

LA MESURE DE LA VISIBILITE

La mesure de la visibilité s'effectue à l'aide d'un visibilimètre. Il peut s'agir d'un diffusomètre ou d'un transmissomètre combiné à un luminancemètre. Cet instrument de mesure se compose d'un émetteur et d'un récepteur et permet de déterminer la POM (Portée Optique Météorologique).

La visibilité : estimation par l'observateur et évaluation par des instruments

A l'origine de l'observation, la visibilité météorologique a été définie comme une distance estimée par un observateur humain. Il peut ainsi visuellement déterminer la visibilité à partir d'objets sélectionnés selon leurs caractéristiques géométriques et photométriques et dont la distance au point d'observation est connue. C'est généralement de cette manière que les observations sont effectuées à Météo-France. Cette estimation visuelle de la visibilité est toutefois subjective. Elle dépend aussi bien des caractéristiques de la source lumineuse et des facteurs de transmission de l'atmosphère que des capacités de perception et d'interprétation de l'observateur. Les observations humaines de jour sont de bonnes qualités mais de nuit, il est plus difficile de déterminer avec précision la visibilité. En effet, par obscurité totale, l'intensité de la source lumineuse est plus importante qu'au crépuscule ou en plein jour. Les repères lumineux de visibilité contribuent à la détermination de la visibilité et doivent donc être choisis de manière adéquate.

Afin de limiter la subjectivité de cette estimation de la visibilité, des mesures instrumentales peuvent également être effectuées. Elles constituent ainsi une aide pour l'observateur. L'évaluation instrumentale de la visibilité est déterminée à partir de calculs faisant intervenir plusieurs paramètres dont la mesure du coefficient de transmission ou d'extinction de l'atmosphère mesuré par un transmissomètre ou un diffusomètre. Ces mesures objectives permettent de déterminer la POM. En effet, à Météo-France, comme l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale) le recommande, la Portée Optique Météorologique est la mesure de visibilité à usage général et aéronautique.

Définitions de la visibilité

La visibilité météorologique (VIMET) correspond à la visibilité horizontale déterminée visuellement à partir d'objets sélectionnés selon leurs caractéristiques géométriques et photométriques et dont la distance au point d'observation est connue.

En 1957, l'OMM a recommandé d'utiliser la POM comme mesure de l'état optique de l'atmosphère. Par définition, « La Portée Optique Météorologique » est la longueur du trajet que doit effectuer dans l'atmosphère un faisceau de rayons lumineux parallèles, émanant d'une lampe à incandescence, à une température de couleur de 2 700 K, pour que l'intensité du flux lumineux soit réduite à 0,05 fois sa valeur originale, le flux lumineux étant évalué au moyen de la fonction de luminosité photopique de la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). »

De jour, les estimations visuelles de la visibilité donnent une bonne approximation de la valeur réelle de la POM. La VIMET est définie comme la plus grande distance à laquelle un objet noir, de dimensions appropriées, situé au voisinage du sol peut être vu et identifié

lorsqu'il est observé sur un fond diffusant. De nuit, la visibilité météorologique peut être définie de façon identique avec une intensité lumineuse proche de celle du jour ou comme la plus grande distance à laquelle des sources lumineuses d'intensité modérées peuvent être vues.

La Portée Visuelle de Piste (PVP ou RVR pour Runway Visual Range en anglais) est définie comme étant la distance jusqu'à laquelle un pilote d'aéronef, placé dans l'axe de la piste, peut voir les marques ou les feux qui délimitent la piste ou la balisent. Elle définit les conditions d'exploitation d'un aérodrome pratiquant des approches de précision. Elle est calculée à partir du Pouvoir Transmissif de l'Atmosphère, de la luminance de fond et de l'intensité de balisage de la piste.

Le Pouvoir Transmissif de l'atmosphère (PTA) caractérise le trouble atmosphérique. Il se définit par le rapport du flux lumineux reçu par le récepteur du transmissomètre et le flux lumineux émis:

$$PTA = \frac{\phi_{reçu}}{\phi_{émis}}$$

Le coefficient d'extinction de l'atmosphère, noté σ , est la proportion de flux lumineux qu'un faisceau de rayons lumineux parallèles émanant d'une source à incandescence à une température de couleur de 2700 K perd en parcourant dans l'atmosphère une longueur égale à l'unité de distance.

Les diffusomètres : instruments de mesure de visibilité à Météo-France

Les premières études sur la mesure de la visibilité par diffusion de la lumière ont débuté dans les années 1970. Le terme générique de visibilimètre désigne les deux instruments de mesure utilisés à Météo-France : les transmissomètres (voir la partie « Compléments » pour plus d'informations sur cet instrument de mesure) et les diffusomètres. Les premiers diffusomètres ont été installés en 1996.

Les diffusomètres estiment la visibilité au sens de la POM sur la totalité de la plateforme. Elle se nomme Visibilité Météorologique Instrumentale (VMI) sur les aérodromes réalisant des approches à vue VFR (Visual Flying Rules). Ce sont des capteurs permettant une mesure fiable de la POM grâce au coefficient d'extinction de l'atmosphère. Bien que n'utilisant qu'un petit volume de mesure (quelques dm³), ils permettent de réaliser des mesures objectives et répétitives de la POM, en enlevant l'incertitude d'estimation de l'observateur. L'étendue de mesure de la distance de visibilité avec un diffusomètre est plus large, de 10 mètres à 10 kilomètres sur un aéroport.

Météo-France a décidé, au vu des bonnes performances des diffusomètres par rapport aux transmissomètres, d'installer ce type d'instrument sur les sites où la mesure de la visibilité est nécessaire, typiquement sur les aéroports. Toutefois, les deux équipements peuvent coexister sur un même aérodrome.

Unité de la visibilité

La visibilité s'exprime généralement en mètres.

Constitution d'un diffusomètre



Photo 1 : *Diffusomètre* © Météo-France

Un diffusomètre est composé d'un support vertical de deux mètres de haut fixé au sol, et disposant de deux bras, supportant les deux blocs : émetteur et récepteur. Les bras plongent légèrement vers le bas afin de protéger les optiques des éventuelles salissures. Un coffret de traitement électronique se trouve à mi-hauteur du support vertical.

Fonctionnement du diffusomètre

Météo-France utilise comme instrument de mesure de visibilité un diffusomètre pour déterminer automatiquement la POM, représentative de l'aéroport.

Principe de la mesure

La détermination de la distance de visibilité repose sur le principe de la diffusion de la lumière par les particules en suspension dans l'atmosphère dans un volume restreint d'atmosphère (20 litres environ à 2 mètres au-dessus du sol). Cette diffusion est proportionnelle à la densité de particules en suspension et la visibilité est inversement proportionnelle à l'intensité du signal diffusé reçu.

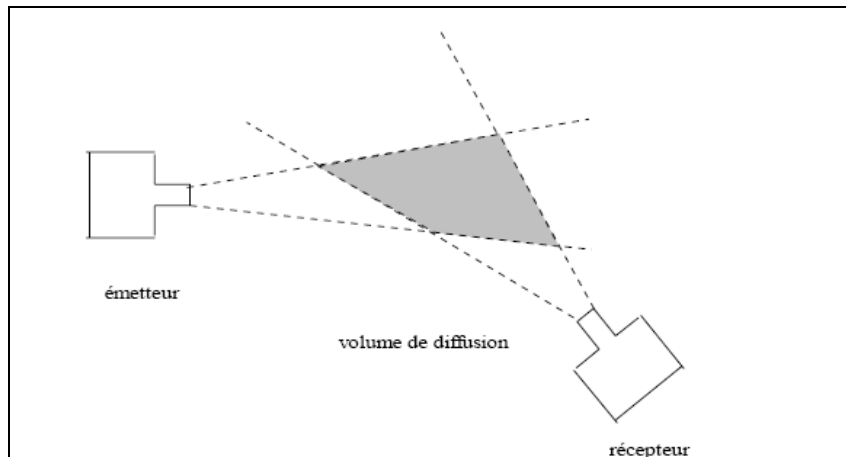


Figure 4 : Principe de la mesure : la diffusion © Météo-France

Le volume de diffusion est constitué par l'intersection du cône d'émission de lumière et du cône de réception du photodétecteur. Un angle de 35° environ, entre la direction d'émission et de réception, permet d'obtenir un signal de diffusion à peu près indépendant de la taille des particules.

La source lumineuse est constituée par une lampe halogène. Pour s'affranchir des flux lumineux parasites environnants, le faisceau de lumière blanche est modulé en amplitude, avec saut de phase (fréquence 20 Hz). Il couvre le domaine des longueurs d'onde visibles (entre 0,4 et 0,8 μm). Les particules en suspension dans l'atmosphère (les molécules de gaz, les gouttelettes de brouillard et les gouttes de pluie) diffusent cette lumière dans un angle de 20 à 50°. Elle est ensuite concentrée sur le photodétecteur.

Après mesure de la diffusion du flux lumineux, le coefficient d'extinction peut être calculé. Le coefficient d'extinction atmosphérique dépend de l'absorption et de la diffusion d'un flux lumineux pénétrant dans l'atmosphère. Dans l'atmosphère, l'effet d'absorption est le plus souvent négligeable et le coefficient d'extinction est considéré comme égal au coefficient de diffusion. Ce n'est toutefois pas le cas en présence de neige, de brouillard se congelant, ou de particules de pollution en suspension.

Un calcul permet ensuite à partir du coefficient d'extinction de l'atmosphère d'obtenir la POM. A Météo-France, la visibilité est moyennée sur trois minutes et transmise vers le concentrateur de données toutes les minutes.

La mesure de la visibilité par un diffusomètre est représentative du petit volume d'atmosphère échantillonné par le capteur. C'est pourquoi, l'expertise complémentaire de l'observateur humain est souvent nécessaire pour une bonne estimation de la visibilité sur la zone aéronautique.

Incertitude, sensibilité du capteur

L'étendue de mesure du diffusomètre est de 10 mètres à 60 kilomètres. Cependant, pour les besoins aéronautiques, la limite supérieure est bornée à 10 km. L'incertitude est de + ou - 20 % dans 90 % des mesures globales. Afin de garantir cette incertitude, les opérations d'entretien et de maintenance préventive doivent s'effectuer tous les trois mois environ.

Les coefficients d'extinction atmosphérique mesurés varient entre $2 \cdot 10^{-5}$ et $2 \cdot 10^{-1} \text{ m}^{-1}$, ce qui implique une sensibilité de la photodiode réceptrice très importante.

Installation de l'instrument

Afin d'obtenir la meilleure représentativité du volume d'analyse de l'air, plusieurs recommandations doivent être prises en compte lors de l'installation d'un diffusomètre.

La zone d'implantation doit être horizontale, gazonnée et non inondable pour accueillir le support en béton servant de socle. Elle doit être à l'écart de tout environnement atmosphérique pouvant salir les optiques (fumées industrielles...) et d'obstacle fixe ou source lumineuse proche.

Une implantation à proximité du milieu de piste doit être si possible privilégiée. Cependant, si des conditions de visibilité sont le plus souvent rencontrées dans une zone identifiée, il conviendra d'installer le diffusomètre dans cette zone.

Principales sources d'erreur de mesure

Le calcul de la distance de visibilité ne prend pas en compte les éventuelles salissures. Ainsi, si un phénomène augmente le flux reçu (cas d'une toile d'araignée dans le volume d'analyse par exemple), la POM calculée possède une visibilité plus faible que la visibilité réelle. Les salissures sur les blocs optiques engendrent, quant à elles, une visibilité plus élevée que celle attendue. En effet, de par son principe de fonctionnement, la POM est inversement proportionnelle au signal diffusé reçu.

La mesure peut également être perturbée par la présence de certains aérosols.

Compléments : Le transmissomètre

Un transmissomètre est le deuxième instrument de mesure de visibilité à Météo-France. Il délivre la valeur du Pouvoir Transmissif de l'Atmosphère (PTA). En combinant ce paramètre à l'intensité lumineuse de l'atmosphère et à l'intensité des lampes de balisage (pour l'éclairage des pistes), le transmissomètre permet de calculer la Portée Visuelle de Piste (RVR). Il s'agit d'un équipement nécessaire à l'homologation des pistes réalisant des approches de précision IFR (Instrument Flying Rules) de catégorie I à III. En effet, la visibilité est un paramètre très important pour l'aéronautique et la RVR répond aux besoins d'aide à l'atterrissage. Les transmissomètres mesurent la POM mais sur une gamme limitée, de 75 à 1500 mètres avec un pas de 30 mètres.

Bibliographie :

JAVELLE, Jean-Pierre, ROCHAS, Michel, PASTRE, Claude et al. *La météorologie : du baromètre au satellite. - Mesurer l'atmosphère et prévoir le temps*. Paris : Edition Delachaux et Niestlé, coll. «La bibliothèque du naturaliste », 2000. 171 p.

FRAYARD, Marc. *Cours de Mesure et Capteurs de l'Ecole Nationale de la Météorologie, Météo-France*.

DSO Météo-France. *Notice technique diffusomètre DF20*. 2006.

DSO Météo-France. *Notice du premier degré d'entretien du diffusomètre DF20*. 2006.

Service Technique de l'Aviation Civile. *Instruction Technique sur les Aérodomes Civils*. 2001. Chapitre 3-2-4, *Les équipements météorologiques*, p. 123-126.

Webographie :

DSO. *Les capteurs de temps présents*. 2007. Fichier informatique
URL <http://dsonet.dso.meteo.fr/spip.php?article667>.