigie ne devra donc pas dépasser ces zones définies et spécifiées. Mais le concepteur sera confronté essentiellement à la surface latérale, et éventuellement aux surfaces horizontales intérieures et coniques dans le cas de très grandes plates-formes avec des tours de contrôle très hautes.

Hors texte 2-3

Il est important de s'assurer, lors des études d'implantation et de conception, que la tour et les antennes qui sont installées à son sommet respectent les surfaces de dégagement. L'adoption du parti consistant à construire jusqu'au maximum de hauteur admissible peut conduire à imposer la frangibilité des antennes, afin de ne pas avoir à leur opposer la réglementation. C'est le cas, notamment, lorsque les surfaces de dégagement sont figées par un plan de dégagement soumis à enquête publique et approuvé.

Il faut savoir en effet qu'il ne peut être dérogé aux de servitudes aéronautiques approuvées et que la seule voie réglementaire possible visant à l'acceptation d'un obstacle nouveau en dépassement des servitudes, est la modification préalable de celle-ci. Cette modification suit une procédure administrative analogue à celle qui a servi de base à l'établissement des servitudes ; l'enquête publique n'est cependant pas nécessaire lorsque la modification entraîne un allègement de la contrainte initiale.

Des études particulières sont exigées dans les cas où les surfaces de dégagement ne peuvent être respectées. Elles sont menées conjointement par les services concernés de l'Aviation civile (directions de l'aviation civile) et des bases concernées et doivent comporter pour le département ministériel qui aura à statuer en dernier ressort :

- des justifications techniques, voire économiques, du non respect des servitudes,
- l'étude de l'incidence sur les procédures aériennes, notamment sur les minimums opérationnels, ainsi que sur le développement futur de l'aérodrome ⁽¹⁾,
- l'étude du balisage éventuel à mettre en place dans le cas du percement des servitudes il s'agira dans la plupart des cas d'un balisage lumineux, mais un balisage de jour n'est pas à exclure ⁽¹⁾,

La possibilité de la limite ultime des installations influe davantage sur l'éloignement de la tour que les servitudes aéronautiques

La limite ultime du front des installations n'est pas toujours à respecter pour ce qui concerne la tour de contrôle

- l'examen des conséquences sur le plan réglementaire des servitudes aéronautiques. Il faut noter à ce sujet que la procédure de modification des servitudes aéronautiques approuvées est une procédure lourde au plan administratif et qu'elle est rarement mise en œuvre lorsque le document initial a été approuvé par décret en Conseil d'État.

En définitive, le respect des servitudes de dégagement évite toute étude complémentaire liée aux problèmes d'obstacles. Mais le non respect n'entraîne pas systématiquement l'impossibilité du projet. C'est d'ailleurs assez rare. D'autant plus qu'il faut relativiser l'impact des servitudes aéronautiques de dégagement sur l'implantation et la hauteur d'une tour. En effet, lorsque les bâtiments techniques se trouvent du côté des aires de stationnement avions, comme c'est souvent le cas, il faut respecter une distance par rapport à l'axe de la piste, établie de façon à permettre l'accès à l'aire de stationnement aux avions les plus contraignants envisagés à terme sur l'aérodrome, en tenant compte de leurs dimensions et des espaces que requiert leur manœuvre au sol. Cette distance nous donne une limite qui prend le nom de front des installations. On peut envisager que la tour de contrôle, réclamant une surface au sol petite, peut s'intégrer dans la zone de manœuvre en deçà de la limite du front des installations. Cela pourrait être possible puisque les distances entre l'axe de la piste et l'ultime limite sont plus pénalisantes que les servitudes aéronautiques de dégagement (voir hors texte 2-4).

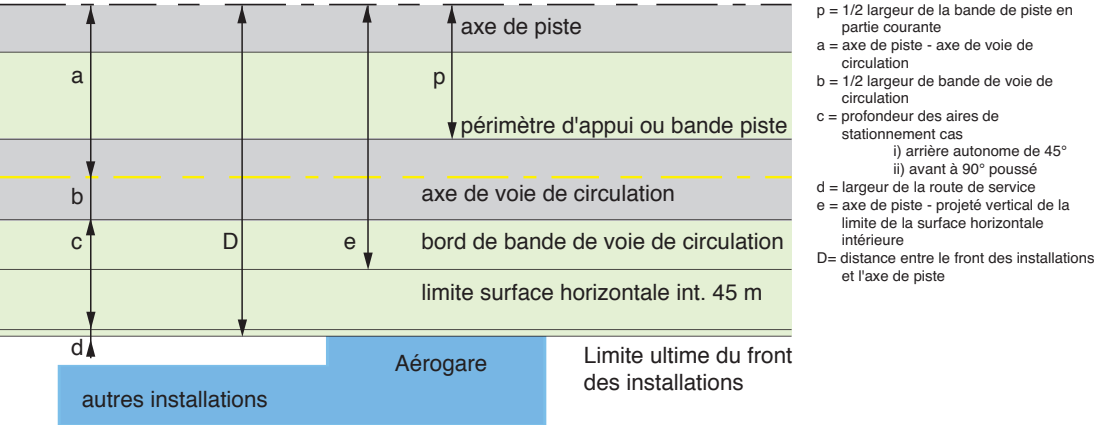
En effet, prenons une piste de 2 100 m en catégorie B. La vigie doit avant tout respecter la règle du 1 % et les servitudes aéronautiques de dégagement. Ainsi, la tour se trouve à une distance par rapport à l'axe de piste d'au moins $D = P + \frac{H}{p_l}$, où H est la hauteur de la vigie, P la demi-longueur du périmètre d'appui et p_l la pente de la surface latérale. Ce qui dans notre cas s'écrit $D = 150 + \frac{H}{0,143}$. On peut supposer une différence de 4 m entre la hauteur de la tour H et la hauteur de l'œil

(1) Ces études doivent être étendues aux obstacles que constituent les engins de chantier lors de la construction (grues notamment) et vis-à-vis desquels des mesures particulières doivent être étudiées et mises en œuvre, afin que la sécurité d'utilisation de l'aérodrome puisse être assurée pendant la durée des travaux.

Front des installations

Une plate-forme aéroportuaire est en constante évolution. Il paraît alors judicieux d'établir une limite ultime entre l'aire de mouvements et une zone où seraient établies les principales installations en volume liées au trafic * (aérogares, hangars,...) de façon à permettre l'accès de l'aire de stationnement aux avions les plus contraignants envisagés à terme sur l'aérodrome. Cette frontière doit tenir compte des dimensions des aéronefs et des espaces que requiert leur manœuvre au sol et en assurant des marges de sécurité entre l'extrémité d'aile des appareils et un obstacle fixe ou mobile éventuel, d'où la création de bandes de piste ou de voie de circulation*. Cette ligne

doit être inscrite dans les documents de planification à long terme (APPM*, PCG*). Elle y prend, en général, le nom de front des installations. Les contraintes à respecter et les dimensions des aéronefs critiques définissent une distance minimale entre le front des installations et l'axe de piste donnée et explicitée dans le tableau et le schéma ci-dessous. Pour les aérodromes importants, l'organisation générale des installations et des aires de stationnement dépend du concept retenu pour l'aérogare et conduit rarement à prévoir un front rectiligne. D'ailleurs, une étude spécifique s'impose presque toujours pour les classes A et B.



	catég.. A	B	C2	C1	D3	D2	D1
Pm	150	150	150	150	75	75	50
a (1)	180	180	170	160	90	90	60
b	i) 55m ii) 50 m	i) 42,5m ii) 40 m	i) 30m ii) 25m	i) 20 m ii) 17,5m	i) 20 m ii) 17,5m	i) 30m ii) 25m	i) 15 ii) 12,5m
c	i) 73 ii) 81 (2)	i) 64 ii) 67	i) 47 ii) -	i) 30 ii) -	i) 25 ii) -	i) 35m ii) -	-
d	10	10	10	6	6	6	-
e	465	465	465	465	390	390	300
D mini recommandé m	325 (2)	300	270	215	140	160	125 (3)

(1) Cette distance (a) est à majorer si l'on prévoit des voies de sortie rapide étude spécifique à faire dans chaque cas.
(2) Il est recommandé de réserver une profondeur c de 100 m et une distance d de 345 m pour tenir compte de l'éventualité d'avions plus encombrants que le B 747.
(3) Le minimum absolu est de 100 mètres.
i) cas général
ii) peut être réduit pour voies de desserte rectiligne à :

du contrôleur h, en étant même un peu pénalisant. A partir de la règle des 1% on peut, dans une première approche, estimer la hauteur à $(150 + \frac{H}{0,143})^2 (H-4) = (100 (H-4))^2$

La résolution de cette formule nous donne une tour de 14,5 m de haut au minimum qui doit donc se trouver éloignée de l'axe de piste de 252 m environ, ce qui est une distance bien inférieure aux 300 m recommandés par l'ITAC, pour la catégorie B (hors texte 4).

Ainsi, la distance recommandée entre l'axe de la piste et le front des installations oblige à un recul plus important que les servitudes aéronautiques de dégagement. Dans le cas où la tour de contrôle se situe de l'autre côté de la piste par rapport aux aires de stationnement, il ne faut tenir compte que des servitudes, ce qui est moins pénalisant au point de vue hauteur, et donc coût, mais évidemment avec une moins grande proximité des installations et peut-être une moins bonne vue sur les parkings avions. En revanche, il est impératif que la tour soit implantée au-delà du bord de bande des voies de circulation (voir hors texte 4). Aussi, la tour de contrôle doit-elle se situer à une distance de l'axe de la piste supérieure à la somme entre la distance axe piste - axe voie de circulation et la 1/2 largeur de bande de voie de circulation (mesures données en tableau).

	Cat. A	B	C1	C2	D1	D2	D3
a+b (en m)	235	222,5	180	200	75	120	110

Cette remarque est surtout valable pour les aéroports de catégorie A et B où le recul obligatoire est assez important.

Les servitudes radioélectriques

Pour obtenir un bon fonctionnement des télécommunications radioélectriques nécessaires à la navigation aérienne, il faut prendre certaines précautions pour les garantir des obstacles, des perturbations électromagnétiques ou des interférences, ceci en tenant compte des particularités de propagation des ondes des diverses fréquences utilisées. Des servi-

Les servitudes radioélectriques permettent de garantir le bon fonctionnement des télécommunications radioélectriques liées à la navigation aérienne

Les constructions ne doivent pas gêner ou perturber les ondes radioélectriques d'où certaines contraintes, notamment sur la hauteur

Seule une étude technique permet de déroger aux servitudes radioélectriques



3 Déplacer un VOR-DME est coûteux

* voir lexique

tudes radioélectriques sont donc établies dans l'intérêt des transmissions comme dans celui des réceptions.

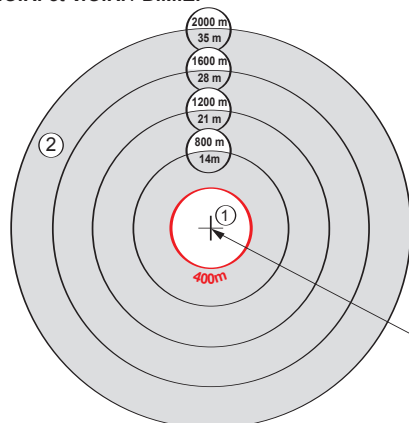
Ces servitudes sont de deux sortes : celles qui protègent les réceptions radioélectriques contre les perturbations électromagnétiques et celles qui protègent les télécommunications radioélectriques les contre les obstacles. Ces dernières imposent certaines contraintes pouvant influencer sur la position et la hauteur d'une tour. Elles interdisent l'édification des ouvrages ou réglementent leur hauteur dans des zones définies autour des centres radioélectriques. Les obstacles susceptibles de perturber la propagation des ondes peuvent être des maisons, des immeubles, des ponts, des clôtures et a fortiori des tours.

Pour éviter que de tels obstacles puissent être construits, les plans de servitudes précisent des zones dans lesquelles il est interdit de créer des obstacles fixes ou mobiles dont la partie la plus haute excéderait la cote définie par ce plan.

Ces zones sont les suivantes :

- autour des stations utilisant des aériens directifs une zone primaire de dégagement de 400 m maximum, elle-même entourée d'une zone secondaire de dégagement pouvant porter la distance protégée à 2000 m.
- autour des stations de radiorepérage ou de radionavigation, un secteur de dégagement pouvant s'étendre jusqu'à 5000 m de l'installation (3000 m sur les plans de servitudes actuelles).
- sur le trajet d'une liaison utilisant des fréquences supérieures à 30 MHz, une zone spéciale de dégagement peut être créée. Cette zone affecte la forme d'un couloir axé sur la projection au sol du trajet des ondes. Pour chaque type de matériel, est défini à l'intérieur des maximum une enveloppe des servitudes et la hauteur maximale des obstacles (hors texte 2-5). Toutefois, ces dernières ne sont pas intangibles. Dans bien des cas, elles doivent être aménagées en fonction du relief, de l'envi-

**Radiophare omnidirectionnel V.H.F. classique
V.O.R. et V.O.R. / D.M.E.**

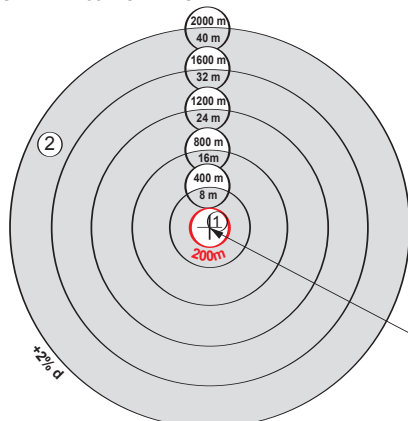


INTERDICTIONS ET / OU LIMITATIONS

- ① zone primaire Création d'obstacle interdite
- ② zone secondaire Création d'obstacle limitée à une hauteur hors sol égale à 1,75% de d
- point de référence
- d
- Distance séparant l'obstacle du point de référence
- Distance à l'équipement en mètre
- Hauteur maximale autorisée en mètre

**Les principales
servitudes
radioélec-
triques contre
les obstacles**

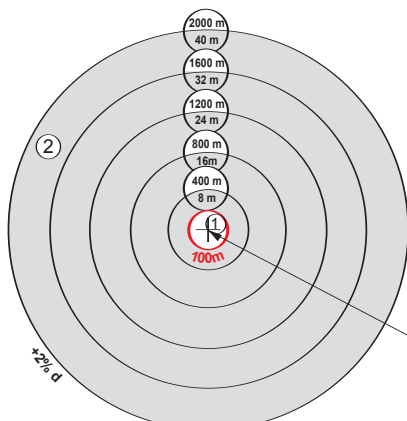
**Radiophare omnidirectionnel V.H.F. Doppler V.O.R.
DOPPLER et V.O.R. DOPPLER / D.M.E.**



INTERDICTIONS ET / OU LIMITATIONS

- ① zone primaire Création d'obstacle interdite
- ② zone secondaire Création d'obstacle limitée à une hauteur hors sol égale à 2% de d
- point de référence
- d
- Distance séparant l'obstacle du point de référence
- Distance à l'équipement en mètre
- Hauteur maximale autorisée en mètre

Émission et / ou réception déportée de centre de contrôle

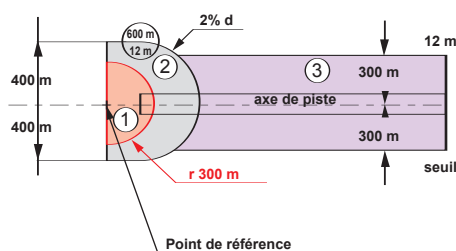


INTERDICTIONS ET / OU LIMITATIONS

- ① zone primaire Création d'obstacle interdite
- ② zone secondaire Création d'obstacle limitée à une hauteur hors sol égale à 2% de d
- point de référence
- d
- Distance séparant l'obstacle du point de référence
- Distance à l'équipement en mètre
- Hauteur maximale autorisée en mètre

Hors texte 2-5

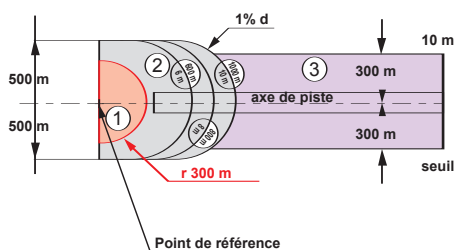
Radiophare d'alignement de piste bi-fréquence Catégorie I



INTERDICTIONS ET / OU LIMITATIONS

- ① zone primaire Création d'obstacle, étendue d'eau et excavation interdite
- ② zone secondaire Création d'obstacle limitée à une hauteur hors sol égale à 2% de d
- ③ secteur de dégagement Création d'obstacle limitée à une hauteur hors sol égale à 12 m
- point de référence Base du support de l'antenne centrale
- d Distance séparant l'obstacle du point de référence
-  Distance à l'équipement en mètre
-  Hauteur maximale autorisée en mètre

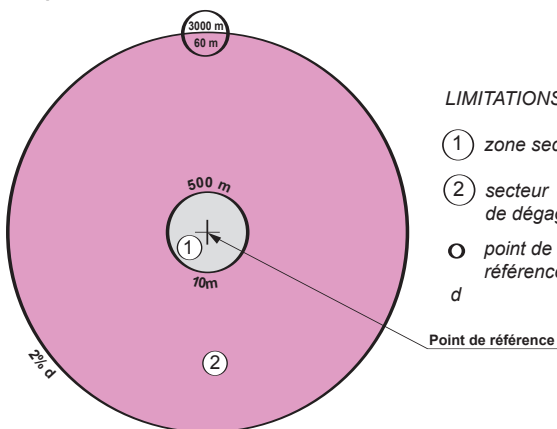
Radiophare d'alignement de piste monofréquence Catégorie I, mono et bifréquence Catégorie II ou III



INTERDICTIONS ET / OU LIMITATIONS

- ① zone primaire Création d'obstacle, étendue d'eau et excavation interdite
- ② zone secondaire Création d'obstacle limitée à une hauteur hors sol égale à 1% de d
- ③ secteur de dégagement Création d'obstacle limitée à une hauteur hors sol égale à 10 m
- point de référence Base du support de l'antenne centrale
- d Distance séparant l'obstacle du point de référence
-  Distance à l'équipement en mètre
-  Hauteur maximale autorisée en mètre

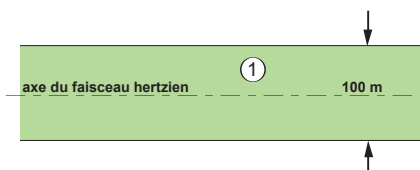
Radars primaire et secondaire



LIMITATIONS

- ① zone secondaire Création d'obstacle limitée à une hauteur hors sol de 10 m
- ② secteur de dégagement Création d'obstacle limitée à une hauteur hors sol égale à 2% de d
- point de référence Base du support d'antennes
- d Distance séparant l'obstacle du point de référence

Faisceau hertzien



LIMITATIONS

- ① zone spéciale de dégagement Hauteur des obstacle limitée à une cote rapportée au nivellement Général Français (NGF) mentionnée au plan de servitudes

N.B.

Plusieurs cotes NGF peuvent être fixées le long de la zone spéciale de dégagement qui dans ce cas se compose de plusieurs tronçons. On ne peut interdire une construction dont la hauteur est limitée à moins de 25 m hors sol quel que soit le relief. La protection d'un faisceau hertzien doit faire l'objet d'une étude particulière tenant compte notamment du relief et de l'ellipsoïde de FRESNEL. Cette étude peut conduire, selon les lieux et les conditions d'exploitations, à définir des dégagements aptes à protéger les terminaux et relais hertziens.

ronnement présent et futur, et des performances escomptées des équipements. Elles ne peuvent, de surcroît, être figées et doivent être adaptées à l'évolution des matériels tout en demeurant dans le cadre législatif fixé par le code des Poste et Télécommunications.

Il est possible de recourir à des dérogations mais elles ne sont pas toujours évidentes à obtenir, surtout lorsqu'il y a beaucoup d'ondes réfléchies par un front d'installations très garni. Une étude est toujours à faire par les services compétents pour une dérogation. Les équipements les plus sensibles à protéger, sont les radars*, les antennes avancées, les faisceaux hertziens, les radiogoniomètres VHF*, les mesureurs de distance d'atterrissage (DME*), les radiophares omnidirectionnels VOR* (hors texte 2-5).

Tous ces équipements de navigation aérienne sont capitaux pour la sécurité des aéronefs et il faut être vigilant au bon respect de leur fonctionnement.

Dans le cas où les servitudes ne sont pas respectées par le constructeur et qu'une dérogation est impossible à obtenir (masque trop important...), il est toujours possible de déplacer les équipements ou de les remplacer par de plus performants. Néanmoins, il faut avoir conscience du coût que cela peut générer en particulier pour le déplacement d'un VOR. Par ailleurs, il faut noter que la réception déportée d'une tour de contrôle induit des zones de protection et de garde contre les perturbations électromagnétiques (hors texte 2-7)

Servitudes météorologique

D'autres appareils de météorologie (héliographe, télémétrie des nuages, radar panoramique,...) peuvent aussi générer des servitudes (hors texte 2-6). Dans tous les cas, le concepteur prendra soin de consulter, bien en amont, les plans de servitudes et de contacter les services compétents s'il y a risque de se trouver dans des cas litigieux.

Le concepteur a tout intérêt à consulter en amont les plans de servitudes et à contacter les services compétents

Les équipements météorologiques et la tour elle-même génèrent également des servitudes

Eviter une orientation face au sud (dans l'hémisphère nord) pour ne pas être trop gêné par le soleil.

Les projecteurs de l'aire de stationnement avion peuvent également être gênants

Éviter tout éblouissement

Le contrôleur surveille l'ensemble de la plate-forme aéroportuaire. Dans la vigie, il est soumis aux rayons du soleil, d'autant plus que pour des raisons de visibilité, la partie vitrée de la vigie doit être importante. Ainsi l'agent, dans certains cas, peut être ébloui par le soleil, notamment lorsque celui-ci est relativement bas, à l'aube ou au crépuscule, ou en hiver. Dans les deux premiers cas, les périodes sont assez courtes et le soleil pas trop fort ; en revanche, dans le dernier cas, si le contrôleur regarde face au sud, il sera gêné pendant toute la journée et rapidement fatigué. Il existe, bien sûr, des moyens pour se prémunir du soleil comme des vitrages teintés ou des pare-soleil mais ils ne seront jamais efficaces à 100 %. En revanche, si la vigie est bien située et orientée, la gêne sera quasi nulle. Dans bien des cas, ce problème d'éblouissement exige aussi un nettoyage fréquent des vitrages pour ôter tout effet d'irisation ou de brume.

Un autre cas d'éblouissement peut se produire, surtout quand la vigie est relativement basse. Il vaut mieux y penser assez tôt, car il n'est pas toujours évident d'arrêter ou de changer, de place ou de modèle, ces équipements. Ce problème n'est pas toujours facile à cerner, et pour cette raison aussi il y a intérêt à éloigner un peu la tour de l'aire de trafic.



4 Une exposition trop prolongée face au soleil gêne le contrôleur dans son travail et provoque une grande fatigue visuelle

Installations météorologiques

Le pilotage d'aéronef est fortement soumis à la météorologie. D'ailleurs, tout pilote avant son vol doit prendre connaissance des conditions météo sur son parcours. On peut parler, concernant l'Aviation Civile, d'une assistance météorologique qui a pour objectif de contribuer à la sécurité, à la régularité et à l'efficacité de la navigation aérienne. Aussi des organismes météo, appelés stations d'observations, se trouvent sur les aérodromes. Ils peuvent avoir à la fois une activité liée au bon fonctionnement de l'aérodrome et une activité qui en soit indépendante. Du point de vue de leur utilisation, on distingue :

- a) les observations de base synoptiques ou climatologiques destinées à l'exploitation du réseau,
- b) les observations spécialisées et notamment celles destinées à l'aéronautique ; parmi ces dernières, on distingue :

- les observations d'aérodrome à donner les conditions du temps sur l'aérodrome représentatives des conditions sur l'aire de manoeuvre,
- les observations pour l'atterrissage et le décollage, pouvant comporter notamment une observation d'entrée de piste,
- les observations complémentaires aux observations du réseau synoptique, destinées à préciser les conditions météorologiques en des points particulièrement intéressants pour l'aéronautique comme certains sommets montagneux.

A ces fins certains instruments se trouvent sur l'aérodrome et nécessitent des conditions de dégagement bien spécifiques.

Pylône anémométrique

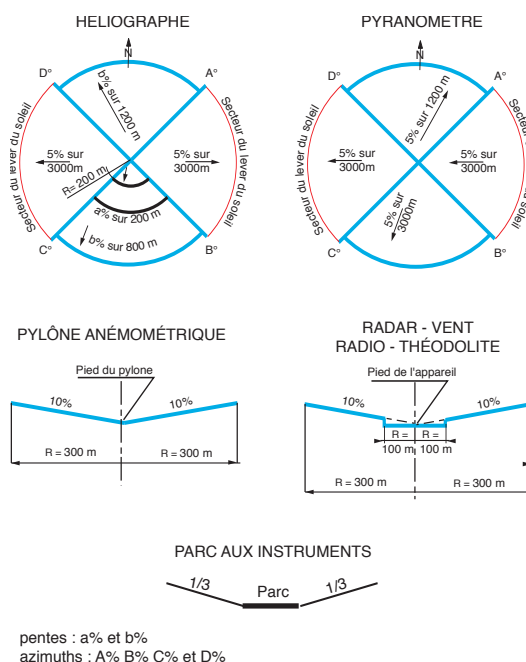
son dégagement correct est très important pour que les mesures du vent soient représentatives.

Installation de mesure de la portée visuelle de piste

ces matériels (transmissomètres, capteurs de luminosité,...) sont appelés à se situer dans des zones de servitudes radioélectriques dans lesquelles les obstacles ne sont, en principe, pas tolérés.

Projecteurs néphoscopiques

leur installation impose l'absence d'obstacle entre le projecteur et le point d'observation, la distance normale entre ces deux points étant généralement de 100, 150 ou 200 m.



Station météorologique automatique

la zone de dégagement doit correspondre à un cône à axe vertical dont le sommet se situe au point central des aériens et dont la génératrice fait un angle de 6° avec le plan horizontal passant par ce point.

Radar panoramique météorologique

la portée de cet appareil diminue très vite dès que les obstacles s'élèvent au-dessus du plan horizontal passant par l'antenne. Les conditions de fonctionnement optimal ont lieu avec une zone de dégagement figurée par un cône à arc vertical dont le sommet se situe au centre optique de l'aérien (situé normalement sur un pylône entre 23 et 25 m au-dessus du niveau du sol) et dont la génératrice fait un angle de $0,5^\circ$ avec le plan horizontal; si l'environnement ne permet pas sur tout l'horizon un dégagement répondant aux conditions précédentes, il faut que ce dégagement soit au moins assuré dans tous les secteurs où la détection des systèmes nuageux est indispensable.

Héliographe et pyranomètre

(voir croquis)

Parc aux instruments

(voir croquis)

Radar-vent et radio-théodolite

(voir croquis).

Contraintes techniques de proximité ou d'éloignement

Pour fonctionner, la tour de contrôle doit être reliée à d'autres équipements et à plusieurs réseaux de fluides (hors texte 2-8) :

- réseau d'alimentation en eau,
- évacuation des eaux usées,
- évacuation des eaux de pluie,
- réseau de distribution électrique (EDF en général),
- liaisons électriques déportées avec les équipements de radionavigation,
- réseau électrique secouru (provenant en général d'une centrale électrique située sur l'aérodrome), pour secourir les équipements d'aide à la navigation aérienne
- réseau Télécom,

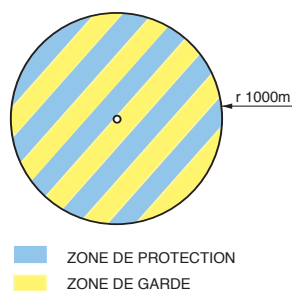
- voirie routière.

Il va de soi que plus la tour sera éloignée de ces équipements et de ces réseaux, plus le coût des VRD ou des réseaux filaires sera important.

Ainsi, s'agissant des réseaux électriques haute tension, basse tension et éventuellement moyenne tension.

Il est possible qu'un trop grand éloignement provoque trop de pertes en lignes et oblige le déplacement ou la construction d'un équipement technique supplémentaire, une centrale électrique en particulier, d'où des augmentations de coût assez importants.

Outre le coût, les accès au bloc technique et à la tour de contrôle ne doivent pas impliquer des déplacements trop longs et surtout trop compliqués.



Zone de protection

interdictions aux propriétaires ou usagers d'installations électriques de produire ou de propager des perturbations se plaçant dans la/les gamme(s) d'ondes radioélectriques reçues par le centre et présentant pour les appareils du centre un degré de gravité supérieur à la valeur compatible avec l'exploitation de centre.

(1) Ne peuvent, sans autorisation préalable, être mis en service, modifiés ou transformés dans une zone de garde radioélectrique :

a) les installations, matériels et appareils mettant en oeuvre des tensions supérieures à 5000 V ou des fréquences supérieures à 10 Kilo hertz.

b) les installations, matériels et appareils mettant en oeuvre des tensions inférieures à 5000 V ou des fréquences inférieures à 10 kilo hertz, dans tous les cas où leur fonctionnement s'accompagne d'arcs, d'étincelles ou de variations brusques de courant.

c) les installations, matériels et appareils pour lesquels existent des règles dûment homologuées comme norme française et qui n'y répondent pas.

La limite de tension sus indiquée correspond à la valeur de crête et est prise soit entre deux points de polarités différentes, soit entre un de ces points et la masse

Zone de garde

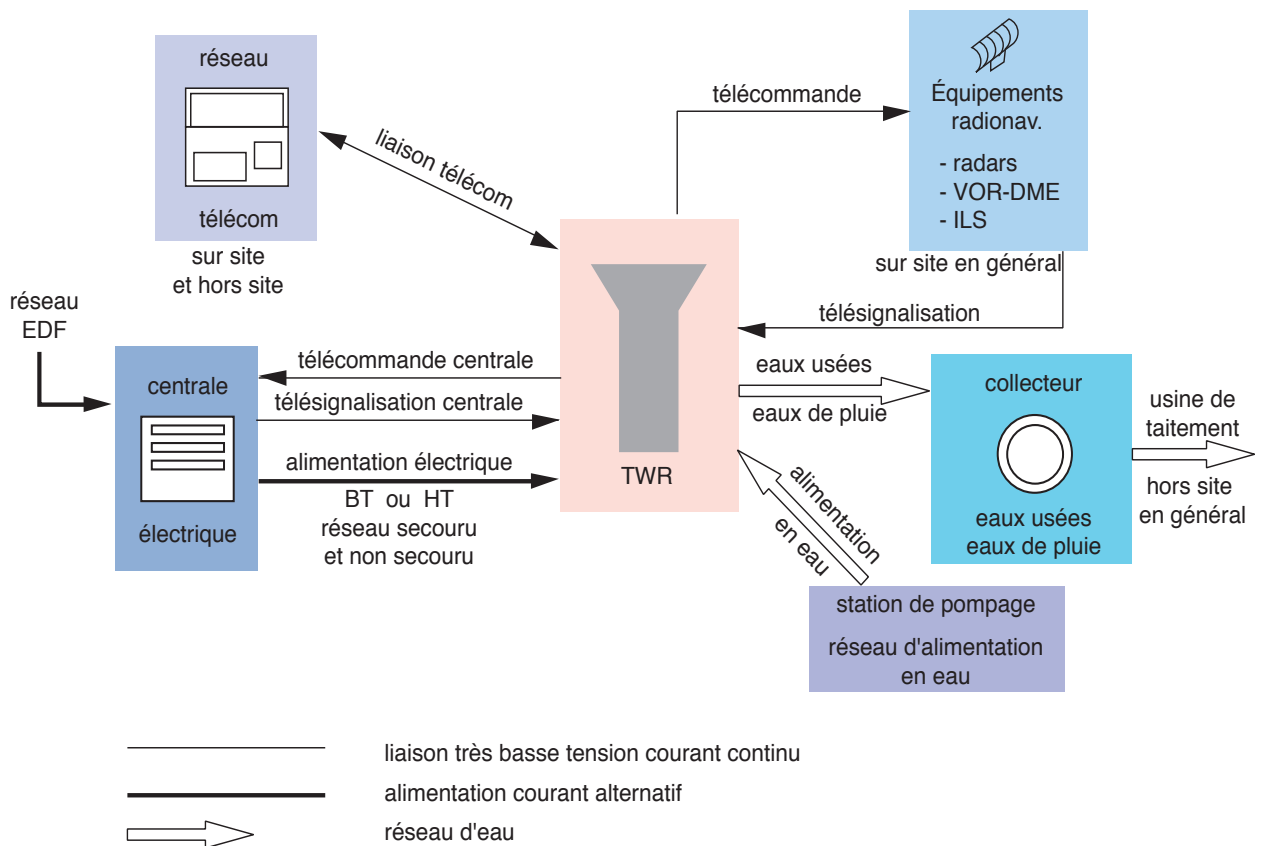
interdictions de mettre en service du matériel (1) susceptible de perturber la réception radioélectrique du centre ou d'apporter des modifications à ce matériel sans l'autorisation du Ministre dont les services exploitent ou contrôlent le centre.

Servitudes radioélectriques

Réception déportée

Hors texte 2-7

Au centre de plusieurs réseaux



La télécommande permet de commander directement à partir de la tour de contrôle les appareils éloignés. La télé signalisation, quant à elle, permet d'avoir des informations sur le fonctionnement de ces appareils afin d'établir un contrôle. Dans les deux cas, il s'agit le plus souvent de liaisons filaires Très Basse Tension (< 50 v) en courant continu avec des coaxiaux un peu plus larges que ceux du téléphone. Néanmoins, si les appareils sont trop éloignés (notamment les radars), il est possible d'avoir des liaisons hertziennes.

La télécommande permet de commander directement à partir de la tour de contrôle les appareils éloignés. Elle se fait en courant alternatif en haute tension (15000 V - 20000 V) si la centrale est éloignée, sinon en basse tension (environ 400 V) si celle-ci est proche c'est à dire dans un rayon d'environ 200 m.

Le raisonnement est le même si la tour est proche ou non d'un poste de transformation existant ayant une réserve de puissance suffisante. La tour est obligatoirement reliée à un réseau secouru.

La tour de contrôle est également reliée à un réseau routier.

Hors texte 2-8

L'alimentation électrique du bloc technique, qui se

Ainsi, il y a intérêt à ce que les tours de contrôle sur les petits aérodromes (catégories C et D) soient le plus près possible des installations, et donc du même côté de la piste. Mais il est fort dommageable de subordonner l'emplacement de la tour à ces contraintes de proximité, qui peuvent induire une solution peu avantageuse pour le contrôle d'aérodrome. De plus, si on raisonne sur du long terme, un grand éloignement peut se transformer en une forte proximité.

Des contraintes de sûreté

Le bloc technique est fréquemment une interface entre la zone publique et la zone réservée. Son emplacement doit donc tenir compte des exigences liées à la sûreté aéroportuaire et à la protection de la zone réservée. On veillera à ce que les cheminements pour accéder à la tour restent cantonnés dans une zone et que, si un franchissement de frontière est inévitable, il soit unique.

Il faut éloigner les tours de contrôle des endroits bruyants comme les points fixes

Attention à la nature du sol

Le terrain naturel sur les plates-formes aéroportuaires n'est pas toujours de la même nature. Il arrive qu'un déplacement de quelques centaines de mètres permette la construction de la tour sur un sol bien mieux adapté. De plus, le coût final de l'opération peut être fortement augmenté si le terrain (mangroves, marécages,...) oblige à avoir recours à des techniques de fondation particulières. Cela est d'autant plus vrai pour la tour de contrôle, élément vertical haut, qui doit répondre à des sollicitations fortes à sa base.

Implantation et bruit

Le propos ici n'est pas de traiter de l'isolation phonique. La vigie, pour des raisons de visibilité, doit être transparente ; aussi le concepteur sera-t-il limité par les performances acoustiques, car le verre est pratique-

ment un matériau obligé. Il est donc avantageux de trouver un emplacement pour la vigie qui ne soit pas trop soumis aux bruits extérieurs qui, s'ils sont trop forts, peuvent être nuisibles, et sont, dans tous les cas, gênants et à la longue fatigants pour les contrôleurs. Les bruits sont non seulement nuisibles dans les fréquences audibles par l'homme de 20 à 20000 Hz mais aussi dans les fréquences non audibles, infrasons et ultrasons produits en particulier par les moteurs d'avions. A titre indicatif, le seuil de douleur est à approximativement 120 dBA. La gêne peut être aussi d'ordre psychologique, même si a priori la concentration particulière que dispensent les contrôleurs peut contribuer à faire diminuer leur inconfort.

Une étude menée par le STNA en 1992 montre qu'une majorité des bruits maximaux relevés aux pupitres sont dus aux avions effectuant des points fixes à proximité des vigies. De plus, du fait de leur durée, on remarque qu'à niveau de bruit équivalent, les points fixes sont perçus de manière beaucoup plus gênante que des bruits produits par des décollages.

Dans certains cas, ce sont les hélicoptères passant à basse altitude au-dessus de la vigie qui occasionnent le plus de gêne. Ainsi, il faut que la vigie se situe le plus loin possible des points fixes présents ou futurs et des approches éventuelles d'hélicoptères. De même, il peut s'avérer préférable de reculer la tour pour être moins gêné par les décollages d'avions, surtout s'ils sont des avions de classe militaire.



Les angles de visibilité

Il est possible de déterminer des angles de visibilité que l'on peut considérer comme bon dans les cas généraux qui permettent d'avoir un ordre de grandeur

Nous avons vu que la contrainte principale est en fait la visibilité sur certaines zones de l'aéroport, qui conditionne des angles de visibilité. Ces angles sont pris entre l'horizontale et la droite rejoignant le point qui doit être vu (au sol ou en l'air) à l'œil du contrôleur. L'œil de l'observateur est supposé à 1,22 m du plancher quand celui-ci est assis et à 1,62 m quand il est debout. En position assise, le contrôleur doit voir impérativement les pistes, les voies de circulation (schéma 2-3). En position debout, il doit voir tous les aéronefs stationnés (schéma 2-4). La visibilité vers le haut (tour de piste,...) est, quant à elle, calculée en position assise. L'essentiel est que les points visés au début de ce chapitre soient vus. Nous avons donc affaire à du cas par cas. Néanmoins, il est possible d'établir des angles de visibilité qui peuvent être considérés comme bons dans les cas généraux.

Les résultats dépendent des catégories d'aérodrome et des aéronefs qui y circulent. La catégorie va entraîner une relation entre la hauteur de la vigie et la distance entre celle-ci et l'axe de la piste définie par les servitudes. Une étude sur le stationnement des aéronefs des aérodromes classés par catégorie nous permet de calculer les angles (P_d) de visibilité vers le bas en position debout. Tandis que les règles sur les marges et les profondeurs des aires de trafic conditionnent les angles (P_a) de visibilité vers le bas en position assise,

l'obligation de voir un aéronef jusqu'à 200 m au-dessus de la piste entraîne les angles (α) de visibilité vers le haut qui varieront avec la distance axe de piste-vigie. Une corrélation avec les dimensions maximales des vitrages standard et la limite ultime donne les résultats suivants :

CAT	P_a	P_d	α
A	15°	30°	35°
B	15°	30°	35°
C1	12°	16°	42°
C2	14°	26°	36°
D1	11°	22°	57°
D2	13°	22°	50°
D3	12°	16°	54°

Une analyse de ces résultats d'angles amène à la conclusion que, pour les catégories C1 et D surtout, il faut soit reculer la tour par rapport à la limite ultime, soit percer les servitudes avec une tour plus haute, soit prendre des vitrages de hauteur supérieure à 3,5 m ou 2 vitrages collés, avec les conséquences de coût que cela peut avoir dans les deux dernières solutions.

Rappelons que ces angles ne dispensent pas une étude précise de visibilité. Ces études de visibilité doivent être menées pour chaque poste important, car les masques sont différents en fonction des positions de contrôle (voir schémas 2-5 et 2-6). Il est parfois nécessaire d'augmenter la valeur de ces angles, mais le fait de pouvoir passer avec des angles plus faibles se produit plus souvent. Il faut remarquer que les angles sont d'autant plus faibles que la tour est éloignée mais que, bien sûr, cet éloignement est limité par le fait que les extrémités de piste doivent être vues sous un angle d'environ 1° et par la proximité utile du parking pour les catégories D. De même, plus la tour sera haute, plus la visibilité vers le haut sera favorisée ; en revanche, la visibilité vers le bas sera davantage pénalisée. Ces angles vont déterminer toute la hauteur vitrée nécessaire et induire la faisabilité du projet, un coût beaucoup plus important ou non puisque les tailles standard des vitrages sont limitées. En tout état de

Mais le principal est de voir les zones voulues et non de respecter à tout prix certaines valeurs d'angle ; une étude précise de visibilité est essentielle pour la suite

cause, ils doivent être déterminés à tous les stades du projet (APS, DCE,...) et ce, dès l'esquisse et pour toutes les positions principales de la vigie (local, sol, approche). De même, il faut déterminer dès l'esquisse les masques horizontaux majeurs (schémas 2-5 et 2-6). Si un poteau forme un masque de 20 cm à 2 m de l'œil du contrôleur, il cachera une portion de piste ou de ciel d'environ 40 m à 400 m de distance. Cela peut être très

Souvent négligés les masques horizontaux dus en grande partie aux poteaux de structure, peuvent être très préjudiciables voire inacceptables s'ils occultent des zones à voir impérativement

pénalisant, voire inacceptable, s'il s'agit d'une zone à voir impérativement ; en revanche, il faut être moins intransigeant vers les secteurs non primordiaux. Une étude sur les types d'avion atterrissant le plus fréquemment par catégorie d'aéroport a permis d'obtenir des masques maximaux théoriques. Ils ne sont pas toujours aisés à obtenir. Une étude locale est utile afin de savoir si tel ou tel masque est acceptable ou non.



5 Embraer 120

Le Beech B55 est l'avion d'affaires le plus court atterrissant fréquemment sur les aérodromes français.
L'Embraer 120 est l'avion d'affaires le plus court atterrissant fréquemment sur les aérodromes français de catégorie A et B.
Le Beechcraft King Air est le plus petit avion atterrissant fréquemment sur les aérodromes de cat. C.
En fait, une étude locale s'avère souvent nécessaire pour déterminer si tel ou tel masque peut être accepté ou non.



6 Beech King Air



7 Beech B 55 Baron

Les masques horizontaux

CAT A	20 m	Afin de toujours apercevoir un Embraer 120 Brasilia
CAT B	20 m	Afin de toujours apercevoir un Embraer 120 Brasilia
CAT C1	10 m	Afin de toujours apercevoir un Beechcraft King Air
CAT C2	10 m	Afin de toujours apercevoir un Beechcraft King Air
CAT D1	8 m	Afin de toujours apercevoir un Beech B55 Baron
CAT D2	8 m	Afin de toujours apercevoir un Beech B55 Baron
CAT D3	8 m	Afin de toujours apercevoir un Beech B55 Baron

Hors texte 2-10

*Vision du
contrôleur
debout et assis*

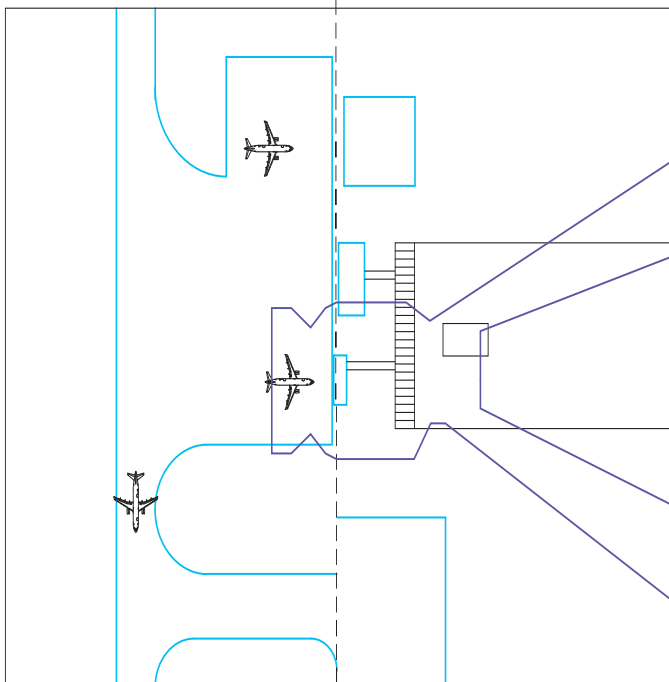
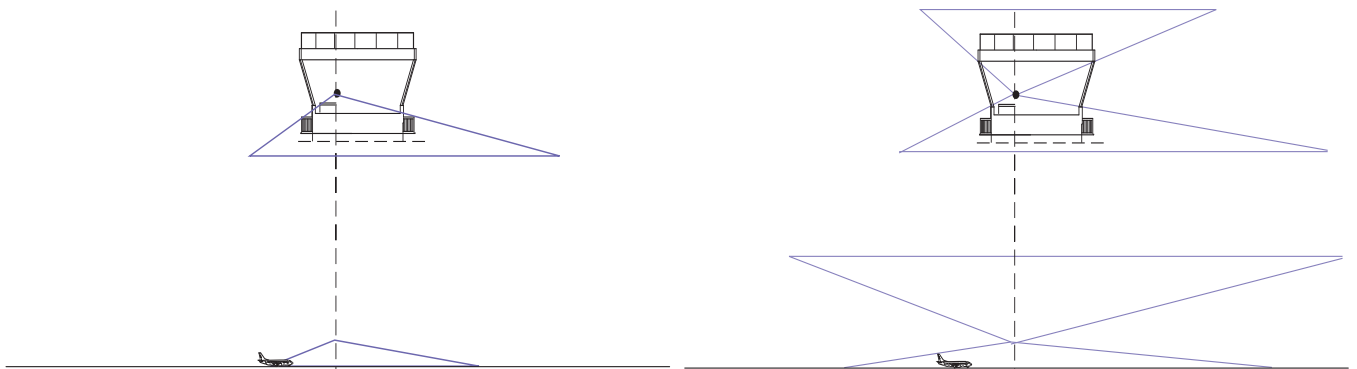


schéma 2.3 contrôleur debout

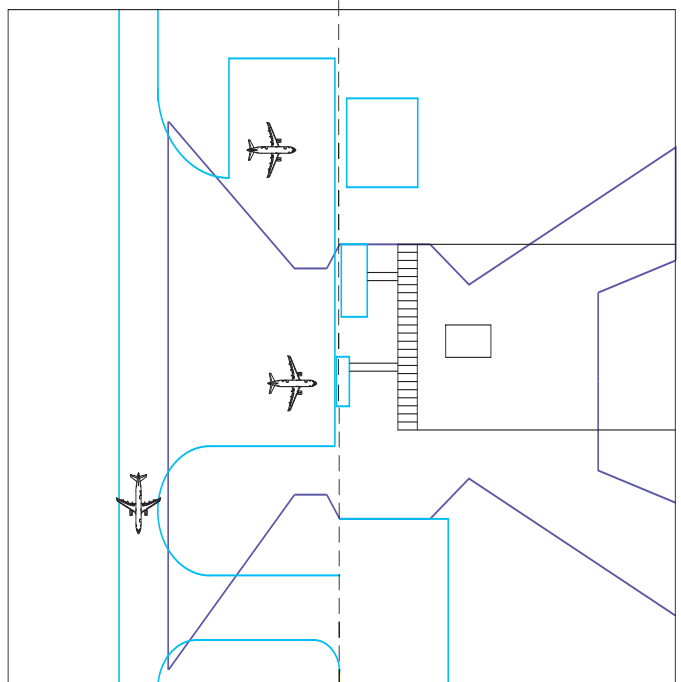


schéma 2.4 contrôleur assis

**Épures de visibilité
Poste A et C**

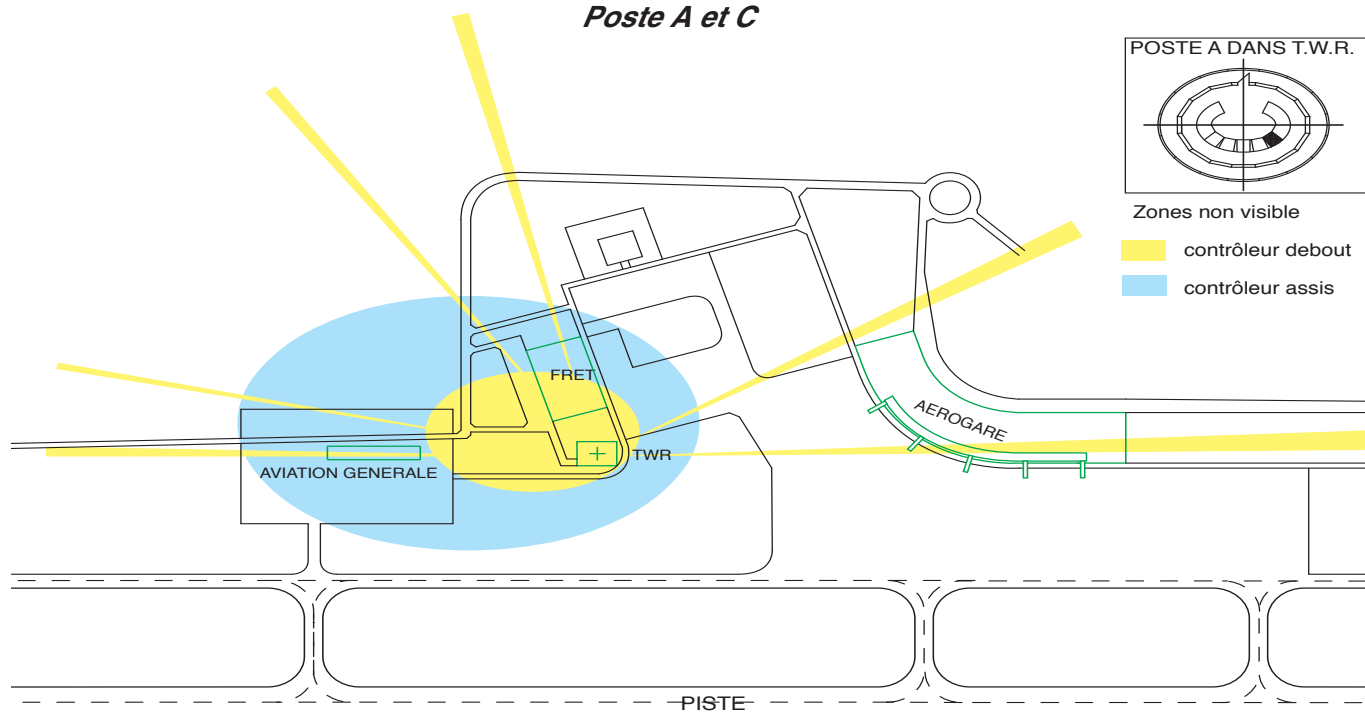


schéma 2.5

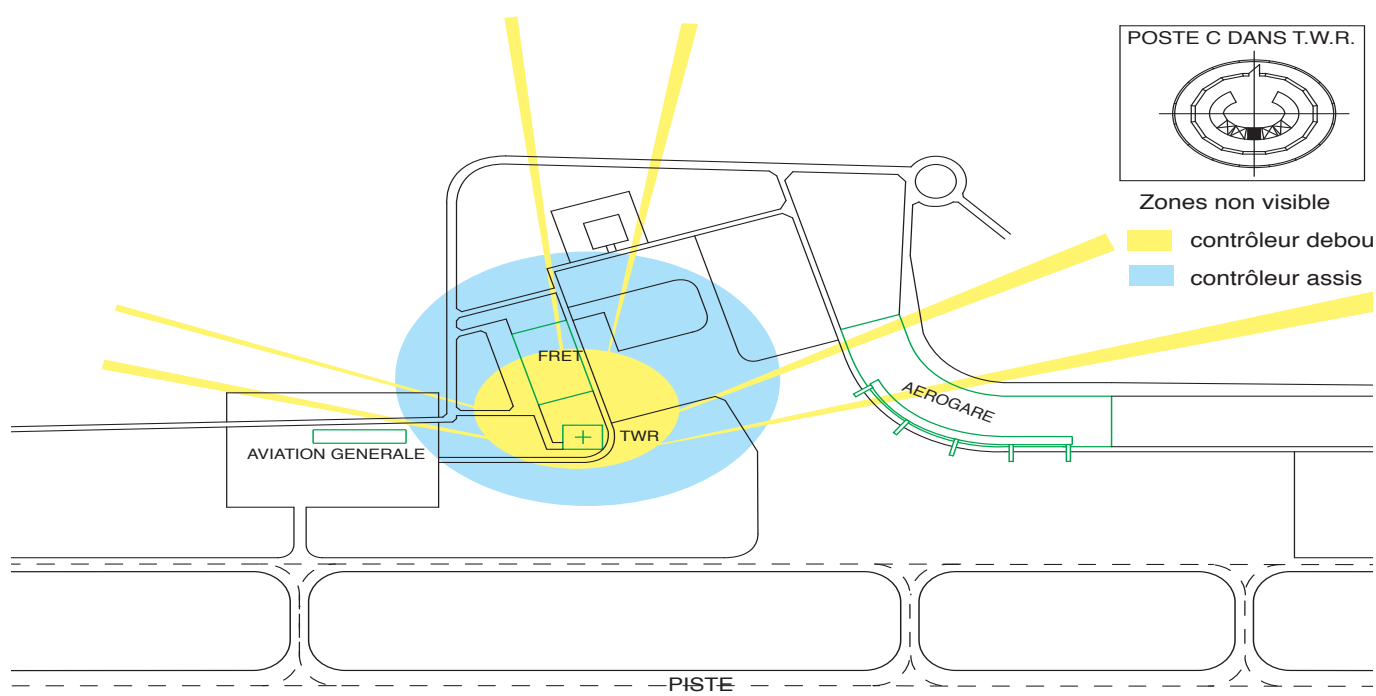
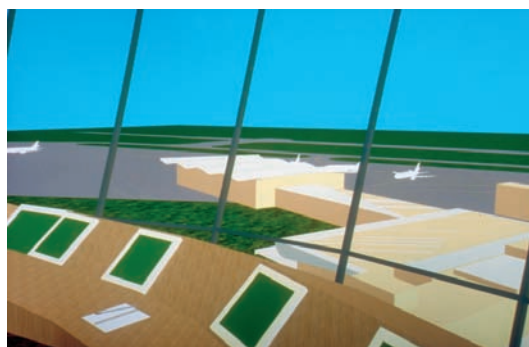


schéma 2.6



Une tour de contrôle génère des servitudes



8 exemple de vigie où un bâtiment masque en partie une piste ou une voie de circulation

Toutes les études menées pour choisir l'emplacement de la tour de contrôle doivent prendre en compte l'environnement présent mais également futur. Il va de soi qu'une construction de ce genre est conçue pour une durée de vie généralement supérieure à 25 ans. Or beaucoup de paramètres, qui n'ont pas été obligatoirement envisagées, changent sur une plate-forme aéroportuaire pendant ce laps de temps. Cela peut entraîner des modifications dans les impératifs de visibilité, par exemple lorsqu'une extension de piste ou de la création d'une nouvelle bretelle. Si cela n'a pas été prévu, le contrôleur peut se retrouver dans une position trop basse ou gêné par la structure de la vigie. Ce cas de figure est assez rare, car ce genre de changement est en général prévu longtemps à l'avance. En revanche, il arrive plus fréquemment que l'édification de bâtiments crée des masques sur des zones importantes. Cela peut être évité si l'on reporte sur des plans des surfaces (dont le sommet est la vigie) qui ne doivent être en aucun cas traversées par des constructions. C'est ce que l'on peut appeler les servitudes de visibilité de la tour de contrôle.

En conclusion, les planificateurs ont intérêt à connaître les problèmes inhérents aux tours de contrôle et aux blocs techniques pour élaborer leurs documents de planification (plan de composition générale, avant-projet de plan de masse). Les concepteurs ont eux l'obligation de consulter ces documents,, afin d'intégrer toutes les données environnementales.



Lexique

Aire à signaux	aire de l'aérodrome où sont disposées des signaux au sol donnant des renseignements au pilote qui a l'intention d'atterrir sur l'aérodrome
Aire de trafic avion	aire définie sur un aérodrome terrestre, destinée aux aéronefs pendant l'embarquement et le débarquement des voyageurs, le chargement ou le déchargement du fret, le ravitaillement en carburant, le stationnement ou l'entretien
APPM	avant-projet de plan de masse
Approche finale	1) trajectoire alignée sur l'axe de piste utilisée pour l'atterrissage et se terminant au point d'atterrissage 2) partie d'une procédure d'approche aux instruments qui commence au repère ou point spécifié d'approche, d'approche finale ou, lorsque ce repère ou ce point ne sont pas spécifiés, à la fin du dernier virage conventionnel, virage de base ou virage en rapprochement d'une procédure en hippodrome, si celle-ci est spécifiée, et qui se termine en un point situé au voisinage d'un aérodrome et à partir duquel un atterrissage peut être exécuté ou une procédure d'approche interrompue amorcée
Approche de précision	approche directe aux instruments utilisant des informations d'azimut, de site et de distance fournies par une installation électronique au sol (ILS, MLS, PAR)
APS	avant-projet sommaire, concerne notamment les projets de bâtiment et les travaux publics
Avant-projet plan de masse	document qui constitue la somme des études techniques d'établissement et d'instruction des dossiers de création d'aérodromes ; son but est de matérialiser les principes qui peuvent servir de base aux études ultérieures et à la poursuite des procédures
Bande	aire rectangulaire disposée pour le décollage et l'atterrissage des aéronefs.
Catégories d'approche de précision	catégorie I : hauteur de décision (DH) $\geq$ 60 m (200 pieds) catégorie II : 60 m (200 pieds) $>$ DH $\geq$ 30 m (100 pieds) catégorie III : DH $<$ 30 m (100 pieds)

Circuit en vol ou circuit d'aérodrome	trajet de principe associé à un aérodrome indiquant les manœuvres successives que doivent effectuer en tout ou partie les aéronefs en vol utilisant l'aérodrome
DCE	dossier de consultation des entreprises, concerne notamment tout projet de bâtiment ou de travaux publics
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile
DME (Distance Measuring Equipment)	mesureur de distance
Étude ou projet de composition générale	étude ayant pour but de compléter les éléments de l'avant-projet de plan de masse à une échelle plus grande, afin d'étudier les divers éléments du futur plan de masse et de consulter les utilisateurs et les autorités qui ont à les connaître et, enfin, de faire approuver les principales implantations des ouvrages, bâtiments et installations
Hauteur de décision	hauteur spécifiée entre le train d'atterrissage et un niveau déterminé de l'aérodrome à laquelle, au cours de l'approche de précision, une approche interrompue doit être amorcée si les références visuelles nécessaires à la poursuite de l'approche n'ont pas été établies
ILS (Instrument Landing System)	système d'atterrissage aux instruments
ITAC	instruction technique sur les aérodromes civils
Mesureur de distance d'atterrissage	équipement associé à un VOR permettant à un pilote d'aéronef de connaître la distance qui le sépare d'un radiophare
MLS (Microwave Landing System)	système de guidage à l'atterrissage. Il fournit les coordonnées complètes de l'avion dans un volume important autour de l'axe d'approche et comporte pour cela plusieurs fonctions angulaires, des fonctions de diffusion de données codées et une fonction de mesure de distance ; les mesures se font dans l'avion par mesure du temps qui s'écoule entre deux passages d'un faisceau d'ondes radio en éventail effectuant des allers et retours dans le volume de couverture
OFZ (Obstacle Free Zone)	zone dégagée d'obstacle
PAR (Precision Approach Radar)	radar d'approche de précision
PCG (Plan de composition générale)	document de planification à l'échelle 1/5000ème fixant le contenu des grandes zones d'un aérodrome à différentes étapes de son développement
Point d'attente	emplacement déterminé pouvant être identifié par des moyens visuels ou autres et au voisinage duquel un aéronef en vol doit se maintenir en suivant les autorisations du contrôle de la circulation aérienne

Radar (Radio apparatus detection and ranging)	appareil radioélectrique qui, en mesurant la durée du trajet entre l'envoi d'une impulsion et le retour de l'écho, permet de déterminer la direction et la distance d'un objet
Radiogoniomètre	appareil permettant de mesurer le gisement et la direction d'un aéronef par rapport à une station de radiométrie (radiophare) ; ces appareils peuvent être montés soit dans une station au sol, soit dans un aéronef
Radiophare	station installée au sol, permettant à une station mobile de déterminer son relèvement ou sa direction par rapport à elle
Relèvement radiogoniométrique	angle déterminé par une station radiogoniométrique, formé par la direction apparente d'une source donnée d'émission d'ondes électromagnétiques et une direction de référence
STNA	Service Technique de la Navigation Aérienne
Seuil de piste	début de la partie de la piste utilisable pour l'atterrissage
Seuil décalé	seuil matérialisé sur la piste ou sur la bande (marques sur le sol pour le jour et balises lumineuses pour la nuit) pour signaler aux pilotes qu'ils ne doivent pas atterrir en-deçà du seuil signalé. Il est disposé en fonction de la cote des obstacles pouvant se trouver sur la trajectoire de descente ou en fonction de l'implantation des aides radioélectriques ou visuelles
SSLIA	Service de sauvetage et de lutte contre l'incendie des aéronefs
Système d'atterrissage aux instruments	système radioélectrique destiné à faciliter l'atterrissage des aéronefs. Il fournit un guidage latéral et vertical ainsi que des indications de distance jusqu'au point optimum d'atterrissage
Tour de piste	évolution d'un aéronef à basse altitude autour d'un aérodrome avant l'atterrissage (cf. fascicule 1 hors-texte 1)
Trouée	couloir aérien défini géométriquement à partir des extrémités de bande ; ce couloir dégagé d'obstacle permet les évolutions des aéronefs pour l'atterrissage et le décollage
VHF (Very High Frequency)	très hautes fréquences
Voie de circulation	voie définie sur un aérodrome terrestre, choisie ou aménagée pour la circulation au sol des aéronefs
VOR (VHF Omni Range)	radiophare omnidirectionnel VHF (très hautes fréquences)

Document réalisé par le service technique de l'aviation civile

Rédaction : département Bâtiments

Conception : département SINA, groupe Documentation et diffusion des connaissances

Impression : atelier de reprographie

Janvier 2007



direction générale
de l'Aviation civile

**service technique
de l'Aviation civile**

31, avenue du Maréchal Leclerc
94381 Bonneuil-sur-Marne cedex
téléphone : 01 49 56 80 00
télécopie : 01 49 56 82 19
www.stac.aviation-civile.gouv.fr

ISBN 978-2-11-096932-3

