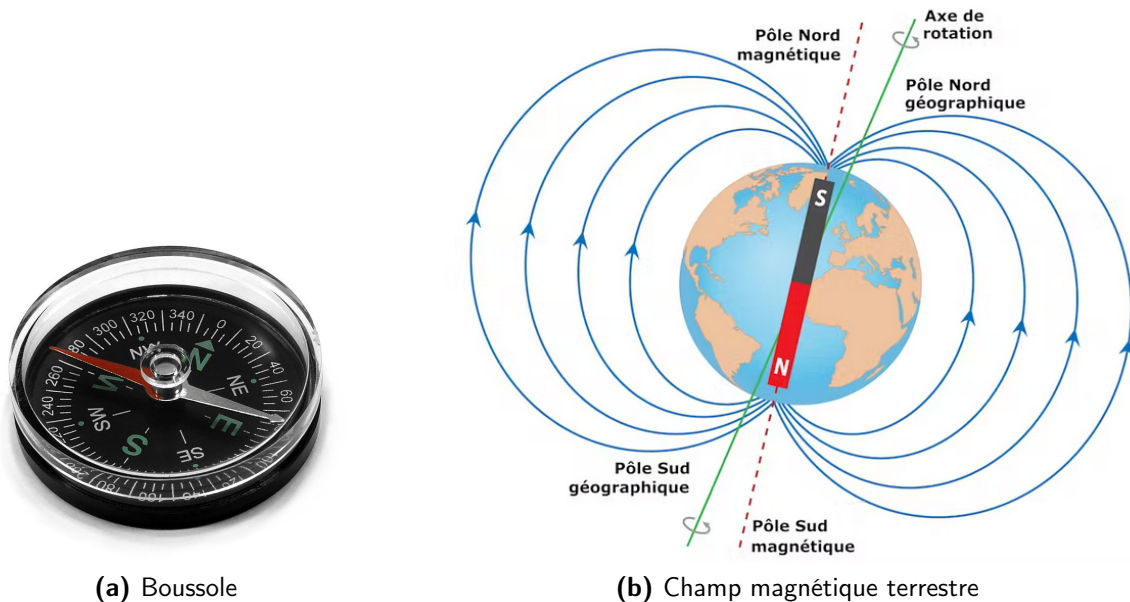


1.4. Orientation sur Terre

Historiquement, la navigation s'effectue avec une boussole qui pointe vers _____ de la Terre. La Terre comporte en son centre un noyau métallique (du fer et du nickel) essentiellement sous formes solide et liquide. Les mouvements internes de ce noyau créent un _____ qu'on représente généralement sous la forme de l'illustration ci-après.



(a) Boussole

(b) Champ magnétique terrestre

Figure 6 – Utilisation du magnétisme terrestre

Comme représenté sur la figure précédente, le **nord magnétique** n'est pas situé au même endroit que le **nord géographique** (ou _____ en aéronautique). Ces deux points ont des définitions différentes :

- le nord géographique est l'intersection entre l'axe de rotation de la terre et la surface terrestre situé dans l'hémisphère nord ;
- le nord magnétique est défini comme le point vers lequel pointe le pôle nord d'un _____ (qui est le principal constituant d'une boussole).

Dans la partie du cours sur les instruments, le _____ est exactement une boussole facilement lisible en vol.



Figure 7 – Compas magnétique

Ainsi, outre les corrections inhérentes aux perturbations des parties métalliques de l'avion, il faut prendre en compte le fait que le nord magnétique ne donne pas la direction du nord vrai et établir des cartes pour

corriger cette différence. De plus, le nord magnétique bouge au cours du temps.

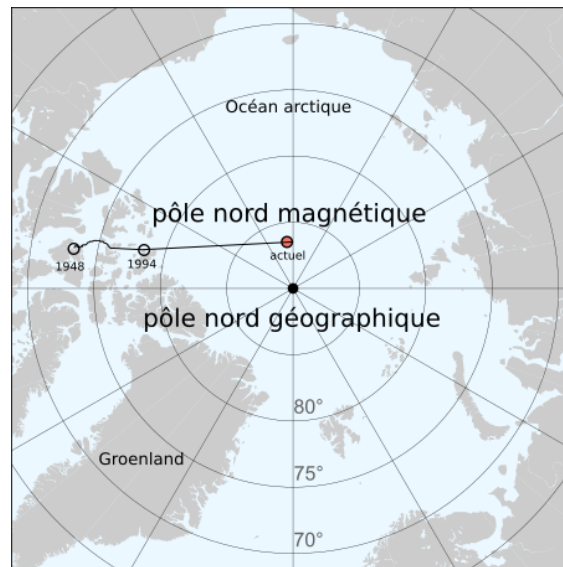


Figure 8 – Position du nord magnétique au cours du temps

On définit ainsi la _____ qui établit le lien entre le nord vrai et le nord magnétique sous la forme d'un angle. Celle-ci est variable selon la position sur la Terre et dans le temps (nécessité de modifier les cartes d'une année sur l'autre).

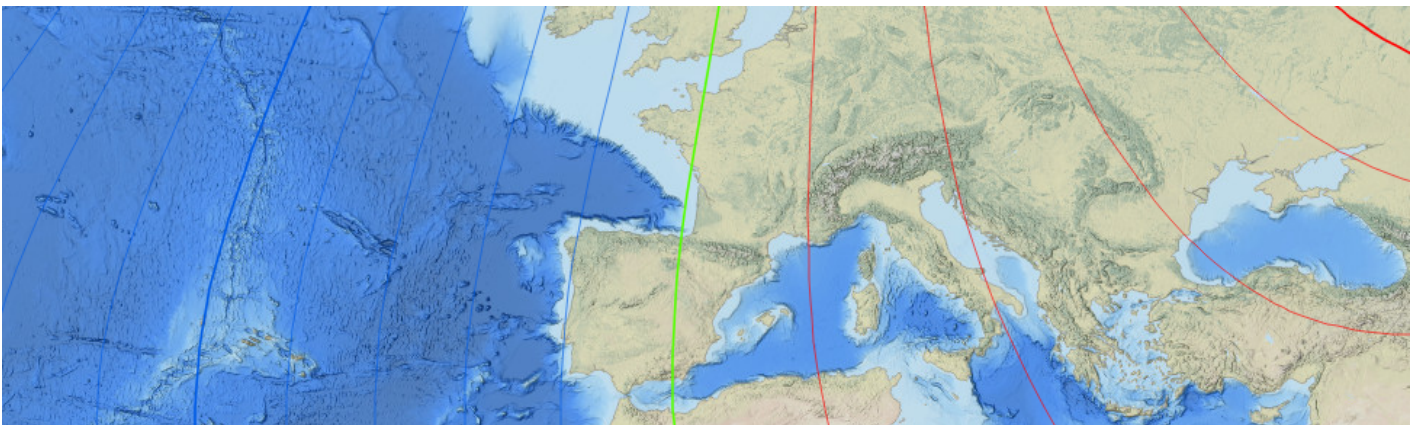


Figure 9 – Déclinaison magnétique

Remarque : on pourra constater qu'il ne s'agit pas de lignes sur la carte. En effet, on n'oubliera pas les difficultés pour représenter la Terre sous forme de carte.

Si on note D_m la déclinaison magnétique (négative vers l'ouest et positive vers l'est), θ_m la direction magnétique et θ_v la direction vraie, on a la formule :

$$\theta_v = \theta_m + D_m$$

qui est une égalité entre angles.

On peut examiner ceci avec les dessins figurant sur la page suivante et sur lesquels on donne l'indication de la boussole de l'avion (le compas, sur lequel les parties métalliques de l'avion sont négligées ou corrigées).

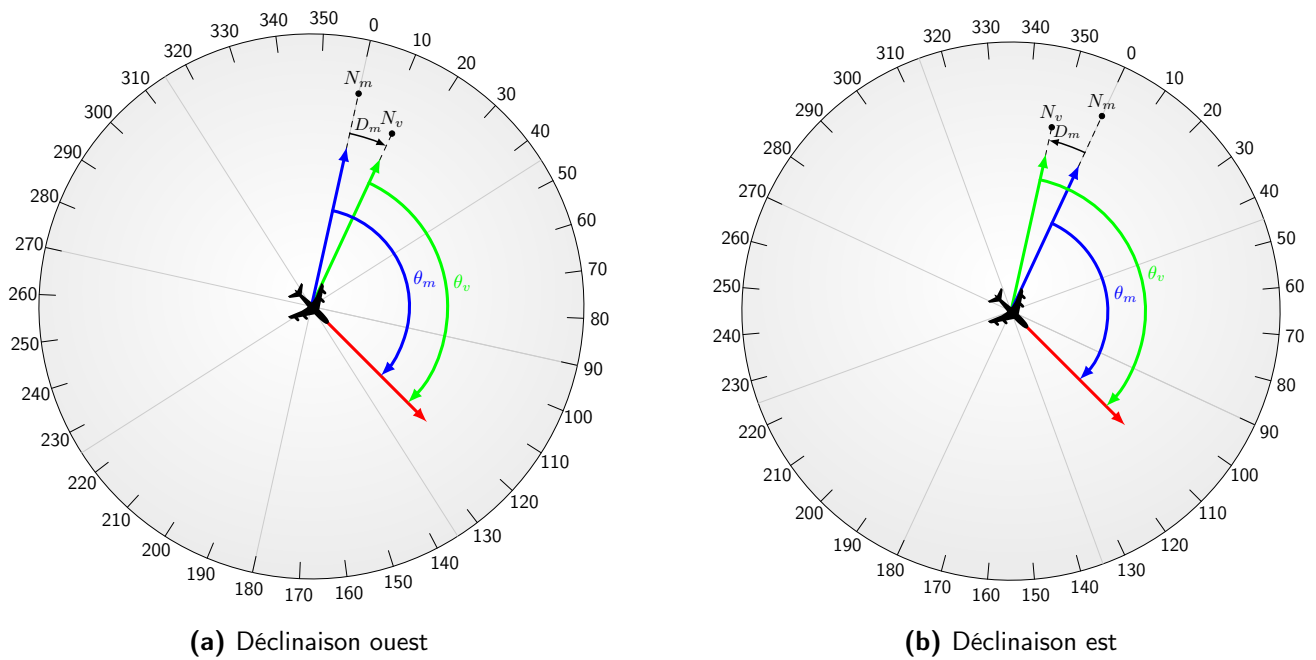


Figure 10 – Calculs et déclinaison magnétique

1.5. Cap, vitesse, route

Dans la partie précédente, nous avons mentionné la « direction » magnétique ou vraie. De façon précise, on a les définitions suivantes :

- le _____ vrai (C_v) ou magnétique (C_m) est la direction dans laquelle pointe l'avion ;
- la _____ vraie (R_v) ou magnétique (R_m) est la direction de la trajectoire suivie par l'avion.

Ces deux grandeurs s'expriment en degrés (à partir du pôle Nord ou magnétique selon les cas) et peuvent être différentes selon le vent.

Pour connaître le comportement du vent, on doit donner :

- sa _____ (parfois appelé « sa force ») ;
- son _____ ;
- sa _____ ;

ce qui indique qu'une représentation vectorielle est parfaitement adaptée. Ainsi, pour un vent, on donnera simplement un angle α et une vitesse v qui signifie que le vent vient de la direction α et va vers la direction $\alpha + 180$ ou $\alpha - 180$ (pour que l'angle reste dans l'intervalle $[0, 360[$) et qu'il a une vitesse de v nœuds.

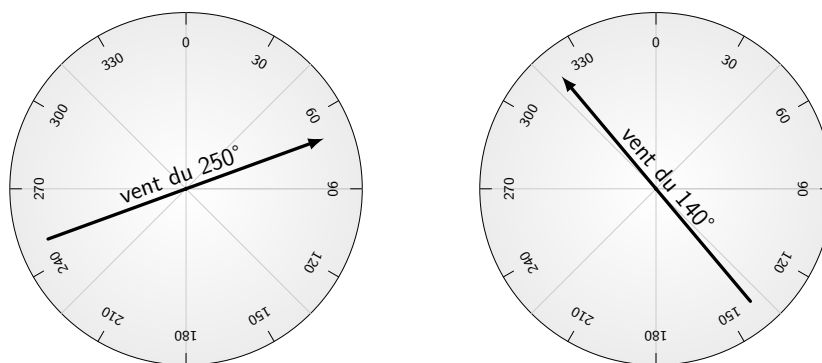


Figure 11 – Direction du vent (même vitesse)

Ainsi, la route d'un avion n'est pas confondu a priori avec son cap sauf si le vent est nul ou a la même direction que l'axe de l'avion. Sinon, en considérant que la ou le pilote est aux commandes (et regarde vers l'avant) :

- le cap est _____ que la route si le vent vient de la droite ;
- le cap est _____ que la route si le vent vient de la gauche ;

en considérant les cas où on dépasse 360° qu'on soit en cap et route magnétiques ou en cap et route vrais. La différence d'angle dépend de la vitesse _____ et du vent subi (_____, _____ et _____).

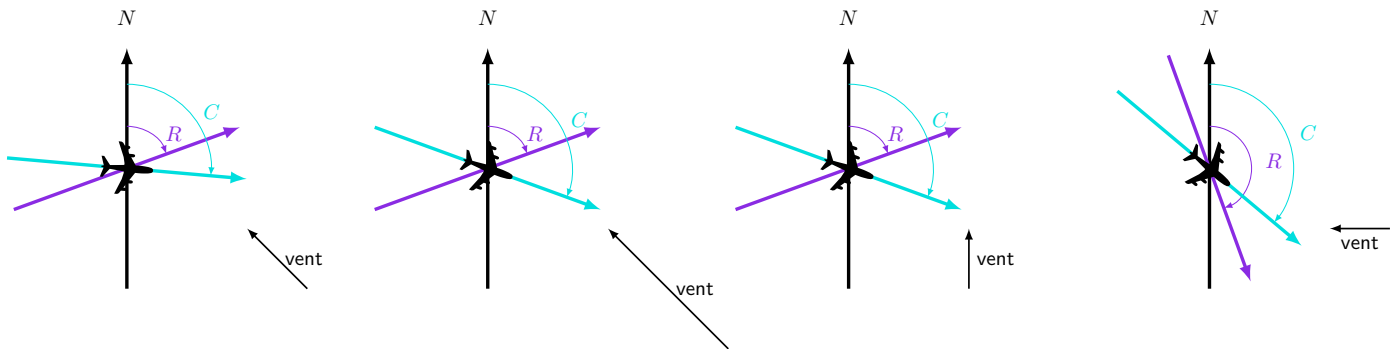


Figure 12 – Relation vent-route-cap

1.6. Mesure du temps

Comme nous l'avons évoqué plus haut, la terre réalise un tour sur elle-même en 24 h. Cette durée correspond au temps nécessaire pour que le soleil revienne au zénith d'un point d'observation.

De la même manière qu'il a été choisi de considérer le méridien de Greenwich comme origine des longitudes, il a été choisi de considérer ce même méridien comme origine des temps. Ainsi, lorsque le soleil passe le méridien de Greenwich, il est universellement 12 h. Ceci définit l'heure _____, selon l'abréviation anglaise _____.

Cette heure UTC n'est pas particulièrement adaptée à la vie quotidienne et l'on utilise plus couramment _____, définie pour chaque point sur terre de telle sorte que le soleil passe au zénith du point considéré à 12 h.

On comprend aisément que l'heure locale, en l'état, ne peut pas convenir non plus. Afin d'éviter des changements d'heure trop fréquents, on a donc défini _____ ou _____, permettant d'avoir la même heure sur une zone géographique importante. Dans l'idéal, il convient de diviser la Terre en _____ puisque _____. Dans la pratique, les fuseaux horaires ont une forme plus complexe.

Enfin, l'heure de fuseau peut être modulée localement par une loi d'état. C'est par exemple le cas en France : l'heure théorique est l'heure _____ mais entre le dernier weekend de mars et le dernier weekend d'octobre l'heure d'été est utilisée et correspond à l'heure _____.

Une dernière distinction est enfin à prendre en compte : la distinction entre jour et nuit. Sous nos latitudes, on considère que :

- la nuit aéronautique débute _____ ;
- la nuit aéronautique se termine _____.

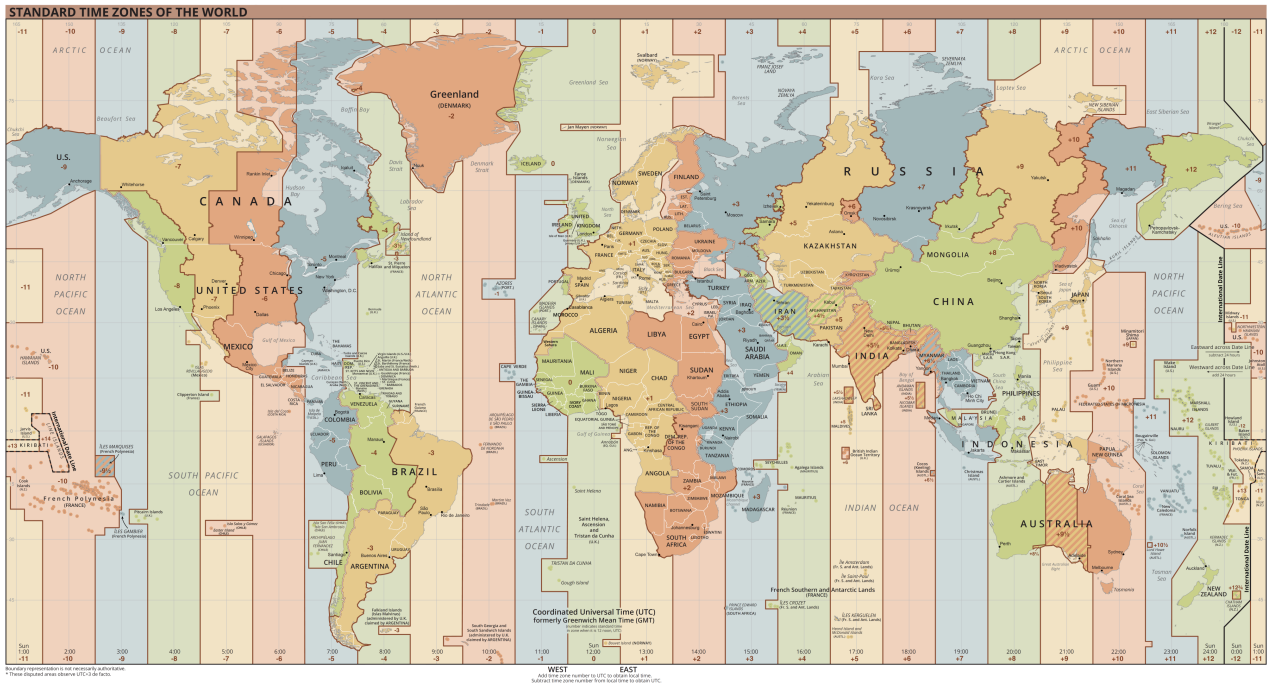


Figure 13 – Carte des fuseaux horaires.

2. Cartographie aéronautique

Pour la préparation et la conduite des vols, différents types de cartes sont utilisés selon les phases de vol. Nous verrons dans cette section les différences entre ces cartes et, sans rentrer dans le détail, nous étudierons quelques-unes des informations qu'elles contiennent.

2.1. Les cartes de navigation

Pour la phase de vol en route, il est nécessaire de choisir des cartes pour lesquelles les échelles sont petites, de manière à pouvoir représenter le trajet à suivre sur un document réduit.

Trois échelles sont couramment utilisées pour la navigation aérienne à vue, permettant d'obtenir un compromis entre la couverture (permettant de se déplacer loin) et la précision géographique (permettant d'identifier des repères au sol).

L'échelle _____ est utilisée pour les navigations de grande distance. À cette échelle, la France est couverte en deux cartes (Nord et Sud) éditées par le SIA (Service de l'Information Aéronautique).

L'échelle _____ est utilisée pour les navigations de moyenne distance. À cette échelle, la France est couverte en quatre cartes (Nord-Est, Nord-Ouest, Sud-Est et Sud-Ouest) éditées par l'Institut Géographique National (IGN) pour les informations géographiques, en partenariat avec le SIA pour les informations aéronautiques.

L'échelle _____ est utilisée pour les navigations de plus courte distance et/ou dans des zones densément peuplées. Il existe 6 cartes à cette échelle, couvrant les grandes métropoles (Lyon, Paris, Marseille, Strasbourg, Toulouse, Nice), éditées par le SIA.



Figure 14 – Extrait de la carte 1/1 000 000 centré sur Toussus-le-Noble.



Figure 15 – Extrait de la carte 1/500 000 centré sur Toussus-le-Noble.

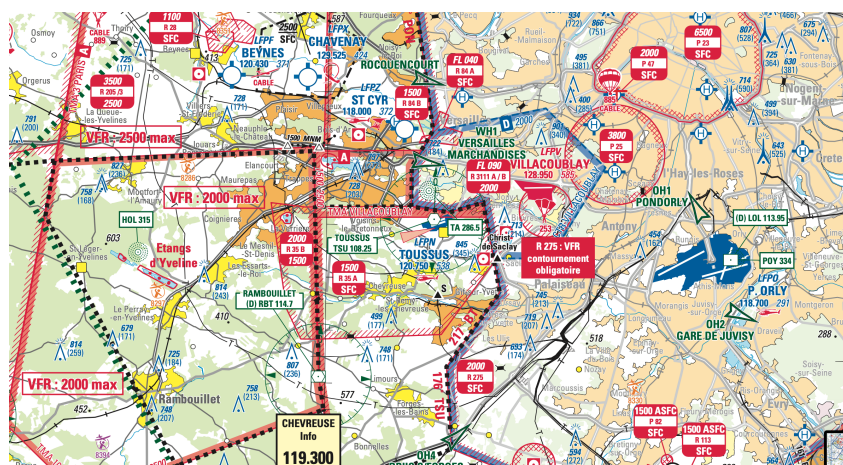


Figure 16 – Extrait de la carte 1/250 000 centré sur Toussus-le-Noble.

Remarque : L'échelle utilisée sur ces trois figures n'est pas respectée mais le facteur d'échelle est le même pour les trois figures et permet de se faire une idée de la zone géographique couverte. En effet, pour ces trois figures, nous avons isolé trois zones dont les dimensions sont similaires, et couvrant donc une partie de plus en plus réduite de la région parisienne.

Pour la navigation aux instruments, où le repérage de points significatifs au sol n'a plus d'importance, on utilise deux cartes à l'échelle 1/2 000 000, couvrant chacune la France entière mais à des niveaux de vols différents.

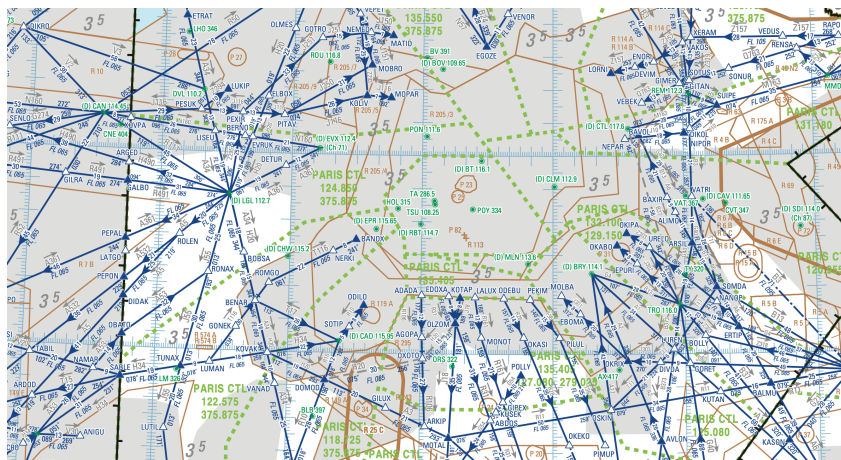


Figure 17 – Extrait de la carte 1/2 000 000 (espace inférieur) centré sur Toussus-le-Noble.

2.2. Les cartes d'approche

Pour les phases de départ et d'arrivée, il est nécessaire d'utiliser des cartes couvrant une zone restreinte autour de l'aérodrome considéré. On utilise pour cela des cartes dites d'*approche* à vue (ou _____), bien que ces cartes soient utilisées pour le départ aussi bien que pour l'approche.

Les échelles utilisées dans les documents d'approche sont très variables et permettent de visualiser l'environnement proche de l'aérodrome. Selon le terrain d'aviation considéré, on fait parfois une distinction entre la carte d'approche à vue et la carte d'atterrissage à vue. La première situe l'aérodrome dans son environnement tandis que la seconde se focalise sur la proximité immédiate des pistes d'atterrissage.

On retrouve sur ces documents des informations diverses concernant le fonctionnement de l'aérodrome :

- la dénomination officielle (complète et codifiée) de l'aérodrome ;
- le type de trafic rencontré (avion, hélicoptère, planeur, ULM, modèle réduit) ;
- la situation géographique (latitude, longitude et altitude) ;
- les fréquences radio utilisées pour échanger avec le contrôle, le cas échéant ;
- les informations à propos des pistes disponibles (longueur, largeur, distance utilisable) ;
- les aides visuelles et les éclairages disponibles ;
- ...

Les cartes, quant à elles, permettent d'identifier :

- les trajectoires à suivre pour rejoindre l'aérodrome ou s'en éloigner ;
- les trajectoires à suivre pour réaliser un circuit de piste, lorsque celui-ci est imposé ;
- le plan des installations (pistes, voies de circulations, parkings, etc.) pour les aérodromes complexes ;
- et toute autre information importante.

Pour le vol aux instruments, des trajectoires sont imposées pour les départs et pour les arrivées. On utilise pour cela des cartes de départs standardisés, d'arrivées standardisées et d'approche aux instruments.

