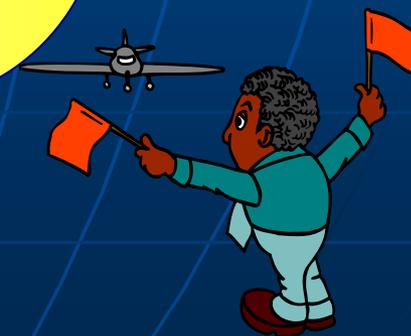


NAVIGATION AÉRIENNE





- Normes de repérage sur la terre
- Coordonnées géographiques
- Cartographie et notions d'échelle
- Nord vrai, Nord magnétique et Nord compas
- Le compas et ses erreurs
- Calcul du temps sans vent
- Incidence du vent sur la trajectoire
- Triangle des vitesses et calcul de la dérive
- Eléments de calcul mental
- Estime, cheminement, radionavigation
- Check list « Préparation de la navigation »
- Check list « Avant départ »
- Diagrammes de traversée de zones
- Documents obligatoires
- Applications pratiques





CARACTÉRISTIQUES DE LA TERRE

Globe sphérique légèrement aplati aux pôles
(Ellipsoïde due à la force centrifuge, environ 40 km de différence entre diamètres polaire et équatorial).

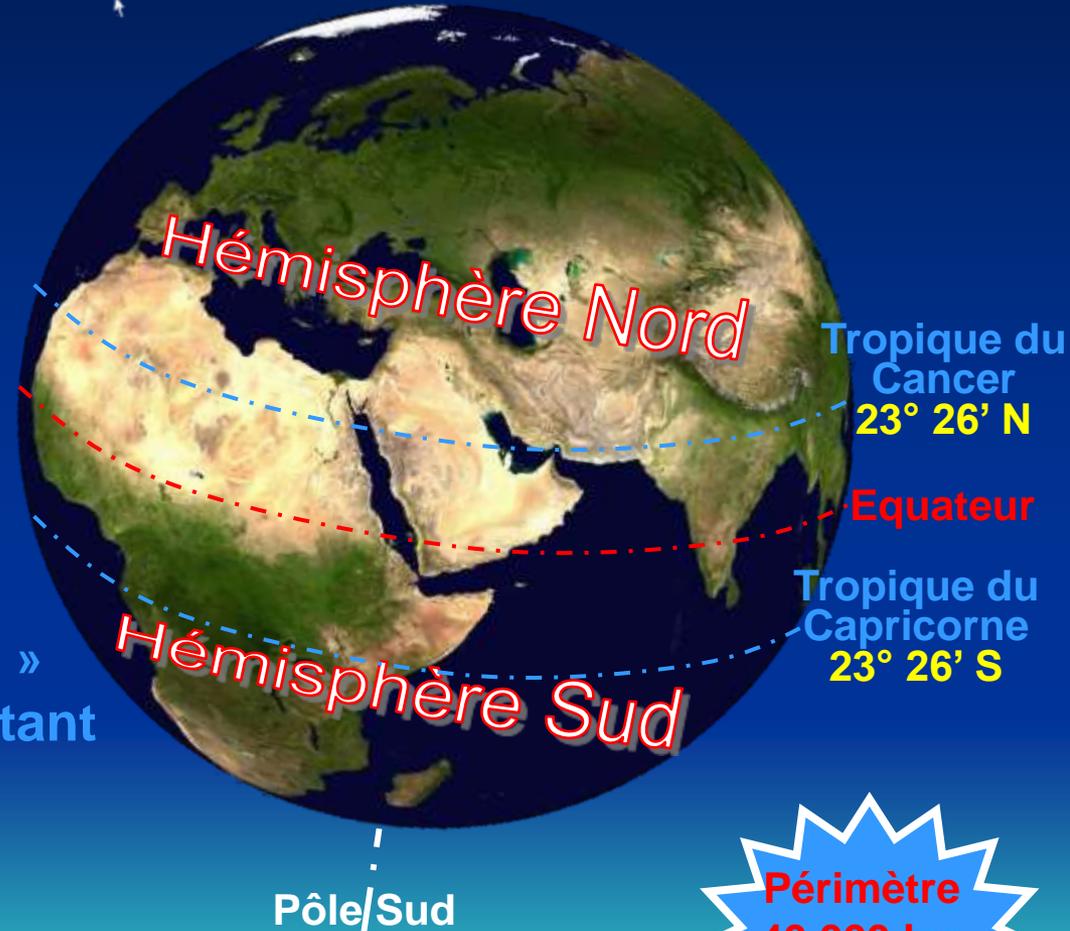
Inclinaison de son axe de rotation passant par les pôles par rapport à son orbite autour du soleil : $23^{\circ} 26'$
(vitesse sur orbite 30 km/s).

D'où les notions de « Tropic » seules lignes virtuelles permettant de voir le soleil au zénith aux solstices d'été et d'hiver.

Pôle Nord



Rotation d'Ouest en Est en 24 heures environ

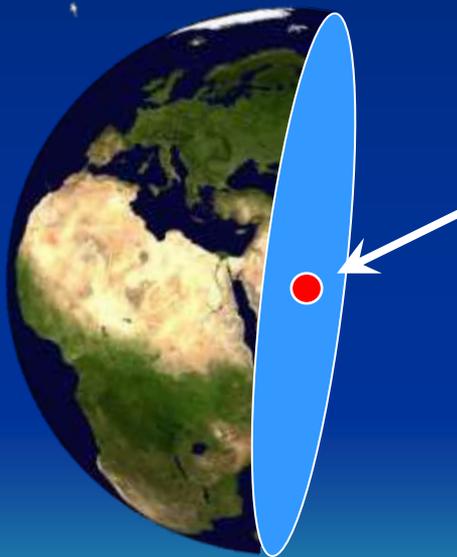
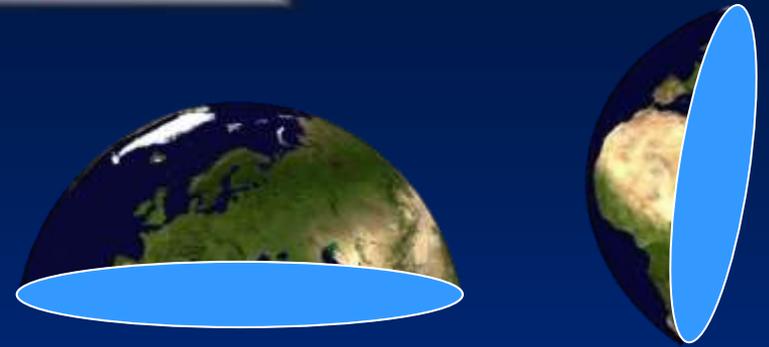


Périmètre
40 000 km
21 600 Nm

Rayon moyen de la terre : 6367 km.

NOTIONS DE GRANDS ET PETITS CERCLES

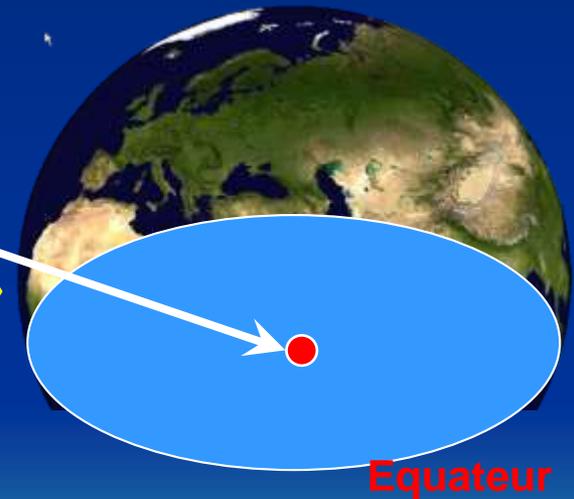
La coupe du globe par un plan quelconque ne contenant pas le centre de celui-ci détermine la notion de **PETIT CERCLE**.



L'intersection du globe avec un plan passant par son centre crée le concept de **GRAND CERCLE**.

Quelques « Grands cercles » sont particuliers :

- Ceux qui passent par les deux pôles en verticale;
- Celui qui passe par l'Equateur en horizontale.

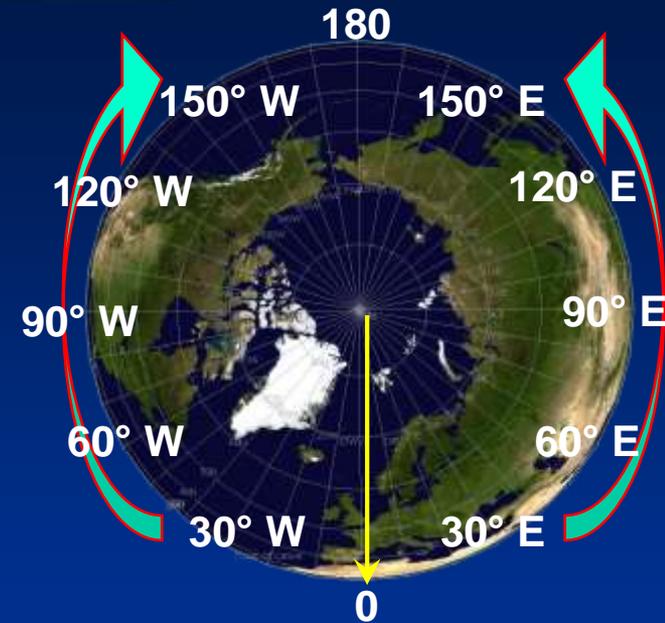




NOTIONS DE GRANDS ET PETITS CERCLES

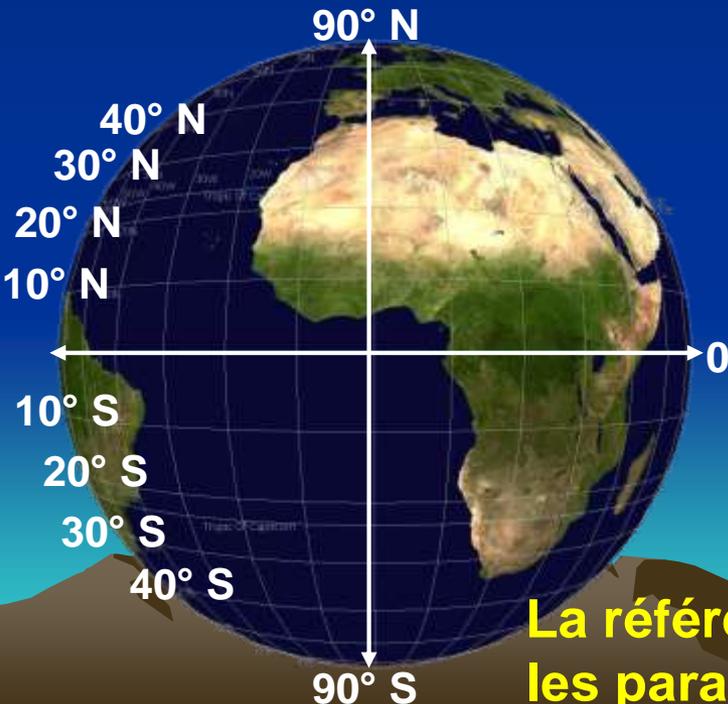
Vu du pôle, le cercle du globe mesure 360° , dont 180° par l'ouest et 180° par l'Est.
Chaque degré est identifié par un demi-cercle virtuel joignant les deux pôles.
On les appelle : **MÉRIDIENS**.

La référence universelle :
le méridien 0 est celui qui passe par Greenwich (proche de Londres).



Vu du centre de la terre par rapport à l'équateur, un méridien (demi-cercle) mesure 180° soit 90° vers le haut (pôle Nord) et 90° vers le bas (pôle sud).

Chaque ligne virtuelle horizontale joignant tous les points de même valeur d'angle au centre s'appelle : **PARALLÈLE**.



La référence ZÉRO pour les parallèles est située à l'équateur.

MÉRIDIENS

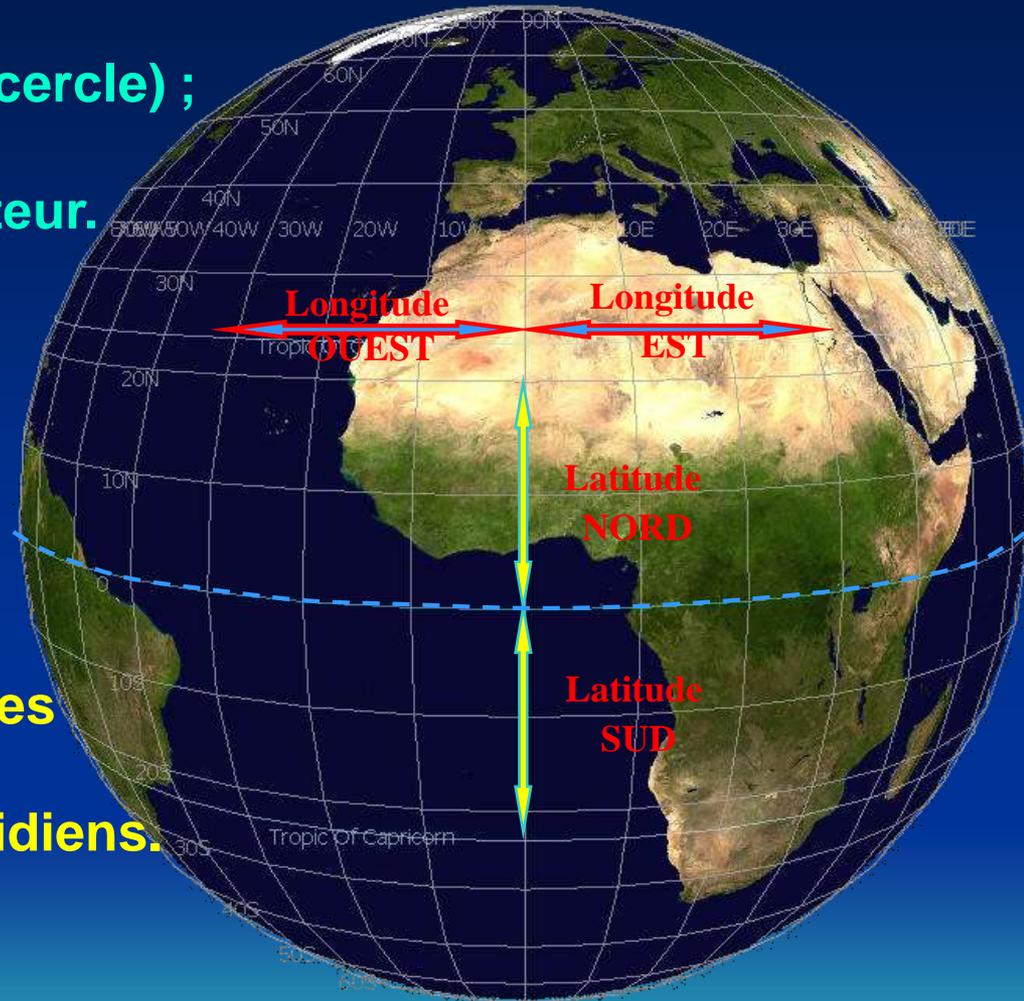
- tous de même longueur (demi-cercle) ;
- sont convergents aux pôles.
- sont perpendiculaires à l'équateur.

La position angulaire d'un méridien par rapport au méridien origine s'appelle : LA LONGITUDE (G).

PARALLÈLES

- aucun n'a la même longueur ;
- ne sont pas convergents ;
- sont des petits cercles parallèles à l'équateur ;
- sont perpendiculaires aux méridiens.

La position angulaire d'un parallèle par rapport au parallèle origine s'appelle : LA LATITUDE (L).



COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES

Chaque point du globe est à l'intersection

- d'un méridien (ou de l'une de ses divisions en minutes et secondes d'angle)

Longitude Rennes : $G = 001^{\circ} 43' 56'' W$;

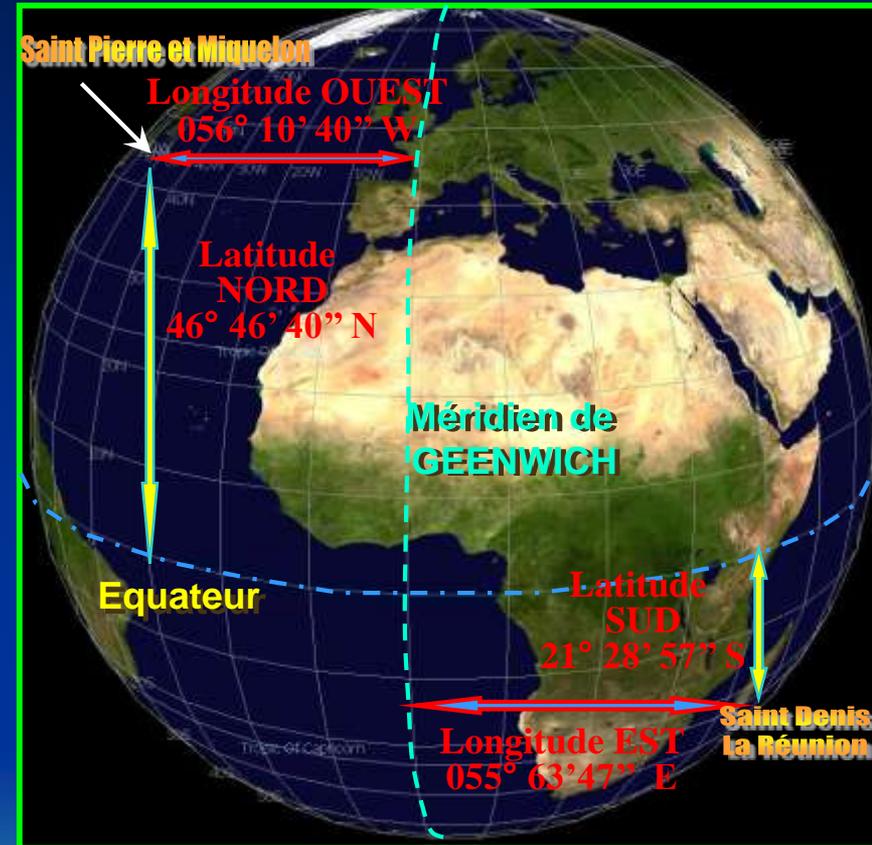
- d'un parallèle (ou de l'une de ses divisions en minutes et secondes d'angle)

Latitude Rennes : $L = 48^{\circ} 04' 19'' N$.

Ces valeurs de repérage d'un point s'appellent **COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES**.

Durée de rotation de la terre par degré de méridien = $24 \text{ H} \times 60 / 360^{\circ} = 4 \text{ mn}/^{\circ}$

Distance par degré de parallèle ou par degré de méridien à l'équateur $21\,600 \text{ Nm} / 360 = 60 \text{ Nm}$ (soit 1 minute d'angle sur un méridien = 1 Nm).





ÉVALUATION DES DISTANCES

**Différence de latitude : $1^\circ = 60 \text{ Nm}$
(même méridien).**

Exemple : Paris $48^\circ 51' \text{ N}$ - Ouagadougou $12^\circ 44' = 36^\circ 07' \text{ N}$
Distance : $(60 \times 36) + 7 = 2167 \text{ Nm}$.

**Différence de longitude : $1^\circ = 60 \text{ Nm} \times \cos L$
(même parallèle).**

Exemple : Téhéran et Tunis sont quasiment sur : $L = 36^\circ$ mais
Téhéran $051^\circ 25' \text{ E}$ - Tunis $010^\circ 10' \text{ E} = 41^\circ 15' \text{ E}$
Distance : $(60 \times \cos 36^\circ) \times 41^\circ 15' = 2005 \text{ Nm}$.



Distance

Le mètre = 3,29 ft
Le pied (ft) = 0,304 m
Le pouce (in) = 0,0254 m
Le mile nautique (Nm) = 1852 m = 6092 ft
Le mile terrestre (Sm) = 1609 m



Vitesse

Le kilomètre / heure (km/h)
Le mètre / seconde (m/s)
Le pied / minute (ft/mn) = 0,005 m/s
Le knot (Kt) = 1,852 km/h
Le Statute mile/ heure (MPH) = 1,6 km/h



Conversion des vitesses

1 m/s = 197,36 ft/mn # 200 ft/mn
1 m/s # 2 Kt # 4 km/h
1 km/h = 0,54 Kt
1 Kt # 100 ft/mn # 0,5 m/s





ORTHODROMIE et LOXODROMIE

Possibilité de deux solutions pour naviguer entre deux points du globe

L'ORTHODROMIE.

C'est le plus court chemin en ligne droite donc le plus petit arc du « Grand cercle » passant par deux points.

Inconvénient : la route orthodromique coupe les différents méridiens sous des angles constamment différents. Utilisée sans problème sur de courtes distances, comme pour l'aviation légère (chemin des ondes radio-électriques).

Complexe sur de très grandes distances.

LA LOXODROMIE.

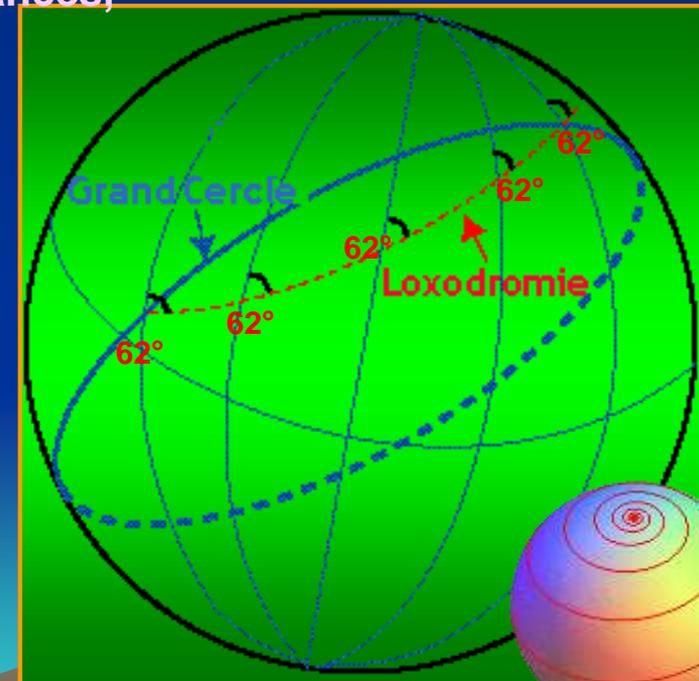
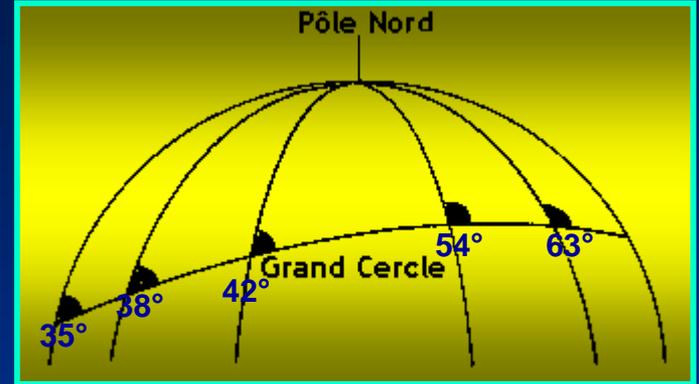
C'est la route entre deux points qui coupe tous les méridiens sous un angle constant

Inconvénient : la route loxodromique est plus longue et les calculs plus complexes.

A noter qu'il existe une infinité de courbes loxodromiques passant par deux points.

Sur courtes distances, peu de différence entre orthodromie et loxodromie.

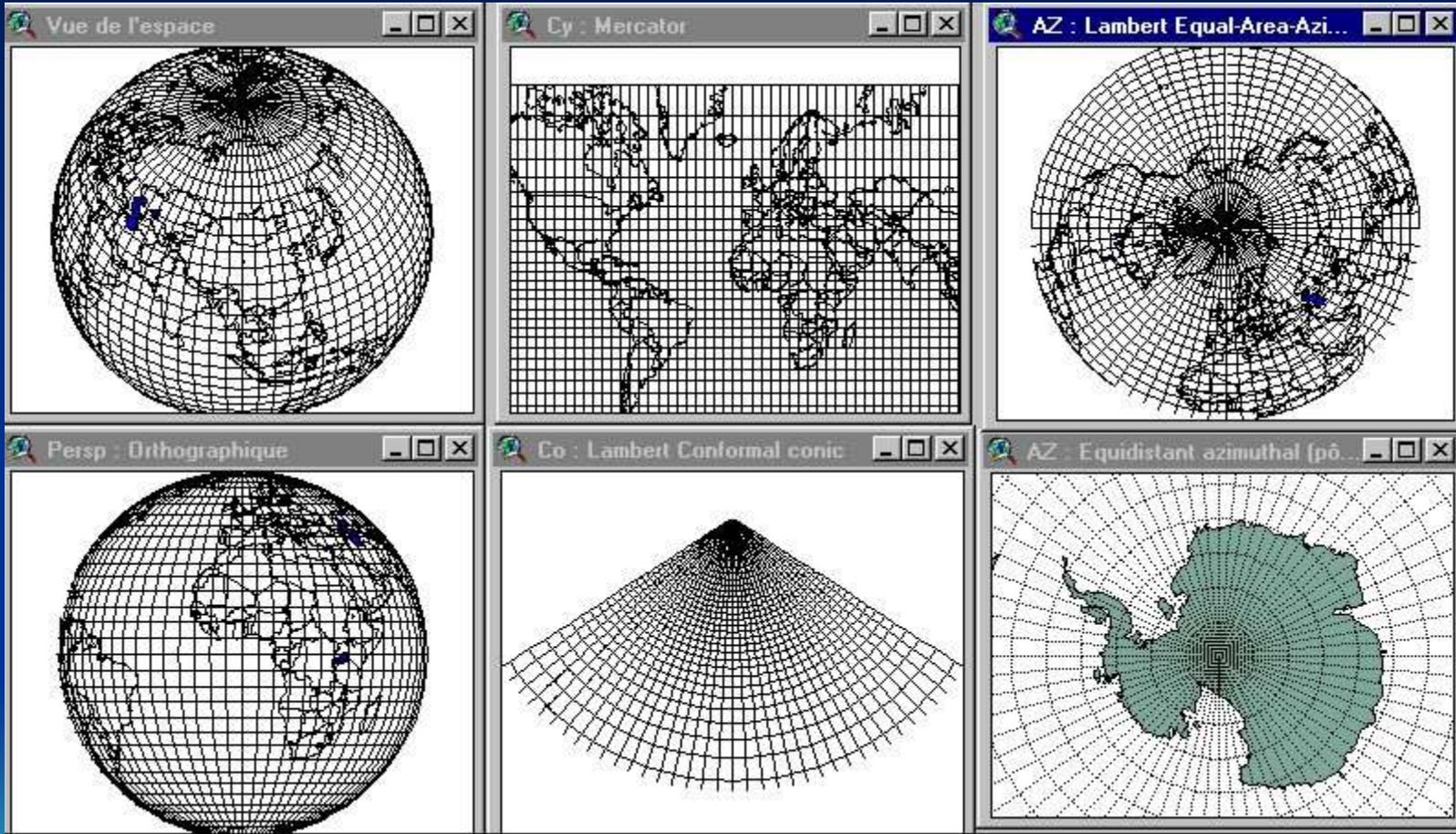
Les méridiens et l'équateur sont à la fois loxodromie et orthodromie,





REPRÉSENTATION CARTOGRAPHIQUE

La projection cartographique est une transformation mathématique d'un espace à trois dimensions en une représentation en plan à deux dimensions.



Cette transformation introduit des déformations de la réalité. Ces déplacements relatifs de certains points de la surface terrestre sur une carte peuvent modifier les valeurs d'angle, de distance ou de surface.



QUATRE PRINCIPALES CLASSES DE PROJECTION

Les projections *équivalentes*

Elles permettent de conserver les surfaces mais pas les angles.
Utilisées principalement pour des cartographies à petite échelle.

Les projections *équidistantes*

Elles conservent les distances localement à partir d'un point donné.
Peu pratique pour l'utilisation aéronautique.

Les projections dites *aphylactiques*

Elles ne conservent ni les surfaces ni les angles.
Inutilisable en navigation aéronautique.

Les projections dites *conformes*

Elles conservent localement les angles mais pas les distances.
C'est la carte la plus utilisée aussi bien en aéronautique
qu'en géodésie et en topographie.

LA PROJECTION OPTIMALE DÉPEND DE LA LATITUDE



CANEVAS MERCATOR direct équatoriale

Projection cylindrique
du type « conforme »
du globe terrestre
sur une carte plane.

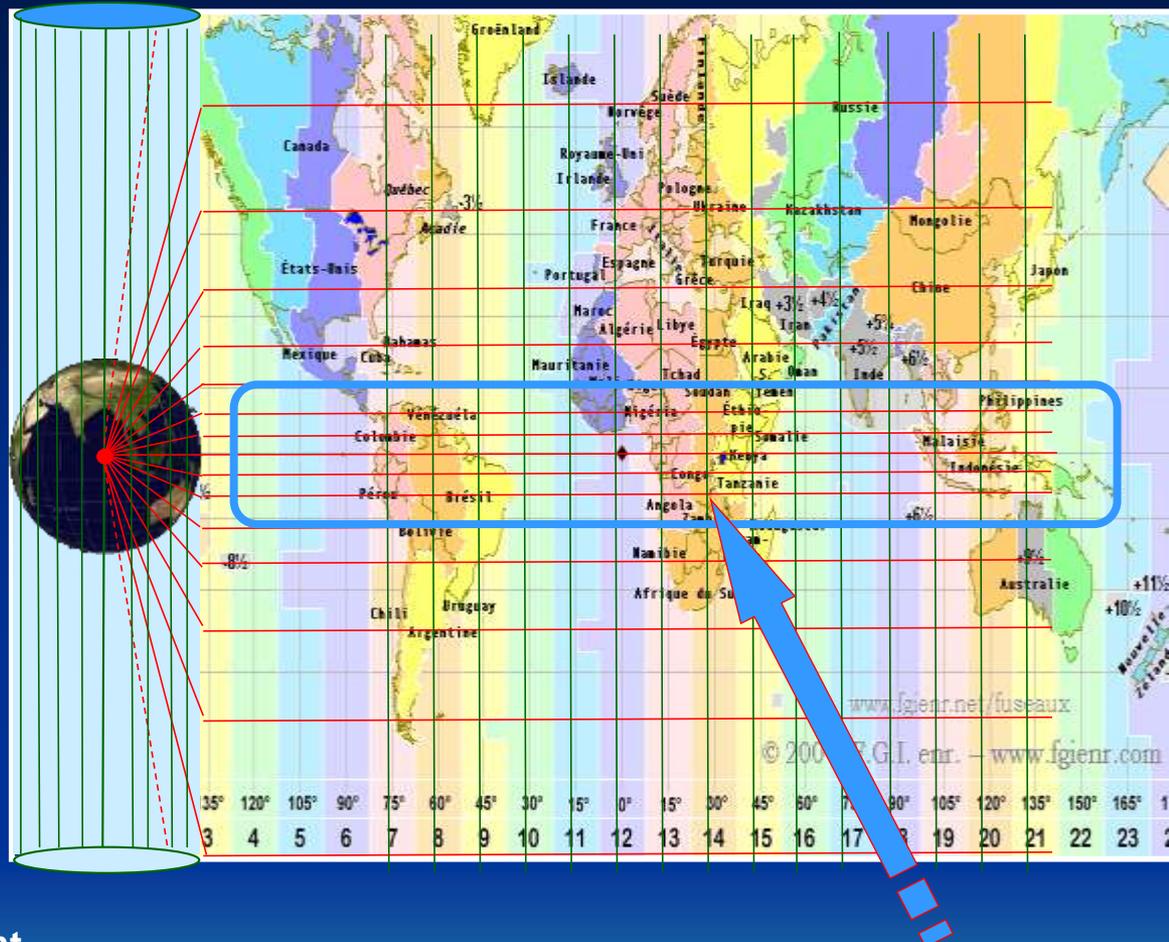
La surface développable
est un cylindre tangent
à l'Équateur.

Elle conserve les angles

Les parallèles et les méridiens
sont des lignes droites.

Étirement Est-Ouest en dehors de la
zone équatorial est accompagné
d'un étirement Nord-Sud correspondant.

L'échelle Est-Ouest est partout semblable à l'échelle Nord-Sud.
Une carte de Mercator ne peut couvrir les pôles : ils seraient à l'infini.



**ZONE
D'UTILISATION
PERTINENTE**

LA PROJECTION OPTIMALE DÉPEND DE LA LATITUDE



CANEVAS LAMBERT dit « conique »

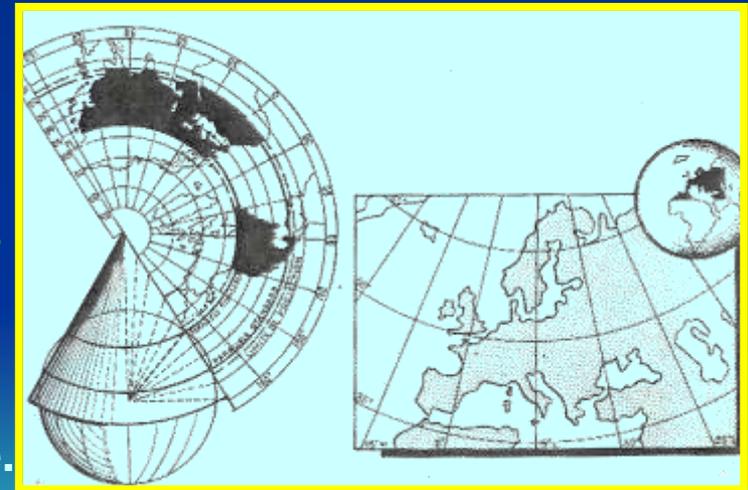
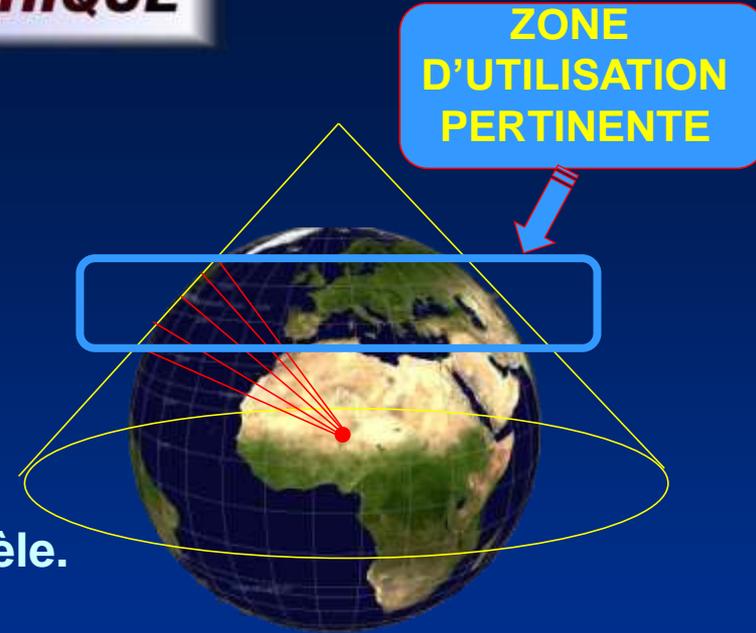
Projection de chaque point de l'ellipsoïde sur un cône qui lui est tangent selon un parallèle (isomètre central).

La surface développable sur un plan est un tronc de cône perpendiculaire au parallèle.

La projection est du type conforme donc conserve les angles.

Les images des méridiens et des parallèles sont respectivement des droites concourantes et des arcs de cercle.

Types de cartes très utilisés dans les latitudes moyennes et particulièrement en aéronautique.



LA PROJECTION OPTIMALE DÉPEND DE LA LATITUDE



CANEVAS STÉRÉOGRAPHIQUE POLAIRE

ZONE
D'UTILISATION
PERTINENTE

Projection azimutale conforme directe.
Elle correspond pour la sphère à une inversion
dont le pôle est le centre de perspective.

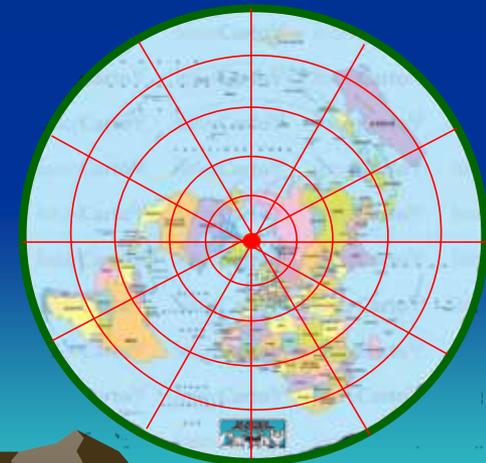
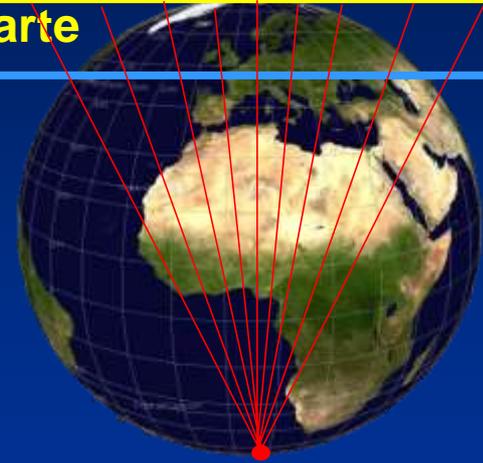
La surface développée sur un plan
est un cercle perpendiculaire au pôle.

La projection est du type conforme
donc conserve les angles.

Les méridiens se transforment en droites
passant par le centre P et les parallèles se
transforment en cercles concentriques de centre P
mais qui se coupent orthogonalement.

L'intérêt de ce type de projection se situe surtout
dans la cartographie de régions polaires.

Carte



LA PROJECTION OPTIMALE DÉPEND DE LA LATITUDE



ÉCHELLE DES CARTES

DÉFINITION

Rapport entre une distance sur la carte et son équivalent réel sur Terre

Carte au 1/1 000 000



$$1 \text{ cm} = 1\,000\,000 \text{ cm} = 10 \text{ km}$$

Pas d'unité propre
(nombre sans dimension)

Carte au 1/500 000



$$1 \text{ cm} = 500\,000 \text{ cm} = 5 \text{ km}$$

**PLUS LE DÉNOMINATEUR D'UNE ÉCHELLE EST PETIT
PLUS LA CARTE EST PRÉCISE ET DÉTAILLÉE
d'où choix de l'échelle en fonction du type d'utilisation.**

ATTENTION

**CERTAINES CARACTÉRISTIQUES POURTANT BIEN PRÉSENTES AU SOL
NE SONT PAS TOUJOURS INDIQUÉES SUR LES CARTES**

PRÉCISION : Les renseignements fournis sur une carte sont quelquefois limités à un volume donné (hauteur maxi par exemple).

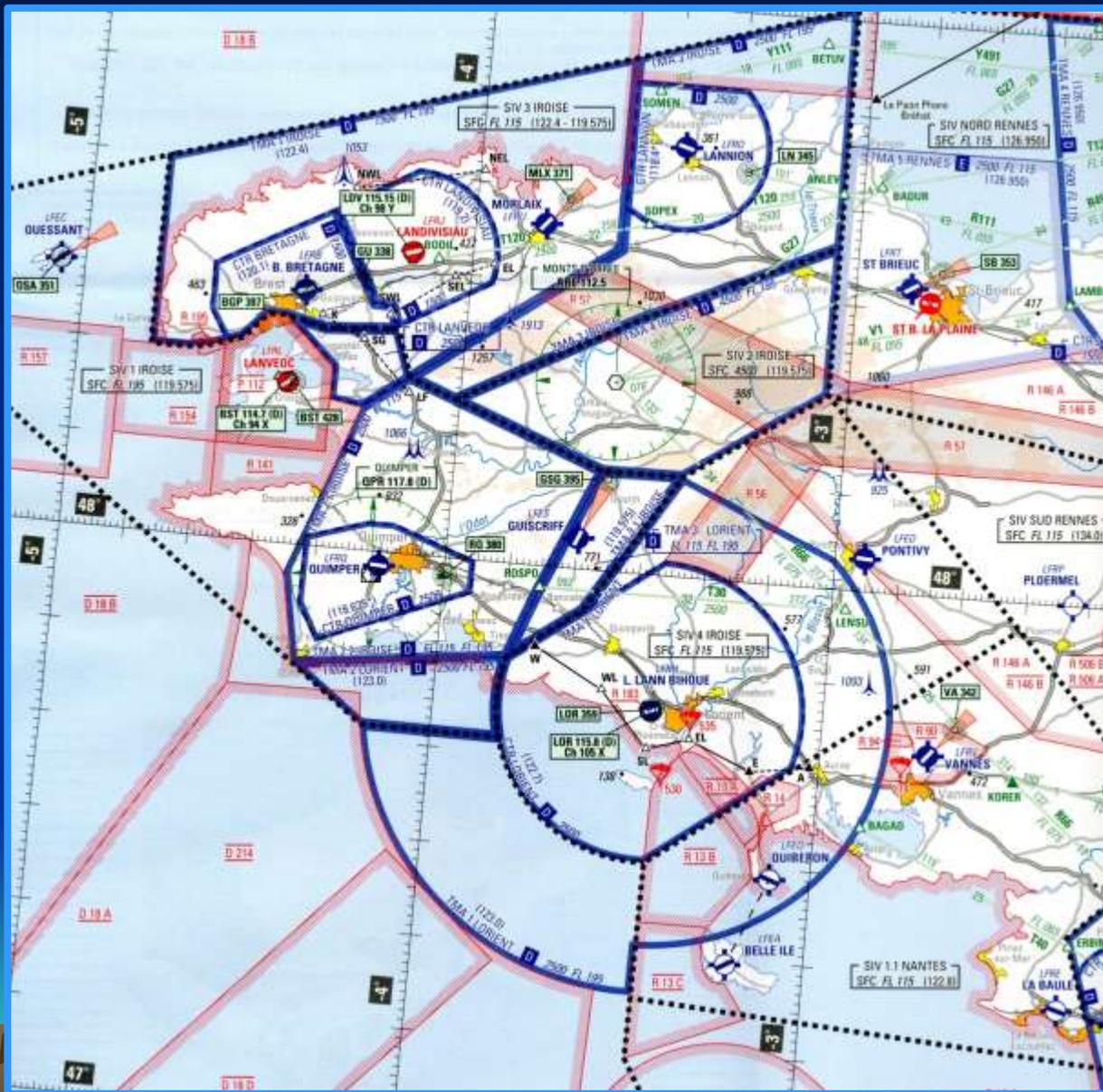


CARTES DE RADIONAVIGATION AU 1:11 000 000

Informations valables du sol au FL 195.

Limitation des détails, teintes hypsométriques, autoroutes, routes nationales, rivières, villes et aérodromes.

Tous espaces aériens contrôlés, zones à statut particulier, SIV et AWY.



Balises de radionavigation VOR et ADF



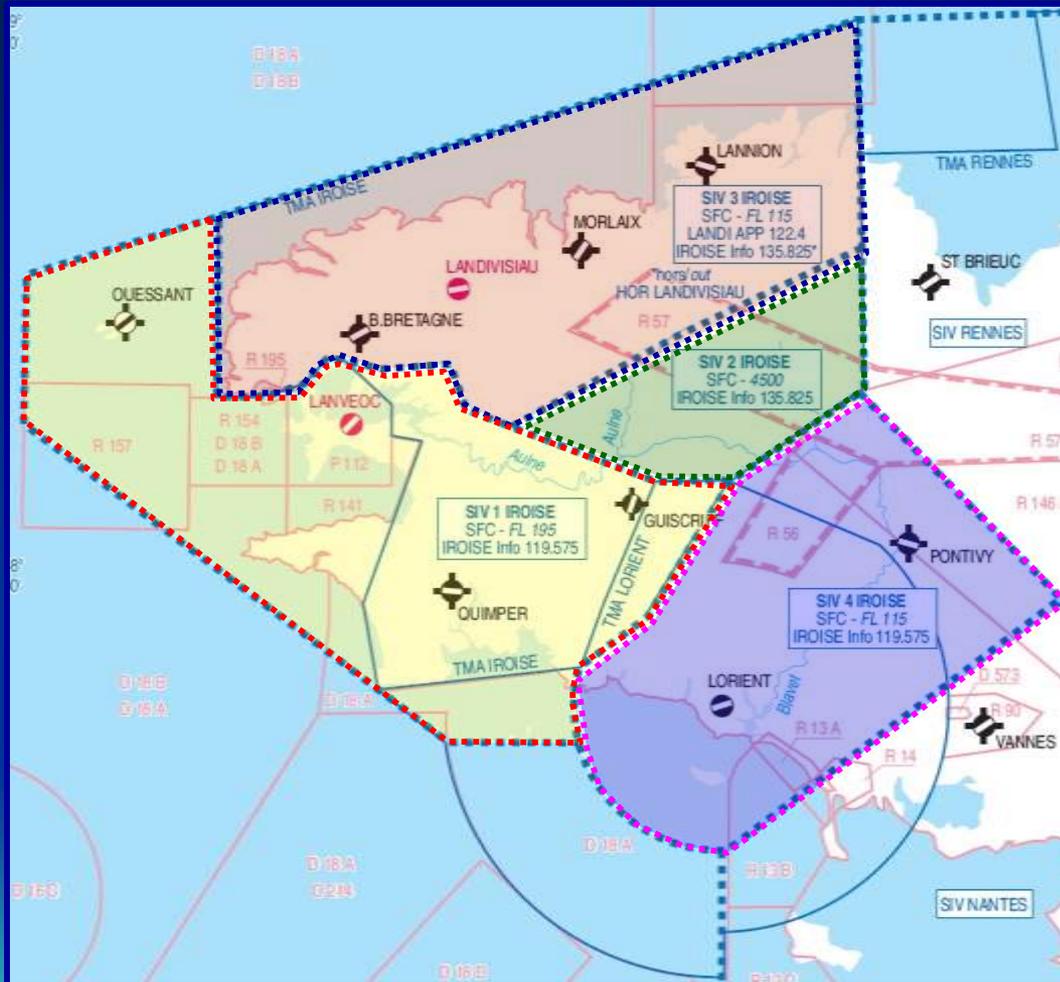
SECTEURS D'INFORMATION DE VOL (SIV)

**S
I
V**

Englobant généralement des aérodromes importants, ils assurent localement les deux services de base (information de vol et alerte) plus l'information de trafic (si possible) pour tout aéronef ayant pris contact dans leurs limites territoriales du sol à l'altitude définie pour la SIV.

Ces limites figurent également sur les cartes au 1/500 000 et sont repérées par un pointillé noir.

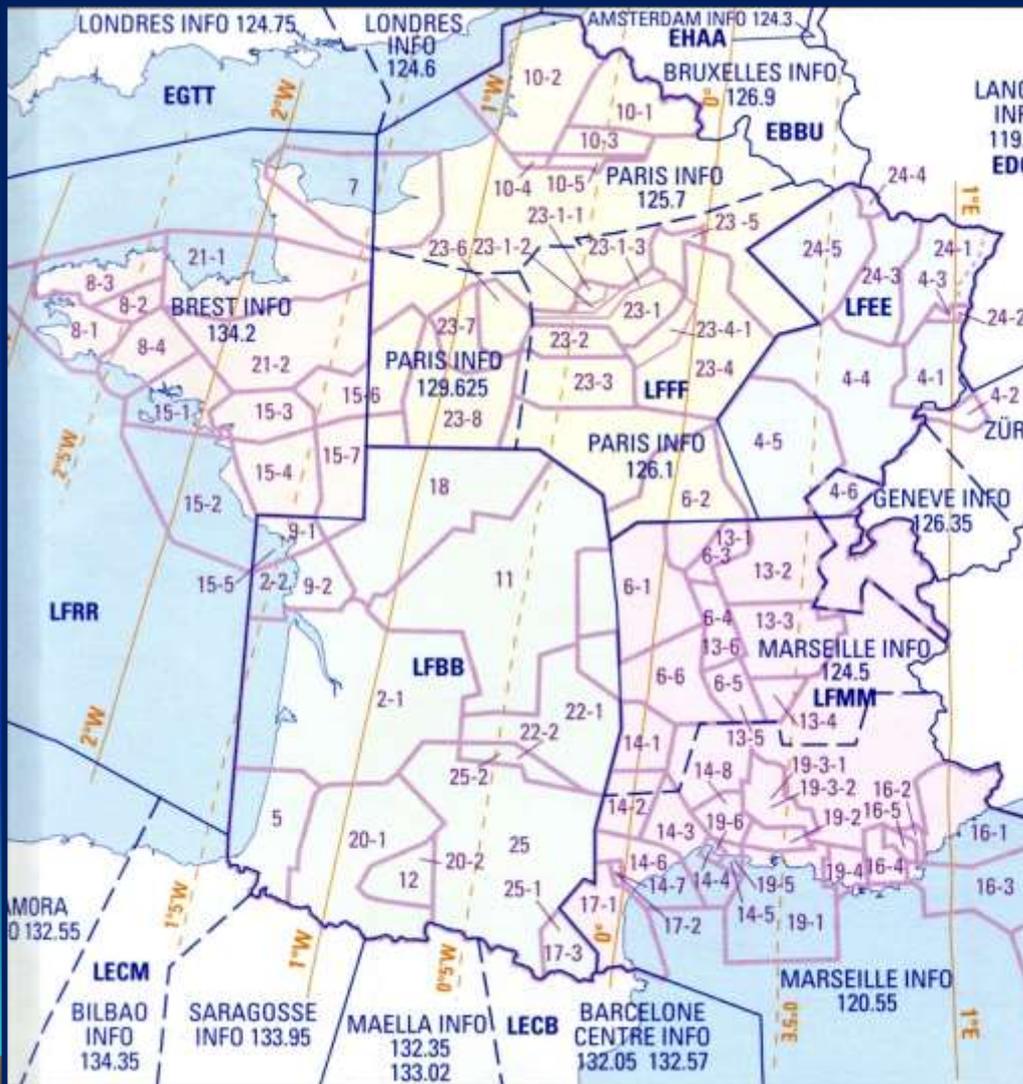
Plancher et plafond de la SIV figure dans un encadré noir.



L'ensemble du territoire français est quasiment couvert totalement par des SIV jointives depuis fin 2013.



SECTEURS D'INFORMATION DE VOL (SIV)



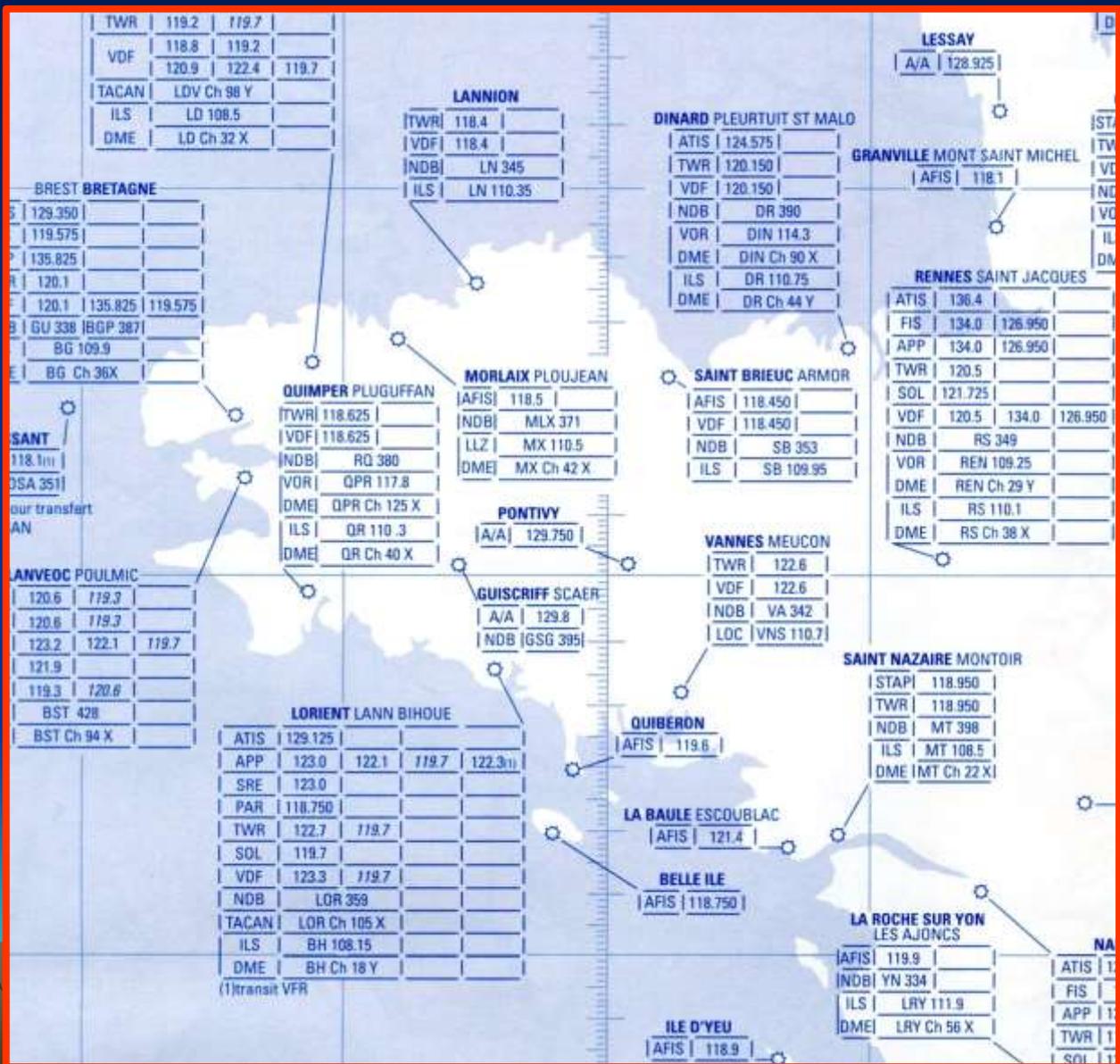
SECTEURS D'INFORMATION DE VOL / FLIGHT INFORMATION SECTORS

- | | |
|--|---|
| 1 AJACCIO INFO 119.825 <FL 145 | 15-5 NANTES INFO 120.125* <FL 145 |
| 2-1 AQUITAINE INFO 120.575 <FL 145 | *Hors HOR LA ROCHELLE |
| 2-2 AQUITAINE INFO 120.575* <FL 145 | 15-6 NANTES INFO 119.4 <FL 115 |
| *Hors HOR LA ROCHELLE | 15-7 NANTES INFO 119.4 <FL 145 |
| 3 BASTIA INFO 124.725 <FL 145 | 16-1 NICE INFO 120.850 <FL 175 |
| 4-1 BALE INFO 130.9 <FL 145 | 16-2 NICE INFO 120.850 <FL 145 |
| 4-2 BALE INFO 130.9 <FL 105 | 16-3 NICE INFO 122.925 <FL 145 |
| 4-3 BALE INFO 130.9 <5000 ft | 16-4 NICE INFO 124.425 <FL 115 |
| 4-4 BALE INFO 135.850 <FL 145 | 16-5 NICE INFO 124.425 <FL 145 |
| 4-5 BALE INFO 135.850 <FL 195 | 17-1 PERPIGNAN INFO 120.750 <FL 115 |
| 4-6 BALE INFO 135.850 <6500 ft | 17-2 PERPIGNAN INFO 120.750 FL 065 <FL 115 |
| 5 BIARRITZ INFO 119.175 <FL 145 | 17-3 PERPIGNAN INFO 120.750 <FL 115 |
| 6-1 CLERMONT INFO 122.225 <FL 145 | 18 POITIERS INFO 124.0 <FL 145 |
| 6-2 CLERMONT INFO 120.675 <FL 115 | 19-1 PROVENCE INFO 124.350 <FL 145 |
| 6-3 CLERMONT INFO 120.675 <FL 085 | 19-2 PROVENCE INFO 127.725 <FL 145 |
| 6-4 CLERMONT INFO 120.5 <FL 085 | 19-3-1 PROVENCE INFO 127.725 <4500 ft |
| 6-5 CLERMONT INFO 128.625 <FL 085 | 19-3-2 PROVENCE INFO 127.725 4500 ft <FL 145 |
| 6-6 CLERMONT INFO 128.625 <FL 145 | 19-4 PROVENCE INFO 124.350 <FL 115 |
| 7 DEAUVILLE INFO 121.425 <2500 ft | 19-5 PROVENCE INFO 124.350 FL 095 <FL 145 |
| 120.350 2500 ft <FL 085 | 19-6 PROVENCE INFO 124.350 FL 115 <FL 145 |
| 8-1 IROISE INFO 119.575 <FL 195 | 20-1 PYRENEES INFO 126.525 <FL 145 |
| 8-2 IROISE INFO 119.575 <4500 ft | 20-2 PYRENEES INFO 126.525 4500 ft <FL 145 |
| 8-3 IROISE INFO 122.4 - 119.575* <FL 115 | 21-1 RENNES NORD INFO 128.950 <FL 115 |
| *Hors HOR LANDIVISIAU | 21-2 RENNES SUD INFO 134.0 <FL 115 |
| 8-4 IROISE INFO 119.575 <FL 115 | 22-1 RODEZ INFO 133.725 <FL 145 |
| 9-1 LA ROCHELLE INFO 124.2 <FL 115 | 22-2 RODEZ INFO 133.725 <FL 115 |
| 9-2 LA ROCHELLE INFO 124.2 <FL 145 | 23-1 SEINE INFO 134.3 <FL 085 |
| 10-1 LILLE INFO 126.475 <FL 115 | 23-1-1 SEINE INFO 134.3 <2500 ft |
| 10-2 LILLE INFO 120.275 <FL 115 | 23-1-2 SEINE INFO 134.3 <3500 ft |
| 10-3 LILLE INFO 134.825 <FL 115 | 23-1-3 SEINE INFO 134.3 <4500 ft |
| 10-4 LILLE INFO 120.275 <FL 085 | 23-2 SEINE INFO 118.050 <FL 085 |
| 10-5 LILLE INFO 134.825 <FL 085 | 23-3 SEINE INFO 118.050 <FL 115 |
| 11 LIMOGES INFO 124.050 <FL 115 | 23-4 SEINE INFO 120.325 <FL 115 |
| 12 LOURDES INFO 120.3 <4500 ft | 23-4-1 SEINE INFO 120.325 <FL 085 |
| 13-1 LYON INFO 135.200 FL 085 <FL 115 | 23-5 SEINE INFO 120.325 <FL 075 |
| 13-2 LYON INFO 135.200 <FL 145 | 23-6 SEINE INFO 134.875 <FL 085 |
| 13-3 LYON INFO 135.525 <FL 145 | 23-7 SEINE INFO 134.875 <FL 085 |
| 13-4 LYON INFO 135.525 <FL 115 | 23-8 SEINE INFO 134.875 <FL 115 |
| 13-5 LYON INFO 135.525 FL 085 <FL 115 | 24-1 STRASBOURG INFO Secteur Ouest 120.7 <FL 145 |
| 13-6 LYON INFO 135.200 FL 085 <FL 115 | Secteur Est 119.575 <FL 145 |
| 14-1 MONTPELLIER INFO 120.375 <FL 075 | 24-2 STRASBOURG INFO Secteur Ouest 120.7 5000 <FL 145 |
| 135.425 FL 075 <FL 145 | Secteur Est 119.575 5000 <FL 145 |
| 14-2 MONTPELLIER INFO 120.375 <FL 075 | 24-3 STRASBOURG INFO 119.450 <FL 075 |
| 136.825 FL 075 <FL 145 | 134.575 FL 075 <FL 145 |
| 14-3 MONTPELLIER INFO 136.625 <FL 145 | 24-4 STRASBOURG INFO 119.450 <FL 075 |
| 14-4 MONTPELLIER INFO 136.625 <FL 115 | 134.575 FL 075 <FL 125 |
| 14-5 MONTPELLIER INFO 136.625 <FL 085 | 24-5 STRASBOURG INFO 119.450 <FL 115 |
| 14-6 MONTPELLIER INFO 120.375 <FL 115 | 134.575 FL 115 <FL 145 |
| 14-7 MONTPELLIER INFO 120.375 <FL 085 | 25 TOULOUSE INFO 121.250 <FL 145 |
| 14-8 MONTPELLIER INFO 125.650 <FL 115 | 25-1 TOULOUSE INFO 121.250 FL 115** <FL 145 |
| 15-1 NANTES INFO 122.8 <FL 115 | 25-2 TOULOUSE INFO 121.250 FL 115** <FL 145 |
| 15-2 NANTES INFO 122.8 <FL 145 | * Plancher SFC hors HOR ATS PERPIGNAN |
| 15-3 NANTES INFO 120.125 <FL 115 | ** Plancher SFC hors HOR ATS RODEZ |
| 15-4 NANTES INFO 120.125 <FL 145 | |

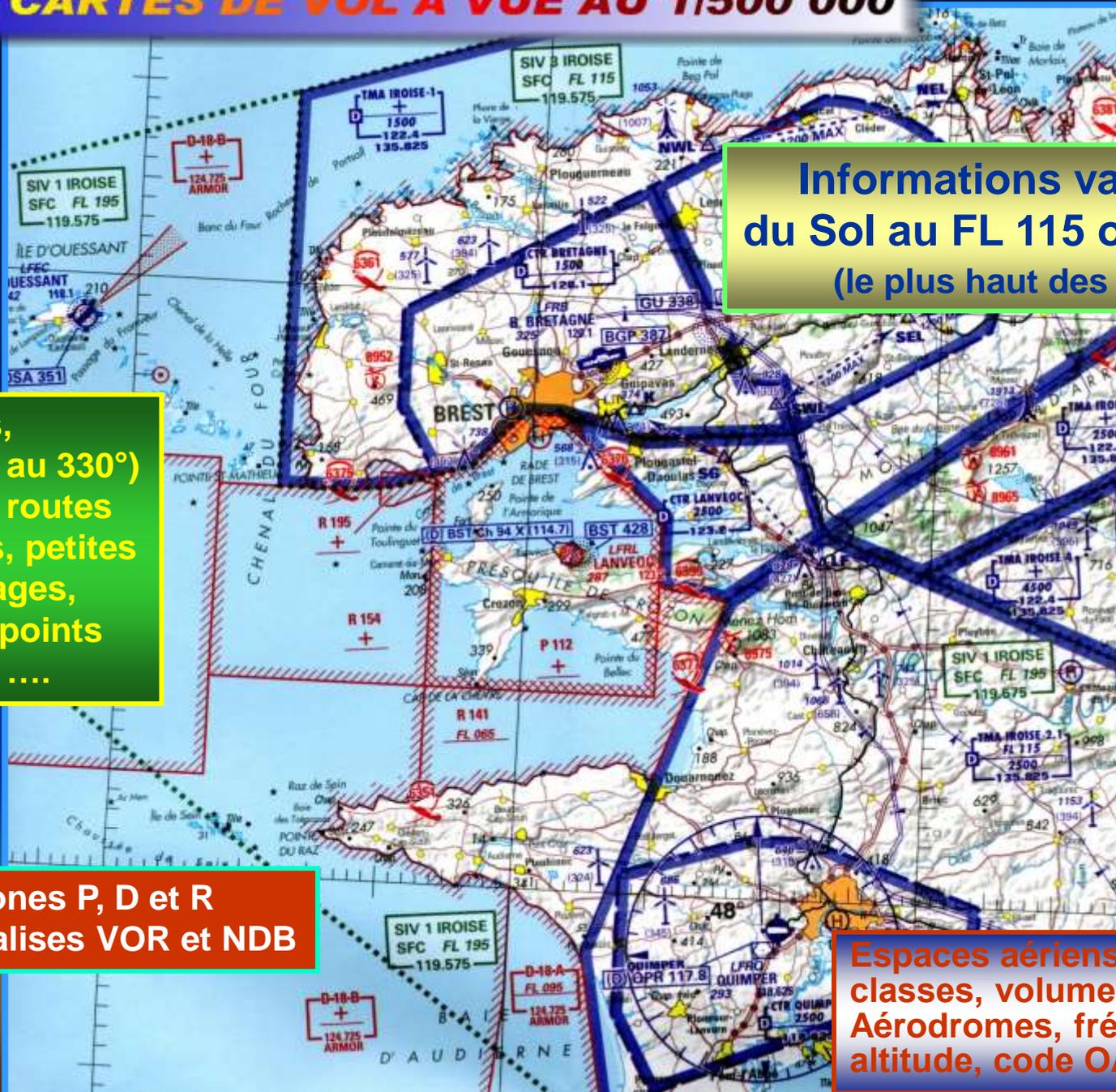


MOYENS RADIOCOM ET ATERRISSAGE

VERS
O
C
A
R
T
E
N
A
V



CARTES DE VOL A VUE AU 1/500 000



Informations valables
du Sol au FL 115 ou 3000 ft
(le plus haut des deux).

Tous détails,
relief (soleil au 330°)
forêts, lacs, routes
secondaires, petites
villes et villages,
vois ferrés, points
culminants,

Zones P, D et R
Balises VOR et NDB

Espaces aériens contrôlés,
classes, volume, ...
Aérodromes, fréquence,
altitude, code OACI, ...



CARTES DE VOL A VUE AU 1/500 000

IGN

France Nord-Ouest

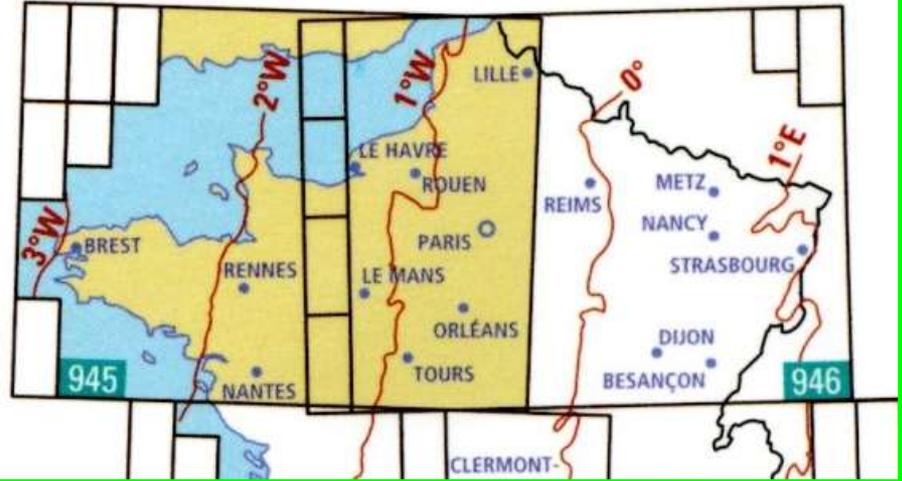
France Nord-Ouest



1 : 500 000 (1 cm = 5 km)

AVERTISSEMENT

ESPACE AÉRIEN COUVERT :
SFC \ FL 115 ou 3000 ASFC*
(*le plus élevé des deux)



FONDS CARTOGRAPHIQUE

	Autoroute, route à chaussées séparées Motorway, dual carriageway		387 Point coté critique. <i>Critical spot elevation</i> { en pieds
	Échangeur, barrière de péage Junction, tollgate		453 Point coté normal. <i>Normal spot elevation</i> { in feet
	Aire de service, Service area Une aire de service se distingue d'une aire de repos par la présence d'une station service		Repère de navigation (petites agglomérations) Landmark (small built-up areas)
	Autoroute en construction Motorway under construction		★ Feu maritime Maritime light
	Route principale Main road		Repère isolé Isolated landmark
	Route en construction Road under construction		↳ Téléphérique Aerial cableway
	Route secondaire Secondary road		○ Usine isolée Isolated factory
	Chemin de fer : 1 voie, 2 voies, gare Railway : single track, double track, station		Chât. (Château), Mon. (Monument), Tr (Tour)
	Chemin de fer en construction Railway under construction		Tile (Touraille), Min (Moulin), Abb. (Abbaye)
	Limite d'État International boundary		Obs. (Observatoire), Ref. (Refuge), Grte (Grotte)
	Canal : navigable, non navigable Canal : navigable, non navigable		Pyl. (Pyloène), Chap. (Chapelle), Sém. (Sémaphore)
			Rne (Ruine), Danj. (Donjon), Us. Elec. (Usine Électrique)
			Végétation Vegetation
			Sables humides Wet sand
			Marais Marsh
			Réseau de canaux Drainage
		Teintes hypsométriques (en pieds) Hypsometric tints (in feet)	

Projection conique conforme de Lambert. Parallèles d'échelle conservés 45°54' et 47°42'
Lambert conical orthomorphic projection. Standard parallels: 45°54' and 47°42'
Fonds cartographique : actualisé d'après les Cartes Régionales IGN édition 10 - 2013

WGS 84



CARTES DE VOL A VUE AU 1/500 000

ALTITUDE ET HAUTEUR EN PIEDS ALTITUDE AND HEIGHT IN FEET

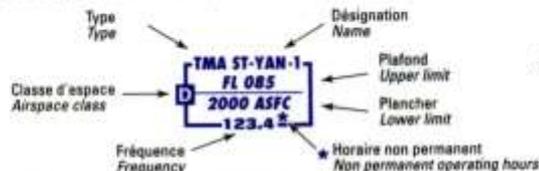
Espaces aériens contrôlés Controlled airspace

CLASSE	A	B C D	E
TMA CTA			
CTR			

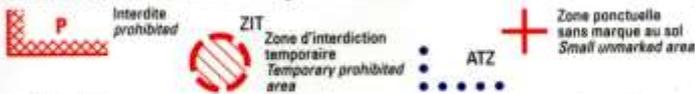
Classe d'espace aérien contrôlé constante pendant les heures d'activité
Controlled airspace whose class remains constant during operating hours

Espace contrôlé pouvant être déclassé ou désactivé pendant les horaires publiés
Controlled airspace that could be downgraded or inactivated during published hours

Les limites latérales, verticales et les classes de la CTR de Paris et la partie centrale de la TMA de Paris sont également représentées sur le carte du SIA de la région Parisienne à 1 : 250 000
Lateral and vertical limits and airspace classes of Paris CTR, so as central part of Paris TMA airspace are also shown on the SIA chart, REGION PARISIENNE, scale 1 : 250 000.



Zones interdites, réglementées et dangereuses Prohibited, restricted and dangerous areas



- (1) Réglementée ou dangereuse (voir "Complément aux cartes aéronautiques")
Restricted or dangerous area (refer to "Complément aux cartes aéronautiques")
- (2) Zone réglementée temporaire
Restricted temporary area

OBSTACLES ET REPRÉSENTATION PONCTUELLE

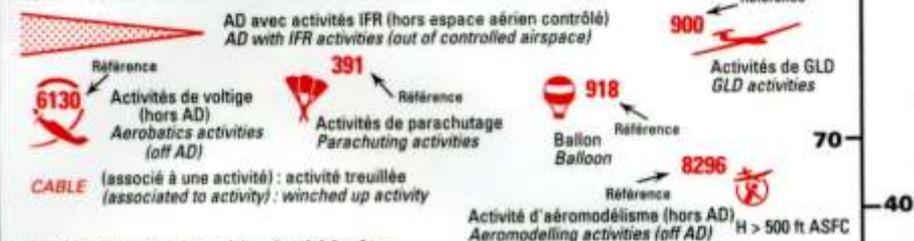


RTBA : limites verticales cf. Compléments aux cartes

Vois d'entraînement militaire à grande et très grande vitesse et à basse et très basse altitude
High and very high speed and low and very low altitude military flights



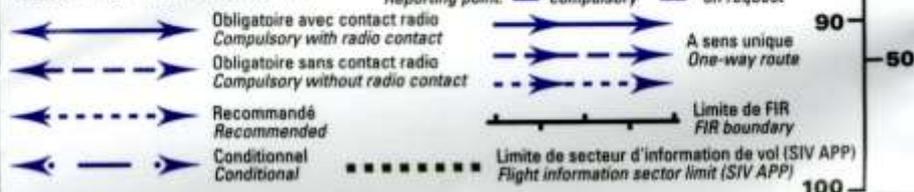
Activités diverses Various activities



Limites verticales Vertical Limits



Itinéraire VFR VFR route





CARTES DE VOL A VUE AU 1/500 000

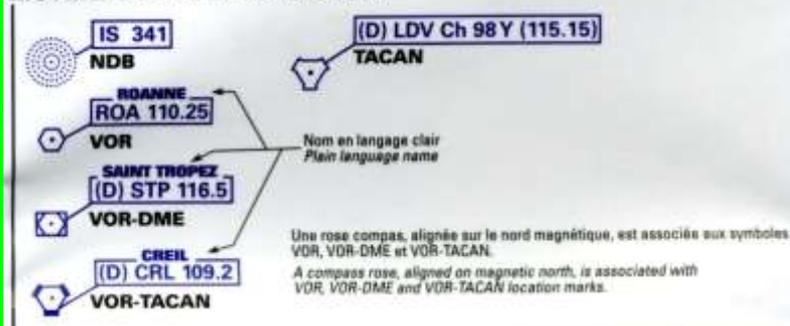
AÉRODROMES

	Aérodrome ayant une piste en dur <i>Airport with paved runway</i>			Bande ou plateforme <i>Unpaved runway or landing-strip</i>	Hélistation <i>Heliport</i>	Hydro- aérodrome <i>Seaplane landing area</i>
	supérieure à 2300 m <i>longer than 7500 ft</i>	de 1000 à 2300 m <i>from 3200 to 7500 ft</i>	inférieure à 1000 m <i>shorter than 3200 ft</i>			
Ouvert à la circulation aérienne publique <i>Open to public air traffic</i>						
Agréé à usage restreint ou hélistation destinée au transport public à la demande <i>Approved for restricted use or heliport intended for non-scheduled public transport</i>						
Réservé aux administrations de l'État <i>Reserved for French state aircraft</i>						

Codage <i>Coding</i>	LFBI	Fréquence Tour, AFIS ou A/A <i>Tower, AFIS or A/A Frequency</i>		AD désaffecté <i>abandoned AD</i>
Nom de AD <i>Name of AD</i>	POITIERS			
Altitude en pieds <i>Elevation in feet</i>	423			
	118.5			
	A	si AD classé altiport <i>for AD classified altiport</i>		
	P	si AD privé <i>for private AD</i>		

En France : en l'absence de fréquence attribuée, utiliser 123.5 MHz sur AD et 130.0 MHz sur altiports.
In France : when no frequency is given use 123.5 MHz for AD and 130.0 MHz for altiports.

MOYENS DE RADIONAVIGATION



AÉRODROMES

CAP et > 2300 m

CAP et < 1000 m



DUR

2300 m > CAP < 1000 m



NON CAP et < 1000 m

CAP et < 1000 m



HERBE

NON CAP - Etat - > 2300 m





CARTES D'AÉRODROME VAC

APPROCHE A VUE Visual approach

Ouvert à la CAP
Public Air Traffic

DEAUBORD REMIGNAC AD2 LFDO APP 01

10 JUN 04

Date de mise en vigueur de la fiche
Coming into force date

Activités régulières qui se déroulent sur l'aérodrome
Regular activities on the aerodrome

Indique la présence de câble lié à l'activité
Indicate the use of cable on the activity

En l'absence d'indicatif d'appel de la station, utiliser la partie en gras du nom officiel de l'aérodrome suivie du service (EX: REMIGNAC tower, REMIGNAC sol, etc) (s) : Fréquence supplétive
If the call sign is not written, use the part in bold type in the name of the aerodrome and add the name of the service (EX: REMIGNAC tower, REMIGNAC ground, etc) (s) : Supplétive frequency

Les espaces aériens entre la surface et 2000 ASFC ou 5000 AMSL (le plus élevé des deux) sont représentés
Airspaces between the ground and 2000 ASFC or 5000 AMSL (the highest one) are depicted

Itinéraire recommandé avec son identité éventuelle
Recommended VFR route with its possible name

Point de report réservé aux hélicoptères
Reporting point for helicopters only

Héliport hospitalière
Hospital heliport

Le point coté le plus élevé dans le champ de la carte est encadré
The highest spot elevation of the chart is written in a box

Activité d'aéromodélisme
Radio-models activity

Installation portant des marques distinctives d'interdiction de survol à basse altitude
Site with special marking of prohibited low overflying

Principales modifications apportées
Main changes introduced on the chart



ALT AD: 166 (6 hPa)
LAT : 44 49 43 N
LONG : 000 37 09 W

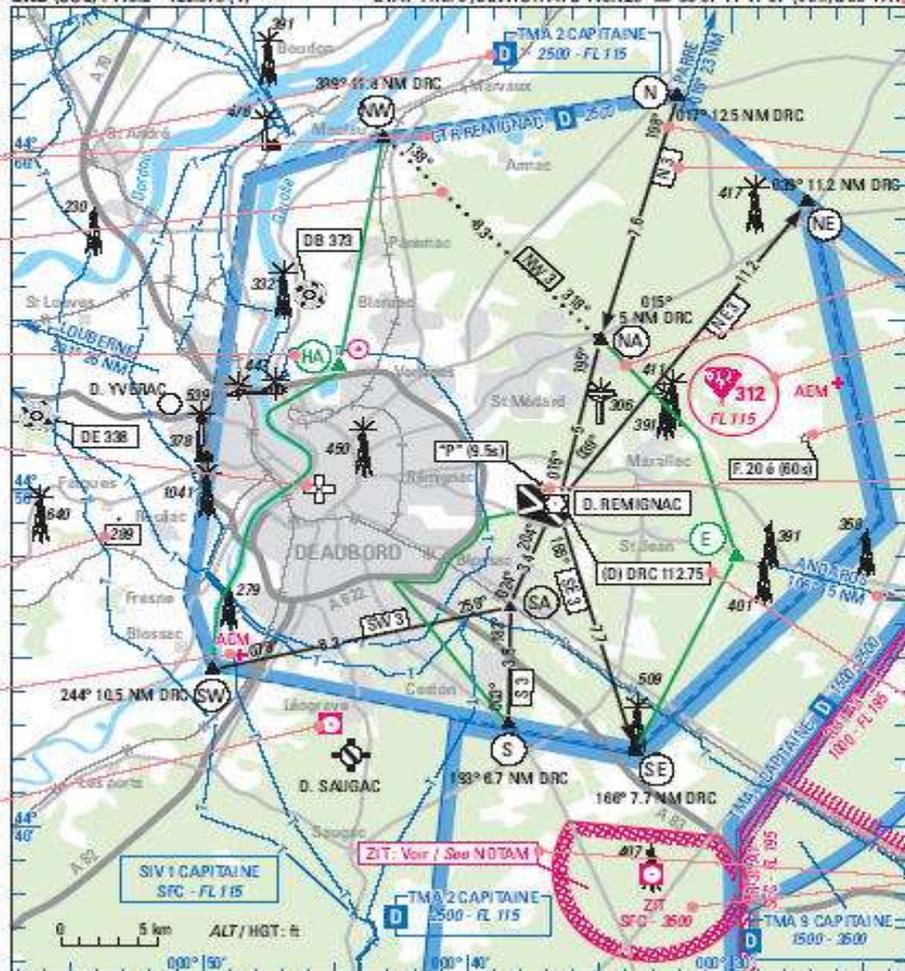
LFDO
GUND : 166 ft
VAR : 2°W (00)

ATIS 131.15 ☎ 05 57 12 68 82
APP : CAPITAINE Approche (Approach 130.0 - 130.725 (s)
TWR : 127.7 - 125.725 (s)
GND (SOL) : 118.2 - 126.575 (1)

(1) Sur instruction CTL
On ATC clearance

VDF : 126.575 - 128.0
ILS/DME : RWY 23 BD 110.3
ILS/DME : RWY 29 BEI 111.15

STAP : hors jour/HOR ATS 118.125 ☎ 05 57 77 17 67 (Voir/See TXT)



Indicatif d'appel / Call sign

Indicateur d'emplacement OACI
Location indicator ICAO

Ondulation du géoïde (Voir GEN)
Les coordonnées de la carte sont WGS-84
Geoid undulation (See GEN)
All the coordinates of the chart are WGS-84

Altitude du point le plus élevé de l'aérodrome et coordonnées du point de référence
Altitude of the highest point on the aerodrome and coordinates of the reference point

STAP : Système de Transmission Automatique des Paramètres (Voir GEN)
STAP : Automatic Parameters Transmission System (See GEN)

Itinéraire obligatoire avec son identification éventuelle
Compulsory VFR route with its possible name

Itinéraire réservé aux hélicoptères
Route reserved for helicopters

Activité parachutage N°312 - FL MAX 115
Parachuting activity NR 312 - FL MAX 115

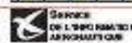
Feux d'identification à éclats (20 éclats toute les 60s)
Identification flashes light (20 flashes every 60s)

Feux aéronautique [indicatif "P" en code morse toute les 9.5s]
Aeronautical light ["P" in morse code every 9.5s]

Seuls les aérodromes ouverts à la CAP sont indiqués en périphérie avec le QDR/distance par rapport à l'ARP
Only public air traffic aerodromes are represented on the periphery of the chart with their QDR/distance from the ARP

(D) : Le moyen de radionavigation fournit une information de distance
(D) : The radio navigation aid gives a distance information

ZIT : Zone Interdite Temporaire
Un NOTAM définit les conditions de pénétration
ZIT : Temporary Prohibited Area
A NOTAM gives penetration conditions



AMDT 07/04 CHG : ZIT

©SIA



CARTES D'AÉRODROME VAC

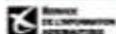
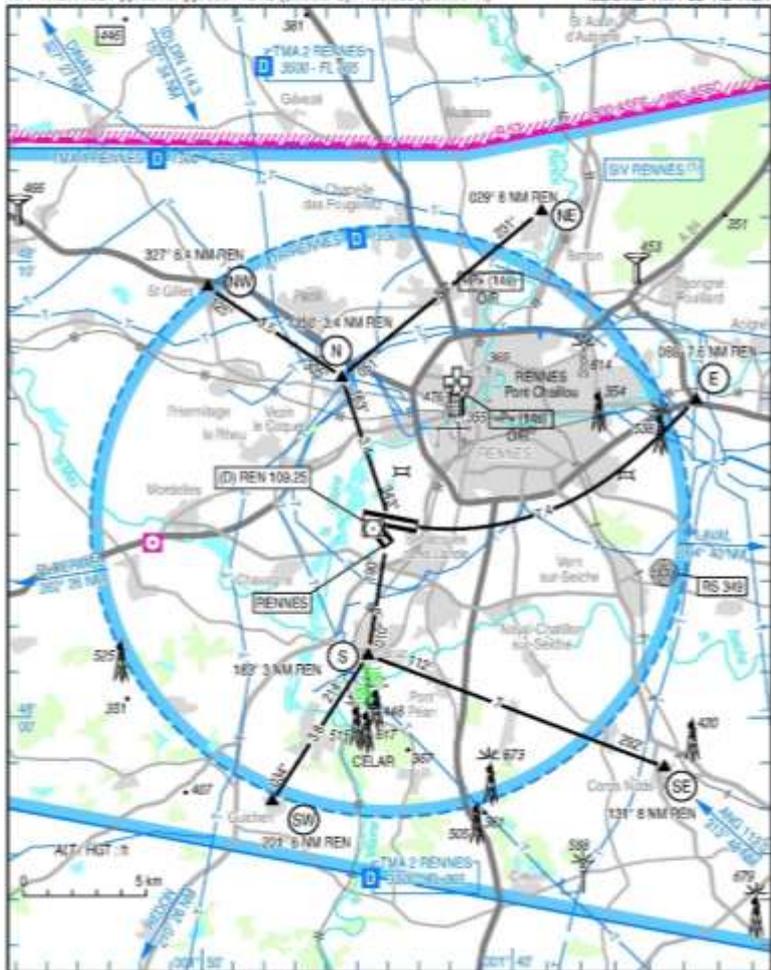
APPROCHE A VUE Visual approach

Ouvert à la CAP
Public air traffic
26 MAY 16

RENNES SAINT JACQUES
AD 2 LFRN APP 01

	ALT AD : 124 (5 hPa) LAT : 48 04 19 N LONG : 001 43 56 W	LFRN VAR : 1°W (15)
--	--	------------------------

FIS : 134.0 (1) (Secteur S) - 126.950 (Secteur N) TWR : 120.5 VDF
 ATIS : 136.4 ☎ 02 99 67 72 56 GND (SOL) : 121.725
 APP : RENNES Approche/Approach 134.0 (Secteur S) - 126.950 (Secteur N) ILS/DME RWY 28 RS 110.1



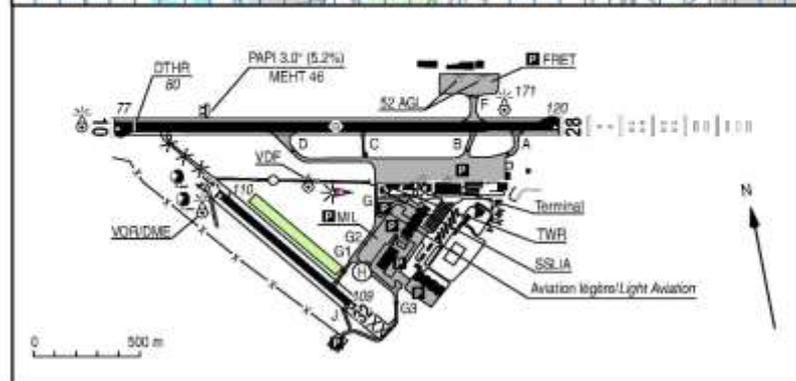
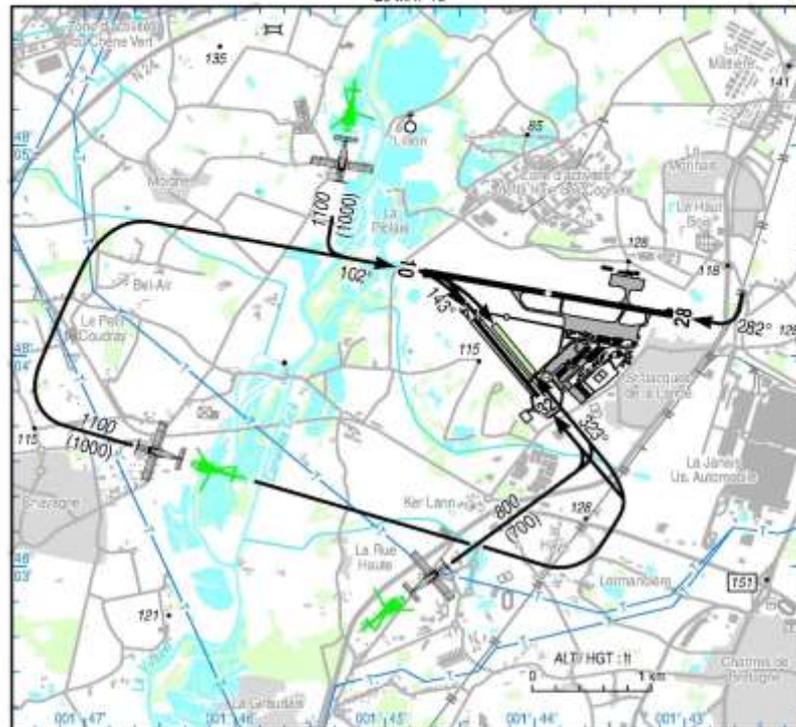
AMDT 07/16 CHG : VAR.

© SIA

RENNES SAINT JACQUES AD 2 LFRN ATT 01

26 MAY 16

ATTERRISSAGE A VUE Visual landing



AMDT 07/16 CHG : QFU, point d'arrêt TWY G1.

© SIA



CARTES D'AÉRODROME VAC

AIP FRANCE

AD 2 LFRN TXT 01
26 MAY 2016

RENNES SAINT JACQUES

Distances déclarées / Declared distances

RWY	OFU	Dimensions dimension	Nature Surface	Resistance Strength	TODA	ASDA	LDA
10	102	2100 x 45	Revêtu	46 F/C/W/T	2100	2100	2030
26	262		Paved		2100	2100	2100
14	143	850 x 30	Revêtu	5.7 t	850	850	850
32	323		Paved		850	850	850
14 L	143	550 x 50	Non revêtu	1.5 t	550	550	550
32 R	323		Unpaved		550	550	550

Aides lumineuses :
H ligne APCH 900 m RWY 26
HUBI RWY 10/26

Lighting aids:
LIN 900 m APCH line RWY 26
LH/LIL RWY 10/26

Consignes particulières / Special instructions

Conditions d'utilisation de l'AD

AD réservé aux ACFT munis de radio.
Helistation réservée pour hélicoptère de la gendarmerie
Utilisation simultanée des pistes 14/32 de l'hélistation et du TWY G sujette à restrictions imposées par l'ATC.

Procédures et consignes particulières

Roulage interdit hors RWY et TWY.
Configuration 26/14 interdite.
Circuit en vol RWY 14/32 à respecter dans la mesure du possible.

Finales RWY 10 et 14/14L confondues.
Les HEL sont autorisés à emprunter les itinéraires avions.

Circuits "basse hauteur" dans le cadre des vols d'entraînement avec instructeur uniquement et sur autorisation du contrôleur :

- RWY 14/32 : MIM 300 ft AAL au Sud de la piste.
- RWY 10/26 : MIM 500 ft AAL au Nord de la piste.

Piste 14L/32R non revêtu fermée du 15 Novembre au 31 Mars.

Piste non revêtu 14/32 :

- réservée à l'aviation légère < 1,5 T
- fermée du 15/11 au 31/03.

TWY G limité : Portion comprise entre PRKG commercial et ACB interdite aux ACFT d'envergure supérieure à 25 m.

TWY J non revêtu : Réservé à l'aviation légère < 1,5 T. Non prioritaire par rapport au TWY G. Fermé du 15 Novembre au 31 Mars.

Restriction d'utilisation parking militaire :

- Aéronefs lourds (MTOW > 7T), accès interdit sauf emergency situation d'urgence.
- Aéronefs légers (MTOW < 7T), PPR TEL obligatoire au 02 99 35 37 37.

AD operating conditions

AD reserved for radio-equipped ACFT.
Helistation reserved for police force.
Simultaneous use of helistation RWY 14/32, and TWY G can be restricted by ATC.

Procedures and special instructions

Taxing prohibited except on RWY and TWY.
Configuration 26/14 prohibited.
RWY 14/32 circuit must be respected as far as possible.

Final approaches RWY 10 and 14/14L merged.
HEL are authorized to follow the ACFT routes.

"Low height" patterns during training flights, only with an instructor pilot on board and ATC clearance:

- RWY 14/32: MIM 300 ft AAL, Southern pattern.
- RWY 10/26: MIM 500 ft AAL, Northern pattern.

Unpaved RWY 14L/32R closed from 15 November to 31 March.

Unpaved runway 14/32 :

- reserved for light aviation ACFT < 1,5 T
- closed from 15/11 to 31/03.

TWY G restrictions: Part between commercial PRKG and ACB prohibited to Airplanes with wingspan above 25 m.

TWY J unpaved: Reserved for light aviation ACFT < 1,5 T. Right of way for the TWY G. Closed from 15 November to 31 March.

Restriction for using the military apron :

- Heavy ACFT (MTOW > 7T) entrance prohibited, except emergency situation diversion.
- Light ACFT (MTOW < 7T) PPR TEL compulsory to 02 99 35 37 37.

AD 2 LFRN TXT 02
26 MAY 2016

AIP FRANCE

RENNES SAINT JACQUES

Utilisation parkings commercial et fret :

- Utilisation réservée :
- aux aéronefs commerciaux programmés
- aux aéronefs assistés (PPR PN 24 H auprès Opération exploitant AD)
- aux aéronefs d'Etat après accord Opération exploitant AD.

Utilisation des parkings commercial et fret pour les ACFT d'envergure supérieure à 36 m (code D et plus), PPR PN 48h à l'exploitant AD.

ACFT non basés : pour raisons de sûreté, l'accompagnement des pilotes et passagers sur les parkings commerciaux et fret est obligatoire et est assuré par l'exploitant AD dans le cadre de l'assistance.

Pour les vols relevant de l'Etat, cet accompagnement est assuré par la BGTA Rennes.

Utilisation parking zone aviation légère :
Parking aéroclub interdit aux hélicoptères.

Pour les vols d'aviation légère et sportive souhaitant stationner sur les parkings club, accord préalable avant le départ de l'aérodrome d'origine obtenu auprès d'un des contacts suivants (voir TXT 03) :

- Aéro-club de Rennes Ile et Vilaine.
- Rennes Maintenance Aéronautique.

Utilisation de l'aire de stationnement en herbe : arrêt moteur avant l'herbe, puis poussage de l'aéronef à la main.

Zones de point fixe :

- parking fret, côté ouest de la voie de desserte.
- parking commercial passagers, postes alpha.

VFR spécial

En présence de trafic IFR :

- Avions : VIS : 3000 m - Plafond : 1000 ft.
- Points de compte rendu

Points	Coordonnées Coordonnées	Noms Names
NE	48°11'08" N - 001°39'01" W	Belton
SE	47°58'56" N - 001°35'04" W	Corps Nuds
S	48°01'23" N - 001°44'38" W	Bruz
SW	47°58'11" N - 001°47'43" W	Guichen
NW	48°09'28" N - 001°49'51" W	St Gilles
N	48°07'30" N - 001°45'30" W	Vezin Le Coquet (transformateur EDF / EDF transformers)
E	48°07'00" N - 001°34'00" W	Cesson-Sévigné (Echangeur périphérique / Ring road interchange)

Équipement AD

Équipement de surveillance du trafic : AD équipé d'un radar secondaire (voir AD 1.0).

Commercial and freight parkings :

- Regulation reserved for:
- scheduled commercial ACFT
- ACFT handled by agent (PPR PN 24 HR from AD operator)
- state ACFT after AD operator manager agreement.

ACFT with a wingspan greater than 36 m (code D and more) must use commercial and freight PRKG. PPR PN 48h from AD operator.

Non-based ACFT: for security reasons, pilots and passengers must be accompanied on commercial and freight parkings, this provided by AD operator during handling.

For state flights, accompaniment is provided by BGTA Rennes.

General aviation area parking regulation : ACB parking forbidden to helicopter.

For light and sport aviation flights wishing to park on club parkings, PPR before the departure from inbound AD from one of the following contacts (see TXT 03):

- Aéro-club de Rennes Ile et Vilaine.
- Rennes Maintenance Aéronautique.

Grass parking use : turn off the engine before grass, then push back ACFT by hand.

Run up areas:

- freight PRKG, west from service road.
- commercial PRKG, stands alpha.

Special VFR

With IFR traffic:

- Airplanes: VIS: 3000 m - Ceiling: 1000 ft.
- Reporting points



CARTES D'AÉRODROME VAC

AIP FRANCE

AD 2 LFRN TXT 03

10 NOV 2016

RENNES SAINT JACQUES

Activités diverses

Activité de vol (N° 6365) suivant axe 10/28 - 2200 AMSL - FL 055, 0800-1900 (ETE) (- 1 HR) HJ seulement.
Activité réservée aux pilotes autorisés par le DSAC Ouest et selon protocole.
Information des usagers sur RENNES APP.

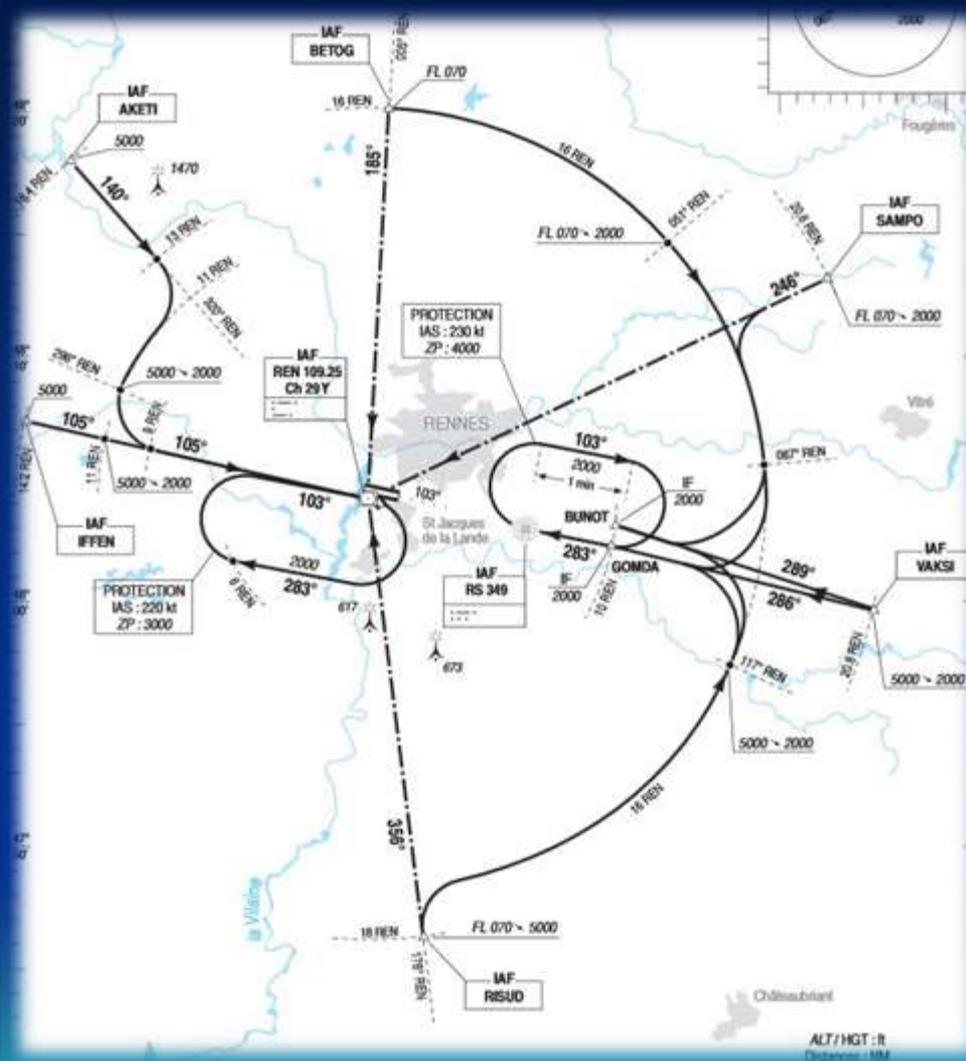
Special activities

Aerobatics (N° 6385) along RWY 10/28 axis - 2200 AMSL - FL 055, 0800-1900 (SUM) (- 1 HR) HJ only.
Activity reserved for pilots authorized by DSAC Ouest and according to protocol.
Information available on RENNES APP FREQ.

Informations diverses / Miscellaneous

Horaires sauf indication contraire / Timetables unless otherwise specified
UTC HW; HOR.ETE: -1HR / UTC W; SKED SUM: -1HR

- Situation / Location:** 6 km SW Rennes (35 - Ile et Vilaine).
- ATS:** H24 - Aéroport de Rennes St Jacques - BP 29155 - 35091 Rennes CEDEX 9 TEL: 02 99 31 31 55.
- VFR de nuit / Night VFR:** Agréé / Approved.
- Exploitant d'aéroport / AD operator:** SEAPD
BP 29155
35091 Rennes CEDEX 9
Sur / On AD TEL: 02 99 29 60 00 - FAX: 02 99 29 60 29.
E-mail: ops@rennes.aeroport.fr
- CAA:** Délégation Bretagne (voir / see GEN).
- BRIA:** NANTES (voir / see GEN).
- Préparation du vol / Flight preparation:** RSFTA / AFTN
Achèvement FPL VFR / Addressing VFR FPL: voir / see GEN 12.
- MET:** VFR: voir / see GEN VAC; IFR: voir / see AIP GEN 3.5; Station: NIL.
- Douanes, Police / Customs, Police:** Douanes / Customs: PN 24 HR TEL: 09 70 27 51 52 ou / or FAX: 02 99 50 31 24 ou / or E-mail: bi-rennes@douane.finances.gouv.fr Police: BGTA Rennes TEL: 02 99 57 89 06.
- AVT:** Carburants / Fuel: 100LL JET A1. Lubrifiants / Lubricants: NIL.
 Paiements carte SHELL Usair, carte de crédit sauf American Express.
 Paiement: SHELL card, Usair, credit card except American Express.
 LUN-VEN / MON-FRI: 0430-2200.
 SAM / SAT: 0430-1800.
 DIM et JF / SUN and HOL: 0530-1900.
 En dehors de ces HOR / Outside these SKED, PPR PN 48 HR
 TEL: 02 99 29 60 07 ou / or 06 13 39 26 71.
- RFFS:** Niveau 7 / Level 7: ORL.
 Niveau 6 / Level 6: LUN-DIM / MON-SUN: 0500-2100.
 Niveau 5 / Level 5: LUN-VEN et DIM / MON-FRI and SUN: 2100-0500.
 Niveau 2 / Level 2: SAM / SAT: 2100-0500.
 Hors HOR / Outside these SKED, PPR PN 48 HR TEL: 02 99 29 60 04 - FAX: 02 99 29 60 37.
 Niveaux RFFS maintenus jusqu'à l'arrivée du vol programmé.
 RFFS levels supported until scheduled flight has arrived.
- Péril animalier / Wildlife strike hazard:** Occasionnel / Random.
- Hangars pour aéronefs de passage / Transient aircraft hangars:** NIL.
- Réparations / Repairs:** Rennes Maintenance Aéronautique TEL: 02 99 31 93 14.
- ACB:** Rennes Ile et Vilaine TEL: 02 99 31 91 81.
 Rennes Arclub TEL: 02 99 31 69 91.
 Rennes Université Aéroclub TEL: 02 99 35 10 11.
- Transports:** NIL.
- Hotels, restaurants:** Sur / At AD.



Carte IAC LFRN et points significatifs



RÉSEAU TRÈS BASSE ALTITUDE

TRONÇON ACTIVABLE DE NUIT UNIQUEMENT

TRONÇON ABASSE AU SOL

Activations assujéti à la circulation aérienne publique.
Activations militaires ou civiles.
Valeur AMSL la plus élevée de la limite supérieure.

HORAIRES D'ACTIVATION - HORAIRE D'ARRIVÉE (ETE - 1 H) SAUF JF

Site SA : Fabrication Préparation de vol / Cartes AZBA
Site D93CAM : Accueil / Activités RTBA

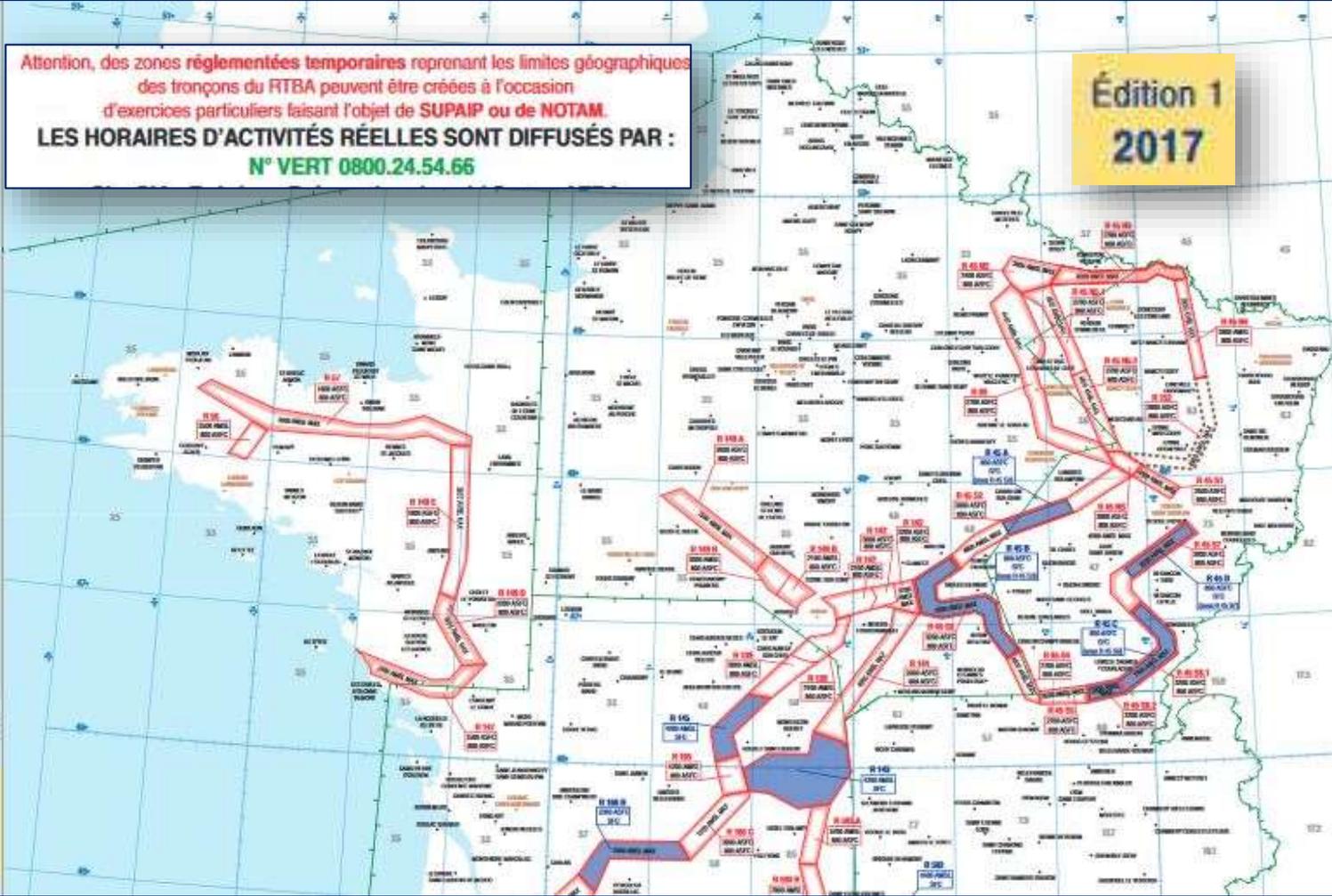
	LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI
R 40 A,B,C	08:00/11:00 12:30/15:30 14:30/18:00	08:00/11:00 12:30/15:30 14:30/18:00	08:00/11:00	08:00/11:00 12:30/15:30 14:30/18:00	08:00/11:00
R 45 R0 à NS	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30
R 40 S1 à S7 R 45 R0	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30
R 46 A,B,C R 46 R1,R2	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30
R 00	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30	08:00/11:00 12:30/15:30
R 139 R 140 R 143 R 144 R 145 R 147 R 195	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00
R 152	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00
R 166 A,B,C	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00
R 56 R 57 R 149 A,B,D R 149 E	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00
R 190 A,B R 200 A,B	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00
R 191 A,B,C R 589 A,B R 591 R 592 R 593 A,B	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00	08:00/11:00

Attention, des zones réglementées temporaires reprenant les limites géographiques des tronçons du RTBA peuvent être créées à l'occasion d'exercices particuliers faisant l'objet de SUPAIP ou de NOTAM.

LES HORAIRES D'ACTIVITÉS RÉELLES SONT DIFFUSÉS PAR :

N° VERT 0800.24.54.66

**Édition 1
2017**



CARTE DU RÉSEAU TRÈS BASSE ALTITUDE DÉFENSE (RTBA)

RTBA : limites verticales cf. Compléments aux cartes
 Vol de entraînement militaire à grande et très grande vitesse et à basse et très basse altitude
 High and very high speed and low and very low altitude military flights

ALT MAX : 4400 R 69 2700 ASFC 800 ASFC	R 143 4200	ALT MAX : 4900 R 152 2800 ASFC 800 ASFC
---	-------------------	--

Zone linéaire Références
 Linear zone 50
D 122 B
 1200/12500

Plancher / Plafond
 Lower limit / Upper limit

Zones réglementées où les pilotes n'assurent pas la prévention des collisions
 Restricted areas where pilots can't prevent mid-air collisions

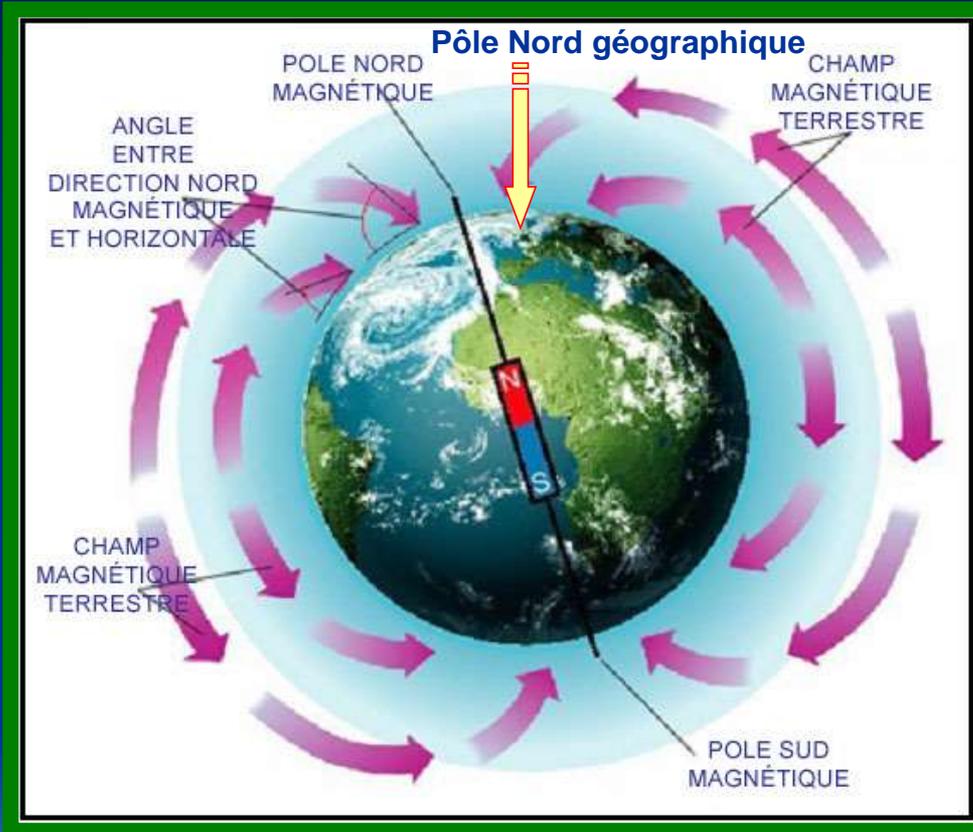
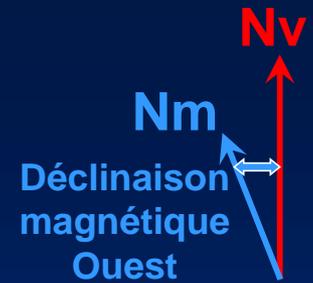
① Activables jour/nuit (day/night) ② Limite inférieure : SFC (lower limit : SFC) ③ Activables de nuit uniquement (night only)



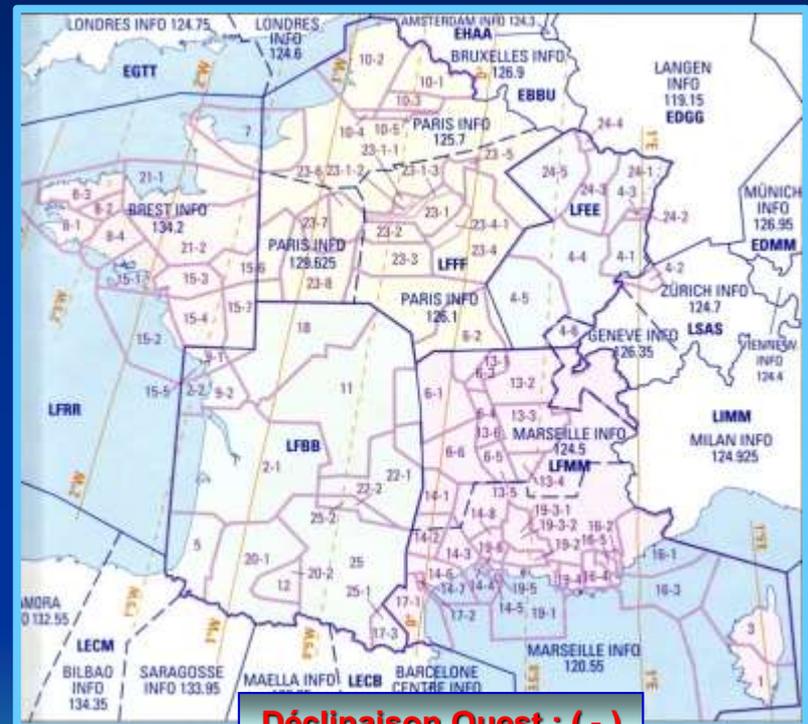


NORD MAGNÉTIQUE ET LIGNES ISOGONES

Convergence des méridiens au Pôle Nord géographique (Nv).
 Navigation magnétique par rapport au Pôle Nord magnétique (Nm).
 Différence d'angle : LA DÉCLINAISON MAGNÉTIQUE (Dm).



Lignes d'égale déclinaison : ISOGONES



Déclinaison Ouest : (-)
Déclinaison Est : (+)

- Particularités :**
- Champ magnétique non parallèle à la surface terrestre
 - Valeur du champ magnétique terrestre variable
 - Déclinaison magnétique variable (décroissance annuelle de l'ordre de 7 minutes d'angle).



$$Nm = Nv - (\pm Dm)$$

Si $Dm = 4^\circ W$
 $Nm = Nv - (-4^\circ)$



DÉCLINAISONS MAGNÉTIQUES

La Déclinaison magnétique
varie suivant le lieu
et dans le temps

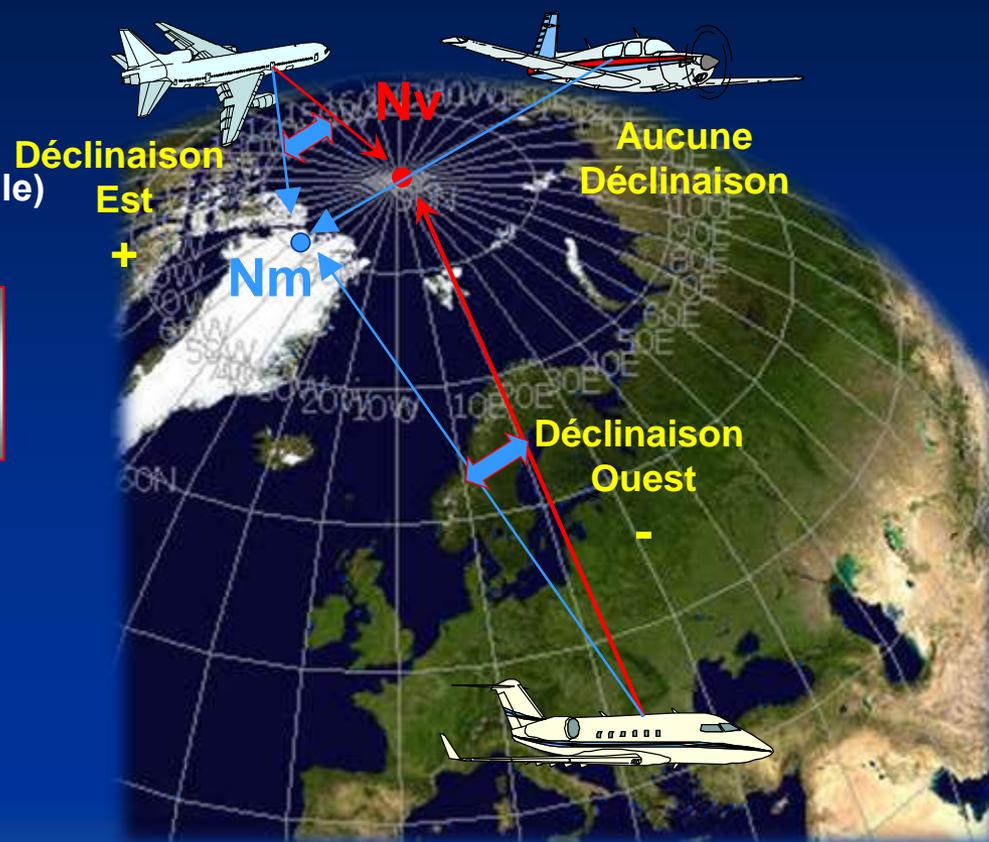
(Décroissance annuelle environ $- 7$ min d'angle)

Déclinaison + si Dm E
Déclinaison - si Dm W

$$Nm = Nv - (\pm Dm)$$

A Rennes Dm = 2° W
le Nm = Nv - ($- 2^\circ$)

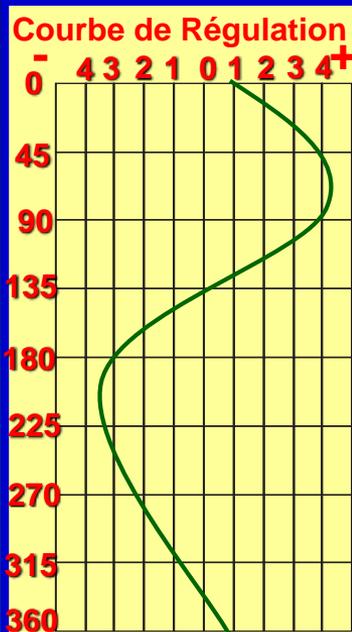
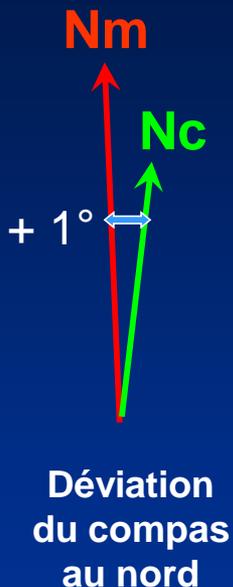
A Reykjavik Dm = 42° E
le Nm = Nv - ($+ 42^\circ$)





COMPAS ET COURBE DE DÉVIATION

Les masses métalliques dans le cockpit et les champs magnétiques engendrés par les équipements radio-électriques altèrent la précision du compas. Ces erreurs portent le nom de « DÉVIATION »

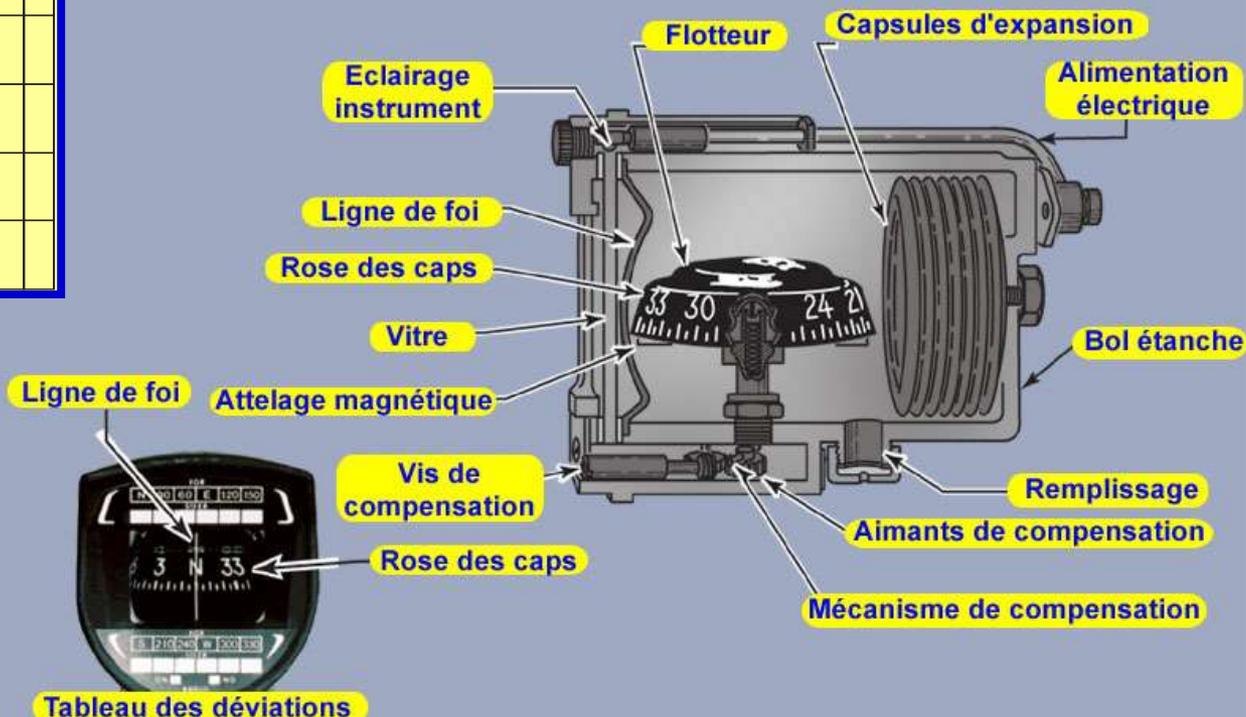


$$Nc = Nm - (\pm d)$$

Déviations + si Nc sup au Nm

Déviations - si Nc inf au Nm

Au cap magnétique 090
le Cc = 090° - (+ 4°) = 086 °
Au cap magnétique 225
le Cc = 225° - (- 3°) = 228 °



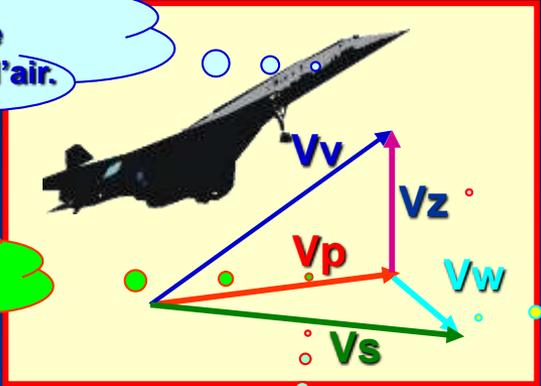
Les déviations figurent sur la courbe de régulation. Elles ne doivent pas excéder + ou - 5 °. Le contrôle de l'exactitude du compas avant chaque vol s'effectue une fois aligné sur la piste. Le réglage du compas appelle : LA COMPENSATION.



RAPPEL DES VITESSES CARACTÉRISTIQUES

Vv = vitesse aérodynamique de l'avion par rapport à la masse d'air.

Vp = vitesse horizontale de l'avion



Vz = vitesse verticale de l'avion

Vw = vitesse du vent

Vs = vitesse sol

De l'information lue à l'information réelle...

**VI Vitesse indiquée
IAS Indicated Air Speed**

Vp Vitesse propre

Correction d'installation (1 à 2 Kt)

**VC Vitesse conventionnelle
CAS Calibrated Air Speed**

**Vv Vitesse vraie
TAS True Air Speed**

Correction de pente ($Vp = Vv \cdot \cos \alpha$)

**MÉMO Vitesses
ICE Tea**

Correction de compressibilité ($V > 250$ Kt)

**EV Equivalent de vitesse
EAS Equivalent Air Speed**

Correction de densité (1% par 600 ft, 1% par 5°C)

Vv = Vp = TAS en palier



INSTRUMENTS DE NAVIGATION

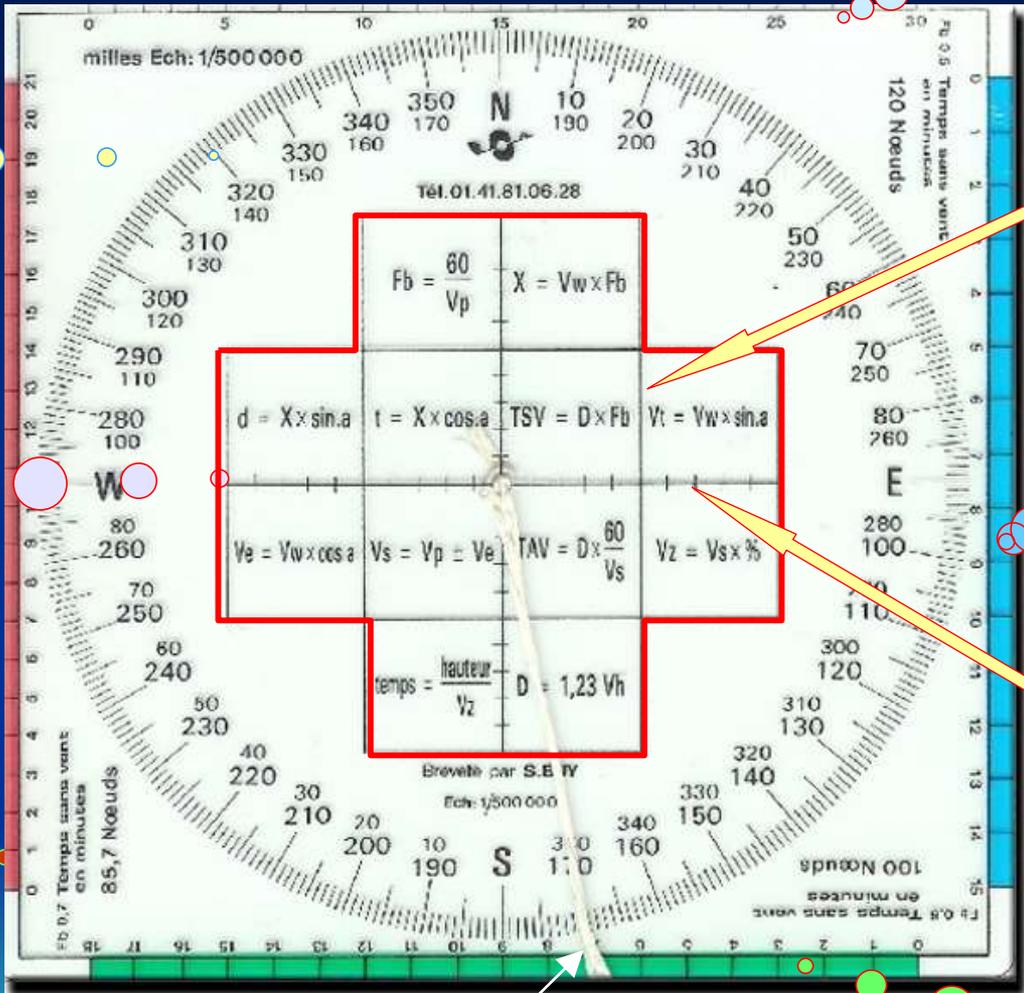
Mesure des distances sur carte à l'échelle 1 / 500 000

RAPPORTEUR

Rose des vents

Rappel des formules basiques de calculs en navigation

Temps sans vent avec vitesse de 87,5 Kt



Repères de méridien

Temps sans vent avec vitesse de 120 Kt

Repères de parallèle

Temps sans vent avec vitesse de 100 Kt

Ficelle graduée en Nm vers destination



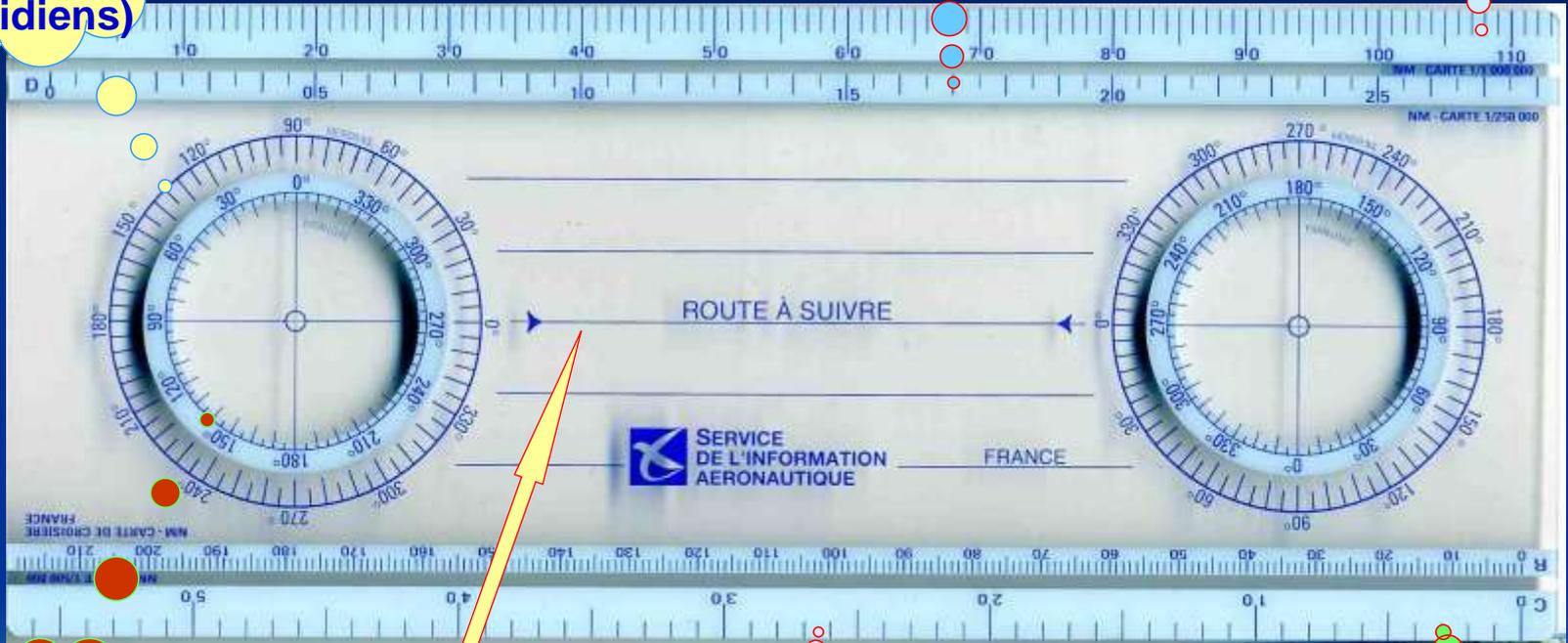
INSTRUMENTS DE NAVIGATION

RÈGLE - RAPPORTEUR SIA

Rose des vents
(Référence :
Méridiens)

Distance
Sur carte au
1 / 250 000

Mesure des distances
sur carte à l'échelle
1 / 1 000 000



Rose des vents
(Référence :
Parallèle)

Distance
Echelle carte de croisière
1 / 2 500 000

Distance
Echelle carte
vol à vue
1 / 500 000

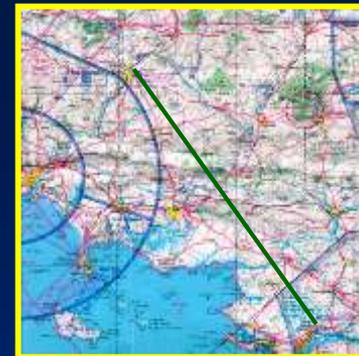
Attention sens de lecture pour roses des vents



TROIS TYPES DE NAVIGATION

➤ L'ESTIME

Basée sur le calcul d'une trajectoire départ – arrivée ;
Prend en compte les éléments de correction dus au Vent ;
Détermine des repères caractéristiques jalonnant le voyage ;
Calcul des temps intermédiaires et total.



➤ LE CHEMINEMENT

Suivi d'une trace sol caractéristique menant à l'arrivée ;
Utilisé en basse altitude par météo dégradée par exemple ;
Grande attention et sens de l'analyse.
Procédure pouvant compléter le choix de l'Erreur systématique.



➤ LA RADIONAVIGATION

Segmentation d'un voyage en tronçons compris
entre deux balises radioélectriques de radionavigation
VOR, DME, ADF ou (et)
Suivi de trajectoire sur carte déroulante via GPS.





LE CHEMINEMENT



Principe : Consiste à suivre des lignes naturelles ou artificielles

Quand et pourquoi : Si vol avec météo dégradée et
Si navigation proche d'un axe naturel ou artificiel
Par choix du pilote

Comment : En vol, se placer à droite de l'axe à suivre.
Assurer une vigilance extérieure accrue (navigation à basse altitude, vol en mauvaises conditions météo).

Choix des repères : Les fleuves et rivières importantes
Les autoroutes et routes principales
Les voies ferrées
Les côtes et vallées
Les lignes HT en régions boisées

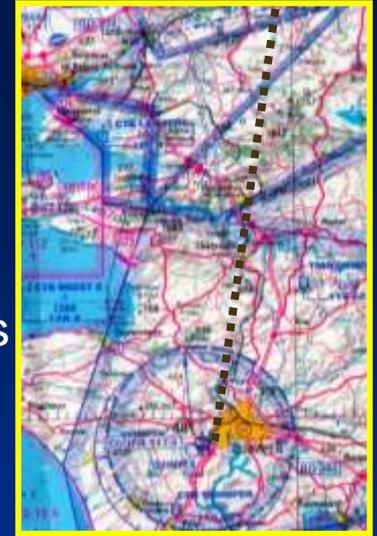




L'ESTIME

Principe :

Suivre une droite reliant deux points (ville départ, points tournants, repères sol, ville arrivée,) avec ou sans vent et déterminer les temps de vol.



Quand et pourquoi : Chaque fois que la météo est favorable et que des repères caractéristiques jalonnent la route. Moyen le plus rapide pour naviguer.

Comment :

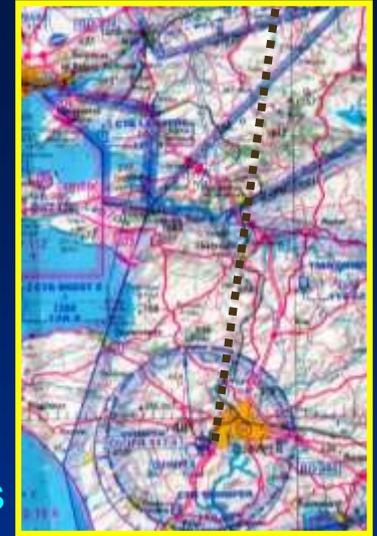
Tracer la route à suivre, mesurer l'angle avec le Nord et la distance. Trouver des repères espacés tous les 15 à 20 mn de vol.

Calculer les altérations dues au vent (dérive, temps,), les caps magnétiques à suivre et les temps de vol réels.



L'ESTIME

Choix des repères : Les fleuves, rivières,
Les lacs importants, les traits de côte
Les autoroutes et routes nationales
Les voies ferrées et nœuds ferroviaires
Les côtes et vallées
Les lignes HT en régions boisées
Les villes et aéroports importants



Facteurs d'attention : Le vent
La nébulosité
La précision de navigation du pilote
Les changements d'altitude et de niveau de vol





L'ERREUR SYSTEMATIQUE

Principe : Suivre un axe naturel, artificiel ou radioélectrique proche du point d'arrivée et terminer sa navigation sans difficulté.

Quand et pourquoi : Ce processus basé sur l'estime, la radionavigation et le cheminement permet l'arrivée en secteur inconnu ou difficile par la reconnaissance d'un point très caractéristique proche de celui-ci..

Comment : Tracer la route vers un repère d'importance (mer, ville, points culminants, forêts, balises VOR ou ADF, ...) proche du terrain d'arrivée à suivre.
Utiliser l'estime ou la radionavigation.
A partir du point d'arrivée fictif, reprendre une méthode classique de navigation vers le point d'arrivée choisi.



LA RADIONAVIGATION

Principe :

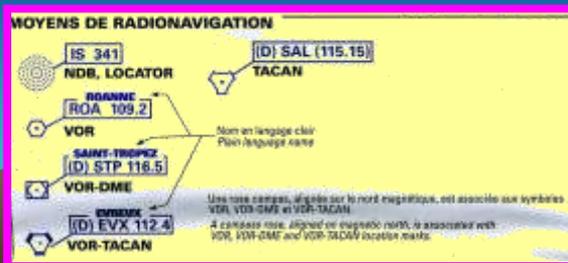
Suivre un axe radioélectrique de référence (VOR ou ADF) en rapprochement ou en éloignement, ou (et) prendre appui sur des radials tracés à partir de balises placées sur le côté de la route (flanquement).

Quand et pourquoi : Pour conforter l'estime.

Pour assurer une navigation sur un axe déterminé, de balise à balise, en airways, en VFR on top (pas de vue du sol donc sans repères caractéristiques) et en traversée maritime.

Comment :

Par l'utilisation du VOR (en direct ou en flanquement) éventuellement avec le DME (mesure de distance), le HSI ou le RMI, avec le radiocompas (ADF) et le GPS (avec dispositif d'intégrité : le RAIM sur TP). Si présent, avec le FMS (Flight Management System).





LE TRIANGLE DES VITESSES

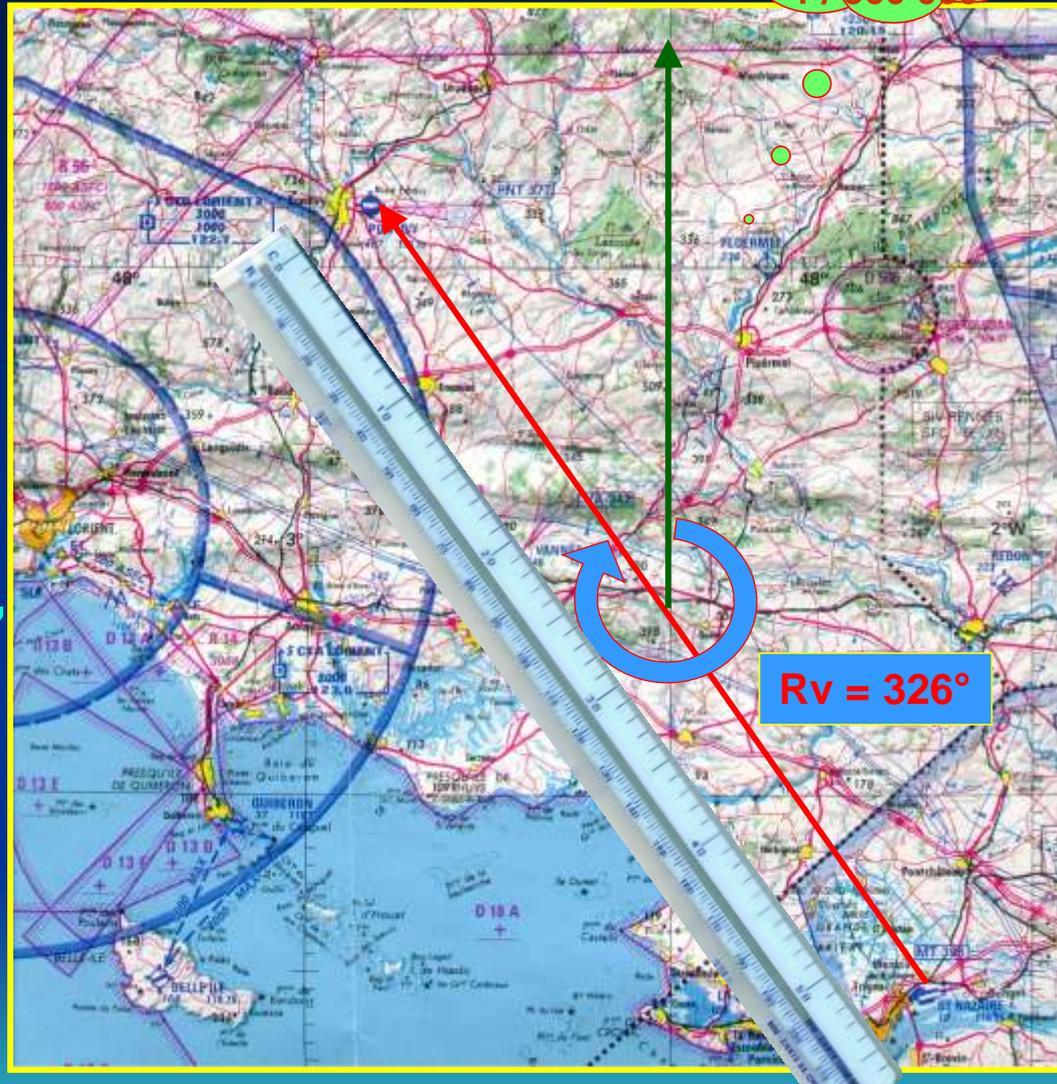
Carte Vol à Vue
au
1 / 500 000

LES ÉLÉMENTS DE BASE

- La Route vraie (Rv)
Angle entre un méridien
et la direction du trajet
(dans le sens horaire)
- **Distance 54 Nm**
- **FACTEUR DE BASE (Fb)**
Temps pour parcourir 1 Nm.
Si $V_p = 100$ Kt, en une heure,
l'avion parcourt 100 Nm.
Donc pour parcourir 1 Nm
 $F_b = 60 / 100 = 0,6$ mn/Nm.

Voyage Saint Nazaire - Pontivy

- **Temps du voyage sans vent**
 $T_{sv} = D \times F_b$
 $54 \text{ Nm} \times 0,6 = 33 \text{ mn.}$



L'inverse du Fb ($1/F_b$ soit $V_p/60$) donne le nombre de nautiques parcourus par minute

Ici le $1/F_b = 100 / 60 = 1,66$ Nm par mn. Si nous devons rappeler 5 mn avant de pénétrer dans un secteur, cette action sera exécutée à : $1,66 \times 5 = 8$ Nm de l'entrée du secteur.



LE TRIANGLE DES VITESSES

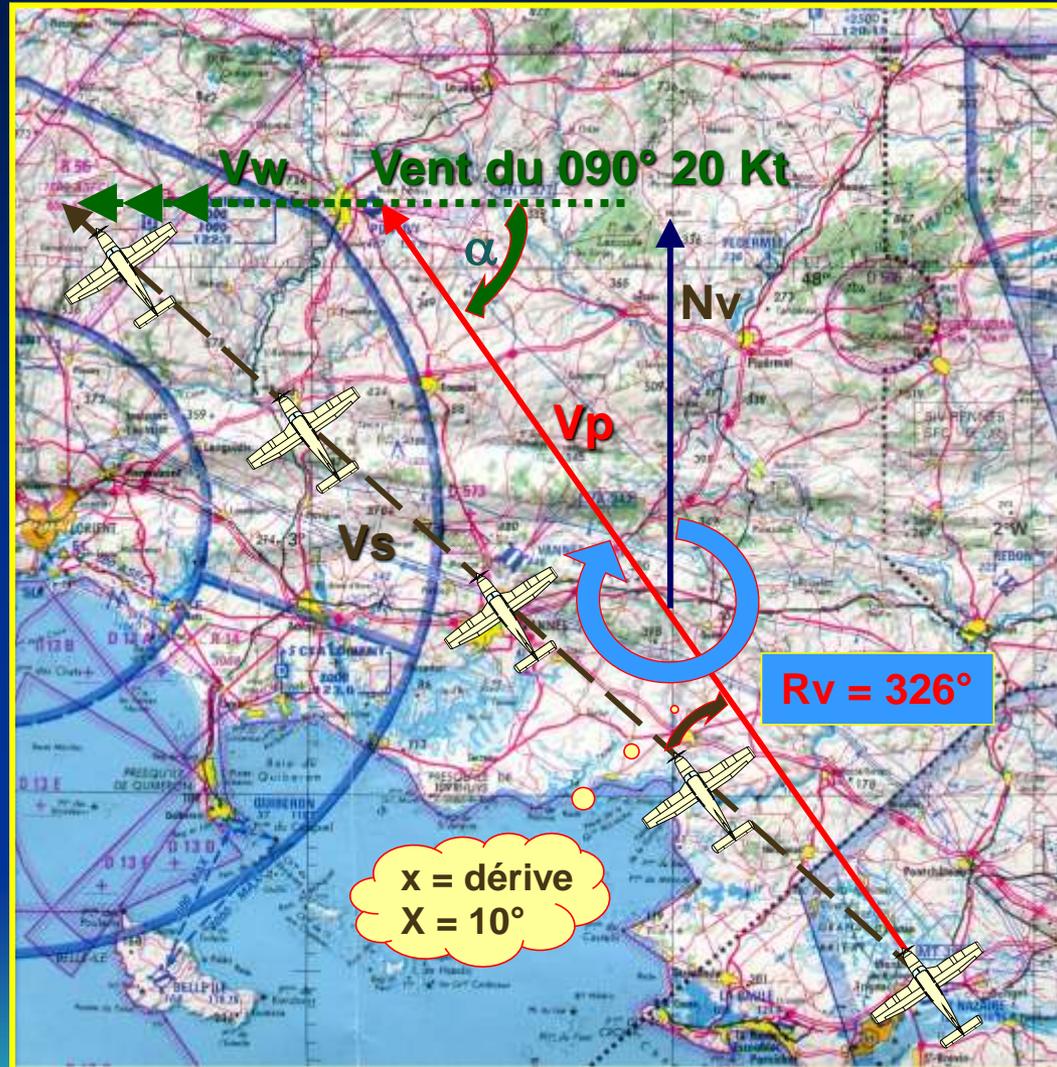
LES EFFETS DU VENT

La direction du vent modifie la trajectoire souhaitée par le pilote.

Cette différence angulaire s'appelle la dérive (x).

VENT ET DÉRIVE

- Si vent nul, pas de dérive ;
- Si vent de face et dans l'axe, pas de dérive mais $V_s = V_p - V_w$;
- Si vent arrière et dans l'axe, pas de dérive mais $V_s = V_p + V_w$;
- Si vent perpendiculaire à la route, dérive maximum mais V_s et V_p identiques ;
- Si vent traversier, dérive et temps de vol sont dépendants de l'angle formé par la direction de la route et la direction du vent et des vitesses respectives de l'avion et du vent





LE TRIANGLE DES VITESSES

Carte Vol à Vue
au
1 / 500 000

LA DÉRIVE (x) sera d'autant plus importante que :

- la vitesse du vent sera élevée ;
- la direction du vent sera perpendiculaire à l'avion ;
- la vitesse de l'avion sera faible.

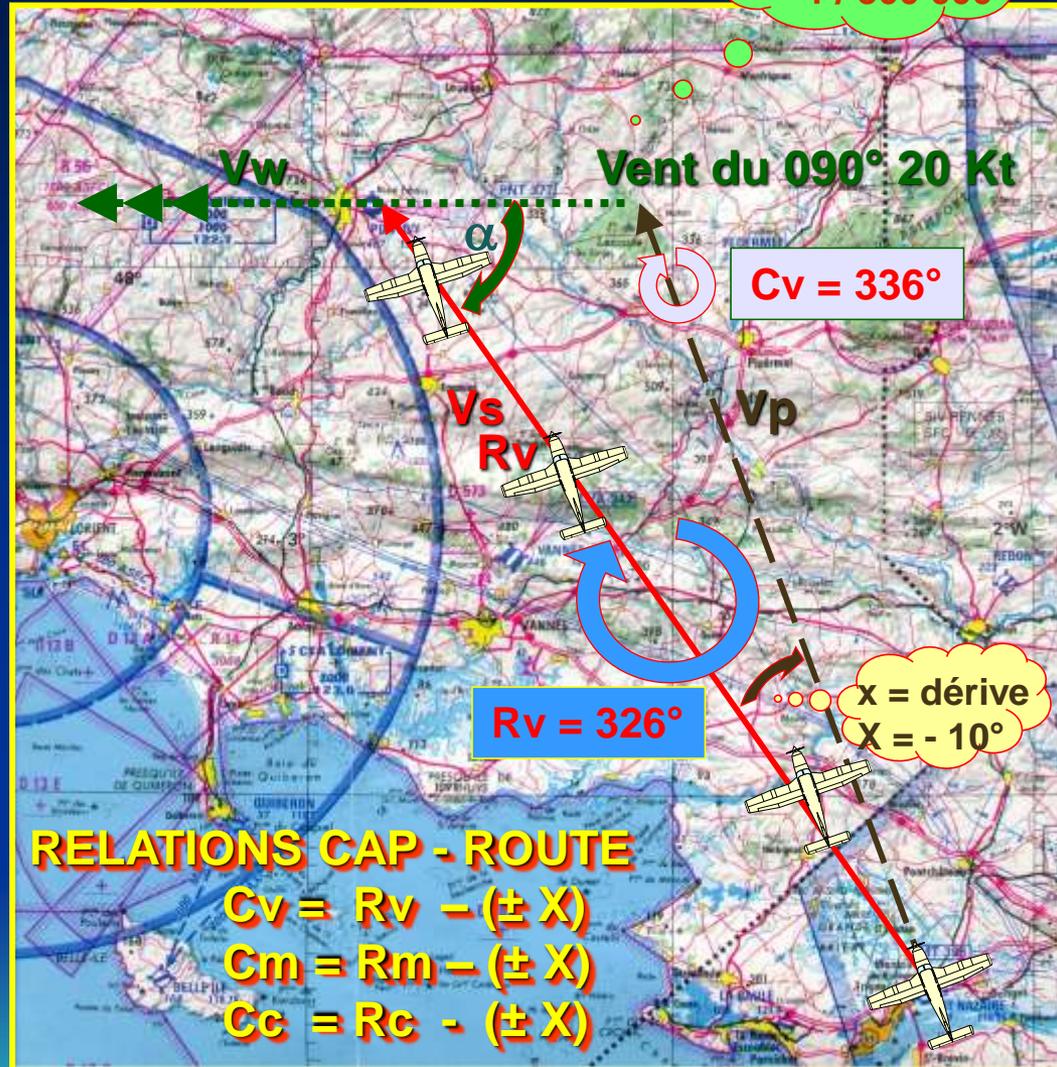
LES CAPS

Afin de suivre la route choisie le pilote modifie sa direction d'une valeur égale à la dérive mais toujours du côté du vent.

Cette direction suivie par l'avion (axe longitudinal) prend le nom de CAP.

Ce cap est fonction de la direction et de la vitesse du vent (dérive) et peut prendre comme référence :

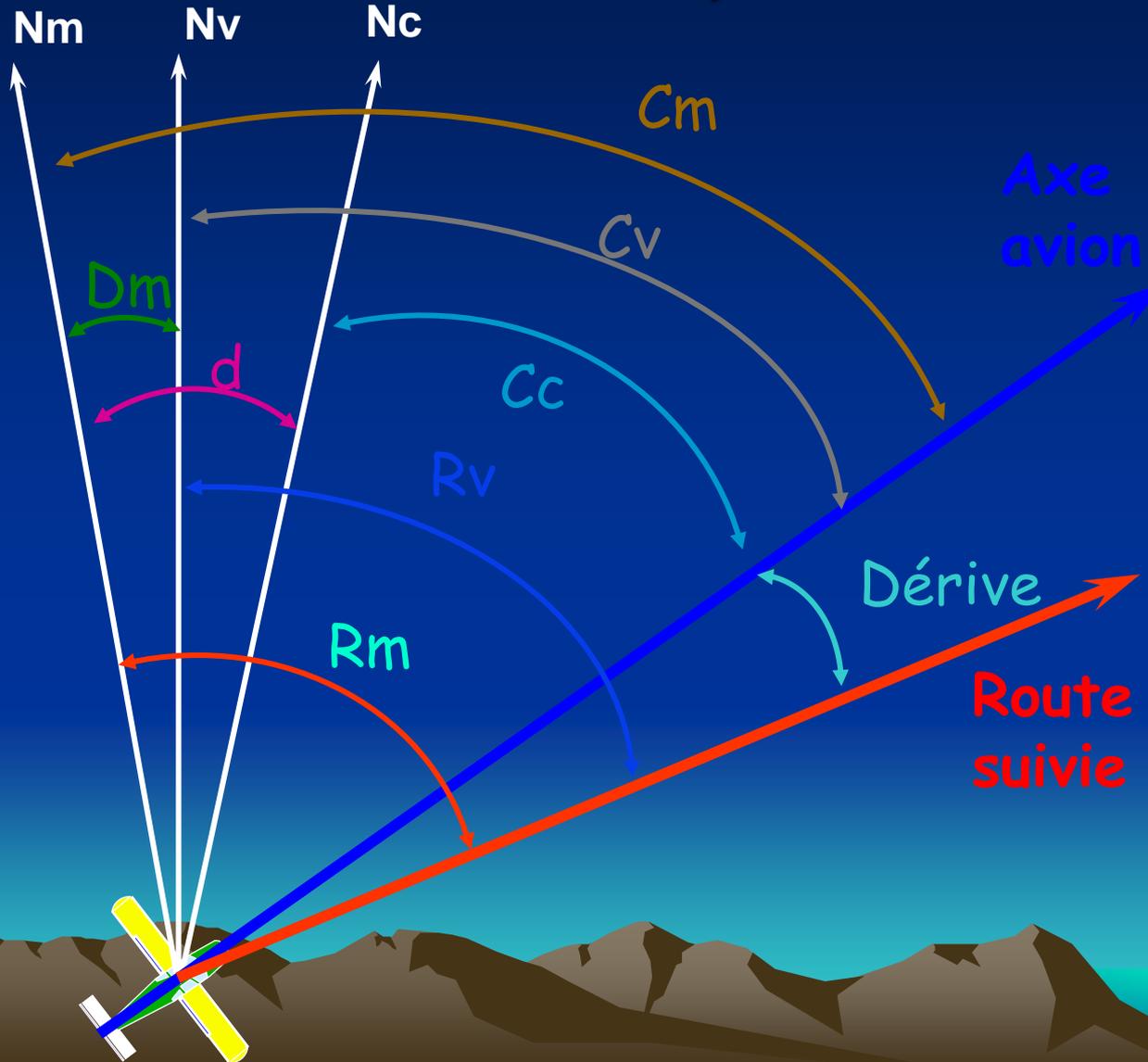
- le Nord vrai, on l'appellera Cap vrai (Cv) ;
- le Nord magnétique, ce sera donc un Cap magnétique (Cm) ;
- le Nord compas, ce sera donc un Cap compas (Cc).





LE TRIANGLE DES VITESSES

Exercice: complétez le dessin



- Dm ?
- Rm ?
- Rv ?
- Dérive ?
- d ?
- Cm ?
- Cc ?
- Cv ?



LE TRIANGLE DES VITESSES

Exercice 1

Retrancher votre Dérive, Cela vous Donne maintenant Chaque mesure du Cap compas
 $Rv - X = Cv$; $Cv - Dm = Cm$; $Cm - d = Cc$.

En vol, vous suivez une route vraie de 300° . La déclinaison magnétique du lieu de 5° Ouest et la déviation du compas à ce cap est de $+5^\circ$.
Votre compas magnétique indique 290° , quelle est votre dérive?

On pose la formule mnémotechnique avec les données connues :

$$300^\circ - (X) = Cv - (-5^\circ) = Cm - (+5^\circ) = 290^\circ$$

$$300^\circ - (X) = Cv - (-5^\circ) = \underline{295^\circ - (+5^\circ) = 290^\circ}$$

$$300^\circ - (X) = \underline{290^\circ - (-5^\circ) = 295^\circ} - (+5^\circ) = 290^\circ$$

$$\underline{300^\circ - (+10^\circ) = 290^\circ} - (-5^\circ) = 295^\circ - (+5^\circ) = 290^\circ$$

Réponse : la dérive est de $+10^\circ$ ou plus exactement de 10° droite

($Rv > Cv$)



LE TRIANGLE DES VITESSES

Exercice 2

Retrancher votre Dérive, Cela vous Donne maintenant Chaque mesure du Cap compas
 $Rv - X = Cv$; $Cv - Dm = Cm$; $Cm - d = Cc$.

Vous devez suivre une route vraie de 020° .

La déclinaison magnétique est de $4^\circ W$ et la dérive de 15° gauche, si la déviation du compas (d) est de $+3^\circ$, quel cap compas lirez vous ?

Comme précédemment, on pose la formule mnémotechnique avec les données connues :

$$Rv - (X) = Cv - (Dm) = Cm - (d) = Cc$$

$$020^\circ - (-15^\circ) = Cv - (-4^\circ) = Cm - (+3^\circ) = Cc$$

$$\underline{020^\circ - (-15^\circ)} = \underline{035^\circ} - (-4^\circ) = Cm - (+3^\circ) = Cc$$

$$020^\circ - (-15^\circ) = \underline{035^\circ - (-4^\circ)} = \underline{039^\circ} - (+3^\circ) = Cc$$

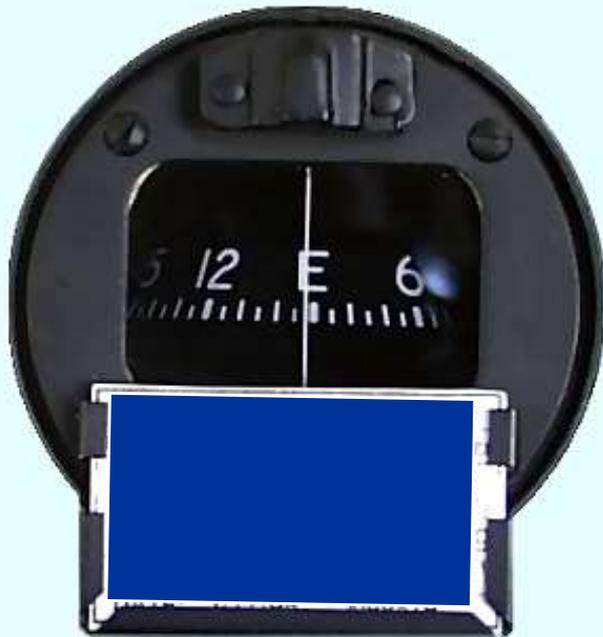
Réponse : le cap compas lu sera: $039^\circ - 3^\circ = 036^\circ$



LE TRIANGLE DES VITESSES

Exercice 3

Retrancher votre Dérive, Cela vous Donne maintenant Chaque mesure du Cap compas
 $Rv - X = Cv$; $Cv - Dm = Cm$; $Cm - d = Cc$.



En vol, vous lisez votre compas
ci-contre: 092°.

Si à cette orientation sa déviation
est de +5° (valeur limite) et que
vous déterminez une dérive de
20° gauche, votre carte vous
indique une $Dm = 4^{\circ}W$.

Quelle route vraie suivez vous ?



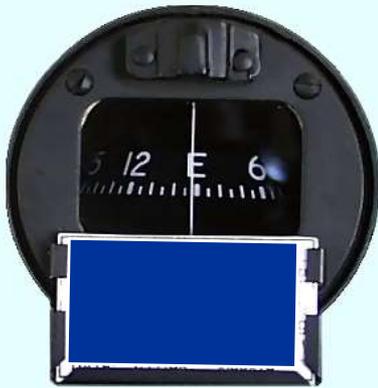
LE TRIANGLE DES VITESSES

Exercice 3

Retrancher votre Dérive, Cela vous Donne maintenant Chaque mesure du Cap compas
 $Rv - X = Cv$; $Cv - Dm = Cm$; $Cm - d = Cc$.

PROCESSUS DE RÉALISATION DU PROBLÈME

Les données du problème : $Cc = 092^\circ$ $d = +5^\circ$ $X = 20^\circ$ gauche $Dm = 4^\circ$



$$Rv - (-20^\circ) = Cv - (-4^\circ) = Cm - (+5^\circ) = 092^\circ$$

$$Rv - (-20^\circ) = Cv - (-4^\circ) = \underline{097^\circ - (+5^\circ)} = 092^\circ$$

$$Rv - (-20^\circ) = \underline{093^\circ - (-4^\circ)} = 097^\circ - (+5^\circ) = 092^\circ$$

$$\underline{073^\circ - (-20^\circ)} = 093^\circ - (-4^\circ) = 097^\circ - (+5^\circ) = 092^\circ$$

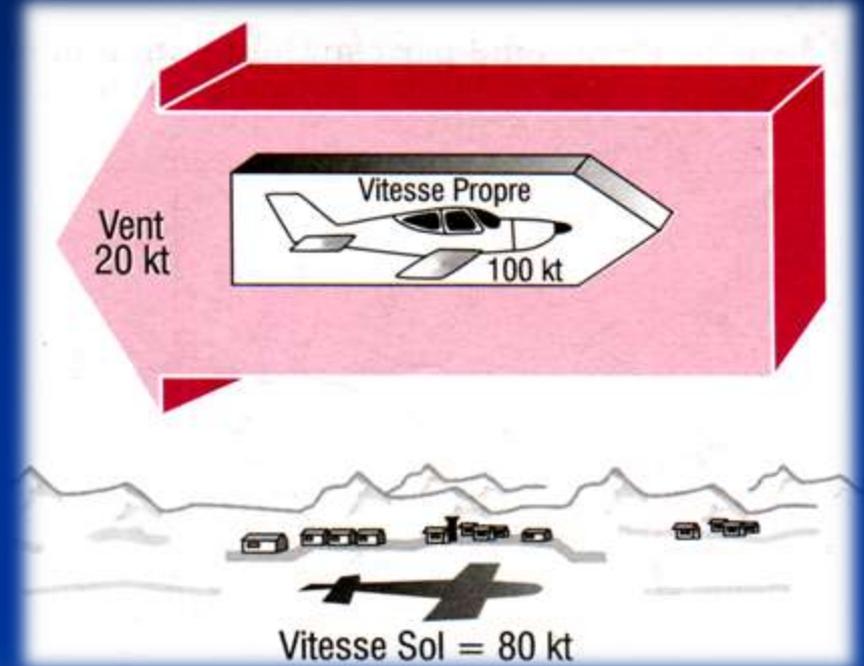
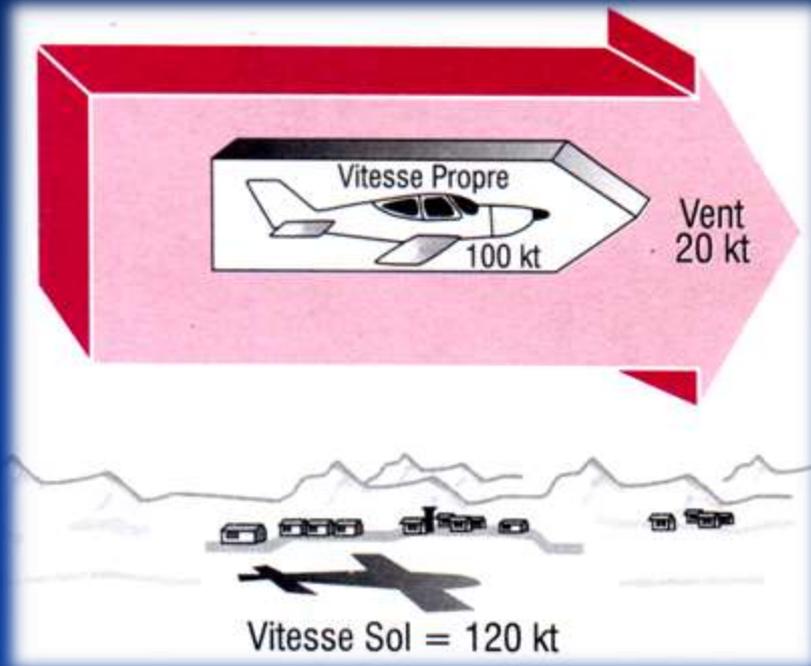
Réponse : $Rv = 073^\circ$



LE TRIANGLE DES VITESSES

CAS DES VITESSES SOL LORSQUE LE VENT EST DE FACE OU ARRIÈRE

VITESSE PROPRE - VITESSE VENT - VITESSE SOL



Ex : Rennes – Toulouse = 300 Nm

$V_p = 100 \text{ Kt}$ $V_{sol} = 120 \text{ Kt}$

$F_b \text{ réel} = 60 / 120 = 0,5$

$T \text{ réel} = 300 \text{ Nm} \times 0,5 = 150 \text{ mn}$

Soit 2 h 30

Ex : Rennes – Toulouse = 300 Nm

$V_p = 100 \text{ Kt}$ $V_{sol} = 80 \text{ Kt}$

$F_b \text{ réel} = 60 / 80 = 0,75$

$T \text{ réel} = 300 \text{ Nm} \times 0,75 = 225 \text{ mn}$

Soit 3 h 45



LE TRIANGLE DES VITESSES

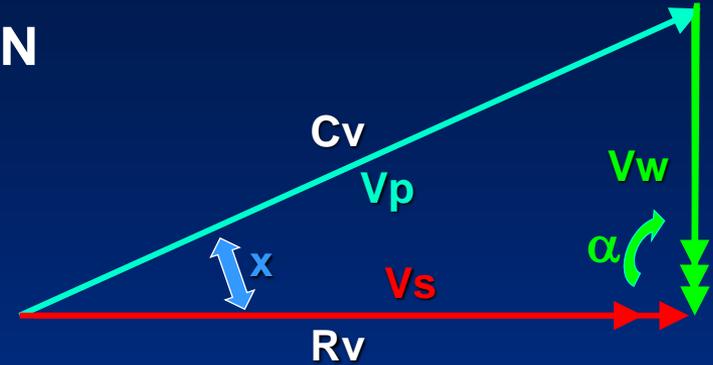
CALCUL DES ÉLÉMENTS DE NAVIGATION

Vent perpendiculaire à la Route

$$X = Vw \cdot Fb \quad Cv = Rv - X$$

Dérive est max et Vs légèrement inférieure à Vp

Constat vitesse : Vs et Vp proches



$$\sin x^\circ = Vw / Vp \quad \text{Pour angle} < 15^\circ, \sin x^\circ = x^\circ / 60, \text{ comme } Vp = 60 / Fb$$

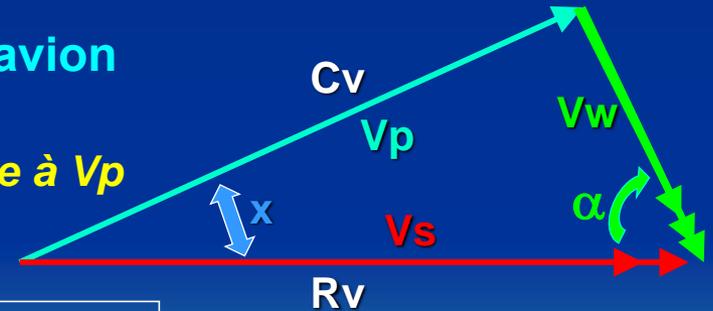
$$x^\circ / 60 = Vw / (60 / Fb), x = 60 Vw Fb / 60 \text{ D'où } x = Vw \cdot Fb$$

Vent perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'avion

$$X = Vw \cdot Fb \quad Cv = Rv - X$$

Dérive presque au max et Vs légèrement supérieure à Vp

Constat vitesse : Vs et Vp proches



$$\text{tg } x^\circ = Vw / Vp \quad \text{Pour angle} < 15^\circ, \text{tg } x^\circ = x^\circ / 60, \text{ comme } Vp = 60 / Fb$$

$$x^\circ / 60 = Vw / (60 / Fb), x^\circ = 60 Vw \cdot Fb / 60 \text{ D'où } x^\circ = Vw \cdot Fb$$

DÉRIVE MAX
 $X^\circ = Vw \cdot Fb$

Rappel sur direction du vent :

- en direction vrai par rapport au Nv dans les documents météorologiques ;
- en direction magnétique par rapport au Nm dans clairance et messages de la CA.

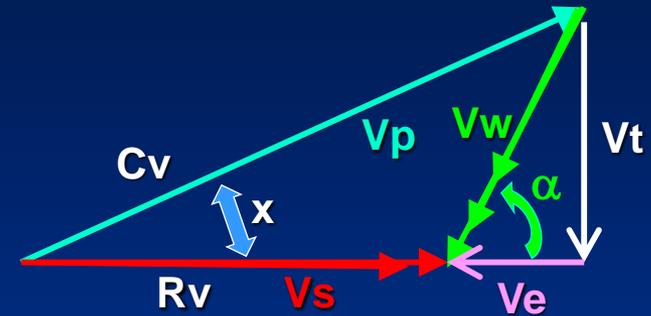


LE TRIANGLE DES VITESSES

CALCUL DES ÉLÉMENTS DE NAVIGATION

La vitesse du vent peut être décomposée en deux vitesses orthogonales,

- un équivalent vitesse VENT TRAVERSIER (V_t) perpendiculaire à la R_v ;
- un équivalent vitesse VENT EFFECTIF (V_e) parallèle à la R_v s'ajoutant ou se retranchant à la vitesse sol .



Vent effectif (V_e)

$$V_e = V_w \cdot \cos \alpha \quad \text{et} \quad V_s = V_p - V_e \quad (\text{si vent secteur avant})$$

$$\text{ou} \quad V_s = V_p + V_e \quad (\text{si vent secteur arrière}).$$

Le calcul du vent effectif permet donc de connaître :

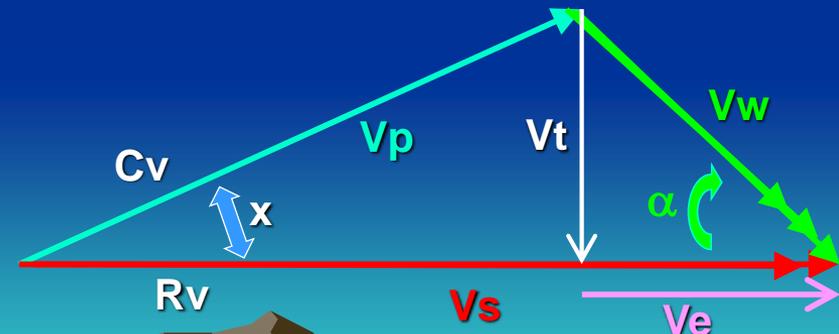
- La valeur de la vitesse air
- Le temps du voyage.

Vent traversier (V_t)

$$V_t = V_w \cdot \sin \alpha \quad \text{mais aussi} \quad V_t = V_p \cdot \sin x$$

d'où l'on tire le calcul de la DÉRIVE SUR AXE

$$x^\circ = X^\circ \cdot \sin \alpha$$



Le calcul du vent traversier permet de savoir en finale si l'on respecte la valeur démontrée de vent de travers maxi donnée par le constructeur.



LE TRIANGLE DES VITESSES

CALCUL DÉRIVE SUR AXE (1^{ère} méthode)

Démonstration : $\alpha^\circ = \text{angle au vent} = Rv - Vw$ (direction vent)

$Vt = Vw \cdot \sin \alpha^\circ$, comme $\sin x^\circ = Vt / Vp$

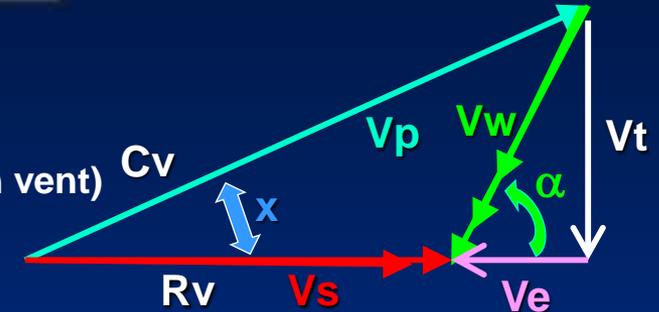
On peut écrire $\sin x^\circ = (Vw \cdot \sin \alpha^\circ) / Vp$

En approximation pour angle $< 15^\circ$, $\sin x^\circ = X^\circ / 60$.

On peut donc écrire : $x^\circ / 60 = Vw \cdot \sin \alpha^\circ / Vp$

Et $x^\circ = Vw \cdot \sin \alpha^\circ \cdot 60 / Vp$; Or $Vp = 60 / Fb$

donc $Vw \cdot \sin \alpha^\circ \cdot 60 \cdot Fb / 60$ et **$x^\circ = Vw \cdot Fb \cdot \sin \alpha^\circ$**



Comme **$X^\circ = Vw \cdot Fb$**

DÉRIVE SUR AXE
 $x^\circ = Vw \cdot Fb$

Exemple : Nav Brest – Quimper $Rv = 160^\circ$, $Vp = 100 \text{ Kt}$, $Vw = 300^\circ/20\text{Kt}$

$Fb = 60 / 100 = 0,6$ $X^\circ = Fb \cdot Vw = 0,6 \cdot 20 = 12^\circ$

$\alpha^\circ = 160^\circ - (300^\circ - 180^\circ) = 040^\circ$ $x^\circ = X^\circ \cdot \sin \alpha^\circ = 12^\circ \cdot \sin 40^\circ = 7^\circ$

Dérive vers la gauche donc négative : $x^\circ = -7^\circ$

$Cv = Rv - x^\circ = 160^\circ - (-7^\circ) = 167^\circ$.

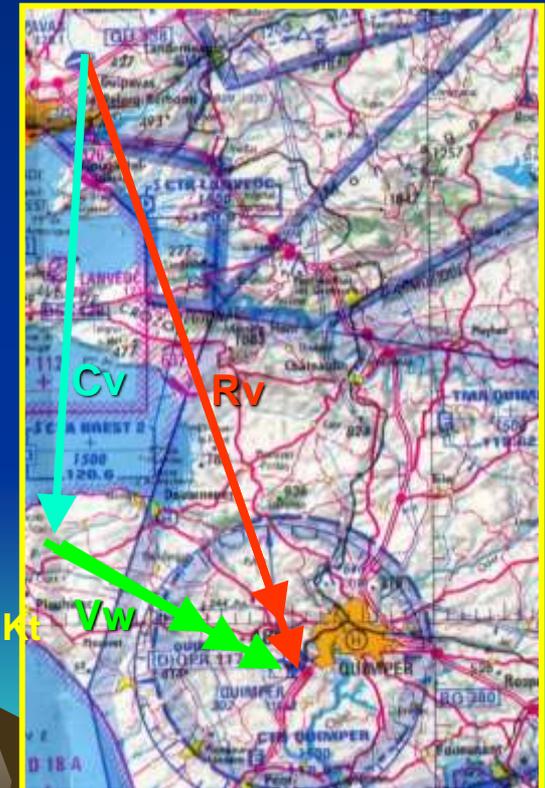
Exemple Atterrissage en piste 28 : En finale TWR annonce $Vw = 310^\circ/25 \text{ Kt}$

Limite vent de travers pour Cessna 172 = 15 Kt

Angle au vent à l'atterrissage, $\alpha^\circ = 310^\circ - 280^\circ = 30^\circ$

Vent traversier = $Vw \cdot \sin \alpha^\circ = 25\text{Kt} \cdot \sin 30^\circ = 25 \cdot 0,5 = 12,5 \text{ Kt}$

Limitation non franchie donc atterrissage dans les normes





LE TRIANGLE DES VITESSES

CALCUL DU TEMPS DE VOYAGE (1^{ère} méthode)

Démonstration Effet du vent :

$V_e = V_w \cdot \cos \alpha^\circ$ et distance équivalente : $d = T_{sv} \cdot V_e$

donc t pour parcourir cette distance est : d / V_p

soit $t = (T_{sv} \cdot V_e) / V_p$.

t est exprimé en minutes par heure de vol ou en secondes par minute de vol,

Le facteur correctif approché du temps : $t = X \cdot \cos \alpha^\circ$

TEMPS DE VOL APPROCHÉ

$$T_r = T_{sv} \pm [(T_{sv} \cdot t) / 60]$$

± en fonction de la direction du vent (secteur avant ou arrière)

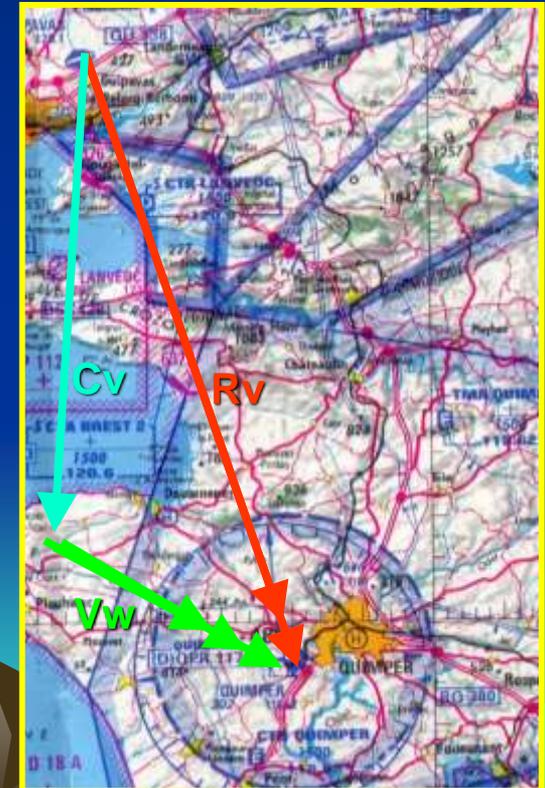
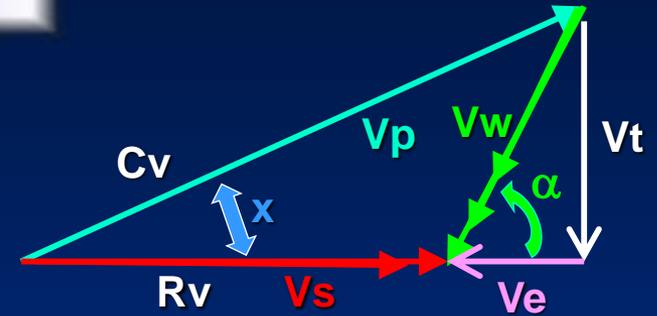
Exemple : Nav Brest – Quimper $RV = 160^\circ$, $D = 28$ Nm,
 $V_p = 100$ Kt, $V_w = 300^\circ/20$ Kt

$$F_b = 60 / 100 = 0,6 \quad X = F_b \cdot V_w = 0,6 \cdot 20 = 12^\circ$$

$$\alpha^\circ = 160^\circ - (300^\circ - 180^\circ) = 40^\circ \quad t = X \cdot \cos \alpha^\circ = 12 \cdot \cos 40^\circ = 9,2 \text{ s/mn}$$

$$\text{Temps sans vent} = D \cdot F_b = 28 \cdot 0,6 = 16,8 \text{ mn.}$$

$$\text{Temps avec vent} : T_{sv} - (T_{sv} \cdot t) / 60 = 16,8 - (16,8 \cdot 9,2) / 60 = 15,2 \text{ mn.}$$

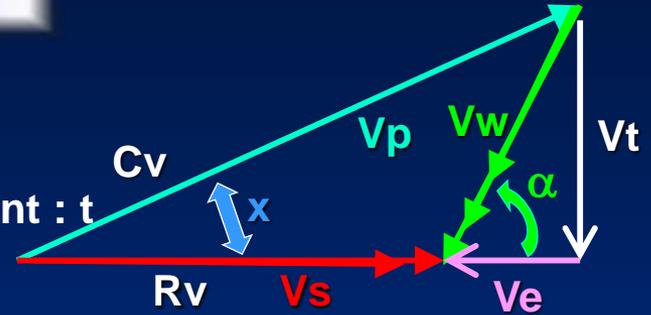




LE TRIANGLE DES VITESSES

CALCUL DU TEMPS DE VOYAGE (1^{ère} méthode)

En pratique, le facteur de correction de temps dû au vent : t
 Ce facteur intervient sur la correction de temps « t_c »
 qui est différente si le vent est de face ou arrière.



Cette correction s'appelle le temps corrigé : t_c en sec / mn de vol
 ou en mn / h de vol. Elle suit la valeur du tableau ci-dessous :

T_c face	7	8	9	10	12	13	15	16	18	20	22	24	26	28	30
t	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
T_c arrière	5	6	7	8	9	9	10	11	12	12	13	13	14	14	16

TEMPS DE VOL CORRIGÉ

$$Tr = Tsv \pm [(Tsv \cdot tc) / 60]$$

± en fonction de la direction du vent (secteur avant ou arrière)

Exemple : Nav Nantes – Dinard $RV = 350^\circ$, $D = 88$ Nm,
 $Vp = 100$ Kt, $Vw = 320^\circ/25$ Kt

$Fb = 60 / 100 = 0,6$ $X = Fb \cdot Vw = 0,6 \cdot 25 = 15^\circ$ $\alpha^\circ = 360^\circ - 320^\circ = 030^\circ$
 $t = X \cdot \cos \alpha^\circ = 15 \cdot \cos 30^\circ = 15 \cdot 0,8 = 12$ d'où t_c de face = 15 s/mn de vol
 Temps sans vent = $D \cdot Fb = 88 \cdot 0,6 = 53$ mn.
 Temps avec vent : $Tsv + [(Tsv \cdot tc) / 60] = 53 + [(53 \cdot 15) / 60] = 66$ mn.





APPROCHE DES VALEURS TRIGONOMÉTRIQUES (1^{ère} méthode)

SINUS

ANGLES	0° à 9°	10° à 25°	26° à 70°	> 70°
VALEURS	0	$(\alpha^\circ / 100) + 0,1$	$(\alpha^\circ / 100) + 0,2$	1

COSINUS

Ils sont égaux aux sinus de l'angle complémentaire soit = $(90^\circ - \alpha^\circ)$

$$\text{Cos } \alpha^\circ = \text{Sin } 90^\circ - \alpha^\circ \quad \text{Cos } 20^\circ = \text{sin } 90^\circ - 20^\circ = \text{sin } 70^\circ = 0,9$$

$$\text{Cos } 0^\circ = \text{sin } 90^\circ = 1 \quad \text{Cos } 30^\circ = \text{sin } 90^\circ - 30^\circ = \text{sin } 60^\circ = 0,8$$

$$\text{Cos } 90^\circ = \text{sin } 0^\circ = 0 \quad \text{Cos } 50^\circ = \text{sin } 90^\circ - 40^\circ = \text{sin } 50^\circ = 0,7$$

RÉSUMÉ DES FORMULES

$$Fb = 60 / Vp$$

$$X = Vw \cdot Fb$$

$$x = X \cdot \sin \alpha^\circ \quad t = X \cdot \cos \alpha^\circ$$

$$Rv - x = Cv, \quad Cv - Dm = Cm$$

$$Cm - d = Cc$$

$$Tr = Tsv \pm (Tsv \cdot t) / 60$$

Autre moyen mnémotechnique

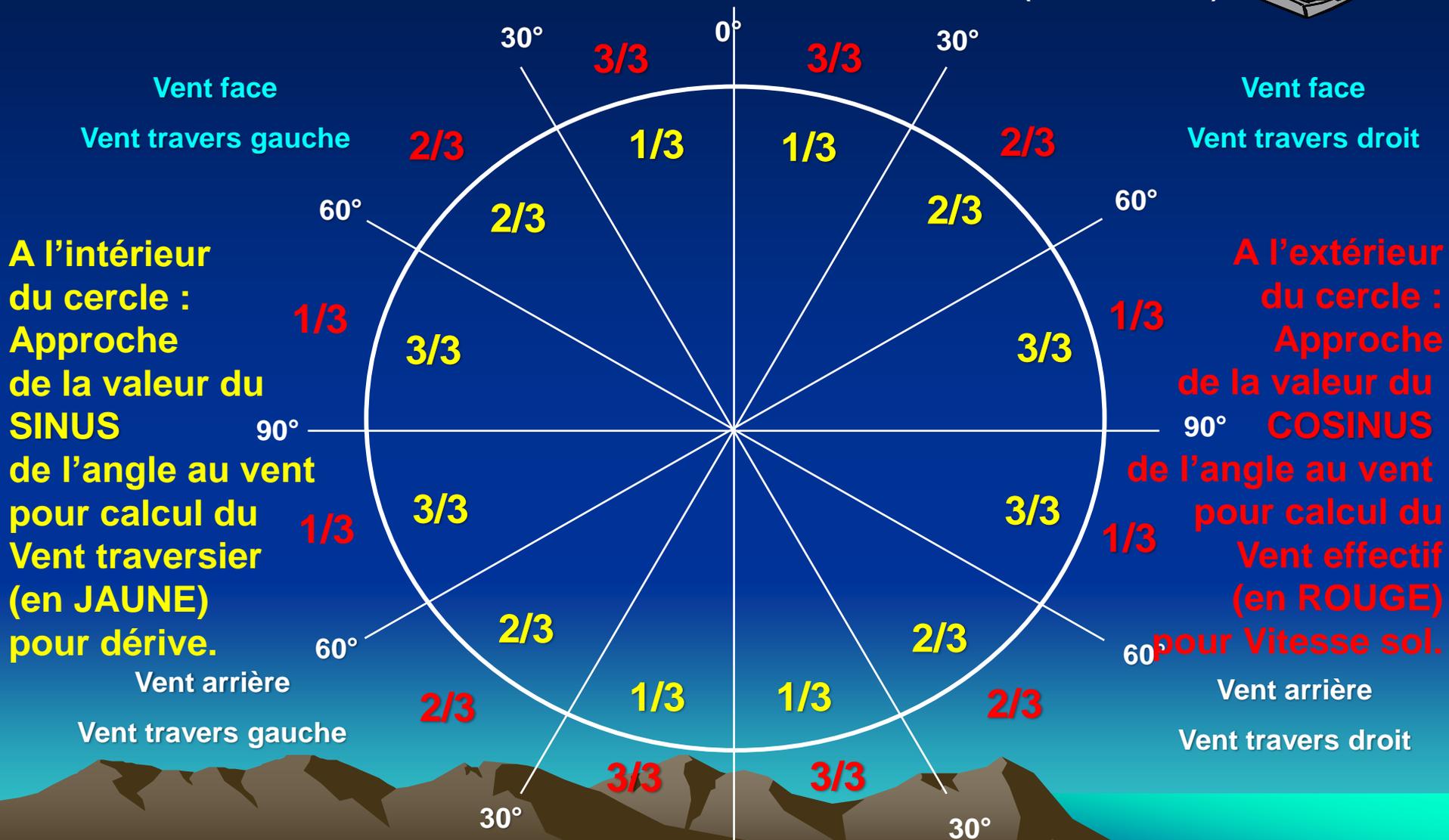
SIN	0°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	90°
	0	1/3	1/2	2/3	3/4	9/10	1	1
COS	90°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	0°



ÉLÉMENTS DE CALCUL MENTAL



APPROCHE DES VALEURS TRIGONOMÉTRIQUES (2^{ème} méthode)



Ex : $V_w = 360/20 \text{ Kt}$. Si $R_v = 020^\circ$, Approche $V_e = 20 \text{ Kt}$, Approche $V_t = 20 \times 1/3 = 7 \text{ Kt}$.



ÉLÉMENTS DE CALCUL MENTAL

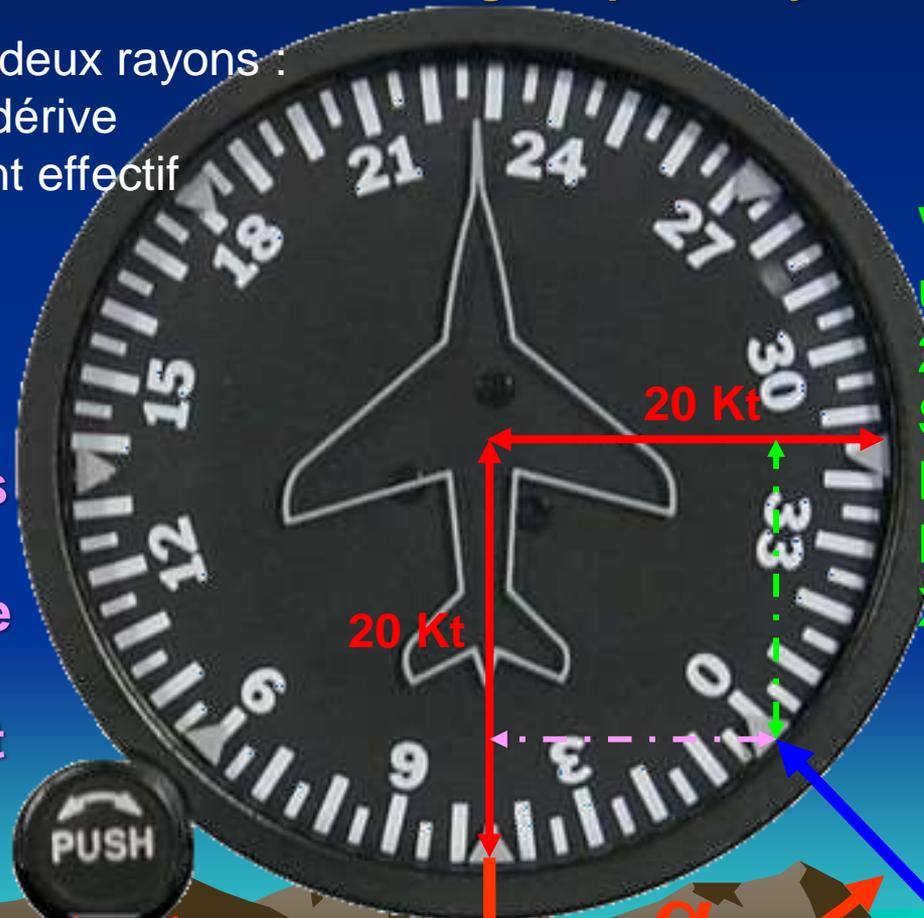


APPROCHE DES VALEURS DE DÉRIVES ET TEMPS (3^{ème} méthode)

Méthode graphique par matérialisation du vent sur conservateur de cap
Cap au 228°. Vent du Nord 20 Kt, on imagine que le rayon du cadran vaut 20 Kt

Report visuel sur les deux rayons :

- Horizontal donne dérive
- Vertical donne Vent effectif



Vent traversier (Vt)
un peu plus des
2/3 donc 14 Kt.

Si Vp 100 Kt,
Fb = 0,6

Dérive = Fb . Vw
X = 0,6 . 20 = 12°

Le vent est
du Nord
Vitesse = 20 Kt



L'angle au vent
est de 45°

α

Vent effectif (Ve)
environ un peu plus
des 2/3 soit 14 Kt
Le vent étant arrière
la vitesse sol sera
augmentée de 14 Kt



ÉLÉMENTS DE CALCUL MENTAL



APPROCHE DES VALEURS DE DÉRIVES ET TEMPS (3^{ème} méthode)

Méthode graphique par matérialisation du vent
 Sur conservateur de cap.
 Cap de l'avion au 225°.
 Vw du 255° / 30 Kt.
 Le rayon du cadran vaut 30 Kt



L'angle au vent est de 30°

Vent traversier (Vt) la moitié du rayon donc 15 Kt.

Si $V_p = 120$,
 $F_b = 0,5$

$X = F_b \cdot V_w$
 $X = 0,5 \cdot 15 = 7,5^\circ$

Le vent est du Sud-Ouest
 255° / 30
 Vitesse = 30 Kt

Vent effectif (Ve) environ 5/6 du rayon soit 25 Kt.

Le vent effectif étant de face, la vitesse sera diminuée de 25 Kt.

CALCUL CARBURANT EN PRATIQUE

VOYAGE TRIANGULAIRE EN NAVIGATION RENNES – LANNION – VANNES - RENNES



C172 Fb = 0,6
Conso = 30 L/H soit 0,5 L/mn
Vw = 320° / 30 Kt

LFRN - LFRO

Dist : 80 Nm Rm : 300°

Temps de vol sans vent

$$T_{sv} = 80 \cdot 0,6 = 48 \text{ mn}$$

$$\text{Conso} = 48 \times 0,5 = 24 \text{ L}$$

$$\text{Angle au vent } \alpha = 320^\circ - 300^\circ = 20^\circ$$

$$\text{Dérive max } X = Fb \cdot Vw = 0,6 \cdot 30 = 18$$

$$\text{Dérive sur axe} = 18 \cdot \sin 20 = 6^\circ$$

$$\text{Cap magnétique} = 300^\circ + 6^\circ = 306^\circ$$

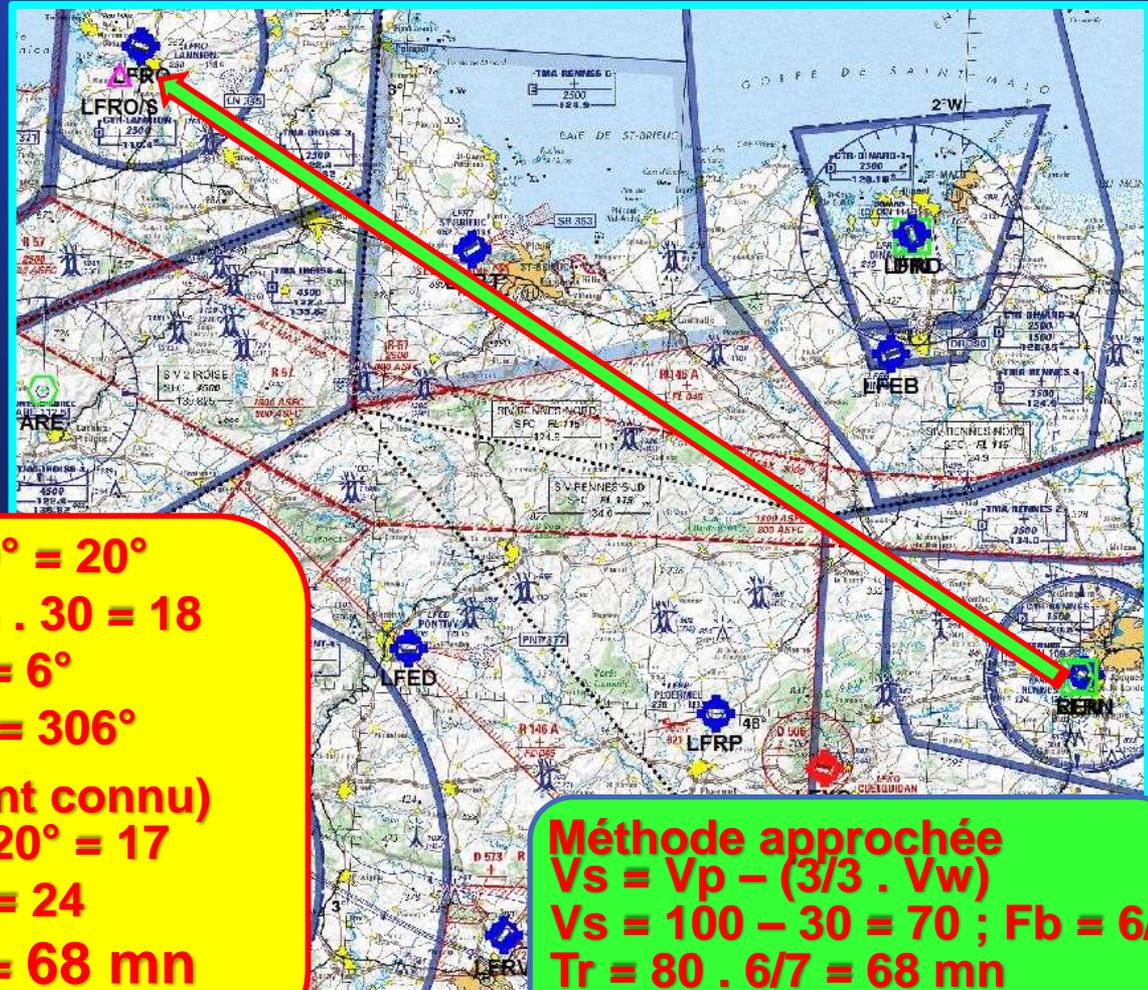
Temps de vol réel (dernier vent connu)

$$t = X \cdot \cos \alpha = 18 \cdot \cos 20^\circ = 17$$

$$t \text{ de } 17 \text{ avant donne } t_c = 24$$

$$T_r = 48 + [(24 \cdot 48) / 60] = 68 \text{ mn}$$

$$\text{Conso} = 68 \times 0,5 = 34 \text{ L}$$



Méthode approchée

$$V_s = V_p - (3/3 \cdot V_w)$$

$$V_s = 100 - 30 = 70 ; Fb = 6/7$$

$$T_r = 80 \cdot 6/7 = 68 \text{ mn}$$

$$\text{Conso} = 68 \times 0,5 = 34 \text{ L}$$

CALCUL CARBURANT EN PRATIQUE

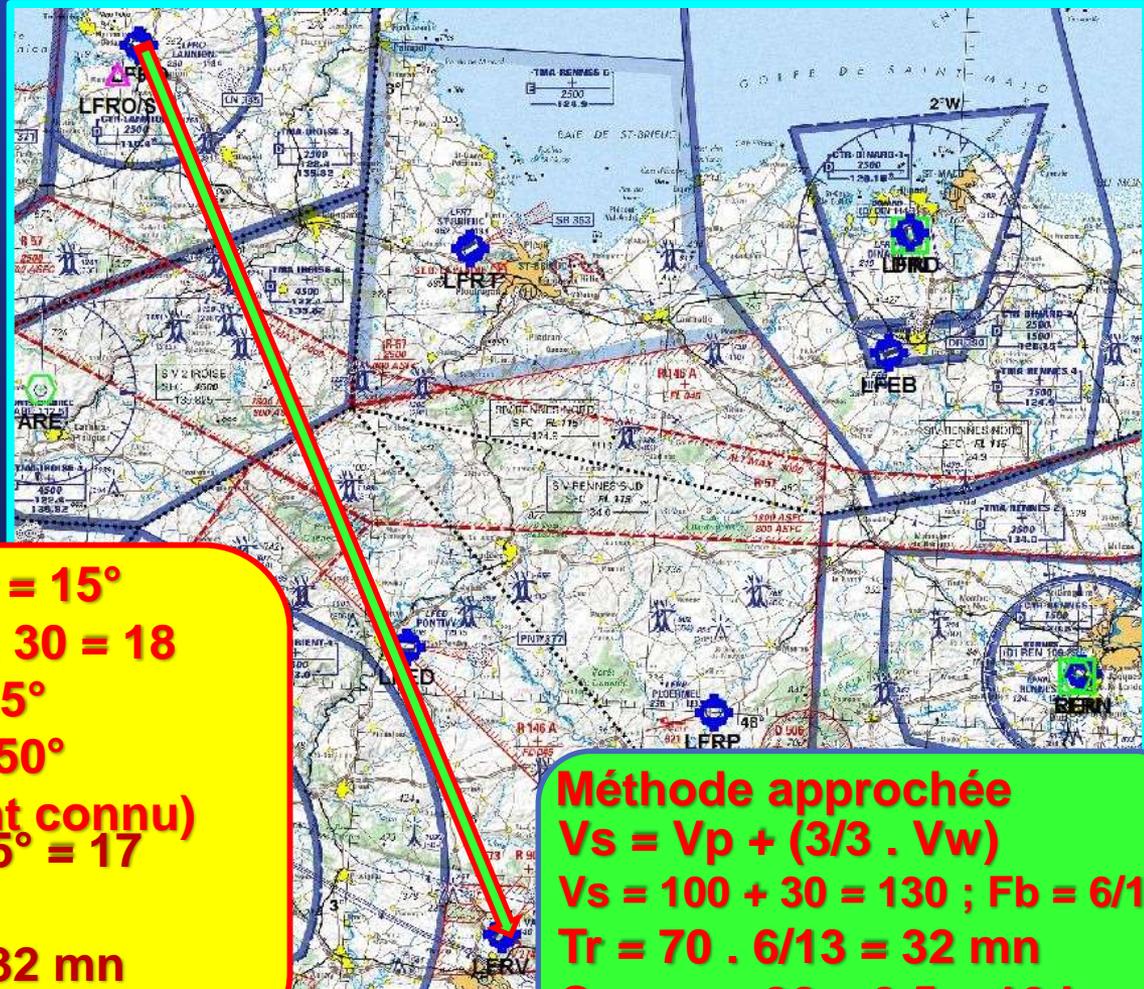
VOYAGE TRIANGULAIRE EN NAVIGATION RENNES – LANNION – VANNES - RENNES



C172 Fb = 0,6
Conso = 30 L/H soit 0,5 L/mn
Vw = 320° / 30 Kt

LFRO - LFRV

Dist : 70 Nm Rm : 155°



Temps de vol sans vent

$$T_{sv} = 70 \cdot 0,6 = 42 \text{ mn}$$

$$\text{Conso} = 42 \times 0,5 = 21 \text{ L}$$

Angle au vent $\alpha = 155^\circ - 140^\circ = 15^\circ$

Dérive max $X = Fb \cdot Vw = 0,6 \cdot 30 = 18$

Dérive sur axe = $18 \cdot \sin 15 = 5^\circ$

Cap magnétique = $155^\circ - 5 = 150^\circ$

Temps de vol réel (dernier vent connu)

$$t = X \cdot \cos \alpha = 18 \cdot \cos 15^\circ = 17$$

t de 17 arrière = tc de 13

$$Tr = 42 - [(13 \cdot 42) / 60] = 32 \text{ mn}$$

$$\text{Conso} = 32 \times 0,5 = 16 \text{ L}$$

Méthode approchée

$$Vs = Vp + (3/3 \cdot Vw)$$

$$Vs = 100 + 30 = 130 ; Fb = 6/13$$

$$Tr = 70 \cdot 6/13 = 32 \text{ mn}$$

$$\text{Conso} = 32 \times 0,5 = 16 \text{ L}$$

CALCUL CARBURANT EN PRATIQUE

VOYAGE TRIANGULAIRE EN NAVIGATION RENNES – LANNION – VANNES - RENNES



C172 Fb = 0,6
Conso = 30 L/H soit 0,5 L/mn
Vw = 320° / 30 Kt

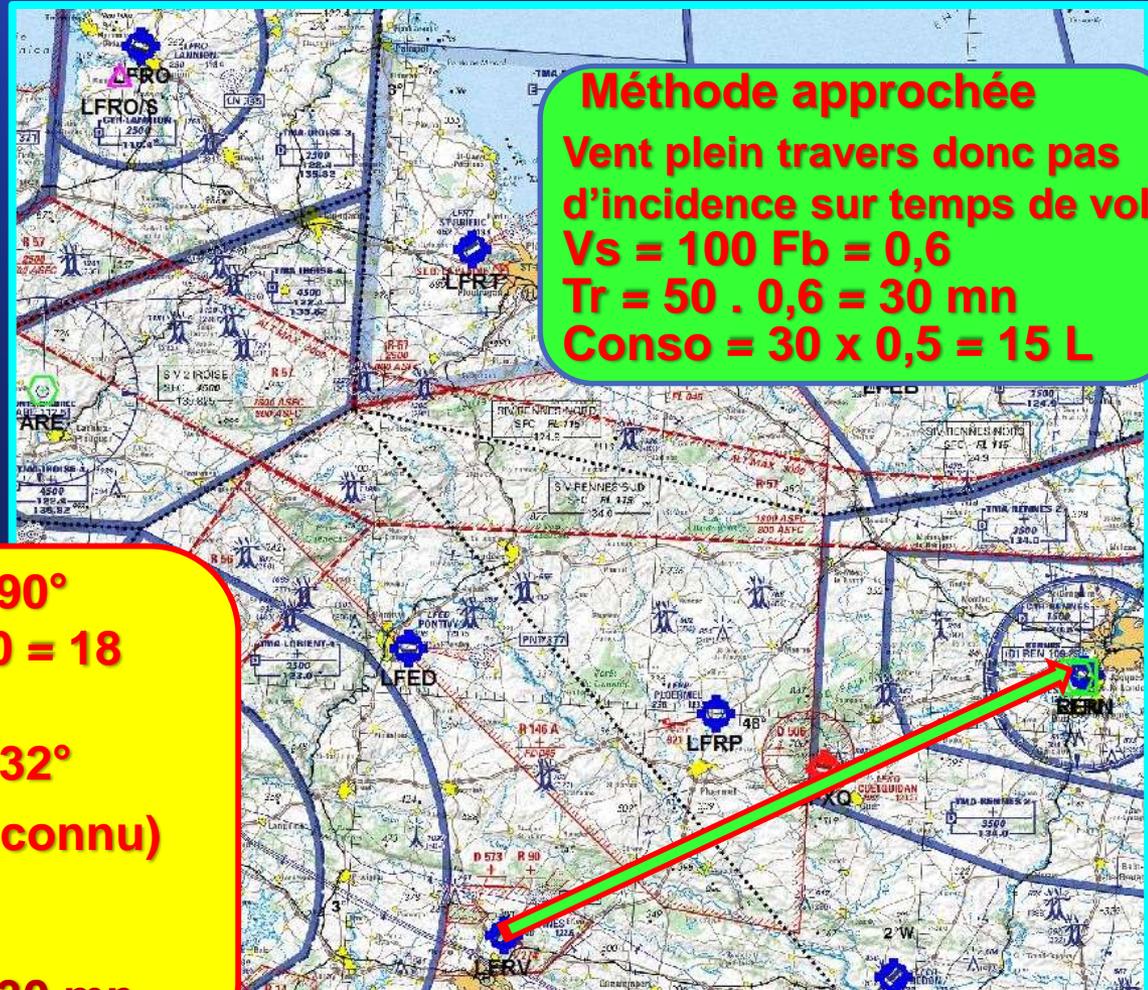
LFRV - LFRN

Dist : 50 Nm Rm : 050°

Temps de vol sans vent

$$T_{sv} = 50 \cdot 0,6 = 30 \text{ mn}$$

$$\text{Conso} = 30 \times 0,5 = 15 \text{ L}$$



Méthode approchée
Vent plein travers donc pas
d'incidence sur temps de vol.
Vs = 100 Fb = 0,6
Tr = 50 . 0,6 = 30 mn
Conso = 30 x 0,5 = 15 L

$$\text{Angle au vent } \alpha = 140^\circ - 050^\circ = 90^\circ$$

$$\text{Dérive max } X = Fb \cdot Vw = 0,6 \cdot 30 = 18$$

$$\text{Dérive sur axe : } 18 \cdot \sin 1 = 18$$

$$\text{Cap magnétique} = 050^\circ - 18^\circ = 032^\circ$$

Temps de vol réel (dernier vent connu)

$$t = X \cdot \cos \alpha = 18 \cdot \cos 90^\circ = 0$$

$$t = 0 \text{ d'où } t_c = 0$$

$$Tr = 30 + [(18 \cdot \cos 90^\circ) / 60] = 30 \text{ mn}$$

$$\text{Conso} = 30 \times 0,5 = 15 \text{ L}$$

DÉFINITIONS DES ÉLÉMENTS DE CALCUL DU CARBURANT

DÉLESTAGE
SANS VENT

Mise en oeuvre, Roulage
Essai moteur, Procédures départ

Temps de vol sans Vent

Procédures arrivée
Roulage

ÉFFETS DU VENT
CONNU SUR TEMPS DE VOL

Effet du vent connu
sur temps de vol sans vent en fonction
du dernier message "WITEM"

RÉSERVE DE ROUTE
PLAN DE DIVERSION

Complément d'essence à prévoir pour parer
à toute éventualité (météo, routes ATC non prévues,
évitement zone, retards dans le trafic et toute autre
situation susceptible de retarder l'atterrissage)
Comprenant la gestion du permanente du carburant
afin de rejoindre un autre aéroport
si aéroport prévu inaccessible.

RÉSERVE
FINALE

Jour : 30 mn au régime économique
Jour en vue du terrain : 10 mn
Nuit : 45 mn au régime économique.

**LA QUANTITÉ D'ESSENCE A EMPORTER AVANT TOUT VOL
DOIT ÊTRE LA SOMME DE CES ÉLÉMENTS PLUS LES FONDS DE RESERVOIR**

RÉCAPITULATIF DU CARBURANT A EMPORTER

LFRN - LFRO

LFRO - LFRV

LFRV - LFRN

Quantité mini pour le vol = 65 L

+

Procédures Départ et Arrivée = 6 x 5 mn = 30 mn soit 15 L

+

PLAN de DIVERSION (ancienne solution alternative) et RÉSERVE DE ROUTE

Si aléas, (évitement de zones, météo, retard trafic, ATC, ...) y compris la possibilité de rejoindre autre aéroport ou utilisation de la seconde piste si aéroport équipé). Il peut être cohérent d'envisager une réserve de route de 20 mn

Exemple pour Rennes :

- Si 10/28 impraticable, possibilité d'utiliser la 14/32
- Si souhait de dégagement vers Dinan avec procédure arrivée : 15 mn

POUR CETTE RÉSERVE DE ROUTE, ON PEUT DONC PRENDRE 20 mn SOIT 10 L

+

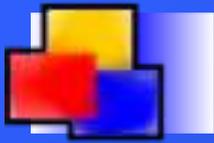
RÉSERVE FINALE À L'ARRIVÉE : 30 mn = 15 L

+

LES FONDS DE RÉSERVOIR = 15 L

TOTAL = 65 + 15 + 10 + 15 + 15 = 120 L

SI DEVIS DE MASSE ET DIAGRAMME DE CENTRAGE ACCEPTENT LES PLEINS, AVITAILLER PLEINS COMPLETS.



Sécurité des vols

EN GUISE DE CONCLUSION : NE PAS CONFONDRE

Préparation du vol

CARBURANT A EMPORTER

Délestage + Roulages + Procédures

Effets du vent connu

Réserve de route
Plan de diversion

Réserve finale

Fonds réservoirs

AUTONOMIE

Gestion du vol de jour

AUTONOMIE

DURÉE MAX DU VOL

30 mn



PERFECTIONNEMENT : LE POINT ÉQUITEMPS

Lors d'une navigation, il est important de savoir, en cas de problème, si le temps mis pour atteindre sa destination est plus ou moins important que celui permettant de revenir à son point de départ.

Ce point porte le nom de point équitemps

Par vent nul il est bien évidemment situé à mi parcours, avec du vent on utilise :

$$\text{PET : (Nm)} = D \times V_{sr} / (V_{sa} + V_{sr}).$$

V_{sa} : vitesse sol aller V_{sr} : vitesse sol retour



Exemple : Un trajet de 200 Nm, un avion qui croise à 100 kt et 30 kt de vent arrière, le PET est situé à :

$$200 \times 70 / (130 + 70) = 70 \text{ Nm du point de départ}$$

donc $200 - 70 = 130 \text{ Nm}$ du point de destination.

Vérification :

MA : 70 Nm à 70 kt = 60 minutes, **MB** : 130 Nm à 130 kt = 60 minutes.



PERFECTIONNEMENT : LE POINT ÉQUITEMPS AVEC VENT

Le problème est identique, si ce n'est qu'il faut au préalable déterminer le vent effectif (V_e) pour calculer V_{sa} et V_{sr} .

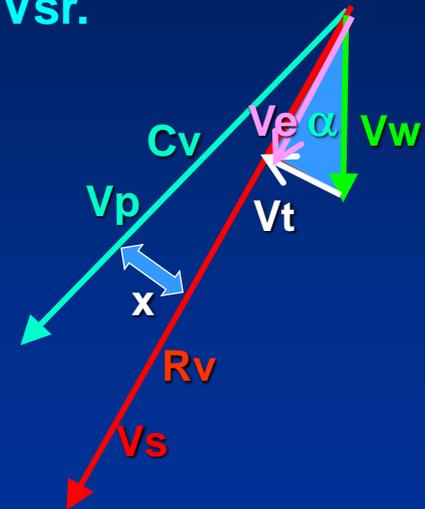
Le vent effectif est égal à la force du vent multipliée par le cosinus de l'angle au vent (α). $V_e = V_w \cdot \cos \alpha$

Ex : Une V_p de 100 kt, une route à suivre de 210° avec un vent du Nord pour 30kt, un trajet de 80 Nm.

$$\alpha = 30^\circ \quad V_{sa} = V_p + V_e \quad V_e = 30\text{kt} \cdot \cos 30^\circ$$

$$V_e = 26 \text{ kt} \quad V_{sa} = 100\text{kt} + 26\text{kt} = 126\text{kt}$$

$$V_{sr} = 100\text{kt} - 26\text{kt} = 74 \text{ kt}$$



$$PET \text{ (Nm)} = D \cdot V_{sr} / (V_{sa} + V_{sr}) = 80 \cdot 74 / (126 + 74)$$

Le PET est à 30 Nm du point de départ, soit après 24 mn de vol.

Et les Cm aller et retour sont : $x^\circ = F_b \cdot V_w \cdot \sin \alpha \quad d^\circ = 0,6 \cdot 30 \cdot 0,5 = 9^\circ$

Cm aller : 219°

Cm retour : 021°



PERFECTIONNEMENT : LE POINT DE NON RETOUR

Compte tenu de l'AUTONOMIE de l'avion, il peut être important de connaître, en cas de problème, quelle est la distance la plus éloignée au-delà de laquelle je poursuis le vol à destination .

Avant ce point, le choix s'orientera vers le retour au point de départ.

Ce point s'appelle « LE POINT DE NON RETOUR ».

Les hypothèses connues :

- La vitesse propre (V_p) ;
- La route vraie (R_v) et la distance en Nm (D);
- Le vent en direction et en vitesse ;
- L'autonomie de l'avion (T)
 - en fonction de l'altitude choisie,
 - du type de régime moteur (croisière rapide, économique, endurance, ...).

$$\text{PNR (D Nm)} = T \times (V_{sa} \times V_{sr}) / (V_{sa} + V_{sr})$$

Ce type de calcul est particulièrement important lors de la préparation des vols en région inhospitalière ou lors d'étapes éloignées sans possibilité d'escales pour ravitaillement.



PERFECTIONNEMENT : LE POINT DE NON RETOUR

Résolution d'un problème concret

Les hypothèses connues :

- La vitesse propre (V_p) = 180 Kt ;
- La route vraie (R_v) = 302° et distance 485 Nm ;
- Le vent en direction et en vitesse = $280^\circ/50$ Kt ;
- L'autonomie de l'avion = 4 heures ;
 - en fonction de l'altitude choisie,
 - du type de régime moteur (croisière rapide, économique, endurance, ...).

$$\text{PNR} : (\text{Nm}) = T \times (V_{sa} \times V_{sr}) / (V_{sa} + V_{sr})$$

A l'aller : $V_{sa} = 133$ Kt (dérive = 6° D)

Au retour : $V_{sr} = 226$ Kt (dérive = 6° G)

$$\begin{aligned} \text{PNR} : (\text{D Nm}) &= T \times (V_{sa} \times V_{sr}) / (V_{sa} + V_{sr}) = \\ &= 4 \times (133 \times 226) / (133 + 226) = 334 \text{ Nm.} \end{aligned}$$

Le PNR se situera à 334 Nm du point de départ, soit $334 / 133 = 2$ H 31 mn

Le temps mis au retour sera : $334 / 226 = 1$ H 29 mn.

Vérification : (aller) 2 H 31 + (retour) 1 H 29 = 4 H 00



CONVERSION D'UNITÉS PRATIQUES

$$1 \text{ Nm} = 6000 \text{ feet (environ)} = 1852 \text{ m}$$

Exemple d'utilisation : La finesse des avions légers est d'environ 10. Théoriquement :

- A 6000 ft (1 Nm) sans vent, on peut donc parcourir 10 Nm ;
- Le taux de descente devrait être $6000 \text{ ft} / 10 \text{ Nm} = 600 \text{ ft/mn}$

$$1\% = 60 \text{ ft} / \text{Nm}$$

Exemple d'utilisation : Plan de descente en plané à finesse max : $600 / 60 = 10\%$

$$5\% = 300 \text{ ft} / \text{Nm} \text{ (Plan de descente standard)}$$

$$1 \text{ m/s} = 200 \text{ ft} / \text{min} \text{ (environ)}$$

$$1 \text{ m/s} = 2 \text{ kts} = 4 \text{ km/h} \text{ (utilisation : mesure d'un champ : IVV)}$$

$$1 \text{ hPa} = 30 \text{ ft} \text{ (utilisation : réglage altimétrique, calculs pression, ...)}$$

$$1 \text{ litre}^* = 0.72 \text{ kg} \text{ (* essence avion: 100 LL)}$$

$$1 \text{ kg}^* = 1.39 \text{ litre} \text{ (* essence avion: 100 LL)}$$



FORMULES PRATIQUES

- Relations entre rayon de virage (R), inclinaison (I) et Vp (Kt)

$$I = 15 \% \text{ de } Vp \text{ (Kt)} \quad R_{(m)} = 10 Vp \text{ (Kt)}$$

Inclinaison pour virage standard $R_{(Nm)} = Vp \text{ (Kt)} / 200$

- Relation angle (descente ou montée) en degrés et plan en pourcentage

$$A^\circ = P\% \cdot 6/10 \quad P\% = A^\circ \cdot 10 / 6$$

- Relation Taux descente (Vz), pente de trajectoire (P), vitesse sol (Vs)

$$Vz \text{ (ft/mn)} = Vs \text{ (kt)} \cdot P\%$$

- Relation variation d'assiette, Vz et Vp

$$1^\circ = +/- 200' / \text{minute} = + / - 5 \text{ kt}$$

- Relation variation de puissance et Vz à vitesse constante

$$100 \text{ t} / \text{mn} = +/- 100 \text{ ft} / \text{minute}$$

- Calcul de l'altitude vraie Zv

$$Zv = Zi + 4 (T^\circ - T^\circ \text{ std}) \cdot Zi \text{ (milliers de pieds)}$$



RELATION VITESSE / TEMPS / DISTANCE

Quelques exemples de conversion entre vitesses, Facteurs de base et leurs inverses

80 Kt	$F_b = 3/4$	$1/F_b = 4/3$	4/3 Nm/min
90 Kt	$F_b = 2/3$	$1/F_b = 3/2$	1,5 Nm/min
100 Kt	$F_b = 0,6$	$1/F_b = 1,7$	1,7 Nm/min
120 Kt	$F_b = 1/2$	$1/F_b = 2$	2 Nm/min
150 Kt	$F_b = 0,4$	$1/F_b = 2,5$	2,5 Nm/min
180 Kt	$F_b = 1/3$	$1/F_b = 3$	3 Nm/min

↓
CALCULS
TSV et DERIVE

↓
CALCULS
DISTANCE / TEMPS

Chapitre Préparation de la Nav

1

LA CHECK LIST : PRÉPARATION NAVIGATION

2

LE DIAGRAMME DE TRAVERSÉE DE ZONES

3

LA CHECK-LIST : AVANT DÉPART

4

LES DOCUMENTS OBLIGATOIRES



CHECK – LIST : PRÉPARATION NAVIGATION

- 1) Tracer la route sur carte 1/1 000 000 ou sur carte 1/500 000 si altitude voyage < FL115.
- 2) Relever les zones à statut particulier (P - D – R – ZIT – ZDT – TRA - RTBA), les espaces aériens contrôlés (classes C, D et E) et établir un diagramme de traversée des zones et des espaces aériens contrôlés (aide éventuelle au choix des altitudes de voyage).
- 3) Tracer la route sur carte 1/500 000, compte tenu du point 1.
- 4) Étalonner le parcours en fonction de points caractéristiques distants de 15 à 20 minutes de vol environ et noter ces repères, les points tournants et les points culminants critiques, définir les altitudes de sécurité (+ 500 ft AGL).
- 5) Calculer les éléments primaires de navigation (RV, RM, D, Tsv...).
- 6) Etudier les cartes VAC des aérodromes de destination ou à proximité de la route (déroutement éventuel) et repérer :
 - l'altitude des aérodromes, le schéma des pistes, les QFU ;
 - les sens et hauteurs des tours de piste ;
 - les fréquences : ATIS, SOL, TWR, INFO, GONIO, AFIS ou A/A (terrains non contrôlés), ainsi que les balises VOR, ILS, ADF ;
 - les points d'entrée et de sortie de zones.
- 7) Repérer les fréquences COM et NAV de route (SIV, INFO FIR, VOR, DME, ADF).
- 8) Mesurer les flanquements VOR des repères caractéristiques choisis et les noter sur le log.
- 9) Faire un bilan prévisionnel du carburant [les temps de vol, (attention l'effet du vent connu devra être pris en compte en complément du temps sans vent) + 5 mn pour chaque procédure départ et arrivée sans oublier la réserve réglementaire de vol (30 mn de jour) + fonds de réservoirs + les marges acceptables de sécurité.
- 10) Préparer un devis de poids et centrage.

DIAGRAMME DE TRAVERSÉE DE ZONES



Exemple d'un voyage Rodez - Rennes

LOG DE NAV : PRÉPARATION A LONG TERME

Tracer la route sur carte 1/500 000,

Noter les repères caractéristiques, les points tournants et les points culminants, définir les altitudes de sécurité (+ 500 ft AGL) et étalonner le parcours par des points caractéristiques correspondant à 15 - 20 minutes de vol environ.

Calculer les éléments primaires de navigation :

- Route vraie
- Route magnétique
- Facteur de base
- Distance
- Temps sans vent
- Altitude de sécurité
- Points caractéristiques (distance, TSV)

LOG DE NAVIGATION						DÉPART	ARRIVÉE
Dist : 46		Tsv : 28		Trestim : 36		... LFRN	LFRV
Sin : 0 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1 1 Angle : 0 12 18 24 30 36 45 55 60 75 90 Cos : 1 1 1 0,9 0,8 0,8 0,8 0,6 0,5 0,25 0						QFU ...28....	QFU ...22....
Vw : 270° <small>Direction</small>						Vw .. 250 / .20	Vw .240 / .25.
α : 36°		Vw : 25 <small>Vitesse</small>		X <small>Dérive max</small>	Fb : 0,6	HMD ...10h00..	HMA ...10h58
		Sin α 0,6		15	x : 9	HBD10h05..	HBA ...10h55
		Cos α 0,8			t : 12 tc : 15		
Rv : 234°		Cm : 245°		Essence Départ : 110 l		Bilan Ess Arrivée : 88 l	
Rm : 236°				Autonomie : 4 h 10		Heure Fin Ess : 14 h 10	
ALT	QDM	Cc Pts	Repères	Tsv	Tr	GESTION	AERODROMES
Sécu	QDR	tournants	Distances			ESSENCE	CLAIRANCES
1100	236	245	RENNES	HD : 10H10	107		LFRN B28 4746
	109,25		10	7 + 9	= 4		
"	"	"	LAC à droite	HE : 10H19			Siv RN S 136,4
			BAULON	HR : 10H20	103		
			9	6 + 7	= 3		
"	"	254	GUER	HE : 10H27			
			COËT à droite	HR : 10H27	100		
			12	8 + 10	= 4		
"	"	"	MALESTROIT	HE : 10H37			Vannes TWR 122,6
			4 Voies-Rivière	HR : 10H38	96		7000
			14	9 + 11	= 5		
"	"	"	VANNES	HE : 10H49			Etape de base 22
				HR : 10H51	91		1020 - 1004



CHECK – LIST : AVANT DÉPART

- 1) Consultation des NOTAMS concernant le trajet, les aérodromes empruntés, l'activité des zones temporaires, ...

Diffusion : Borne télématique du bureau de piste (Olivia),
Bureaux d'information aéronautique (BIA),
Bureaux régionaux d'information aéronautique (BRIA),
Bureau national de l'information aéronautique (BNIA),
Serveur Internet (<http://www.sia.aviation-civile.gouv.fr>).
Serveur Internet (<http://olivia.aviation-civile.gouv.fr>),
Serveur vocal, numéro vert : 0 800 24 54 66 et synthèse vocale : 0 800 21 74 37
(connaissance des zones actives militaires (RTBA). A partir de 16 H la veille).

- 2) Constitution d'un dossier météo :

Carte TEMSI France,
Carte des vents à 2000 ft (950 hPa) et à 5000 ft (850 hPa),
METAR et TAF des aérodromes empruntés ou cotoyés.

Diffusion : Service Météo France de prévision aérienne (0892 681 013 Rép : 0899 701 215)
Serveur Internet de Météo France (www.meteo.fr/aeroweb),
Serveur Internet (<http://olivia.aviation-civile.gouv.fr>)
Serveur Internet Orbifly : <http://www.orbifly.com>
Serveur WAP Orbifly TAF et METAR : <http://www.orbifly.com/mto/>
Serveur internet de Météo Allemagne (<http://www.wetterzentrale.de>)
Serveur par fax : Aérofax (05 61 07 84 85),
Téléphone Prévisionniste (08 36 70 12 15 ou 08 36 68 10 13).

- 3) Calcul des éléments variables de navigation

(Dérives, Caps magnétiques, temps de vol réels, ...).

- 4) Vérification des documents et papiers obligatoires. (Détails sur écran suivant).

- 5) Dépôt éventuel d'un plan de vol.

Bureau de piste, Téléphone BRIA, FAX BRIA,
Serveur Internet (<http://olivia.aviation-civile.gouv.fr>) et ... en vol.

LOG DE NAV : PRÉPARATION A COURT TERME

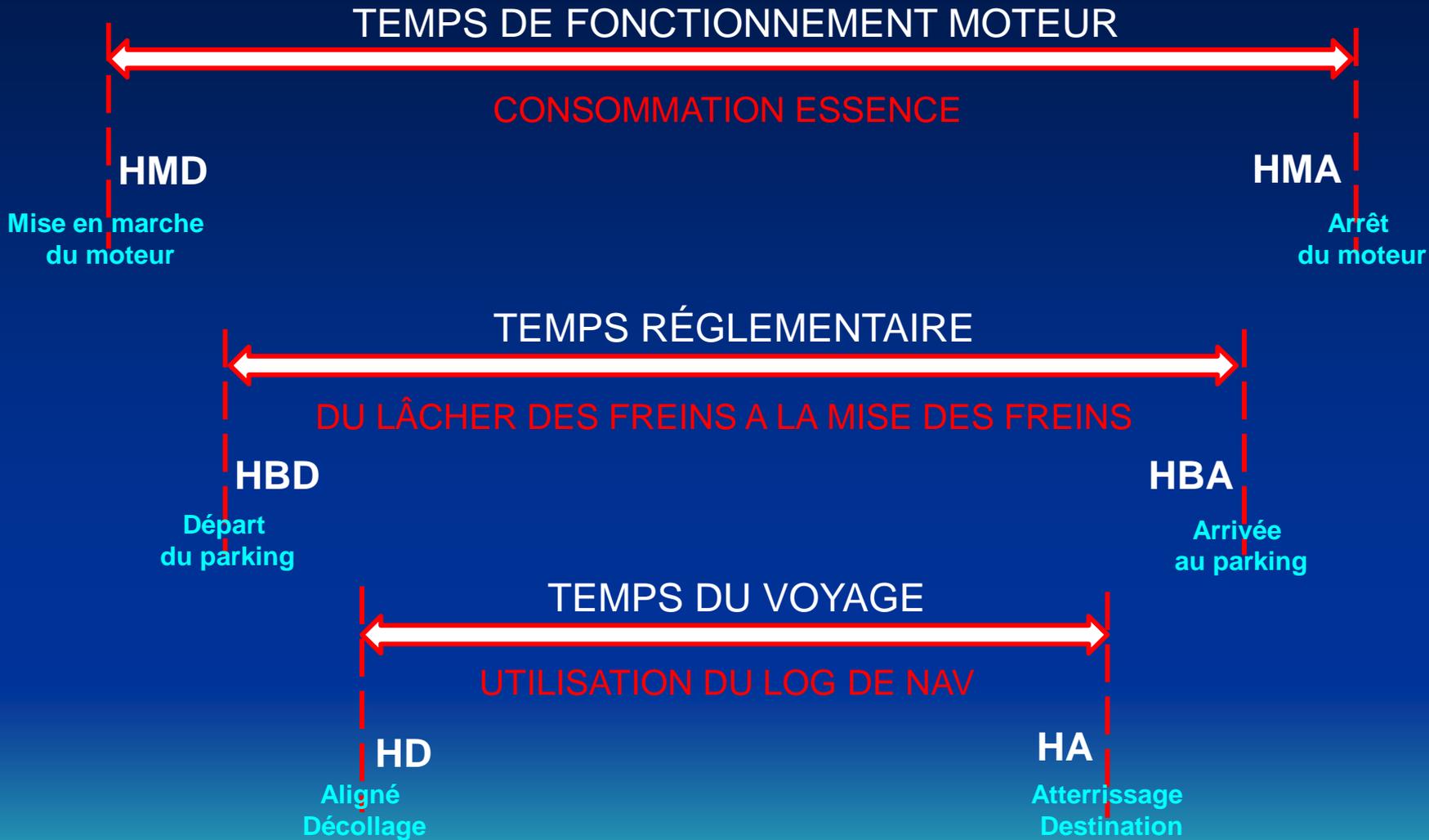
Après analyse des conditions météo, calculer :

- La dérive max
- L'angle au vent
- La dérive sur axe
- Les caps magnétiques,
- Le "t", facteur correctif du temps
- Le "tc" facteur de correction réel
- Le Temps réel du voyage
- Les temps corrigés entre points caractéristiques
- Essence et autonomie

LOG DE NAVIGATION							DÉPART	ARRIVÉE
Dist : 46		Tsv : 28		Trestim : 36			... LFRN	LFRV
Sin : 0 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1 1 Angle : 0 12 18 24 30 36 45 55 60 75 90 Cos : 1 1 1 0,9 0,8 0,8 0,8 0,6 0,5 0,25 0							QFU28....	QFU ...22....
							QFE 1018 ci +2	QFE 1004 ci ...
							QNH 1022 ci +2	QNH 1020 ci ...
Vw : 270°		Vw : 25		X	Fb : 0,6		Vw .. 250 / .20	Vw .240 / .25.
Direction		Vitesse		Dérive max			HMD ...10h00..	HMA ...10h58
α : 36°		Sin α 0,6		15	x : 9		HBD10h05..	HBA ...10h55
Cos α 0,8					t : 12 tc : 15			
Rv : 234°			Cm : 245°		Essence Départ : 110 l		Bilan Ess Arrivée : 88 l	
Rm : 236°					Autonomie : 4 h 10		Heure Fin Ess : 14 h 10	
ALT	QDM	Cc	Pls	Repères	Tsv	Tr	GESTION	AERODROMES
Sécu	QDR	lourants	Distances	Distances			ESSENCE	CLAIRANCES
1100	236	245	RENNES	HD : 10H10			107	LFRN B28 4746
	109,25		10	7	+	9	= 4	
"		"	LAC à droite	HE : 10H19				Siv RN S 136,4
			BAULON	HR : 10H20			103	
			9	6	+	7	= 3	
"		254	GUER	HE : 10H27				
			COËT à droite	HR : 10H27			100	
			12	8	+	10	= 4	
"		"	MALESTROIT	HE : 10H37				Vannes TWR 122,6
			4 Voies-Rivière	HR : 10H38			96	7000
			14	9	+	11	= 5	
"		"	VANNES	HE : 10H49				Etape de base 22
				HR : 10H51			91	1020 - 1004



NOTATION DES HEURES CARACTÉRISTIQUES



LOG DE NAV : EN VOL

Après mise en marche et Consultation ATIS, indiquer :

- Piste, QFE, QNH, Vw
- Heure moteur départ
- Heure Block départ
- Heure fin essence

- Aligné piste :**
- L'heure de décollage
 - L'heure estimée
 - 1^{er} point – origine nav

- A chaque point :**
- Application du « TRAZMER »

LOG DE NAVIGATION						DÉPART	ARRIVÉE
Dist : 46		Tsv : 28		Trestim : 36		... LFRN	LFRV
Sin : 0 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1 1						QFU28....	QFU ...22....
Angle : 0 12 18 24 30 36 45 55 60 75 90						QFE 1018 ci +2	QFE 1004 ci ...
Cos : 1 1 1 0,9 0,8 0,8 0,8 0,6 0,5 0,25 0						QNH 1022 ci +2	QNH 1020 ci ...
Vw : 270°		Vw : 25		X		Fb : 0,6	
Direction		Vitesse		Dérive max			
α : 36°		Sin α 0,6		15		x : 9	
		Cos α 0,8				t : 12 tc : 15	
Rv : 234°		Cm : 245°		Essence Départ : 110 l		Bilan Ess Arrivée : 88 l	
Rm : 236°				Autonomie : 4 h 10		Heure Fin Ess : 14 h 10	
ALT	QDM	Cc Pts	Repères	Tsv	Tr	GESTION	AERODROMES
Sécu	QDR	turnants	Distances			ESSENCE	CLAIRANCES
1100	236	245	RENNES	HD :	10H10	107	LFRN B28 4746
	109,25		10	7	+ 9	- 4	
"		"	LAC à droite	HE :	10H19		Siv RN S 136,4
			BAULON	HR :	10H20	103	
			9	6	+ 7	- 3	
"		254	GUER	HE :	10H27		
			COËT à droite	HR :	10H27	100	
			12	8	+ 10	- 4	
"		"	MALESTROIT	HE :	10H37		Vannes TWR 122,6
			4 Voies-Rivière	HR :	10H38	96	7000
			14	9	+ 11	- 5	
"		"	VANNES	HE :	10H49		Etape de base 22
				HR :	10H51	91	1020 - 1004

TOP – ROUTE – ALTITUDE – ZONE – MOTEUR – ESTIMÉ ESSENCE – RADIOCOM et RADIONAV

- TOP = Heure réelle passage repère
- Route = Recalage conservateur de cap et contrôle cap
- ALTITUDE = Recalage si besoin et contrôle de l'altitude choisie
- ZONES = Vérification si zone à venir
- MOTEUR = Scanning des instruments moteur et actions si besoin
- ESTIMÉE = Calculer l'heure de passage au point suivant
- ESSENCE = Bilan carburant
- RADIOCOM = Fréquence et appel si besoin
- RADIONAV = Réglage des aides radioélectriques (fréquences VOR, radial ou flanquement du point suivant).



**Merci
de votre attention**

