

LA GÉODÉSIE AU SERVICE DE L'EXPLOITATION DES AÉRODROMES

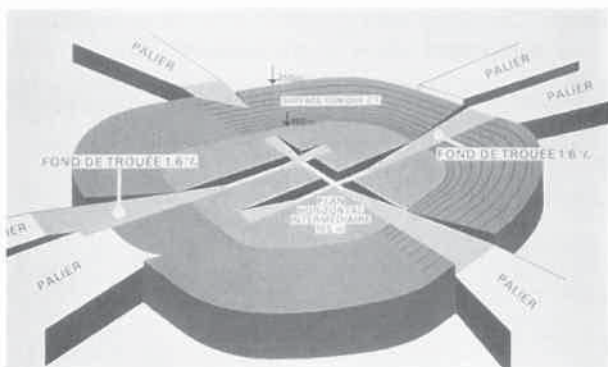
par Pierre Bijou

Ingénieur diplômé de l'Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes - Ingénieur Européen FEANI (EUR - ING)

Les revues techniques s'intéressent à l'aviation civile le plus souvent sous l'angle le plus plaisant pour le grand public : les performances des aéronefs et la commercialisation des voyages, réalisée déjà depuis 1925 aux Etats Unis en ligne régulière ouverte au public. La technique nécessaire au bon fonctionnement des aérodromes, notamment la topographie, est complètement oubliée.

La notion d'infrastructure aéronautique

Parmi les grandes infrastructures de transports, les aérodromes occupent une place importante. L'emprise au sol du domaine aéronautique est relativement faible par rapport aux autres infrastructures, mais les nécessités techniques de l'approche des piste imposent l'application de servitudes "non altius tollendi" de dégagement qui s'étendent largement au-delà de ses limites.



"Servitudes non altius tollendi aux abords des aérodromes - représentation sommaire des surfaces de dégagement - photothèque du STBA

Les aérodromes sont des terrains ou des plans d'eau aménagés pour l'atterrissage, le décollage et les manœuvres des aéronefs, y compris les installations annexes. Les aménagements varient en fonction de la nature et de l'importance du trafic, de la technicité des aéronefs, des particularités d'exploitation et de la régularité de desserte.

Au sein du Ministère des Transports, la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) aura adopté pour la France, une classification originale, se distinguant de celle qui est recommandée par l'Organisation Internationale de l'Aviation Civile (OACI), organisme spécialisé de l'ONU. Alors que l'OACI considère comme seul critère, la longueur de base principale, la DGAC a retenu une classification fonctionnelle appuyée sur les caractéristiques des activités aériennes auxquelles sont destinés les aérodromes. Ils sont répertoriés pour chacun d'entre eux selon : la nature du trafic assuré, la longueur d'étape au départ et la nécessité éventuelle d'assurer le trafic en toute circonstance. Les étapes sont

longues quand elles dépassent 3 000 km (long courrier), moyennes entre 1 000 km et 3 000 km (moyen courrier), et courtes en dessous de 1 000 km (court courrier). L'Instruction Technique sur les Aéroports Civils (Ministère des Transports), répertorie les plates-formes en 5 catégories :

- A = long courrier assuré en toute circonstance,
- B = moyenne distance assuré en toute circonstance avec certains services à grande distance, mais aucune étape longue au départ,
- C = courte distance avec services à moyenne et longue distance, grand tourisme, vols à la demande ou "charters", travail aérien, aviation générale et de voyage,
- D = certains services à courte distance, avec formation, sport et tourisme, aviation générale élémentaire,
- E = aérodromes à caractéristiques spéciales (ACS) destinés aux giravions, aéronefs à décollage vertical ou oblique (altiports, hélistations et héliports).

Les ACS sont adaptés à une technique spéciale de l'avion et aux particularités d'exploitation. L'ITAC subdivise les catégories C, D, E du code de l'Aviation Civile en classes déterminées en fonction des caractéristiques et de l'importance du trafic.

Globalement, les longueurs de piste des plates-formes aéronautiques varient de 1 à 4 km. Les aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique (CAP), permettent à tous les aéronefs présentant les caractéristiques appropriées d'en faire usage. Le classement en catégories ne s'applique qu'aux plates-formes ouvertes à la CAP, sauf celles à usage restreint des administrations telles que militaires. Les hydrobases sont répertoriées en 3 catégories A, B, C. L'ouverture d'un aérodrome n'est pas soumise à DUP, mais sa création doit être autorisée. Le réseau des infrastructures aéronautiques de France, est inscrit dans les documents de planification : schéma directeur de l'équipement aéronautique (national), et plan aéronautique des régions pour les aérodromes structurants. Les avant-projets de plans de masse (APPM) et les plans de composition générale (PCG), après approbation, sont pris en compte dans les SDAU et les POS.

Alors que l'Administration prévoyait, en 1947, une extension très importante du réseau aéronautique avec 620 plates-formes en Métropole, il n'en existe que 555 qui ont été régulièrement autorisées, Outre-Mer compris. Les ACS "sauvages" sont utilisés principalement par les hélicoptères. Les installations majeures ont été équipées pour l'atterrissage aux instruments. Mais, aucun aérodrome de catégorie D ne bénéficie de ce type d'ins-

tallation, bien que l'équipement radiotechnique des petits aéronefs privés se perfectionne. Néanmoins, leur exploitation est améliorée par le recours à des aides radioélectriques d'approche : radiophare omnidirectionnel (VOR) et Distance Measuring Equipement (DME).

Besoins en information topographique

La nature des besoins en produits topographiques est intimement liée au mode d'exploitation des plates-formes aéronautiques. L'analyse des phases de cette utilisation : atterrissage, approche et protection réglementaire des abords, permet d'appréhender avec netteté l'objet de la demande et d'adapter l'offre en produits topographiques.

Les pistes répondent à des besoins opérationnels pour l'atterrissage et le décollage des aéronefs les plus lourds et pour les aéronefs légers. Elles facilitent la circulation aérienne et le contrôle des mouvements au sol. Un trafic d'aéroclub ou occasionnel ne nécessite qu'une bande engazonnée, alors que le transport de voyageurs et de marchandises exige des pistes en matériau dur, tel que le béton de ciment ou le béton bitumineux. Elle seront apparues à partir de la décennie ayant précédé le deuxième conflit mondial.

Les voies non revêtues des aérodromes de catégorie D ne peuvent pas supporter des appareils, avions et planeurs, dont la masse dépasserait 5,7 t. Des pentes maximales de 3% sont encore acceptables pour les bandes engazonnées correspondantes.



Nivellement de la piste de l'aérodrome de Lyon-Satolas - travail exécuté sous trafic par la cellule topographique - photothèque du STBA

L'exploitation des pistes revêtues pour un trafic dense, et notamment commercial, est plus contraignante. La conception technique de la piste d'aérodrome ne diffère guère de celle d'une voie routière. Néanmoins, elle demande une adaptation aux caractéristiques du trafic aérien, les aéronefs sont lourds, leur masse pouvant atteindre jusqu'à 3 00 t, et leur vitesse d'évolution nettement plus élevée que celle d'un trafic routier (280 km/h). La pression des pneumatiques d'atterrisseurs est de 14 à 15 kg/cm² au lieu de 1,5 à 2 pour un véhicule routier, et la charge par roue peut monter à 45 t alors qu'elle est limitée à 13 t/essieu sur la route. Chaque Etat doit annoncer la résistance des pistes des aérodromes internationaux. La qualité de la chaussée aéronautique (portance, intégrité de surface, uni du profil en long et glissement), influe directement sur la sécurité, car contrairement à la route, aucune limitation d'utilisation n'est tolérable. La fatigue des structures de l'avion, n'est pas une

crainte réaliste car déjà prise en compte lors de sa conception. Par contre, les défauts de piste peuvent gêner l'écoulement des eaux et produire l'hydroplanage, rendre le contrôle délicat de l'appareil en créant des résonances aux atterrisseurs : pompage, tangage ainsi que résonance longitudinale et réduire l'efficacité du freinage. La surcharge dynamique, en outre, accélère la détérioration des chaussées. Les nids de poule et décalages des plaques de béton sont techniquement intolérables.

Les pentes maximales admissibles sont plus contraignantes que pour une route : 1 à 1,5% transversale, 1,25% longitudinale, premier et dernier quart : 0,8%. Des pentes maximales, longitudinales et transversales, de 2% sont acceptables pour les aérodromes de catégorie C et D. Les pentes minimales acceptables pour les autres installations varient de 1,5 à 1,75% (A, B) à 2% (D et E) en longitudinal et 2,5% (A, B et C) à 3% (D et E), en transversal. Les défauts à détecter dans l'uni d'une piste correspondent à des fréquences nuisibles de 0,5 à 15Hz. Les petites longueurs d'ondes de 8 à 20 m gênent le pilote et celles de 20 à 100 m, les atterrisseurs. Lors de travaux de réfection ou de renforcement de piste, le coût du remblai impose une bonne connaissance du terrain de base : fond de forme de chaussée et abords non revêtus, bande aménagée et bande dégagée. La piste pourra être étudiée par nivellement des points caractéristiques du profil de celle-ci, le maillage appliqué aux pistes revêtues étant particulièrement dense. Les voies de circulation et aires de stationnement demandent moins de points de contrôle.



Atterrissage aux instruments - survol de localiseur 'élément de l'ILS' - aérodrome de Roissy-Charles de Gaulle - photothèque du STBA

Sur les infrastructures les plus importantes, l'approche finale des avions est guidée par un système d'instruments d'aide à l'atterrissage. Des indicateurs visuels de pente d'approche sont installés pour donner au pilote l'information visuelle sur le positionnement vertical de son appareil. Ce seront des : visual approach slope indicator system (VASIS), AVASIS, et précision approach path indicator (PAPI), plus précis que les précédents et devant les remplacer. Les précisions d'exécution de calage varient de 10' à 30'. Des systèmes d'aide à l'atterrissage sont utilisés pour les aérodromes les plus fréquentés. Ils permettent d'atterrir par tout temps et augmentent sécurité et régularité du trafic. Le plus courant, l'instrumental landing system (ILS), comprend plusieurs éléments radioélectriques répartis sur une ligne pouvant atteindre 5 à 10 km : le radioalignement de piste RAP ou LLZ en angloaméricain, le radioalignement

en descente (RAD ou GP en abréviation angloaméricaine), et radioborne (OM, out marker angloaméricain, balise externe), middle marker ou balise moyenne (MM), et le DME. En 1995, les ILS devront être remplacés par les microware landing system (MLS). L'approche guidée par instrument, dite de précision, dont le niveau de performance est donné par un chiffre allant de I à III, requiert que la pente de la piste ne dépasse pas 0,6% sur les premiers 900 mètres par exemple pour la catégorie dite III A.

Le Service Technique de la Navigation Aérienne (STNA), soucieux d'augmenter le niveau de performance des installations des aérodromes commerciaux, demande la localisation altimétrique et planimétrique des éléments du dispositif ILS : le RAD (LLZ ou localiseur), le radioalignement en descente (GP), et la balise moyenne (MM), la balise externe (OM), ainsi que les seuils et points caractéristiques de la piste.

La sécurité aérienne suppose l'élimination des proménances, points hauts qui pourraient constituer des obstacles à l'atterrissage dans deux zones :

- la surface libre d'obstacle (obstacle free zone ou OFZ), où 45 m de dégagement sont réalisés de chaque côté du bord de piste,
- la surface d'évaluation d'obstacles (OAS), où le risque de collision serait supérieur à 10^{-7} .

A cet usage, un lever numérique, qui permet l'exploitation des coordonnées des points hauts en ordinateur à travers un programme modélisant les risques de collision, le CRM en initiales anglosaxonnes, est réalisé. Les sommets et bases des points hauts seront données par rapport à un repère orthonormé dont l'origine est située au seuil d'atterrissage en mauvaise visibilité (seuil AMV). La cote de ce seuil est le zéro, les ordonnées sont dirigées vers l'extérieur de la piste.



Pose d'un repère d'axe de piste sur l'aérodrome de LOUDUN - photographie de Pierre Bijou

Lors de l'établissement du plan des servitudes aéronautiques de dégagement, le code de l'aviation civile exige que le dossier mis à l'enquête préalable à l'approbation comprenne une liste de repères NGF et de points TGF proches et nécessaires à la compréhension de ce document administratif. La pose de deux bornes d'axe de piste complémentaires connues en planimétrie (dans le système de LAMBERT pour les aérodromes qui sont situés en France métropolitaine) ainsi qu'en altimétrie, est demandée. Elles sont positionnées de préférence par rapport aux extrémités de la piste principale ou de

celles qui sont accessibles aux avions, en cas de pluralité d'orientations. Le calage des périmètres d'appui des servitudes de dégagement, la détermination des points hauts par rapports aux abords de plate-forme, l'établissement de leviers complémentaires et la vérification du respect des altitudes maximales autorisées, sont réalisés à partir de ces repères.

Précisions requises et établissement de repères complémentaires

La précision de rendu des produits topographiques résulte des exigences formulées par les techniciens qui exploitent ces données. Elle est déterminée par l'analyse préalable des besoins en renseignements découlant de l'utilisation qui en est faite.

L'approche et l'atterrissage sont analysés sous deux aspects : le calage des aides à la navigation et la sécurité aérienne en approche de précision, situation la plus contraignante. Dans ce but, le Service technique de la navigation Aérienne (STNA) veut connaître pour les plates-formes où cette procédure est appliquée, la position des éléments de l'ILS :

- en planimétrie = ordonnées au mètre exact (± 50 cm) et abscisses au décimètre exact (± 5 cm),
- en altimétrie = altitude au décimètre exact (± 5 cm).

La sécurité aérienne en approche de précision est appréciée par l'exploitation des leviers topographiques réalisés par programme informatique spécialisé mis au point pour la France, par l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile (ENAC) de Toulouse. Les altitudes y sont introduites en pieds (ft en abrégé), cette mesure anglosaxonne valant environ 0,30 m. La planimétrie doit être connue au mètre près (± 50 cm), tout en tenant compte des pentes des surfaces OFZ et OAS, être cohérente avec la précision altimétrique en pieds (± 15 cm).

Les précisions requises dans l'exploitation de la piste d'envol varient selon qu'il s'agit d'une bande engazonnée ou d'une piste en dur. Les nécessités du reprofilage de piste ou de réfection, requièrent la connaissance de la topographie avec une précision de l'ordre de celle du lever tachéométrique. Elle est justifiée, si l'on tient compte que l'on est en présence de terrains d'assise de bonne qualité choisis pour établir les pistes pouvant résister à des charges au roulage.

Les précisions retenues, lors de la construction de chaussée, pour le nivellement par rapport au projet, varient de ± 2 cm pour le fond de forme de chaussée et abords non revêtus, ± 3 cm pour les autres parties de la bande aménagées, et ± 5 cm pour la bande dégagée. Les écarts tolérés pour une chaussée neuve seraient, selon l'OACI de 3 mm / 3 m et 2,5 à 3 cm / 45 m, et pour la France (Cf ITAC) : 3 mm / 3 m et 10 mm / 10 à 15 m au maximum. La nécessité de garantir l'évacuation des eaux impose l'appréciation de dénivelées de 3 mm qui pourraient être mises en évidence par la règle à araser. L'étude de l'uni de la piste est réalisée couramment depuis 1975 avec l'analyseur de profil en long (APL 72) issu de la technique routière. La mesure est réalisée par bandes de 200 m avec calage par nivellement à chaque extrémité. Le lever topographique n'a pas été souvent utilisé jusqu'ici, car considéré par les ingénieurs de

L'Équipement comme lourd à mettre en œuvre : 5 points par profil tous les 5 à 10 m sur des piste pouvant atteindre une longueur de 4 km. A l'heure actuelle, il devrait en être autrement avec l'utilisation d'un niveau électronique à grand rendement, tel que le niveau NA 2000 de la société WILD, qui facilite la mesure et permet le traitement informatique du nivellement.

La protection des abords de l'aérodrome passe par la réalisation de levés complémentaires et le respect d'obligations réglementaires. La méthode tachéométrique suffit amplement pour établir un lever complémentaire dont l'exploitation reste interne au Service Technique des Bases Aériennes (STBA). Le semis numérique n'est pas utilisé et les reports sont exécutés à une échelle maximale du 1/2000, mais plus couramment par complétage graticulé de plans au 1/10 000 ou 1 / 20 000 nécessaires à la confection de dossiers administratifs d'établissement de servitudes de dégagement. Aucune cote de niveau n'est reportée au-delà du dm (± 10 cm).

Le code de l'aviation civile, ne différencie pas les repères (NGF et TGF) existants, des repères complémentaires, dénommés dans les services de la DGAC improprement bornes d'axe de piste, nécessaires à la mise en œuvre des servitudes aéronautiques de dégagement. Ils sont considérés comme découlant de la réglementation existante : lois de 1892 et 1943 et arrêtés de 1948 et 1980, le premier n'étant pas applicable aux aérodromes d'Outre-Mer pour ce qui se rapporte à l'obligation d'utiliser la projection de LAMBERT. Les précisions dans l'établissement de ces repères complémentaires doivent permettre leur exploitation par tout géomètre-expert au même titre que les agents de l'IGN, lors d'une expertise relative à l'application des servitudes à un terrain riverain d'un aérodrome demandée par son propriétaire.

Les besoins en précision sont dictés par les nécessités du respect de la réglementation existante, des relevés de déformation des pistes en dur, et du calage des aides la navigation aérienne.



Rattachement par relèvement à la triangulation générale de la France d'un repère d'axe de piste - aérodrome de Saverne - Steinbourg - travail exécuté par la cellule topographique - photographie de Pierre Bijou

Le rattachement planimétrique, essentiellement réalisé par relèvement des bornes-repères, à la triangulation générale de la France, sur références de 4^{ème} et 5^{ème} ordres en visées courtes, inférieures à 2,5 km, qui est suffisant, correspond à la précision du canevas ordinaire.

Il conviendrait néanmoins d'éviter les écarts dépassant la tolérance du canevas de précision.

Le rattachement altimétrique au nivellement général de la France, étant donné l'hétérogénéité des repères utilisables, est de la précision du canevas ordinaire. Ce qualificatif réglementaire ne doit pas tromper, car les précisions exigées ne correspondent absolument pas à celles qui peuvent être obtenues avec un niveau de chantier.

Les bornes sont posées dans le domaine aéronautique, suffisamment éloignées des seuils de piste pour ne pas être affectées par les travaux, notamment d'extension. Constituées par des blocs de béton coulé sur place, elles sont profondément ancrées pour résister à la pression de bandages pneumatiques de véhicules et être constamment hors gel. Une fondation de 90 cm est, par exemple, nécessaire en Lorraine. La face carrée de 45 cm de côté apparaît en saillie de 10 cm à la surface du sol avec un repère central et une plaque d'identification, tous deux en acier inoxydable.

REFERENCES

I- Bibliographie

- L'uni des pistes - Revue générale des routes et aérodromes - n° 597 - Mai 1983 - par G. GOVINDASSAMY, A. VIANO, et P.J. ELOI.
- L'uni des pistes - juillet 1986 - STBA - MELTEM/DGAC/SBA.
- Besoins en repères complémentaires dans l'exploitation des plates-formes aéronautiques - Revue GEOTOP n° 110 (ESGT) - Septembre 1988 - Pages 7 à 9.
- Aspects de la commande de produits topographiques par l'Administration - Revue GEOTOP (ESGT) - n° 113 - Janvier 1989 - pages 25 à 31.
- Contraintes urbanistiques aux abords des aérodromes - Revue XYZ - n° 45 - Octobre 1990 - Pages 37 à 48.

II Textes officiels :

- Convention relative à l'aviation civile internationale signée à Chicago le 07 décembre 1944, ratifiée le 13 novembre 1946 et publiée par décret n° 69 - 1158 du 18 décembre 1969.
- Code de l'aviation civile et notamment ses articles D 242 - 1 et D 242 - 3.
- Acte dit loi n° 374 du 06 juillet 1943 validé et complété par la loi n° 57 - 391 du 28 mars 1957 relatif à l'exécution des travaux géodésiques et cadastraux et à la conservation des signaux, bornes et repères.
- Arrêté interministériel du 20 mai 1948 relatif aux travaux topographiques et topométriques entrepris par les services publics, collectivités publiques, établissements publics, ou entreprises concédés avec la participation financière de l'Etat, des Départements ou des Communes, couvrant au moins 1 000 ha et ayant pour but l'établissement de plans au 1/10 000 ou à échelle plus petite (J.O. du 02 juin 1948).

- Arrêté interministériel du 21 janvier 1980, fixant les tolérances applicables aux levés entrepris par les services publics (Cf - fascicule n° 80 - 12 bis du B.O. - MECV).

- Décret n° 85 - 404 du 03 avril 1985 - approbation du fascicule n° 50 - cahier des clauses techniques générales - plans à grande échelle - (Cf - fascicule spécial n° 85 - 29 bis).

- Arrêté du 22 décembre 1986 et Instruction NR 20210 du 26 février 1987 (Equipelement - DGAC - SIA) relative aux conditions d'homologation et d'utilisation d'un aérodrome pour exécution de procédures d'approche de précision.

- Circulaire d'application (de l'arrêté du 20 mai 1948) n° 4 300 IGN / C du 15 décembre 1948.

- Instruction spéciale fixant les conditions d'exécution des travaux de triangulation, de polygonation et de nivellement relevant du contrôle de l'IGN - IGN / 1949 - Service de la géodésie - Ministère des Travaux Publics, des Transports et du Tourisme.

- Circulaire n° 1830 DBA du 24 mars 1967 relative aux servitudes aéronautiques de dégagement et aux bornes de repérage (Ministère de l'Equipelement - DBA).

- Instruction du 28 janvier 1980 relative aux tolérances applicables aux levés entrepris par les services publics (Cf - fascicule n° 80 - 12 bis du B.O. - MECV).

- Instruction technique sur les aérodromes civils (Ministère des Transports - DGAC - SBA) :

- fascicule n° 1 = Généralités - Mai 1983, SL, 74 pages,

- fascicule n° 2 = Aires de manœuvre, pistes, bandes et voies de circulation - juin 1983, SL, 80 pages,

- fascicule n° 3 = Aires de manœuvre, aides à l'atterrissage, et équipements météorologiques - juillet 1983, SL, 112 pages,

- fascicule n° 4 = Aires de manœuvre, constructions - octobre 1983, SL, 130 pages,

- fascicule n° 7 = Installations de la navigation aérienne et météo - 1985, SL, 70 pages

- fascicule n° 9 = Dégagements - avril 1986, SL, 118 pages.

- Circulaire n° 84 - 50 (MELTEM) - Direction des Routes - du 23 juillet 1984 - contrôle de l'uni - et guide technique du SETRA.

- Documents techniques relatifs à la Convention relative à l'aviation civile internationale (OACI),

- Normes et pratiques recommandées internationales - Annexe n° 14 (Aérodromes),

- Manuel de conception des aérodromes - 1ère partie - Pistes.

VUES AERIENNES METRIQUES

Toutes échelles - Toutes émulsions : pour toutes applications

— Vues aériennes panoramiques —

Tous travaux photographiques de précision liés à la cartographie :

Agrandissement, réduction, modification, assemblage de plans - tous formats - tous supports.



AU SERVICE DES AMENAGEURS

670, rue Jean Perrin - Z.I. - 13851 AIX EN PROVENCE CEDEX 03

Téléphone : 42.60.05.45 - Télécopie : 42.24.26.04