

Théorie vol à voile

60 Navigation

Auteur : Roland Bieri

Traduction: Frédéric Macheret

Adaptation édition 05: Hk. Rummler

Adaptation édition 06 : C. Petitpierre

Edition 06/2015 - Janvier 2015



Roland Bieri

Né en 1958 à Berne, région à laquelle je suis resté fidèle depuis ma naissance. Aujourd'hui je vis avec ma famille à Kehrsatz.

Formation d'ingénieur Électricien HTL, puis formation de pilote de ligne à l'école Suisse d'aviation de transport (ESAT), aujourd'hui je pilote des Airbus A330/A340 chez SWISS.

J'ai débuté le vol à voile en 1975 et ce virus ne m'a plus quitté. Je suis Instructeur de vol à voile depuis 1996.

En tant que membre du groupe de vol à voile de Berne, mon activité préférée est le vol à voile de distance dans les Alpes.

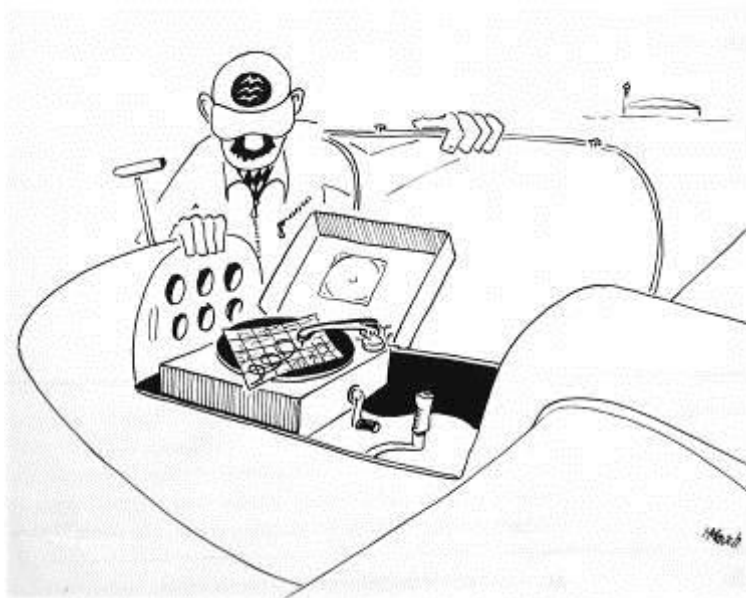
TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	3
Introduction.....	5
60.1.1 Fondement, forme de la terre, situation actuelle	7
1.1.1 Le système solaire	7
1.1.2 La Terre : formation, forme, dimensions.....	7
1.1.3 Les points cardinaux	8
1.1.4 Oriention, système de coordonnées	10
60.1.2 Fondements, mesure du temps	14
1.2.1 Heure locale (LT), heure d'été.....	14
1.2.2 Temps Universel Coordonné (UTC)	16
1.2.3 La mesure du temps	17
60.1.3 Fondement, le magnétisme terrestre	18
1.3.1 Champ magnétique terrestre.....	18
1.3.2 Variation.....	19
1.3.3 Inclinaison.....	21
1.3.4 Déviation.....	22
60.1.4 Fondements, indications de distance et hauteur	23
1.4.1 Mile Nautique, Statute Mile, Kilomètre	23
1.4.2 Mètre, Pied	24
60.2.1 Cartographie, généralités	26
2.1.1 Projections, particularités des cartes.....	26
2.1.2 Echelle	30
2.1.3 Exigences pour les cartes de navigation	32
60.2.2 Cartographie, cartes aériennes.....	33
2.2.1 Carte vol à voile de la Suisse	33
2.2.2 Carte OACI	38
2.2.3 Cartes d'approche.....	40
60.3.1 Navigation, principes de base.....	41
3.1.1 Route, vraie (TT) et magnétique (MT)	41
3.1.2 Vent, direction du vent	43
3.1.3 Cap, vrai (TH) et magnétique (MH)	45
3.1.4 Vitesse	46
60.3.2 Navigation, influence du vent.....	48
3.2.1 Le triangle des vitesses.....	48
60.3.3 Navigation, navigation à vue.....	52
3.3.1 DR-position (position anticipée)	52
3.3.2 Détermination de la trajectoire de vol	56
3.3.3 Calcul de la finesse	57
3.3.4 Identification de repères géographiques, erreurs d'interprétation	60
3.3.5 Perte d'orientation.....	63
60.4.1 Radionavigation, fondements	64
4.1.1 Détermination de la route	64
60.4.2 Navigation par satellite, Navigation GPS	66
4.2.1 Principe de fonctionnement.....	66
4.2.2 Précision, sûreté	67
4.2.3 Calculateur de bord, logger, FLARM	68
60.4.3 Radionavigation, radar.....	69
4.3.1 Principe de fonctionnement.....	69
4.3.2 Radar secondaire SSR	70
4.3.3 Utilisation SSR	71

60.4.4 Radionavigation ADS-B.....	73
4.4.1 Principe de fonctionnement.....	74
4.4.2 Terminologie	74
60.4.5 Radionavigation, relèvements goniométriques	74
4.5.1 VDF, procédure, phraséologie	74
60. Annexes	75
60. Annexe 1 (Unités et abréviations).....	75
60. Annexe 2 (Zürich - Calgary en Airbus A310)	76
60. Annexe 3 (Vol à but fixé de 300Km Chaumont – St. Blasien – Lungern)	78
Préparation.....	78
Exécution.....	79
60. Annexe 4.....	84
Préparation de vol	84

Introduction

« La navigation est l'art de trouver constamment des points géographiques correspondant sur la carte de bord, alors que le planeur ne cesse de tourner et de descendre. Tout cela sans négliger la recherche de thermiques. »



Le chapitre suivant sur la navigation présente les bases que le vélivole doit connaître afin de réussir l'examen d'aptitude théorique.

Pour parfaire l'enseignement, la carte de vol à voile de la Suisse ainsi que le guide VFR avec la carte OACI de la Suisse doivent accompagner ce présent chapitre.

Afin d'enseigner la théorie le plus proche possible de la pratique, les exemples suivant ont été choisis: un vol intercontinental Zürich-Calgary (annexe 2) et un vol en planeur (préparation et exécution d'un vol de distance de 300Km, annexe 3). Ces exemples forment le fil rouge de ce cours et sont imprimés en caractères bleus. À travers ces vols nous découvrons tous les éléments de navigation nécessaires qui jouent un rôle en vol à voile.

Important: La structure de l'espace aérien suisse change chaque année ! Les informations concernant l'espace aérien contenues dans ce fascicule risquent donc de ne pas être actuelles. Par conséquent, pour la navigation pratique – et pour l'examen théorique de navigation – il est impératif d'utiliser des cartes actuelles.

Les informations théoriques de bases sont volontairement traitées de manière succincte. Celui qui désire des informations plus précises sur un sujet particulier trouve, aujourd'hui, une littérature complémentaire abondante. Cet enseignement est complété par des astuces et des exemples tirés de la pratique.

J'espère que ce manuel présente un exposé divertissant de la branche de navigation et j'accepte volontiers tous commentaires ou remarques pour améliorer ce cours !

Roland Bieri
Talstrasse 23
3122 Kehrsatz
roland.bieri@pollenanalyse.ch

Kehrsatz, en octobre 2012

Cartes

Tous les extraits de la carte de vol à voile (GLDC) 1 : 300'000, de la carte OACI 1 : 500'000 ainsi que des cartes d'approche (VAC) sont reproduits avec l'accord de swisstopo (BA05984). Pour l'examen théorique ces extraits sont incomplets.

De plus, avant chaque saison il est impératif de se procurer les dernières versions des cartes GLDC et OACI. Ces cartes ne sont valables qu'une année et elles seules empêchent des violations de procédures aériennes.

LA SÉCURITÉ AVANT TOUT!

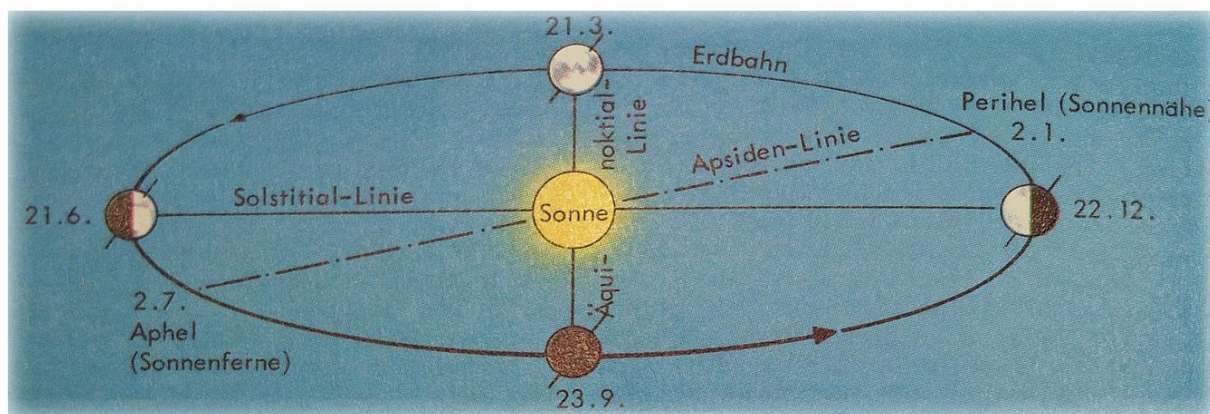
Un bon vol commence avec une bonne planification et avec des documents qui sont actuels.

Cartes reproduites avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

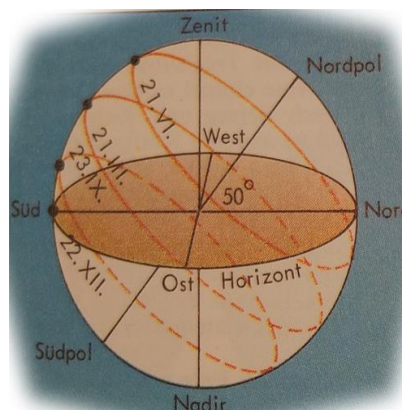
60.1.1 Fondement, forme de la terre, situation actuelle

1.1.1 Le système solaire

La Terre, en tant que troisième planète du système solaire, se déplace en 365 jours autour du soleil. Vu l'orbite légèrement elliptique de la Terre, la saison d'été est de 7 jours plus longue que la saison d'hiver.



Vu que l'axe de rotation de la Terre est incliné de $23,5^\circ$ par rapport au plan orbital, les jours sont chez nous plus longs en été et le soleil a une trajectoire plus haute dans le ciel. L'image à droite montre la trajectoire apparente du soleil pour une latitude de 50° Nord.



1.1.2 La Terre : formation, forme, dimensions

La Terre est un corps sphérique avec un rayon de 6378 Km.

Elle tourne sur elle-même en 24 heures. Les points de contact sur lesquels l'axe de rotation traverse la surface terrestre sont le Pôle Nord et le Pôle Sud.

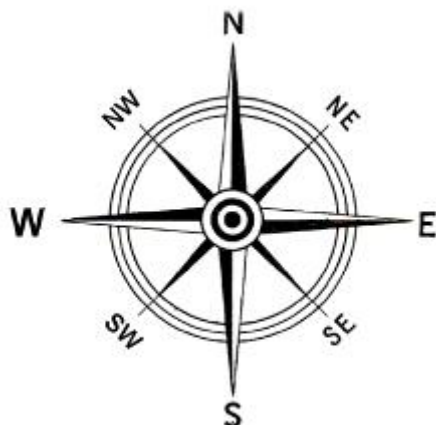
À cause sa rotation, la terre est un peu aplatie. La circonférence à l'équateur est de 40077Km, la circonférence au méridien (par les pôles) est de 40009Km.

71% de la surface terrestre est couverte par des océans, les continents représentent 29% de la surface terrestre.



1.1.3 Les points cardinaux

Afin de pouvoir nous orienter, nous devons établir des définitions pour les directions principales. Nous définissons les points cardinaux grâce à la *Rose des vents*:



Rose des vents

Le Nord: montre toujours en direction géographique du Pôle Nord.

Le Sud: Toujours en direction géographique du Pôle Sud.

Lorsque nous nous déplaçons le long d'une Longitude (Méridien, c.f. 1.1.4), la désignation de la direction change toujours quand nous passons un Pôle. Si nous sommes au Pôle Nord, nous ne pouvons aller que vers le Sud.

L'Ouest: toujours dans la même direction, dans laquelle le soleil et les astres se déplacent. Si nous regardons la terre verticalement au-dessus du Pôle Nord, l'Ouest va dans le sens des aiguilles d'une montre autour du globe.

(Ouest = West : W)

L'Est: toujours à l'opposé du mouvement du soleil (les ombres se déplacent vers l'Est).

Sur les cartes les plus importantes, pour les vélivoles (carte vol à voile et carte OACI) nous trouvons le Nord en haut et le Sud en bas. L'Ouest est à gauche et l'Est à droite.

Comme sur la rose des vents, les directions intermédiaires sont définies de la même manière: Nord-Ouest (NW), Sud-Ouest (SW), etc.

Orientation

Nous pouvons aussi définir une direction par un angle. Sur une boussole, nous voyons que le Nord est à 0° ou 360°, le Sud à 180°. L'angle augmente toujours dans le sens des aiguilles d'une montre. Nous voyons que:



La boussole

Le Nord est à 0° ou 360° = north = N

L'Est est à 090° = east = E

Le Sud est à 180° = south = S

L'Ouest est à 270° = west = W

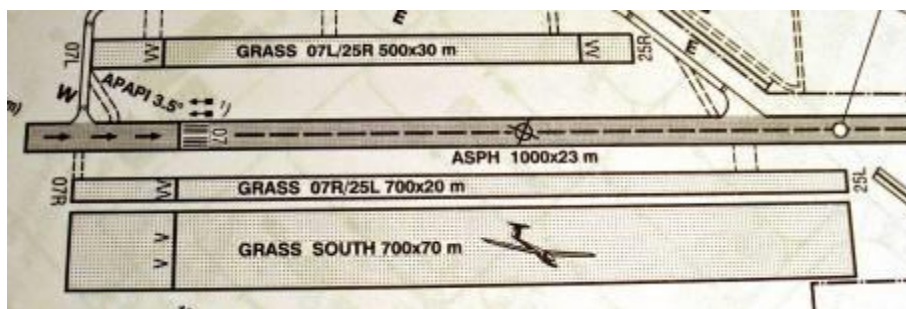
Le Sud-Est est à 135° = southeast = SE

etc.

Orientation de la piste

Une piste de décollage et d'atterrissage est définie par deux chiffres représentant sa direction par rapport au Nord magnétique, arrondi à 10°. Exemple: une piste orientée 098°/278° est désignée comme: „Piste 10/28“.

Les pistes parallèles sont en plus désignées avec un L (left=gauche) ou un R (right=droite).



La méthode des aiguilles des heures.

Une autre possibilité pour définir une direction est la „méthode des heures“.



Nous sommes au milieu du cadran. Tout droit devant est défini par „la direction 12 heures“. À droite, c'est-à-dire „à 3 heures“. Dans ce cas, Il n'y a pas de lien direct avec l'orientation général (N, S, etc.), notre direction de déplacement est la référence pour l'orientation. Cette méthode d'indication des directions est parfois utilisée par les services de la navigation aérienne pour nous informer sur d'autres aéronefs près de nous.

En cas de nécessité, nous pouvons aussi définir l'orientation céleste avec les aiguilles d'une montre, pour autant que le soleil soit visible. Il faut pointer la petite aiguille en direction du soleil. Le sud est défini par le milieu entre la petite aiguille et l'indication des 12 heures. Ceci est valable dans l'hémisphère Nord. Cette méthode est approximative, à cause des décalages horaires (position dans le fuseau horaire, heure d'été).



1.1.4 Orientation, système de coordonnées

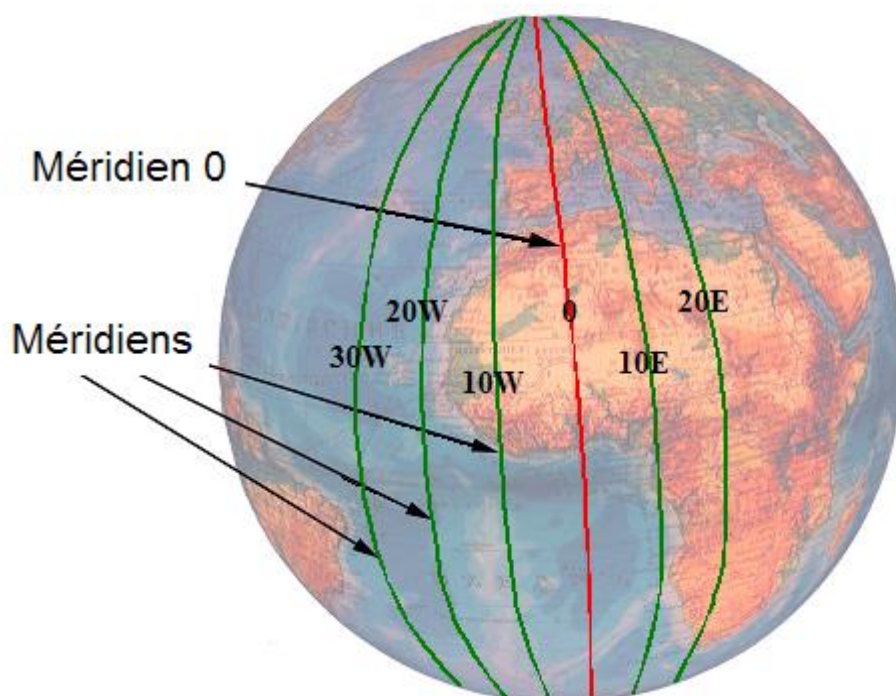
Pour s'orienter autour de la terre, nous avons besoin d'un système de référence. Avec des cercles de Longitudes et de Latitudes nous définissons un système de coordonnées autour de la terre, grâce auquel nous pouvons définir chaque point sur la surface terrestre.

Les cercles de longitudes ou Méridiens passent tous par les Pôles et par l'équateur qui est le cercle de circonférence maximale de la terre ; c'est pourquoi les méridiens ont tous la même longueur (à savoir 40009Km).

Le Méridien qui passe par l'observatoire de Greenwich près de Londres est le Méridien zéro. Depuis là, la Longitude en direction de l'Ouest ou de l'Est augmente chacune jusqu'à 180°. Par rapport au méridien zéro, le méridien 180°Ouest est se trouve du côté opposé de la terre, et il est en même temps le méridien de 180° Est !

Les méridiens à l'Ouest du méridien zéro vont de 0° jusqu'à 180°W.

Les méridiens à l'Est de Greenwich vont de 0° jusqu'à 180°E.

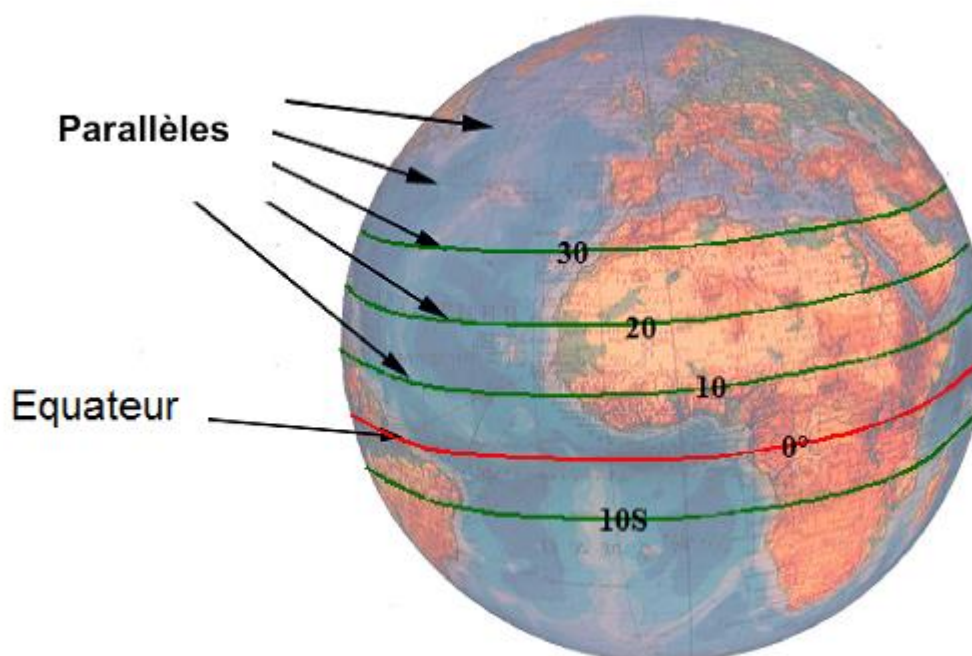


Les Parallèles coupent la terre en tranches et définissent la Latitude géographique. L'équateur est à la latitude 0° . De par leur nature parallèle, ces cercles deviennent toujours plus petits lorsqu'ils se rapprochent d'un pôle. Toutes les Parallèles (à l'exception de l'équateur) sont pour ainsi dire des petits cercles dont leur plan ne passe pas par le centre de la Terre.

L'équateur a une longueur (circonférence) de 40077Km, la latitude 90° est le Pôle Nord, resp. le Pôle Sud et a une longueur (circonférence) 0.

La latitude géographique augmente depuis l'équateur jusqu'au pôle de 0 à 90° .

Le Pôle Sud est à 90° de latitude Sud.



La position de chaque endroit sur la terre peut ainsi être définie.

Exemple: le bout nord du lac de Neuchâtel est à 7° Est et 47° Nord.

Nous voyons que de cette manière une position à une précision d'environ 100Km. Nous avons donc besoin d'une définition plus précise de la position géographique.

La circonférence terrestre est divisée en 360° ou chaque degré est divisé en 60 minutes d'arc. À l'équateur une minute d'arc représente un Mile-nautique (1,852Km). Une minute d'arc peut encore être divisé en 60 secondes d'arc. Ainsi, nous atteignons une définition de 31m. (Distance entre les secondes d'arc).

En pratique, on utilise aussi les graduations degrés et minutes avec décimales.

Exemple: la position de l'aéroport de Bern-Belp:

46 degré 54 Min. 23 Sec. Lat. Nord et 7 degré 29 Min. 55 Sec. Long. Est

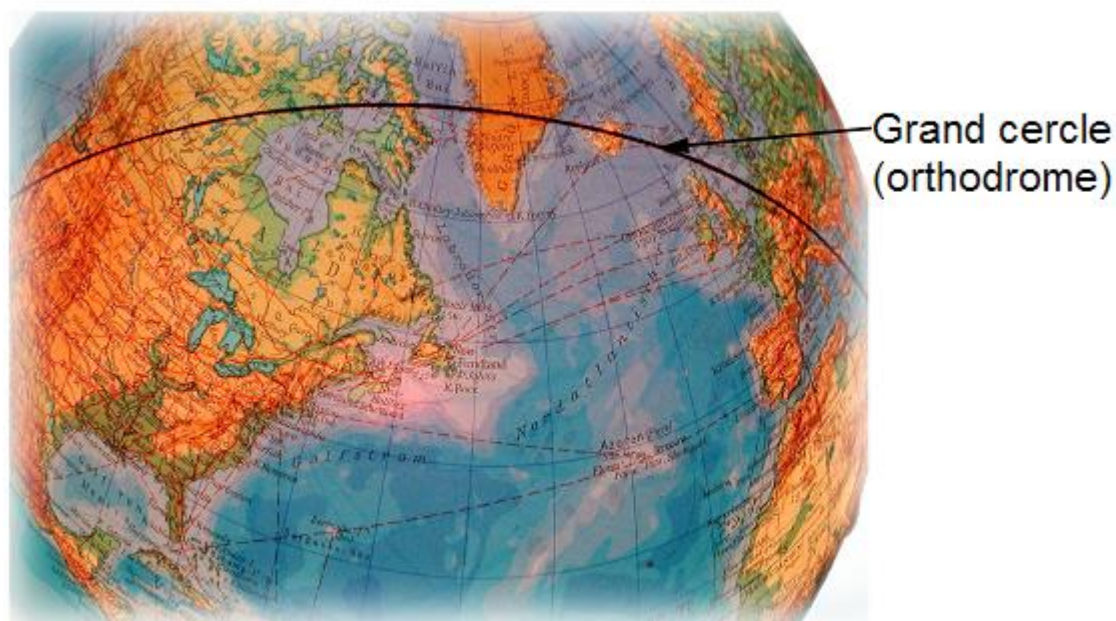
ou: $N46^\circ54'23''$ $E007^\circ29'55''$

ou: $N46^\circ54,38'$ $E007^\circ29,92'$

Loxodrome et Orthodrome

(En route de Zürich à Calgary)

...Nous volons pratiquement sur la route la plus courte possible, c'est-à-dire un grand cercle. La route monte d'abord vers le Nord au-dessus de l'Allemagne, la Hollande, la Mer du Nord, les Îles Shetland, au Nord-Est de l'Islande jusqu'à 72° de Latitude Nord. Au-dessus du Groenland la couche nuageuse se déchire enfin et alors apparaissent d'immenses Fjords gelés et les glaciers sont visibles....



Tous les cercles passant par la circonférence maximum autour de la terre sont appelés Grands cercles ou aussi Orthodromes (engl. Great Circle, G/C). Ces grands cercles représentent la distance la plus courte entre deux points sur la surface terrestre. Tous les méridiens ainsi que l'équateur sont des Orthodromes. Ils coupent chaque méridien avec un angle différent (à part l'équateur qui coupe tous les méridiens sous un angle de 90°).



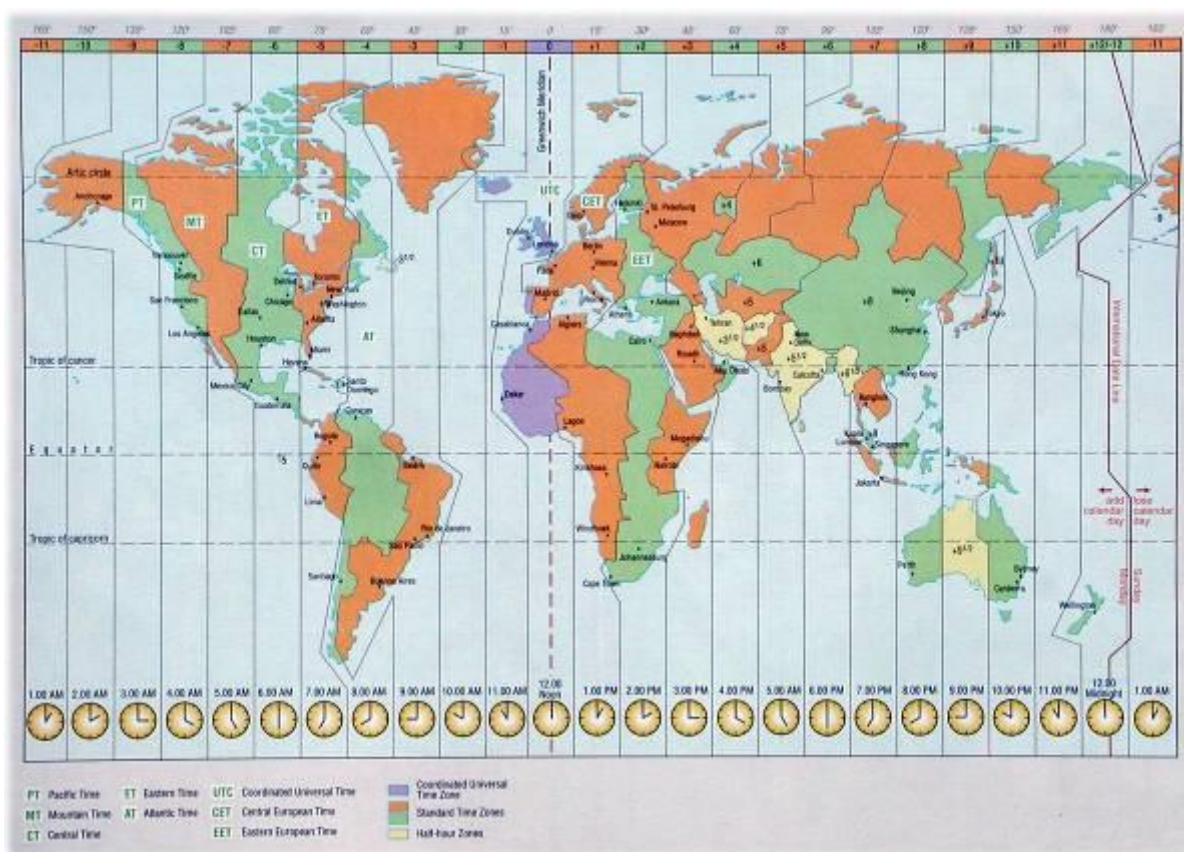
Si nous volons avec un avion sur un Cap constant, nous suivons une route à cap constant ou une loxodrome (engl. Rhumb Line R/L). Une loxodrome dessine une spirale, menant au Pôles, sur la surface terrestre.



60.1.2 Fondements, mesure du temps

1.2.1 Heure locale (LT), heure d'été

À l'école nous avons appris: le soleil se lève le matin, à midi il est à son zénith et se couche le soir. Ainsi, de l'Est à l'Ouest l'heure locale diminue de 4 minutes par cercle de longitude. C'est à dire que tous les endroits qui ne sont pas sur le même méridien ne sont pas à la même heure locale. Afin de ne pas devoir constamment ajuster les montres, on a divisé la terre en 24 Fuseaux horaires d'une heure chacun, représentant la durée d'une rotation terrestre. L'heure diminue de l'Est vers l'Ouest d'un fuseau à l'autre d'une heure à la fois. Les fuseaux horaires ont une largeur de 15 degrés de longitude. Cependant, ils suivent les frontières des pays de sorte que la largeur d'un fuseau horaire varie à l'intérieur du continent.



Source: www.PilotsAtlas.com

Comme nous le voyons sur le dessin ci-dessus, il existe même des fuseaux horaires de ½ heure. À l'intérieur d'un fuseau horaire le soleil atteint son zénith plus tôt à l'Est du fuseau qu'à l'Ouest. Avec une largeur de 15° ceci représente une différence de 60 minutes. La Suisse s'étend du Val Müstair jusqu'à Genève en tout sur 4,5 degrés de longitude. Le jour débute au col Umbrail 18 minutes plus tôt qu'à Genève.

Comme nous le voyons sur cette carte, les fuseaux horaires aux USA et en Europe portent des „noms“. La zone dans laquelle se trouve la Suisse est appelée „Heure Européenne Centrale“ (Central European Time, CET).

Ligne de changement de date

La ligne de changement de date se situe sur le 180^{ème} degré de longitude. À sa gauche comme à sa droite, le décalage horaire par rapport à l'heure mondiale UTC est de 12 heures. Du côté Est, la date a un jour de plus que du côté Ouest. Lorsque sur les îles Marshall (env. 175° de longitude Est) il est midi du 12 mai, alors sur les îles Howland (env. 175° de longitude Ouest), il est aussi midi mais seulement du 11 mai.

L'heure d'été

L'heure d'été fut introduite, à l'origine, par soucis d'économie d'énergie. Ainsi, chaque année dans plusieurs pays on décale l'heure locale d'une heure durant les mois d'été. En Suisse et dans la majorité des pays européens l'heure d'été commence le dernier dimanche de mars et finit le dernier dimanche d'octobre. L'important pour l'aviation est le fait qu'ainsi le début/fin du crépuscule civil (c'est à dire les limites nuit-jour) se décale d'une heure.

Les limites de la nuit et du jour sont publiées dans l'AIP ou dans le guide VFR. On y trouve également la définition exacte des limites du jour et de la nuit.

Le changement de l'heure d'été à l'heure d'hiver n'a pas lieu à la même date dans tous les pays. Lors de vols crépusculaires à l'étranger, il est nécessaire de consulter l'AIP du pays visité avant le vol !

1.2.2 Temps Universel Coordonné (UTC)

Dans l'aviation, l'astronautique et la navigation maritime on utilise une mesure unique du temps. L'heure mondiale, Universal Time Coordinated (UTC) ou aussi heure Z (l'heure zulu).

Cette heure est identique sur toute la terre et représente l'heure du fuseau horaire du méridien 0°. Comme le méridien 0° passe par l'observatoire de Greenwich, on l'appelle aussi Greenwich-time.

L'heure UTC n'est jamais ajustée à l'heure d'été, elle est toujours et partout identique. Ceci signifie que la différence entre UTC et CET est

en hiver une heure : $\text{CET} = \text{UTC} + 1\text{h}$

en été deux heures : $\text{CEST} = \text{UTC} + 2\text{h}$ (CEST = Central European Summer Time)

1.2.3 La mesure du temps

1. Exemple: DABS

				465407N
R-6	0745-1100 1230-1530	1850/6000	FL130	464400N
R-8	0750-1510	GND	FL210	463855N
R-8A	0750-1510	2800/9200	FL210	463514N
W1313	1610000-0620 0100-2350	GND	1400/4700	1



Exemple: DABS du 11 novembre 2010 :

- Restricted Area R-8 est active de 0850 à 1610 heures LT
(en été ce serait de 0950 à 1710 h)

2. Exemple: vol vers Calgary:

...Le décollage a lieu à 10h14, avec environ 45 min. de retard à cause du ravitaillement en carburant. Le temps de vol sera d'un peu moins de 10 heures (...). L'atterrissage a lieu à 12h05 locale, après 9h51 de vol.

Décollage de Zürich: 09 h 14 UTC. LT à Zürich (Novembre) = UTC + 1 = 10h14

Temps de vol 9 h 51 m

Heure d'atterrissage: 19 h 05 UTC. LT à Calgary = UTC - 7 = 12h05

La terre effectue une rotation (360°) en 24 heures, c'est à dire 15° par heure. Les méridiens se rapprochent les uns des autres vers les Pôles:

...À 72° Nord nous nous déplaçons plus vite que le soleil: ceci dure, de 72N/60W (72° Nord/60° Ouest) jusqu'à 72N/70W, 25 minutes, pour survoler 10 degrés de longitudes. Le soleil „prend“ pour cela 40 minutes. Nous nous trouvons à 60W à 10 h 39 heure locale, à 70W l'heure locale est 10 h 24 – nous „rattrapons le temps!“ Je peux saluer les contrôleurs aériens durant 10 heures en leur disant „Good Morning“. Nous sommes à la limite de la nuit polaire, le soleil reste à peine au-dessus de l'horizon...

3. Exemple: le début du jour

Nous planifions un vol d'onde avec un départ tôt le matin de Schänis. Le début du jour d'après le bulletin VFR p.42

Le 25 mars 2003 à 5 h 52;

le 31 mars à 6 h 40

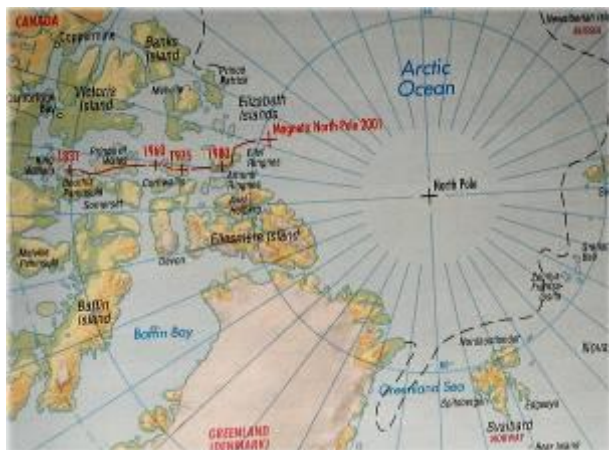
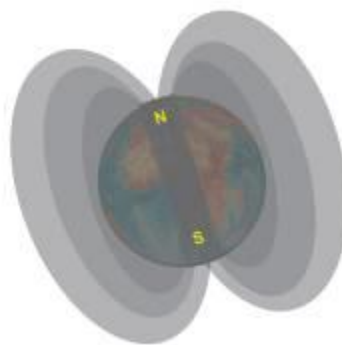
60.1.3 Fondement, le magnétisme terrestre

1.3.1 Champ magnétique terrestre

La terre peut être comparée à un énorme aimant.

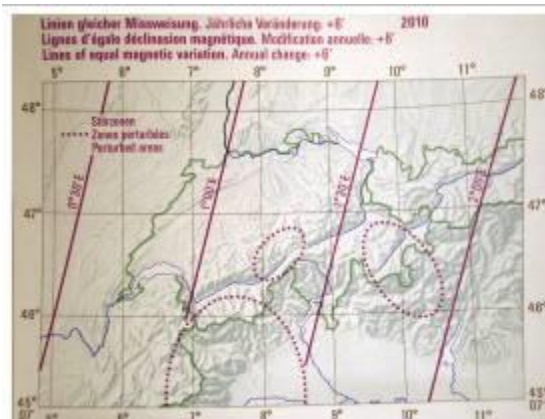
Les lignes du champ magnétique sortent du Pôle Nord et rentrent de nouveau par le Pôle Sud. Une aiguille aimantée s'oriente parallèlement aux lignes du champ magnétique terrestre ; les pointes s'orientent vers les Pôles.

Pour naviguer, on utilise ces particularités en définissant l'orientation à l'aide d'un compas magnétique (boussole).



Le champ magnétique terrestre comporte quelques irrégularités et varie très lentement. C'est pourquoi le Pôle Nord magnétique n'est pas identique au Pôle Nord géographique et se déplace lentement. En 2005 il se trouvait à 82,7° Nord et 114,4° Ouest ; en 2012, sa position est près de 86°N / 147°W.

Des particularités géologiques (roches de minerais) peuvent perturber le champ magnétique terrestre. Il peut apparaître des dérangements du compas dans certaines régions connues, comme dans le val d'Aoste ou en haute Engadine.



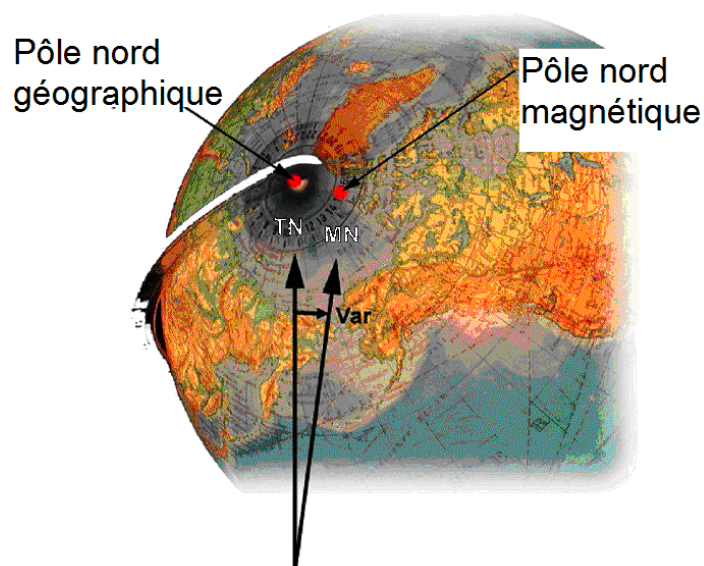
Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

1.3.2 Variation

L'aiguille d'une boussole s'oriente avec les lignes du champ magnétique. La boussole indique le Nord/Sud magnétique correctement pour autant qu'aucune influence n'intervienne. Parce que les Pôles magnétiques et géographiques se trouvent en différents endroits, la boussole n'indique pas exactement la direction du Nord géographique. La différence entre le Nord indiqué (=nord magnétique) et le Pôles Nord géographique est appelé variation ou déclinaison.

(En route de Zürich à Calgary)

...mot clé erreurs: d'indication de la boussole - la variation augmente continuellement de 0° Ouest à l'aéroport de Zürich jusqu'à la position 72N/73W; ici, nous avons une erreur d'indication de 60° Ouest! Ensuite, elle diminue de nouveau et à Calgary elle est de 20° Est...



La Variation peut être de direction Est ou Ouest. Si la boussole indique à l'Ouest du Pôle Nord la Variation est Ouest et si elle indique à l'Est alors la Variation est Est.

Exemple: Si l'aiguille indique la direction 345° et que nous avons une variation de 15°W, nous devons additionner cette Variation de 15°W pour trouver le Pôle Nord géographique.

En Suisse, la Variation en 2003 était de 0° à l'Ouest du pays et de 1°E à l'Est du pays, c'est à dire pratiquement négligeable.



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

Les lignes de variation identiques sont appelées Isogones.

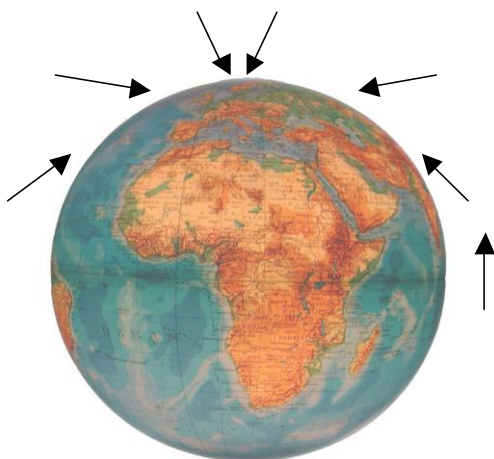
Les lignes de variation 0° sont appelées agones.

Dans d'autres régions, la variation peut être très grande et peut avoir une forte influence sur la navigation (Ex. Canada et USA).



1.3.3 Inclinaison

Les lignes du champ magnétique terrestre ne sont pas orientées parallèlement à la surface terrestre. Elles pénètrent la surface perpendiculairement au Pôles. À notre Latitude, le champ magnétique fait un angle d'environ 60° avec la surface terrestre.



Comme l'aiguille de la Boussole s'oriente parallèlement au champ magnétique, elle s'incline vers le bas dans nos Latitudes Nord.

Lorsque la boussole ne bouge pas, ceci n'a aucune influence sur l'indication. Par contre, en spirales ceci a un effet remarquable: lors d'un virage vers le Nord, l'aiguille retarde à suivre le Nord et il faut anticiper la sortie du virage avant d'atteindre le cap désiré, afin de ne pas dépasser ce cap.

Lors d'un virage vers le Sud, la boussole avance sur l'indication et c'est pourquoi nous avons tendance à sortir trop tôt du virage.

Astuce:

Virage vers le **Nord**, sors (plus tôt)!

Virage vers le **Sud**, tourne **plus**!

1.3.4 Déviation

La boussole réagit naturellement à toutes les autres influences magnétiques qui se trouvent dans ses environs. Aimants, métaux et parties ferreuses tout comme les câbles électriques influencent l'indication de la boussole. L'écart résultant est appelé Déviation.

Comme l'indication de la boussole est la résultante de toutes les influences des champs magnétiques, la Déviation est dépendante de la direction de vol et de l'endroit.

Les influences connues dans l'avion (instruments et parties métalliques proches de la boussole) peuvent être compensées à l'aide de petits aimants. Une compensation absolue n'est généralement pas possible. Les erreurs restantes sont indiquées sur une table de déviation.

Déviation de la boussole	
pour	voler
360	360
045	047
090	091
135	135
180	178
225	222
270	271
315	315

Exemple d'une table de déviation

60.1.4 Fondements, indications de distance et hauteur

1.4.1 Mile Nautique, Statute Mile, Kilomètre

Afin d'utiliser des données de distances ou d'éloignement, nous utilisons, en navigation, les kilomètres ou les Miles. À l'opposé de notre système unique utilisé (métrique) nous utilisons aussi le système des Miles anglais et les Miles Nautiques.

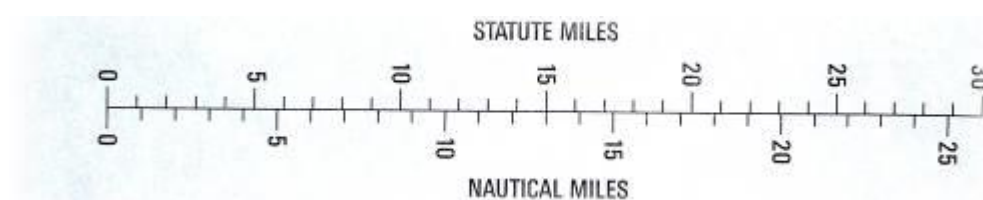
Le Mile nautique ou Mile marin (nautical mile, NM) vient de la navigation maritime et il représente la longueur d'une minute d'arc sur un méridien ou grand cercle.

1 NM représente 1,852 Km

Le Mile anglais (statute mile, SM) est répandu dans les pays anglo-saxons.

1 SM représente 1,609 Km

Sur la carte OACI de la Suisse nous trouvons, sur le bord inférieur de la carte, des échelles de distances.



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

Des tables de conversions sont publiées dans le guide VFR partie GEN 1-4.

1.4.2 Mètre, Pied

Sur les cartes aériennes nous trouvons toutes les indications de hauteurs, en général, en mètres ou en pieds. On distingue entre

Hauteur au-dessus de la mer AMSL (above mean sea level)

Hauteur au-dessus du sol AGL (above ground level)

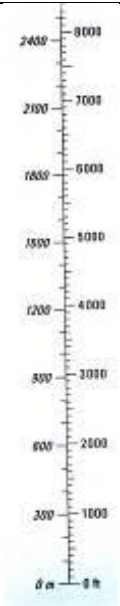
Calage altimétrique QNH: L'altimètre est réglé de manière à indiquer la hauteur au-dessus de la mer (au sol sur l'aérodrome il indique l'altitude de la place). Ceci est le meilleur calage pour le vol de distance.

Calage altimétrique QFE: l'altimètre indique la hauteur au-dessus du sol (plus précis: au sol sur l'aérodrome, l'indication est 0). Sur quelques aérodromes ce calage est utilisé pour les tours de piste.

Calage altimétrique Standard: l'altimètre est calé sur 1013,2 hPa. Ce calage est utilisé en vol moteur lors du vol de croisière, afin de voler sur un „niveau de vol“. Comme en vol à voile nous ne volons pas souvent horizontalement, ce calage altimétrique n'est pas utilisé.

Pour mesurer la hauteur, les pays anglo-saxons utilisent le Pied (foot (singulier), feet (pluriel), ft), et on trouve ce système dans toute l'aviation civile des pays de l'ouest.

1 ft représente 30,48cm

	Sur la carte OACI de la Suisse et sur les cartes d'approches on trouve toutes les indications de hauteurs en pieds et en mètres. Le service du contrôle aérien travaille presque exclusivement en ft, car tous les avions moteur sont équipés à l'origine d'un altimètre en ft. Durant un vol de croisière, le pilote moteur change le calage altimétrique quand il passe l'altitude de transition (Transition Altitude) il cale „la pression standard“. Toutes les altitudes indiquées deviennent des niveaux de vols „Flight Level“ (FL). Exemple : avec le calage altimétrique 1013 et une altitude indiquée de 9500ft un avion vole au FL 95. Grâce à ce calage uniforme les séparations verticales entre les aéronefs sont garanties, indépendamment du fait que la pression de l'air varie (et ainsi la hauteur de vol au-dessus du sol) avec la distance. Au contraire, sur la carte vol à voile, toutes les indications de hauteurs sont en mètres. Sur la carte OACI, sur le bord gauche, nous trouvons une table de conversion. Nous trouvons aussi des tables de conversion m/ft et ft/m dans le guide VFR partie GEN 1-4.
---	---

Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

Avec ces différentes unités, il y'a une source d'erreur possible: lors de la lecture des limites inférieurs d'un espace aérien, par exemple, la conversion en mètres ne doit pas être négligée!

Exemple : limite inférieure de la TMA 1 à Berne, vers Lyss: l'espace aérien D commence à 3500ft AMSL (correspondant à 1050m, visible sur la carte vol à voile).

60.2.1 Cartographie, généralités

2.1.1 Projections, particularités des cartes

Lorsque l'on reporte le globe terrestre sur une carte à plat, il y'a toujours certaines déformations. Ces déformations dépendent du type de projection utilisé pour créer la carte.

Afin de pouvoir utiliser une carte pour la navigation elle doit avoir certaines propriétés:

Conformité

L'angle décrit par deux lignes s'entrecoupant sur la carte est identique sur la surface de la terre. Ceci est une des particularités les plus importantes pour la navigation. Les caps mesurés sur la carte correspondent ainsi aux caps réels.

Équidistance

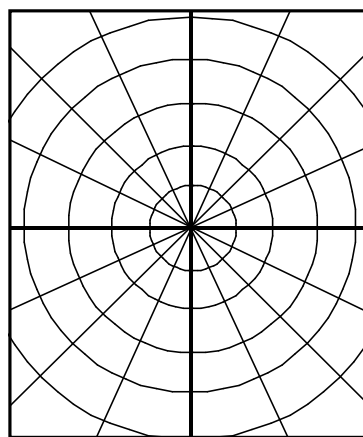
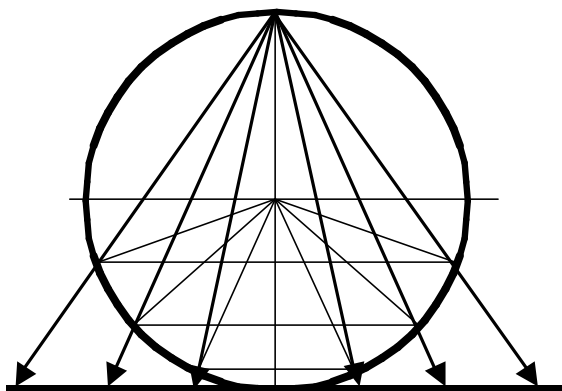
L'équidistance est la deuxième propriété la plus importante pour une carte de navigation. L'équidistance signifie que l'échelle est constante en tout point de la carte. Comme la projection d'une sphère sur une carte comporte des distorsions, il n'est pas possible d'avoir une carte exactement équidistante. Dans la pratique, on peut considérer les cartes couvrant de petites régions (ex. La Suisse) comme étant équidistantes.

Équivalence

Une carte équivalente représente les pays et les continents dans les proportions correctes à leur surface. Ces cartes comportent des distorsions sur leurs bords et c'est pourquoi elles ne sont pas conformes et équidistantes. Elles ne sont pas conseillées pour la navigation.

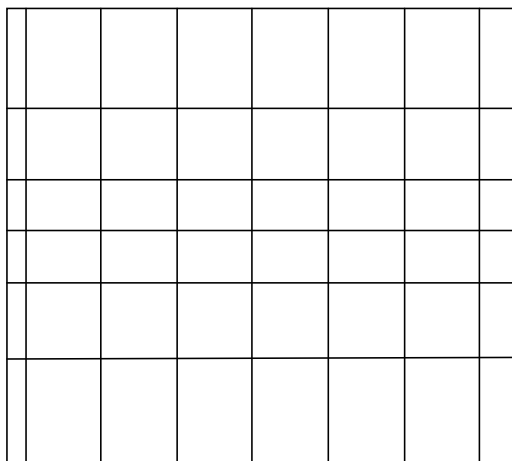
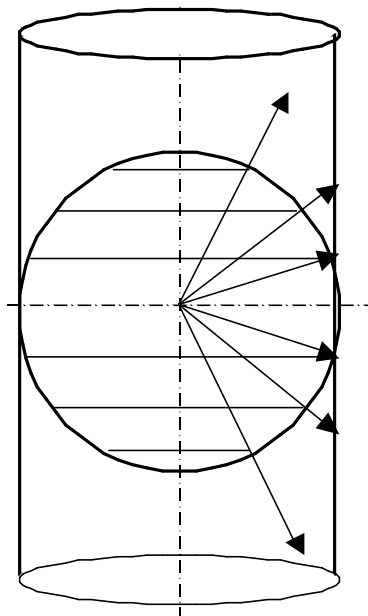
Les types de projections le plus importantes

Projection horizontale – ou azimutale



Cette carte est exactement conforme et est aussi assez équidistante et équivalente. Elle est surtout utilisée pour la navigation dans les régions polaires et pour les cartes météorologiques.

Projection cylindrique

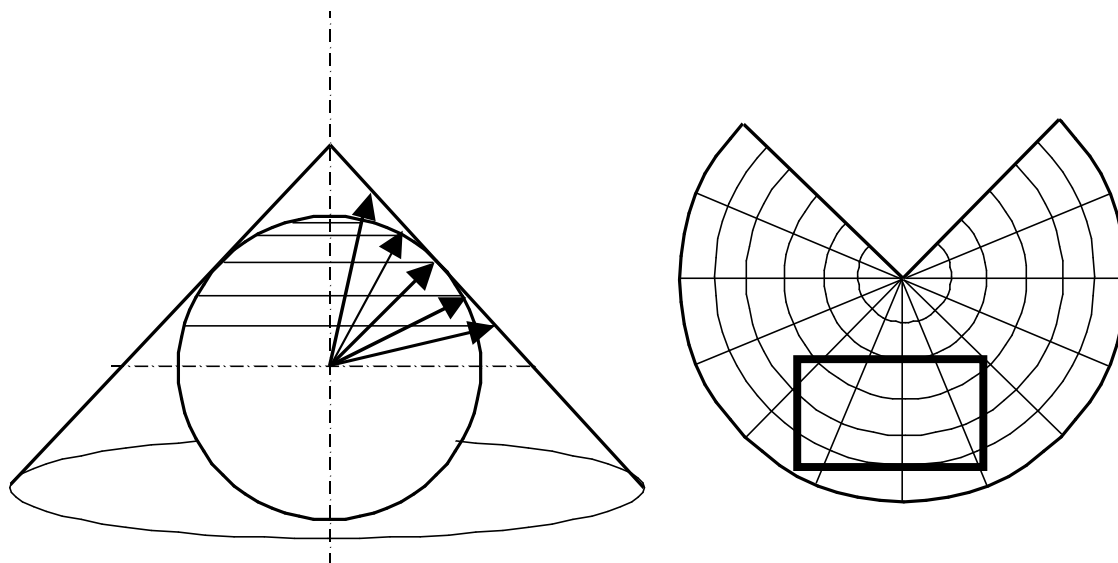


Source: www.PilotsAtlas.com

Une projection cylindrique respecte pratiquement les angles, mais a une échelle très variable. En particulier les surfaces sont très déformées aux Pôles. La projection cylindrique la plus répandue est la carte de Mercator.

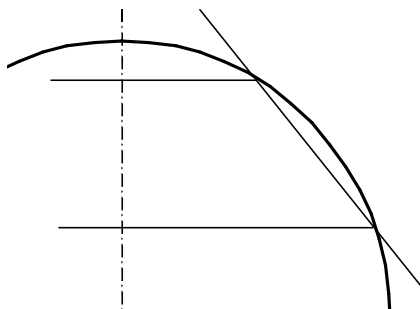
Sur cette carte une loxodrome est une droite et un Grand Cercle incurvé.

Projection conique



La projection conique est utilisée pour la reproduction de régions de latitudes moyennes, comme par exemple la Suisse. Cette projection respecte les angles et reproduit assez bien les distances et les surfaces.

Projection conique conforme de Lambert



Avec un cône coupant la surface terrestre par deux parallèles de latitude, nous obtenons une projection conique par deux parallèles standards. Ainsi, nous avons une carte conforme et qui est aussi suffisamment équidistante entre ces deux parallèles. Si un extrait de la carte est choisi entre $1/6$ plus au nord et $1/6$ plus au sud des parallèles standards la déformation des distances est moins de 3%.

L'exemple le plus connu est notre carte OACI de la Suisse.

Sur ce type de carte, une droite correspond assez exactement à un Grand Cercle. On peut mesurer des distances et des caps avec suffisamment de précision. Une loxodrome est par contre courbe.

Notre description des projections cylindriques et coniques n'explique que le principe. Il faut dire qu'une projection cylindrique n'est pas nécessairement conforme; surtout celle que nous avons esquissée ne l'est pas! La construction de la projection conforme de Mercator est malheureusement plus compliquée, car il ne s'agit pas d'une projection à partir d'un centre. La même remarque est valable pour la projection conique conforme selon Lambert, préservant les distances le long d'un ou deux parallèles. Donné le cadre restreint de ce manuel, nous renonçons à une présentation plus détaillée.

2.1.2 Échelle

En fonction du champ d'application la réalité est plus ou moins réduite sur la carte. L'unité de reproduction pour la réduction est appelée Échelle.

Si l'on réduit l'image d'une région 100'000 fois, cela signifie que 1 cm sur cette carte représente en réalité 1 Km. Il s'agit d'une échelle 1 : 100'000.

L'échelle de la carte représente la relation **Distance sur la carte : Distance réelle**

Plus l'échelle est grande, plus grande est la définition de la carte. Avec de petites échelles, on reproduit des régions plus grandes, avec une définition plus faible, donc avec moins de détails.

Échelles les plus utilisées pour les cartes

Carte	Échelle	1 Km correspond à	1 cm représente
Carte vol à voile de la Suisse	1 : 300'000	3,3 mm	3 Km
Carte de navigation OACI	1 : 500'000	2 mm	5 Km
	1 : 1'000'000	1 mm	10 Km
Carte d'approche et carte régionale	1 : 50'000	2 cm	500 m
	1 : 25'000	4 cm	250 m
Carte géographique de la Suisse	1 : 100'000	1 cm	1 Km
	1 : 50'000	2 cm	500 m
	1 : 25'000	4 cm	250 m

Exemples de quelques échelles de cartes



1 : 25'000



1 : 50'000



1 : 100'000



1 : 200'000



1 : 500'000



1 : 1'000'000

2.1.3 Exigences pour les cartes de navigation

Afin de pouvoir naviguer, nous avons besoin d'une carte qui est conforme. Ainsi, nous pouvons mesurer des caps sur la carte. Sur les cartes conformes les régions ne sont pas déformées, c'est à dire que les contours des pays, des îles etc. sont représentés fidèlement.

La deuxième propriété la plus importante est l'équidistance. Pour pouvoir mesurer des distances sur la carte, l'échelle doit être constante sur toute la carte. Comme nous l'avons vu dans le paragraphe 2.1.1 „Types de projections“, il n'existe pas de carte absolument parfaite, il y'a toujours de petites déformations (à part sur un globe). La projection conique de Lambert est utilisée pour la navigation aérienne, par exemple pour les cartes OACI, car les déformations sont minimales (<3%).

En fonction de l'utilisation prévue – carte pour le vol à vue, cartes de radionavigation – les détails géographiques sont représentés différemment.

Finalement, les besoins personnels et la connaissance de la géographie joue un rôle dans le choix de la carte pour la préparation d'un vol.



Carte vol à voile

Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)



Carte OACI



Carte de radionavigation

Dans les deux paragraphes suivants, la carte de vol à voile et la carte OACI de la Suisse vont être présentées.

La carte OACI de la Suisse et la carte de vol à voile de la Suisse sont indispensables pour la suite du cours ainsi que pour résoudre les différents exercices de navigation proposés. La suite du cours explique les propriétés particulières des cartes, propose des astuces pour leur utilisation et montre des exemples pratiques.

La firme Jeppesen est un éditeur de cartes spéciales pour la navigation (VFR/GPS, vol à voile). Un avantage de ces cartes est leur aspect toujours pareil pour les différents pays.

60.2.2 Cartographie, cartes aériennes

2.2.1 Carte vol à voile de la Suisse

Pour l'obtention du diamant de distance, nous planifions un vol de 300Km en triangle FAI en partant de Bellechasse et en virant à la station de Chaumont, puis au couvent de St. Blasien et à l'église de Lungern. Le choix de cette route nous amène au travers des TMAs de Bâle et Zurich avec leurs multiples restrictions. Une partie du vol passe au-delà de la frontière et la bise pourrait bien rendre la traversée de la vallée du Rhin et de la vallée de l'Aar assez difficile. Un vol qui doit être bien préparé...

La carte vol à voile contient toutes les informations importantes pour le vol à voile en Suisse, telles que les limitations de l'espace aérien, les limitations de hauteurs et les conditions d'utilisation. Sur les bords de la carte, nous trouvons des informations sur les symboles particuliers utilisés pour l'aviation, les espaces aériens et autres. Pour pouvoir utiliser la carte en vol, il est absolument nécessaire d'en connaître tous les éléments utiles avant l'envol. Une utilisation sûre et une bonne interprétation ne sont possibles qu'avec un entraînement suffisant avant le vol. Ceci signifie une étude intensive de la carte. En vol il est difficile de déplier et de replier la carte, c'est pourquoi il est nécessaire de plier correctement sa carte avant le vol, de manière à pouvoir voir la région survolée. Les explications visibles sur les bords de la carte doivent pouvoir être utilisées sans devoir déplier la carte.

Le guide VFR qui accompagne la carte contient toutes les informations de base nécessaire au vol à voile. De plus amples informations sont publiées dans le manuel VFR ou dans l'AIP. La carte est mise à jour annuellement. Chaque vélivole doit avoir une carte à bord qui contient les informations actuelles de sécurité aérienne !

Sur la carte de vol à voile, toutes les unités sont en système métrique. Les informations en mètres AMSL sont indiquées en *italique*. Les informations en mètres AGL sont indiquées normalement. Les limites verticales des espaces aériens sont indiquées avec la même couleur que la classification de l'espace concerné, les hauteurs des obstacles sont indiquées en rouge.



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

Sur la carte on trouve un grillage de 10 Km de largeur ainsi que des indications de Latitudes / Longitudes avec un écart de 30'. Comme la surface de la Suisse est assez petite, on peut considérer la carte comme conforme, équidistante et équivalente. Les erreurs de mesure sont négligeables

! Attention avec les informations concernant les obstacles : dans les Alpes il y'a des milliers de câbles, de lignes électriques et de téléphériques. De plus, pas tous les obstacles ne sont indiqués sur la carte !

Espaces aériens

La répartition générale de l'espace aérien et les conditions d'utilisation sont visibles sur le bord inférieur de la carte OACI. De plus, autour de chaque aéroport avec trafic IFR une zone de contrôle de classe C ou D a été établie.

NAUTICAL MILES 10 NM 5 0 NM 10 20 30 40 50									
ATS AIRSPACE CLASSIFICATION									
A	B	C	D	E	F	G	BEDINGUNGEN FÜR VFR	CONDITIONS POUR VOL À VUE	CONVENTIONS FOR VFR
ATC	ATC	ATC	TFC INFO	TFC INFO	FIS	FIS	Quoten	Services	Services provided
VFR PROHIBITED							Stellung IFR/VFR	Stellung IFR/VFR	Stellung IFR/VFR
							RTT und ATC CLR vor dem Entflog obligatorisch	RTT et ATC CLR obligatoires avant entrée	RTT and ATC CLR prior entry compulsory
							SSR mode S obligatorisch (ENC pour GDL und innerhalb CTR)	SSR mode S obligatoire (ENC pour GDL et à l'intérieur CTR)	SSR mode S compulsory (ENC for GDL and within CTR)
							MAX Geschwindigkeit innerhalb 15000ft: 250kt IAS	Maxima MAX au-dessus 15000ft: 250kt IAS	MAX speed below 15000ft: 250kt IAS
							WS: 5km auf und über 15000ft 5km unterhalb 15000ft	WS: 5km à et au-dessus 15000ft 5km sous 15000ft	WS: 5km at and above 15000ft 5km below 15000ft
							OST zu den Wolken: 1500ft / 1500m	OST per rapport aux nuages: 1500ft / 1500m	OST to clouds: 1500ft / 1500m
							Unterhalb 1000ft AMSL / 1000ft AGL 15kt 5km (bis 1.5km je nach Bedingungen). Sicht auf den Boden oder das Wasser / ausserhalb von Wolken	An-dessous 1000ft AMSL / 1000ft AGL 15kt 5km (à 1.5km selon les conditions). Vue permanente au sol ou de l'eau / hors des nuages	Below 1000ft AMSL / 1000ft AGL 15kt 5km (to 1.5km according to conditions). Visual GND or water contact / clear of clouds
1 Regelung in der Schweiz: Unterhalb 2000ft AGL, VIS 5 km (bis 1.5 km je nach Bedingungen). Sicht auf den Boden oder das Wasser / ausserhalb von Wolken. Réglementation en Suisse: Au-dessous de 2000ft AGL, VIS 5 km (à 1.5 km selon les conditions). Vue permanente au sol ou de l'eau / hors des nuages. Regelwerke in Switzerland: Below 2000ft AGL, VIS 5 km (to 1.5 km according to conditions). Visual GND or water contact / clear of clouds. Klassen A, B und F werden innerhalb FIR Schweiz nicht benutzt. Classes A, B et F sont utilisées dans la FIR Suisse. Classes A, B and F are not used within FIR Switzerland.									

Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

En Suisse, le trafic de ligne, l'aviation militaire et l'aviation générale doivent se partager un espace aérien relativement restreint. Afin de mettre à disposition un espace aussi grand que possible pour chacun, il existe dans l'espace aérien contrôlé des LS-T (TSA = temporary segregated areas) pour vol à voile, activables selon les besoins. Leurs conditions d'utilisation sont décrites sur la carte de vol à voile, en bas sur le bord droit de la carte. Afin d'éviter des situations dangereuses et l'introduction de nouvelles restrictions, il est très important que chaque utilisateur de l'espace aérien en respecte les limites. Les plus beaux cumulus sont souvent dans l'espace C ou D...

(Vol de 300Km-FAI)

...Des restrictions aériennes nous attendent du Weissenstein à la Forêt Noire. Nous avons plusieurs aérodromes pour atterrir en route. Un point clé est certainement le Chaumont où nous rencontrons le premier thermique ainsi que la traversée de la vallée du Rhin avec la jonction sur la Forêt Noire.

Après le point de virage en Forêt Noire, il faut retrouver une ascendance sur le Jura. Après quoi, nous voulons traverser le plateau via le Napf et voler vers Lungern. La bise crée une composante de vent de travers sur ce tronçon de la route et nous donne ainsi une possibilité d'étudier le triangle des vitesses. En fonction du jour de la semaine, nous devons nous annoncer au secteur d'approche de l'aérodrome d'Emmen...

Utilisation de la carte

Observons la carte comme si nous effectuons notre vol de distance et comme si nous consultations constamment la carte.

...Aujourd'hui nous y sommes. La météo semble être favorable. Notre vol est prêt et nous sommes curieux de voir si son déroulement se passe selon nos prévisions. À 11 heures apparaissent les premiers cumulus sur le Jura avec une base nettement au-dessus de la crête. Les préparations pour le départ sont effectuées rapidement et à 11h20 le remorqueur met pleins gaz. 8 minutes plus tard, nous atteignons l'altitude de largage de 1400m/M.

Bellechasse est au bord de la TMA 5 de Payerne qui a une limite inférieure de 1200m AMSL. Sur le bord inférieur de la carte, nous trouvons beaucoup d'informations sur les espaces aériens et leurs conditions d'utilisation. Nous y voyons aussi que la CTR/TMA de Payerne peut être active à chaque moment (indication HX sur la carte) et qu'il faut obtenir une autorisation de Payerne avant de pénétrer dans cet espace de classe D. Juste un peu au Nord-Est, la TMA 7 est en espace E. Dans cet espace, nous pouvons monter à 3500m sans demander une autorisation. (La plupart du temps Payerne est inactif le week-end. Les vélivoles de Bellechasse sont en contact fréquent avec Payerne et peuvent aussi nous renseigner sur une activité éventuelle de Payerne si nous le leur demandons sur leur fréquence d'aérodrome.)

La première transition vers Chaumont est intéressante comme toujours : y trouvons-nous le thermique attendu ? Grâce à la bise, nous atteignons la station à 1150m et nous pouvons accrocher le thermique, après deux huit à la pente au-dessus du point de virage.

(...)

La première crête du Jura à l'air d'être bonne, avec une belle rue de nuages. Le vol continue sans problème vers le Grenchenberg. Ici, les ascendances sont marquées par des planeurs de Granges. Durant notre préparation de vol, nous avons vu qu'aucune restriction de l'espace aérien ne nous dérange jusqu'au Weissenstein. Nous pouvons donc nous concentrer sur la surveillance de l'espace aérien et sur la navigation météorologique.

Sur le Jura, jusqu'au Weissenstein, nous nous trouvons au-dessous du FL100 (env. 3000m/M) dans l'espace aérien de classe E. Au Chasseral nous trouvons la LS-R29 avec une limite supérieure à 1850m/M. Ici les petits minima sont valables, avec une séparation minimale verticale de 50m sous les nuages et de 100m horizontale.

L'aérodrome de Granges qui est le plus proche nous offre la possibilité d'y atterrir au cas où ça serait nécessaire. Il a une CTR de classe D et il faut contacter la tour sur 120.10MHz (fréquence sur la carte) avant l'approche. Sur la carte nous voyons encore que l'altitude de la place est 430m/M, que le code OACI est LSZG et qu'il s'agit d'un aérodrome civil avec une piste en béton.

En nous approchant de Soleure nous savons que la TMA Bâle est tout proche. Au-dessous des TMA Bâle T3 et T1, l'espace E est limité à 1750m/M. Nous écoutons la fréquence „Bâle Info“ 134.675 et sommes renseignés que ces secteurs ne sont pas actifs en ce moment. Quelle chance: nous ne sommes pas obligés de détruire l'altitude précieuse ! Mais ayant préparé le vol, nous savons qu'il faut rester à l'écoute de cette fréquence, car les secteurs peuvent être activés à chaque moment, avec un préavis une demi-heure avant l'activation. Après Aarburg nous volons sous la TMA Zurich 8 et pouvons quitter la fréquence „Bâle Info“. Ici, l'altitude maximale autorisée est de 2000m/M. Mais la base des nuages nous facilite la discipline : elle est ici plus basse, à 1900m/M. Il y'a moins de nuages sur notre route et le ciel devient lentement bleu...

(...). Comme sur commande, juste sur la colline au Sud de l'aérodrome de Schupfart un petit cumulus se forme. Concentré, nous montons avec 1m/s jusqu'à 1700m.



Cette partie de la TMA 8 de Zurich commence à 2000m/M.

Si nous désirons voler plus haut et obtenir une autorisation pour traverser, il faut appeler Zurich Terminal. Nous trouvons la fréquence sur le bord supérieur de la carte.

Transit GENEVA TMA (INFO 126.35) and ZURICH TMA (INFO 124.7):
VOR-Navigation für Transitflüge empfohlen. Erster Funkkontakt MNM 10min vor Einflug in die TMA.
Pour les vols de transit, la navigation VOR est recommandée. Premier contact MNM 10min avant pénétration TMA.
For transit flights VOR navigation recommended. First RDO contact MNM 10min prior entry TMA.

Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

Malgré les bases plus hautes, nous quittons l'ascendance, également motivés par l'apparition d'un avion de ligne qui vole au-dessus du Rhin vers l'Est et qui donne l'impression de ne pas voler beaucoup plus haut que nous... Un peu plus à l'Est commence la TMA 6 de Zurich, avec une limite inférieure de 1700m !

(...) Nous atteignons le premier réservoir d'eau à 1300m/M et nous pouvons centrer une bonne ascendance un peu plus au Nord. Le prochain nuage au Nord de Hütten est formé comme dans les livres. Ici, nous pouvons monter jusqu'à 3000m/M. Un bon 2,5m/s nous amène à la base à 2500m/M. La route vers le deuxième point de virage est maintenant libre !

Sur la carte de vol à voile, nous ne trouvons aucune information sur la limite d'altitude à respecter au Nord de la TMA de Zurich. Pour cela, nous devons consulter la carte OACI. Nous y voyons que sur la Forêt Noire, nous pouvons voler jusqu'au FL 100 dans l'espace de classe E (voir l'image en page 34). Les symboles d'avions sur les deux cartes avertissent que malgré tout on y trouve des avions volant aux instruments en dessous de 3000m !

Avec des conditions de rêve, nous arrivons à St.Blasien à 14h30. Ayant fait nos calculs en supposant une vitesse moyenne relativement lente jusqu'au premier point de virage, nous sommes bien dans le temps et avons même une petite avance.

L'ascendance de rêve au Nord du Hütten est toujours là et nous atteignons 2600m/M. Une traversée confortable de la vallée du Rhin en direction de Fricktal-Schupfart serait possible. Notre but est de rejoindre la région du Napf et nous voudrions bien utiliser cette hauteur pour avancer. Mais comme nous sommes de nouveau proche de la TMA de Zurich, nous devons descendre en dessous de 1700m/M (TMA Zurich 6) et ensuite, voler en dessous de 2000m/M (TMA Zurich 8). Par chance, nous avons un transpondeur à bord et nous nous annonçons à Zurich Terminal pour demander l'autorisation de traverser de Hütten à Olten. Nous obtenons rapidement un code transpondeur, après quelques minutes nous sommes identifiés et nous recevons l'autorisation de traverser.

A notre altitude nous traversons la vallée du Rhin sans problème. De loin, nous voyons un beau cumulus qui est créé par la centrale nucléaire de Gösgen. Nous atteignons Gösgen à une altitude de 1800m/M et pouvons annoncer à Zurich Delta que nous quittons la zone. Ici nous pouvons de nouveau monter à 2000m/M.

Grâce à ce „raccourci“ nous avons regagné beaucoup de temps et nous pouvons décider facilement de continuer notre vol vers Lungern. Au dessus de Willisau vers le Napf, des cumulus nous montrent de nouveau la route. La base monte de 2000m/M sur le plateau à 2400m sur le Napf.

Au-dessus du Napf nous passons la ligne démarquant le plateau et les alpes. Au Sud de cette ligne l'espace de classe E va jusqu'à FL 130 (MIL ON) ou même FL 150 (MIL OFF). Dans notre exemple, nous pouvons monter, au-dessus de Schüpheim, jusqu'à 4600m/M (samedi). Nous nous trouvons dans la zone de vol à voile 8, en dehors des heures de service de vol militaire et nous pouvons de nouveau utiliser les petits minima, 50m en dessous de la base et 100m latéralement aux nuages, jusqu'à une altitude de 2700m/M.

Au-dessus de Schüpheim nous dirigeons le planeur vers le Fürstein. Au-dessus de nous se trouve la TMA6 d'Emmen, avec une limite inférieure de 3050m/M, et la TMA5 de Buochs qui, elle, n'est pas active selon le DABS. La base des nuages nous permet de monter au maximum à 2700m. (...)

2.2.2 Carte OACI

La carte OACI de la Suisse est publiée chaque année par les services AIP avec une échelle 1:500'000. Il s'agit d'une projection conique de Lambert.

Elle contient un peu plus d'information que la carte de vol à voile et est plutôt désignée pour les pilotes vol moteur. Elle peut être utile pour le vélivole lors de grands vols de distance qui peuvent mener vers l'étranger. Pour les vols menant loin dans un pays étranger, il faut bien-sûr consulter les cartes de ces pays!

Ci-dessous, sont présentées brièvement les principales différences entre la carte de vol à voile et la carte OACI.

Sur la carte OACI nous trouvons toutes les indications d'altitude en pieds:

les indications d'altitudes topographiques sont en ft AMSL, en brun-gris;

les indications d'altitude des obstacles sont en ft AMSL (entre parenthèses en ft AGL) en rouge;

les limites verticales des espaces aériens, en ft AMSL ou en FL, sont imprimées dans la même couleur que la classe de l'espace aérien concerné.

Mesures



Distance

Les mesures de distance avec une règle graduée sont faciles, 1 cm représente 5Km. Sur la carte, une graduation en degrés est imprimée. Ainsi, les mesures en miles nautiques sont possibles. 1NM représente 1 minute d'arc sur un méridien. Le long d'un parallèle standard de 47°N les mesures de distances sont exactes. La plus grande erreur de mesure, due à la distorsion, ne dépasse pas 3%.



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

Angle

La mesure d'angle peut être faite depuis un méridien.

Comme sur la carte de vol à voile, nous trouvons des informations sur les symboles particuliers à l'aviation et bien d'autres encore. Pour l'utilisation en vol, les mêmes règles qu'avec la carte de vol à voile restent valables, c'est à dire, une étude intensive avant le vol pour une utilisation sûre durant le vol.

La carte ressemble à une œuvre d'art (et elle en est une...), mais ne doit pas être traitée ainsi. Il peut être utile d'y reporter des informations supplémentaires. Dans ce sens, une carte est du „matériel de consommation“.



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

Les conditions particulières pour l'utilisation des LS-T et LS-R ne sont pas indiquées sur la carte OACI !

Cartes pour la navigation à vue des pays limitrophes

Pour nos pays voisins, il existe aussi des cartes OACI ainsi que d'autres cartes VFR. En partie les cartes VFR sont disponibles en tant que cartes spéciales pour le vol à voile (p.ex. pour l'Autriche, l'Allemagne et une partie la France). En Europe centrale, l'échelle 1:500'000 est usuelle pour ces cartes aériennes. Dans d'autres pays tels que les USA, l'Australie et l'Afrique l'échelle 1:1'000'000 est plus courante.

Cartes électroniques

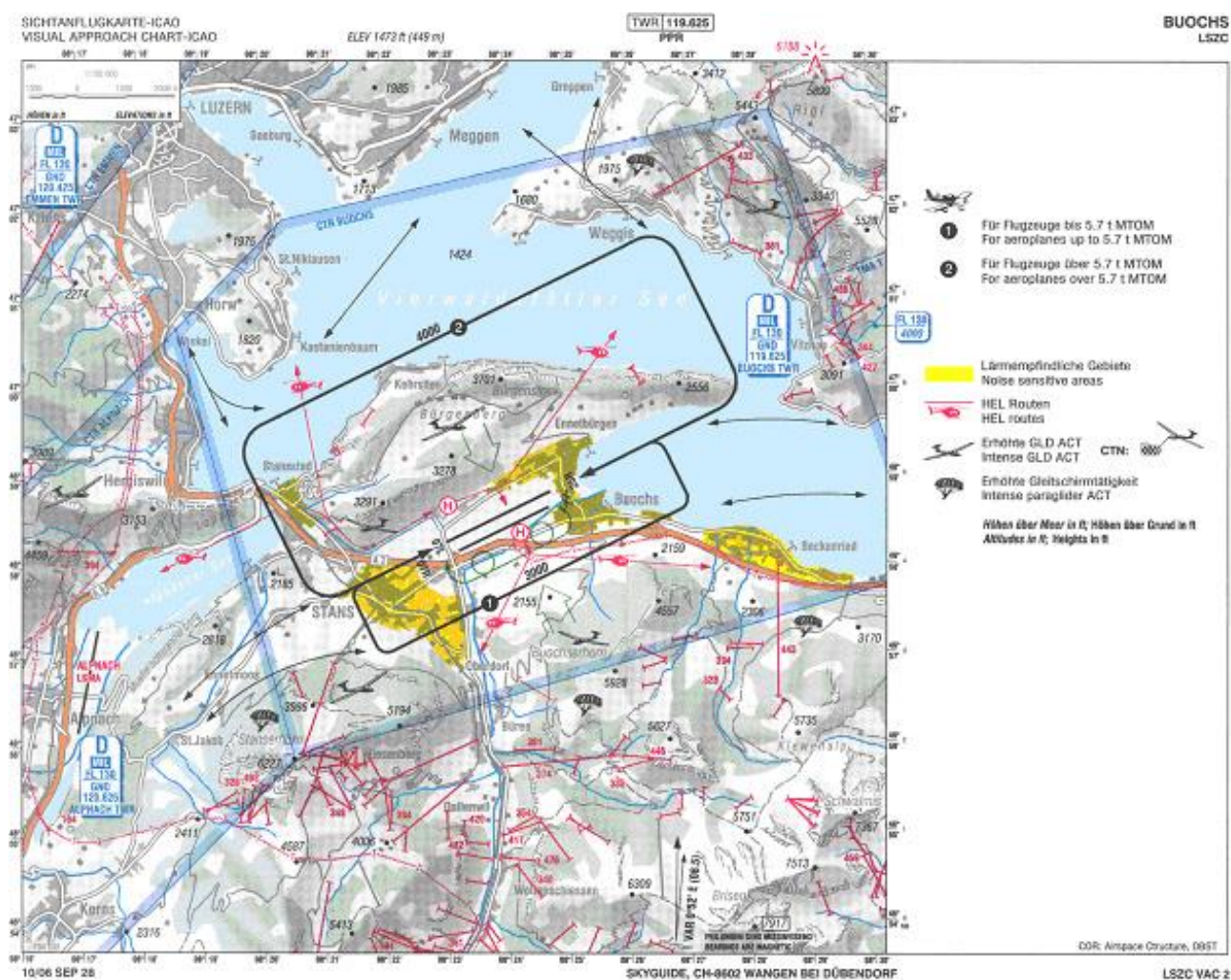
Pour les calculateurs de bords, les tablettes etc., beaucoup de cartes électroniques sont proposées. Des cartes officielles payantes (p.ex. cartes OACI) sont disponibles, de même que des cartes gratuites pouvant être téléchargées depuis internet. Il faut prendre en considération que ces dernières sont souvent „not for operational use“, c.-à-d. pas autorisées pour la navigation, car il n'est pas garanti qu'elles soient à jour. La représentation des espaces aériens est ici avant tout problématique. Celui qui utilise de telles cartes, doit s'assurer de toujours avoir à bord, en complément, une carte officielle et actuelle pour naviguer!

2.2.3 Cartes d'approche

Afin de pouvoir approcher un aéroport, nous avons besoin de plusieurs informations. Nous les trouvons dans l'AIP. Toutes les cartes des aéroports publics sont publiées. Nous y trouvons les routes de départs et d'arrivées, les voltes ainsi que les informations nécessaires pour les vélivoles, comme les indications des zones pour les planeurs. Pour les grands aéroports, nous avons plusieurs cartes, de la carte régionale à la carte d'approche à vue jusqu'à la carte de l'infrastructure de l'aéroport avec le plan des pistes. Durant l'écologie, le vélivole est confronté avec la carte de son aéroport (pour autant que celle-ci soit publiée).

Ces cartes aussi contiennent beaucoup d'informations qui doivent être étudiées soigneusement, afin d'éviter les erreurs d'interprétations. Au mieux, nous débutons par l'étude de la carte de notre aéroport et nous apprenons à lire les informations avec l'instructeur. Avec l'ouverture de notre horizon de vol et les premiers atterrissages à l'extérieur, les cartes des aéroports voisins deviennent intéressantes.

Exemple: Carte VAC de Buochs

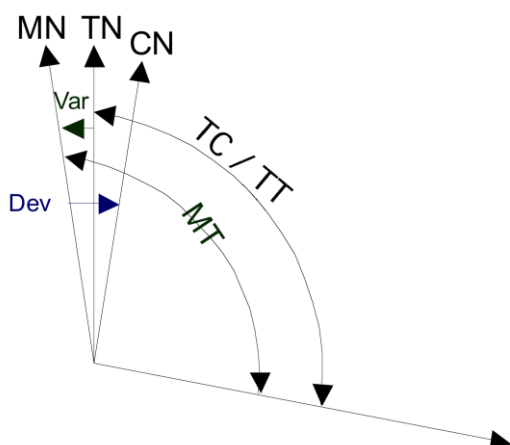


60.3.1 Navigation, principes de base

3.1.1 Route vraie (TC, TT) et magnétique (MT)

Une direction par rapport au Nord géographique est appelée un cap vrai.

Si nous tenons compte de la variation, nous obtenons le cap magnétique. En tenant compte de la déviation, nous obtenons le cap indiqué par la boussole.



Voici les définitions utilisées :

Nord géographique	TN	True North
Nord magnétique	MN	Magnetic North
Nord de la boussole	CN	Compass North
Route vraie ou géographique envisagée	TC	True Course
Route vraie ou géographique au sol	TT	True Track
Route magnétique	MT	Magnetic Track

$$TC + \text{Var. Ouest} = MT$$

$$TC - \text{Var. Est} = MT$$

Le "Course" est la direction **envisagée** du **trajet au sol** ; on parle aussi de "Desired Course" (trait au crayon sur la carte lors de la préparation). Le "Track" est la direction **effective** du **trajet au sol**. Si l'angle de correction du vent (voir chap. 3.1.3) a été correctement choisi, alors $TC = TT$.

1. Exemple: (Vol FAI de 300Km): le premier tronçon de notre triangle de Chaumont à St. Blasien a un TT de 049° (la variation moyenne est de 0,5° E).

2. Exemple : (de Zurich à Calgary)

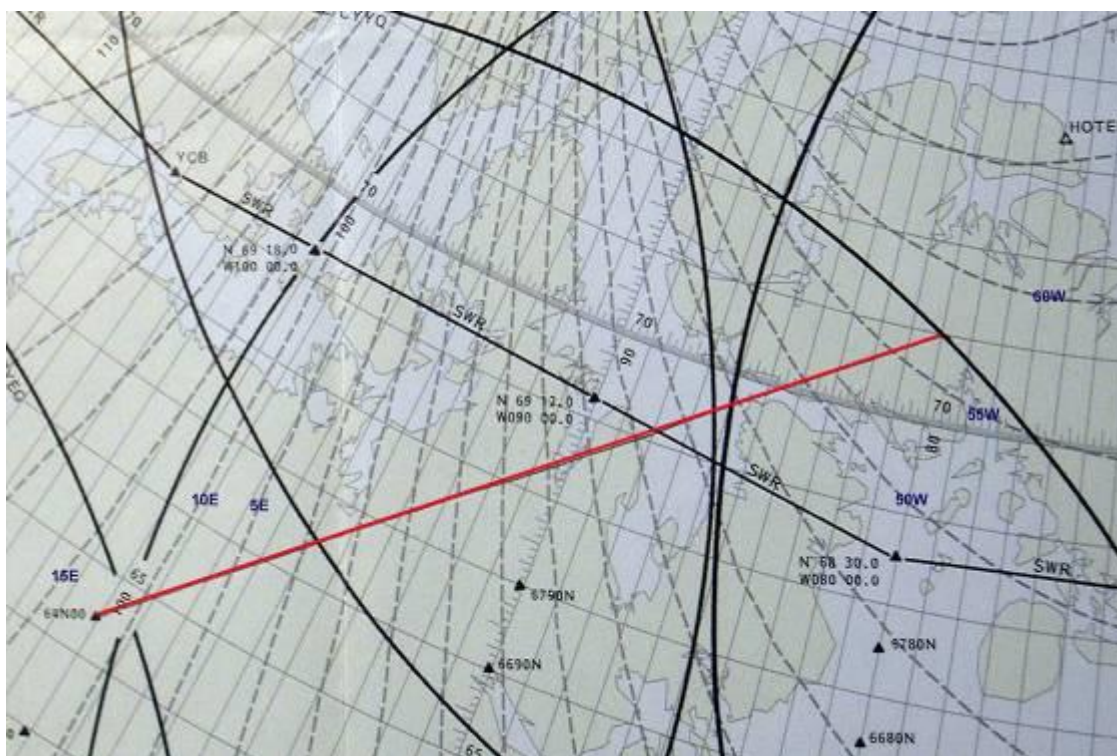
...de 71°N/80°W à 64,5°N/100°W nous volons 610 miles nautique (NM) tout droit – la boussole indique au début un cap de 296° et à la fin 207°! (le cap moyen - average True Track – est de 230°)...

Ce tronçon de route passe sur plus de 20 degrés de longitude par une latitude de 70°N. Comme nous l'avons lu dans le chapitre 1.1.3, le TT sur une loxodrome (grand cercle) varie constamment. La variation aussi est très grande dans cette région.

À 71°N / 80°W	TC	239°
	Var	57°W
	MT	296°

À 64,5°N / 100°W	TC	219°
	Var	12°E
	MT	207°

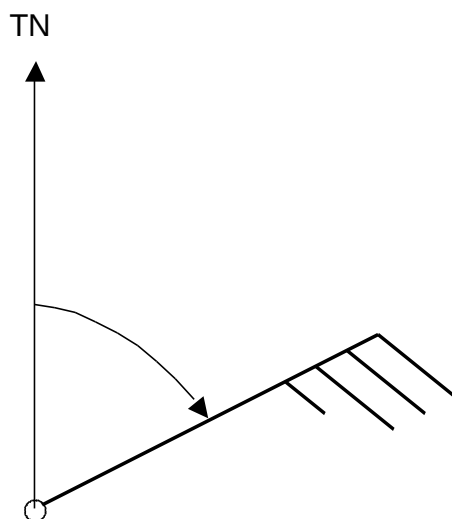
Un vol en ligne droite sur plus de 1130Km est indiqué, dans ce cas, par une boussole magnétique comme un grand virage de 89° à gauche !



3.1.2 Vent, direction du vent

Un avion se déplace dans l'air comme un bateau dans l'eau. Si cette masse d'air se déplace (vent) elle l'entraîne avec. Pour atteindre un but fixé, nous devons considérer l'effet du vent.

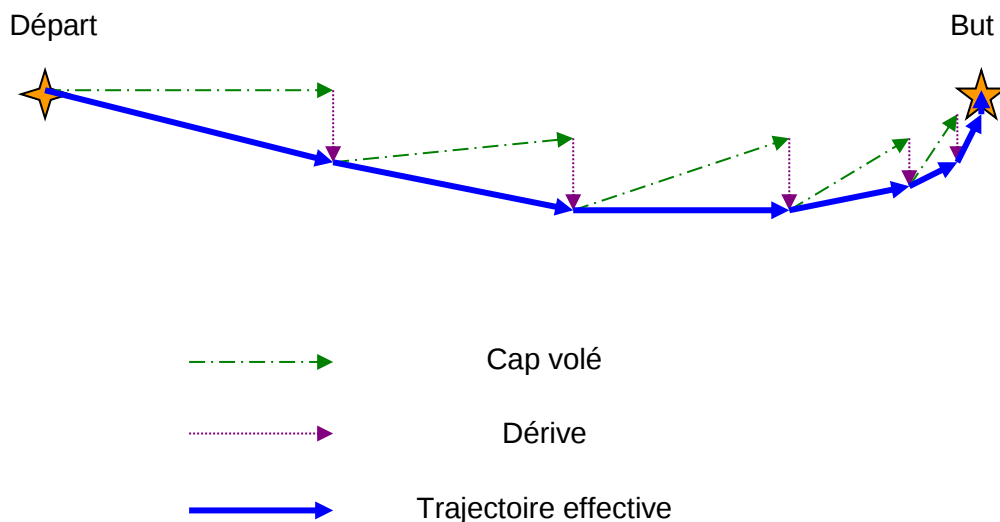
Une indication de vent contient la force du vent ainsi que sa direction. L'indication de la provenance du vent est donnée en degrés ou selon des points cardinaux. La référence pour la direction est le Nord géographique pour la météo générale (prévisions et météo sur la distance) et le Nord magnétique pour la météo actuelle sur un aérodrome. La direction du vent indiqué est en fait la direction d'où il souffle (le vent du sud vient du sud p.ex.). L'unité la plus utilisée pour transmettre la force du vent sont les nœuds (kt). Pour les prévisions vélivoles, on transmet les indications en Km/h. La force du vent mesurée dans les stations météo est transmise en m/s.



Exemple: cette indication de vent montre un vent du 060° avec une force de 35kts.

La courbe du chien nageant

Si nous volons par vent de travers en orientant le nez de l'avion toujours en direction du but, alors nous décrivons une courbe appelée „Hundekurve“ en allemand. Ce nom s'explique le mieux en pensant à un chien nageant dans une rivière en visant toujours son maître assis au bord:



Naturellement, nous voulons éviter une telle courbe. Pour cela, nous devons connaître la valeur du vent à compenser. Ceci sera le thème du prochain chapitre.

3.1.3 Cap, vrai(TH) et magnétique(MH)

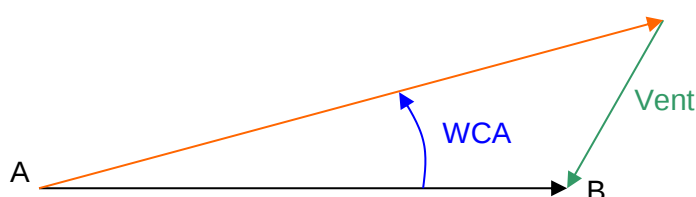
Lorsque nous tenons compte du vent qui influence notre trajectoire de vol, nous volons un certain cap (Heading), la direction dans laquelle montre le nez de notre avion, tandis qu'il suit sa route (Track). Si nous ne tenons pas compte de la variation, nous parlons de cap vrai ; si nous considérons aussi la variation, c'est le cap magnétique.

Cap vrai	TH	True Heading
Cap magnétique	MH	Magnetic Heading

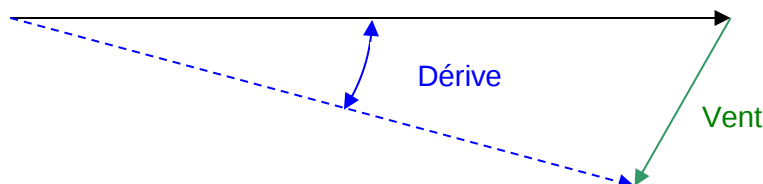
TC +/- Corr. Vent = TH

MT +/- Corr. Vent = MH

Si nous avons du vent de travers, nous devons corriger contre le vent, afin de pouvoir maintenir notre route prévue. L'angle de correction qui doit être maintenu pour garder la bonne route est appelé angle de correction du vent (Wind correction angle, WCA).



Si nous ne corrigeons pas contre le vent, nous serions poussés avec le même angle. Dans ce cas, nous parlons de la dérive.



3.1.4 Vitesse

La vitesse peut être indiquée en plusieurs unités différentes, comme les distances et les altitudes. Dans notre planeur, nous n'utilisons que le système métrique. Les vitesses de vol sont indiquées en Kilomètres par heure (Km/h), les vitesses verticales (valeurs de montée sur le variomètre) sont indiquées en mètres par seconde (m/s).

En vol moteur, les indications de vitesse sont en miles par heure ou nœuds. Si nous transmettons une vitesse en NM par heure, alors nous parlons de nœuds (kt).

1 kt = 1 NM/h représente 1,852 Km/h

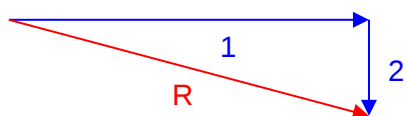
1 mph = SM/h représente 1,609 Km/h

1 kt représente assez précisément 0,5 m/s. En Angleterre et aux USA, les variomètres des planeurs indiquent souvent en kt. Par exemple, une ascendance de 6kt représente 3m/s.

En vol moteur, les varis installés indiquent en pieds par minute (fpm). Une valeur de 1000fpm représente environ 5m/s.

Vecteurs

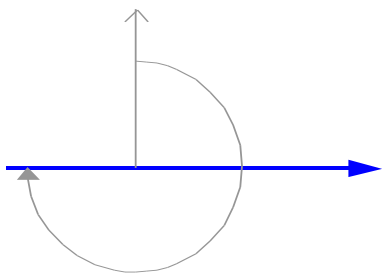
Nous pouvons aussi représenter des vitesses par des vecteurs. Un vecteur a une certaine direction et une longueur. Les vecteurs peuvent être additionnés graphiquement.



R = Résultante de 1 et 2

Ainsi nous pouvons trouver une vitesse résultante et une direction de vol, quand notre vol est influencé par du vent.

Exemple : Représentation vectorielle du vent : Vent de 270° (Vent d'Ouest) avec 50Km/h



Ce vecteur a une longueur de 5cm, si nous supposons que 1cm représente une force de 10Km/h.

Vitesse propre, vitesse sol

Un avion se déplace dans la masse d'air avec sa vitesse propre (True Air Speed, TAS). En air calme, cette vitesse est égale à sa vitesse effective mesurée depuis le sol. Dès que la masse d'air est en mouvement, ceci doit être pris en considération. La vitesse à laquelle l'avion se déplace par rapport au sol est appelée vitesse sol (Ground Speed, GS). En navigation, celle-ci est d'une importance capitale afin de pouvoir déterminer le temps nécessaire pour couvrir une certaine distance.

L'échelle de vitesse

Afin de pouvoir trouver facilement le temps nécessaire pour parcourir une distance donnée, il suffit d'établir une échelle de 6-minutes. Où, en 6 minutes nous parcourons 1/10 de notre vitesse. Par exemple, à 100Km/h, nous parcourons 10Km en 6 minutes.



Avec cette échelle, nous pouvons déterminer, directement sur la carte, le temps nécessaire pour une étape.

Ainsi, par exemple un trajet de Bex à Montreux dure 12 minutes à 100Km/h.

Note: une échelle de vitesse n'est valable que pour une seule échelle de carte et pour une seule vitesse! Dans notre exemple, pour une carte à l'échelle 1:300'000 et une vitesse de 100 Km/h.



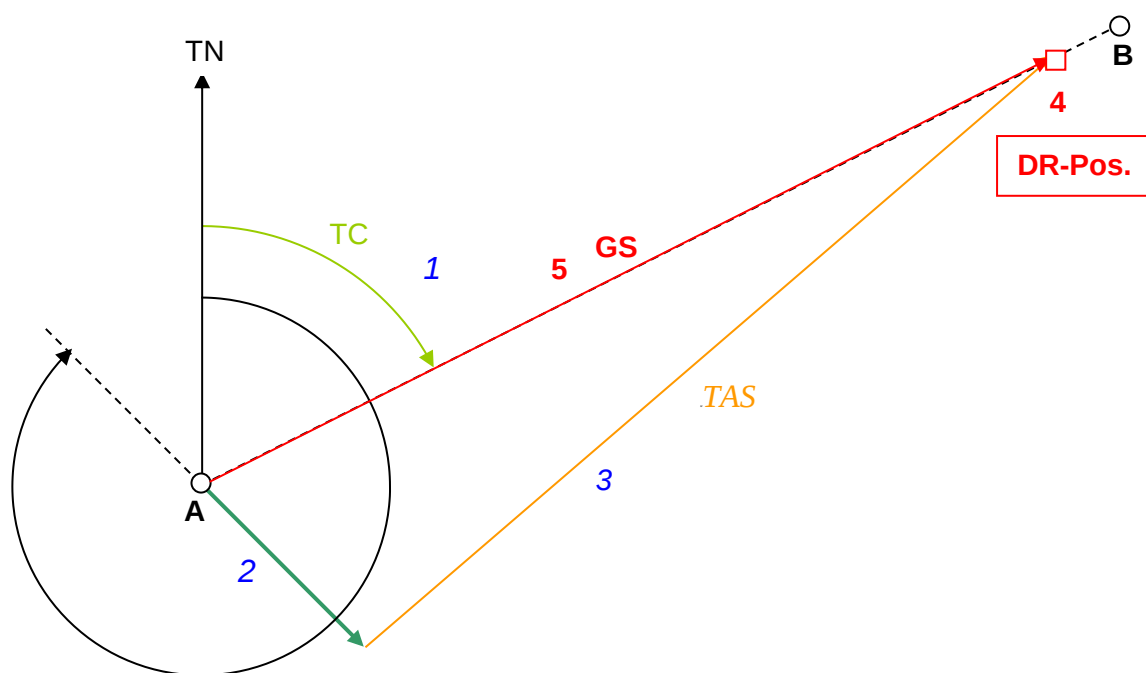
Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

60.3.2 Navigation, influence du vent

3.2.1 Le triangle des vitesses

Le triangle des vitesses est une méthode graphique pour déterminer la dérive due au vent, ou aussi pour trouver l'angle de correction du vent pour compenser l'influence du vent.

Exemple: **TAS** 120Km/h
 TC 063°
 Wind 315°/30Km/h

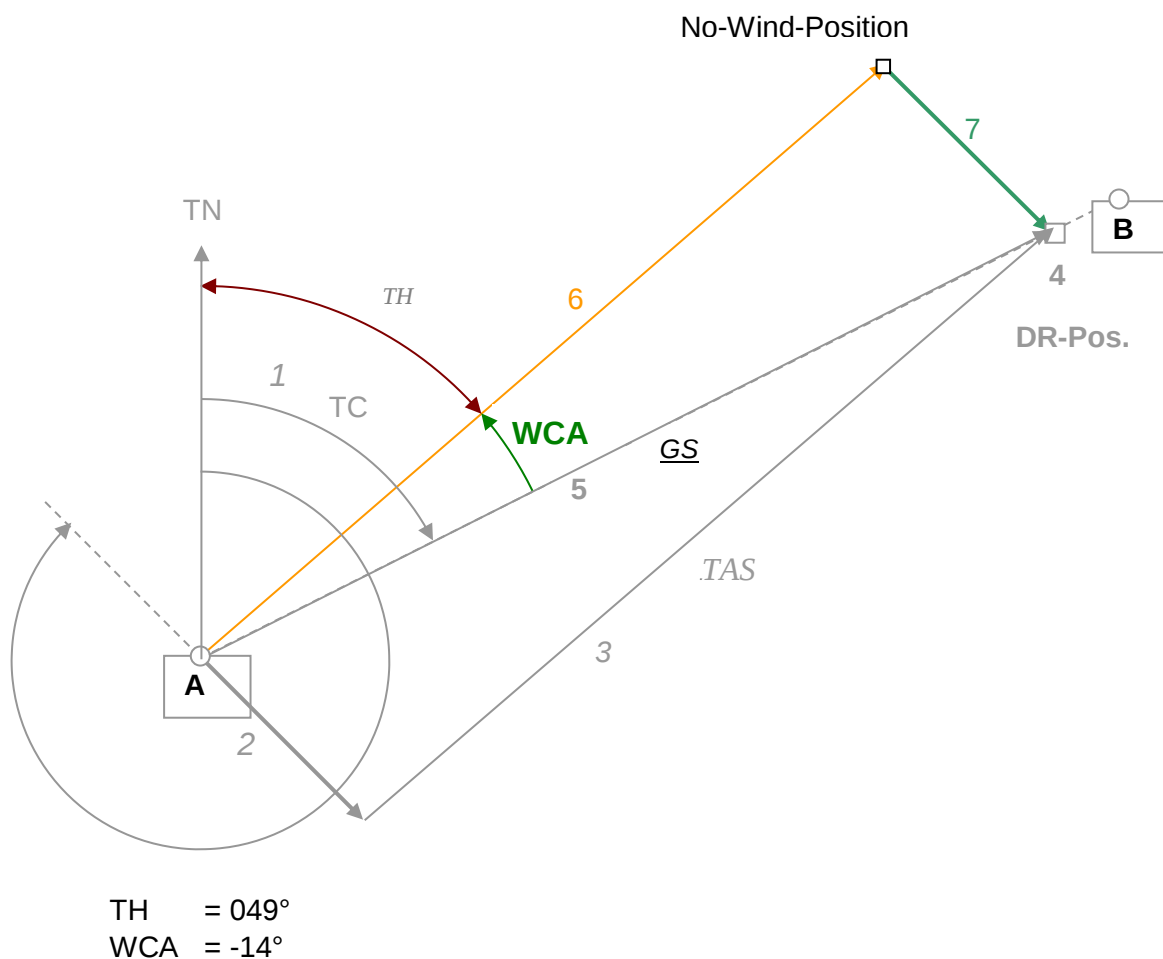


Construction:

1. Reporter le TC (de A à B)
2. Reporter le vent (1cm = 10Km/h)
3. Reporter la TAS (1cm = 10Km/h)
4. L'interception de la TAS avec le TC donne la position DR (Dead Reckoning), la position à laquelle l'avion se trouverait après un certain temps avec un vent donné et sa vitesse sol résultante.
5. La vitesse sol peut être mesurée avec une règle (distance A – DR; 1 cm représente 10Km/h)=125Km/h

Attention aux unités utilisées ; éventuellement convertir avant de dessiner le triangle des vitesses!

En déplaçant parallèlement la TAS (6) et le vent (7) nous obtenons le Cap vrai TH, l'angle de correction de vent WCA et la „No-Wind-Position“:



L'angle de correction du vent est positif quand le vent vient de la droite et négatif quand le vent vient de la gauche.

Exemple

(Vol FAI de 300Km) ...pour l'obtention du diamant nous planifions un triangle FAI de 300Km avec le départ à Bellechasse, en virant à la station de Chaumont, au couvent de St. Blasien et à l'église de Lungern.(...)

D'après les prévisions pour le vol à voile, nous aurons un vent de 050° / 30Km/h à 2000m.

Sur le premier tronçon de 14Km, Bellechasse – Chaumont, nous pouvons corriger le vent à l'estime. Nous avons une composante de vent de dos qui nous pousse vers le point de virage.

La partie vers St. Blasien est pratiquement face au vent, ainsi nous n'avons pas besoin de corriger le vent. Par contre, le vent de face va ralentir notre progression vers St. Blasien de manière non négligeable.

De St. Blasien à Lungern, nous avons du vent de travers de la gauche. Nous faisons donc un triangle des vitesses.

Données: Vent = 050°/30Km/h
 TAS = 135Km/h

Résultat: TC = 179°
 TH = 169° (WCA = -11°)
 GS = 152Km/h (Composante du vent de dos + 17Km/h)

Sur le dernier tronçon vers Bellechasse nous nous intéressons surtout à l'arrivée:

Résultat: TC = 286°
TH = 297° (WCA = +11°)
GS = 148Km/h (Composante du vent de dos + 13Km/h)

En Suisse, nous pouvons négliger la variation (déclinaison), c'est pourquoi nous pouvons utiliser directement les valeurs du TH pour notre plan de vol. Les composantes de vent nous aident pour estimer la vitesse de croisière.



Les systèmes de navigation modernes déchargent le pilote de la tâche de calculer le triangle des vents „à la main“. Néanmoins, le vent a aussi une influence sur le vol des avions de ligne, et par sa vitesse et par sa composante traversière. Regardons l'exemple suivant:

L'image montre l'écran de navigation d'un Airbus A330 à peu près au-dessus de Boston. Nous volons sur un magnetic track de 064° (la ligne verte avec le petit „diamant“ vert sur l'échelle des headings).

En haut à gauche nous voyons que le vent vient de 314° avec 187kts (=346Km/h). La direction du vent indiquée est „true“; il faut donc ajouter la variation de 16°W pour obtenir le vent magnétique de 330°/187.

Le trait jaune sur l'échelle des headings montre un magnetic heading de 041°. La différence avec le MT nous donne un WCA de 23°!

S'il ne fallait pas compenser la composante traversière, on aurait un angle de 94° entre la direction du vent et celle de notre route, donc une légère composante de vent arrière! Mais à cause du grand WCA de 23° nous avons en réalité une composante de vent de face de 22kts (en haut à gauche, différence entre ground speed GS et true air speed TAS).

60.3.3 Navigation, navigation à vue

3.3.1 DR-position (position anticipée)

En navigation les résultats du triangle des vitesses sont utilisés pour voler de A à B avec la GS et le MH calculés. Ainsi nous volons d'un Checkpoint à l'autre.

Exemple : nous sommes au-dessus de l'aérodrome de Triengen et nous volons avec une GS de 120Km/h sur le cap 270°. Où sommes-nous après 11 minutes ? (au-dessus de Langenthal)

Lors d'un vol de distance il est rare de pouvoir voler „au cap“. Il nous faut, bien plus souvent, „naviguer en fonction de la météo“. Dans les Alpes, surtout, il y a de gros écarts de routes. C'est pourquoi le triangle des vitesses classique est seulement utilisable pour des calculs de longues distances. Malgré tout, il peut être utile pour anticiper le trajet vers le prochain thermique. En compensant contre le vent, nous évitons de parcourir trop de chemin inutilement. Par jour de fort vent, il peut tout de même s'avérer judicieux d'effectuer un triangle des vitesses pour certains tronçons de la route et de calculer l'angle de correction du vent.

Dans l'exemple suivant, nous trouvons une table détaillée de caps et de vitesses. Il s'agit, ici, d'un exercice. En pratique, à cause des raisons mentionnées, les données de cap ne sont pas très souvent utilisées.

Donnée: Vent à 1500m/M: 050°/30Km/h

	TC	D	D eff	MH (CH)	V Reise	ETO	ATO
Bellechasse Aérodrome de départ						(décollage 1145) départ 1154	
	294		14	306	145		
Station Chaumont						1200	
	047	120,8	132	047	45		
Couvent de St. Blasien						1456	
	179	108,7	120	169	60		
Église de Lungern						1656	
	286		86	297	70		
Bellechasse Aérodrome						1810	
(Lungern- Chaumont)		95,4					
Total		342,9Km	352Km			6h 16min	

Légende:

TC (True Course):

Nous reportons le vol (sur la carte de vol à voile ou la carte OACI) avec des lignes droites entre les points de virage. Finalement, nous traçons encore les lignes Bellechasse – Chaumont et Lungern – Bellechasse. Nous mesurons les caps et nous les reportons dans une table.

D (Distance):

La distance reportée est la distance directe entre les points de virage. La distance parcourue n'a aucune influence sur le déroulement du vol, mais c'est cette distance qui sera cotée pour notre vol.

D eff (distance effective):

Comme en planeur nous devons voler en fonction de la météo, la distance de vol effective est toujours plus grande que la distance reportée sur la carte. Il faut donc mesurer, sur la carte, la distance en fonction de la route effective que nous planifions. Donc, nous allons voler, selon notre expérience, le long du Jura: Chaumont-Chasseral-Weissenstein-Läufelfingen-Schupfart-Hütten-St. Blasien.

MH (Cap magnétique):

La direction que nous devrions suivre en avançant tout droit à notre vitesse de plané. En pratique, nous suivons rarement ce cap. Mais par une situation avec du vent de travers, il peut être utile d'avoir calculé cette route durant la préparation du vol, de manière à avoir une référence pour corriger le vent.

CH (Compass Heading, Cap de la boussole):

Calculant correctement, nous devrions aussi corriger la déviation de la boussole (voir Ch. 1.3.4). Les boussoles des planeurs ont souvent une grosse déviation, il est donc utile de consulter la table de déviation lors de longues transitions!

V_{Croisière} (vitesse prévue de croisière):

La vitesse avec laquelle nous volons en route. Elle comporte le temps nécessaire pour aller de X à Y, y compris le temps utilisé pour monter dans le thermique. Cette valeur dépend de notre expérience individuelle et est dérivée des vols de distance préalables effectués ; elle est arrondie vers le bas. Les valeurs utilisées dans l'exemple proposé ont été choisies de manière à pouvoir utiliser une entière belle journée du mois de mai. La vitesse relativement faible sur le Jura tient compte du vent de face. Si nous volions plus lentement, le temps disponible pourrait ne pas suffire.

ETO (estimated time overhead, heure prévue au-dessus d'un point de route) :

En décollant à 11 h 40 et en partant à 11 h 50 nous atteignons Chaumont à env. 12 h 00; les thermiques ont déjà pu s'établir. Pour chaque tronçon de route, nous calculons le temps nécessaire. Exemple:

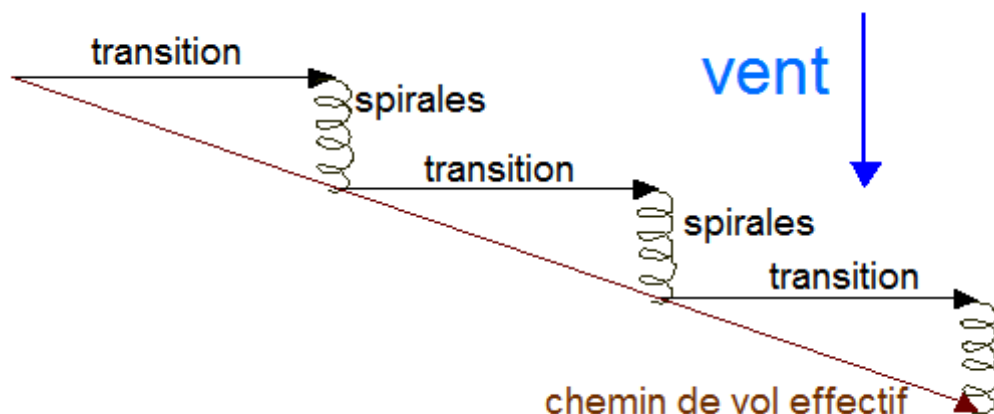
Chaumont-St. Blasien, 132Km: 45 Km/h = 2 h 56min

Si nous planifions l'atterrissage à 19 h 00 LT au plus tard, nous pouvons calculer les temps de survol des autres points de virage en commençant avec le dernier et en déduisant chaque fois le temps nécessaire pour parcourir le tronçon entre deux points de virage. De cette façon, nous obtenons un plan de vol qui nous indique les heures de passage les plus tardives pour chaque point de virage qui nous assurent de pouvoir réaliser notre vol. Les valeurs $V_{\text{croisière}}$ et ETO de notre exemple sont arrondies. Avec la vitesse de croisière choisie, nous obtenons une durée de vol de 7 h 10 min. Ce qui signifie que nous devons prendre le départ au plus tard à 11 h 50. Bien entendu, nous décollons, si possible, plus tôt.

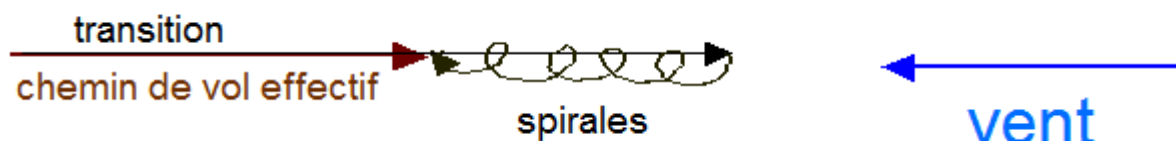
ATO (actual time overhead, heure actuelle de survol du point de route):

Durant le vol, nous reportons, ici, nos heures de passage au-dessus des points de route. Nous pouvons nous réjouir lorsque nous avons de l'avance, ou devoir éventuellement interrompre le vol si nous prenons trop de retard. C'est pourquoi il est très important et utile d'effectuer une telle planification.

Comme mentionné au préalable, il est rare de pouvoir voler tout droit sur la route avec notre planeur. Une autre particularité du vol à voile est que nous devons nous arrêter régulièrement dans des ascendances pour faire „le plein“ d'altitude. Dans chaque thermique, nous dérivons avec le vent et ceci influence encore plus notre vitesse de croisière.



En transition contre le vent, notre vitesse de croisière diminue, à l'extrême jusqu'à l'arrêt !



3.3.2 Détermination de la trajectoire de vol

(Vol FAI de 300Km): ...Réflexions sur la tactique de vol:

Le choix de la route se base sur la supposition que la situation de bise crée de bons thermiques. Nous voulons décoller aussi tôt que possible pour profiter de toute la journée. En prenant le départ à 1000m/Gnd au-dessus de Bellechasse, un vol direct vers Chaumont devrait être possible. Ainsi, nous pouvons raccrocher sur le Jura sans devoir prendre d'ascendance sur le plateau. Nous devons compter avec du vent de face sur le Jura. Des restrictions d'espaces aériens nous attendent de Hauenstein jusqu'à la Forêt Noire. Les points clés sont sûrement le premier raccord à Chaumont et la traversée de la vallée du Rhin puis le lien avec la Forêt Noire. Après le virage en Forêt Noire il faut retrouver une ascendance sur le Jura. Finalement, nous voulons survoler le plateau pour aller de la région du Napf vers Lungern. La bise créant une composante de vent de travers sur ce tronçon, nous avons la possibilité d'étudier le triangle des vitesses. En fonction du jour de la semaine, nous devons nous annoncer au secteur d'approche de l'aérodrome d'Emmen. Depuis Lungern, nous profitons des reliefs élevés et nous pouvons voler vers le plateau avec une composante de vent de dos qui nous aide. Un désavantage possible pourrait être – en fonction de l'heure – le vol face au soleil bas sur l'horizon...

Si nous volons réussir notre vol, la route doit suivre le chemin des thermiques. Afin de pouvoir naviguer, nous devons noter les points marquants de notre route sur notre carte. Dans l'espace aérien Suisse, nous devons naviguer précisément afin d'éviter la pénétration involontaire dans un espace aérien contrôlé.

Pour un vol de distance, nous reportons toujours les routes directes sur la carte, menant d'un point directement au suivant. Nous notons, durant la préparation du vol, les endroits proches de restrictions aériennes. Lorsque nous anticipons des difficultés dans l'identification d'un point de virage, il peut être judicieux de consulter une carte plus précise (1:100'000). Pas mal de vols de distances ont déjà échoués, car les points de virages n'ont pas pu être identifiés, ou ont été confondus...

Soleure est le repère qui nous avertit de ne pas pénétrer dans la TMA Bâle.



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

Dans des régions inconnues, il est utile de faire un Time check quand nous nous trouvons près d'un tel repère; ainsi si nous perdons notre orientation, nous pouvons estimer la distance de notre dernière position connue.

3.3.3 Calcul de la finesse

Régulièrement le vélivole doit calculer sa finesse et savoir quelle distance il peut survoler avec sa hauteur. Que ce soit pour survoler une région, pour atteindre une ascendance ou pour pouvoir terminer le vol.

Il s'agit, ici, du calcul de la finesse par vent constant. Les courants verticaux et les variations de vitesse selon la théorie de Mc Cready ne sont pas considérés.

... Après Läufelfingen il n'y a plus aucun cumulus devant nous, ou plutôt: le prochain cumulus est très loin, bien au Nord du Rhin. Notre altitude est d'environ 1500m, jusqu'où pouvons-nous aller? Jusqu'à l'autre côté du Rhin cela fait 25Km, notre planeur a une finesse maximale de 1:40.

25Km: $40 = 0,625$ Nous avons besoin de 625m pour parcourir cette distance, sans vent!

Dans le meilleur des cas, nous arrivons à 900m/M. Que se passe-t-il si nous ne trouvons pas d'ascendance? Nous serions alors à 10Km au Nord de Schupfart. Au-dessus de Schupfart, nous voulons arriver à 800m/M, afin de pouvoir effectuer une approche raisonnable. L'altitude actuelle ne suffit donc pas pour voler directement sur le Rhin. Juste devant nous, comme souhaité, au-dessus de la colline au Sud de Schupfart, un petit cumulus se forme. Concentrés, nous montons avec 1m/s jusqu'à 1700m/M. Malgré la base bien plus haute, nous quittons le thermique, également motivés par la présence d'un avion de ligne qui vole au-dessus du Rhin vers l'Est et qui n'a pas l'air beaucoup plus haut que nous... Un peu plus à l'Est commence la TMA 4 de Zurich avec une limite inférieure à 1700m/M!

Maintenant nous devrions avoir assez de hauteur: 12Km jusqu'en Forêt Noire, 8Km en retour vers Schupfart, si tout va bien...

Influence du vent

Le vent, respectivement, la composante du vent a une influence non négligeable sur notre finesse. Le vent de dos nous poussera durant notre transition, le vent de face agit de façon contraire.

Exemple: notre vitesse de plané est de 130Km/h, notre taux de chute est de 0,9m/s.

130Km/h représentent 36m/s. Quand nous avançons de 36m nous descendons de 0,9m représentant une finesse de 1:40. En air calme, avec 1000m de hauteur, nous parcourons 40Km. Avec 30Km/h de vent de face, cela représente une vitesse sol (GS) de 100Km/h; le taux de chute reste constant.

$$100\text{Km/h} = 27,8 \text{ m/s} \quad 27,8 / 0,9 = \underline{30,9}$$

Notre finesse est réduite à 31, si bien qu'avec 1000m nous parcourons 9 Km de moins!

Avec 30Km/h de vent de dos, la situation est complètement différente:

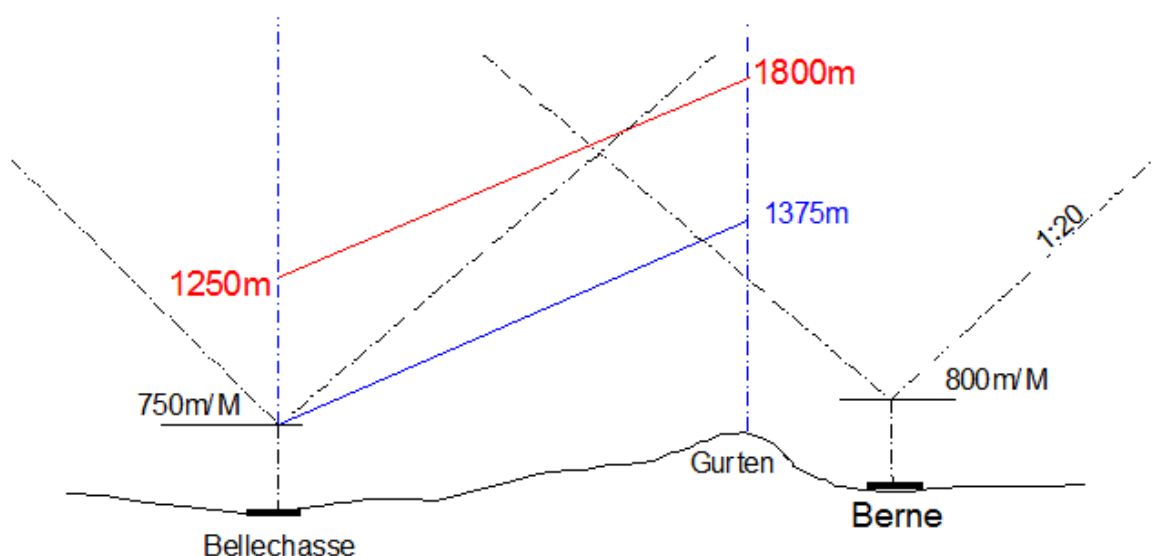
$$\text{GS} = 160\text{Km/h} = 44,4\text{m/s} \quad 44,4 / 0,9 = \underline{49,4}$$

Attention: les masses ascendantes et descendantes ont une influence bien plus grande sur la finesse. Une descendance de 1m/s réduit la finesse (sans vent) dans l'exemple ci-dessus à 1:19!

Lors d'un vol de distance de Berne-Belp vers le Jura nous montons dans la première ascendance au-dessus du Gurten. Quelle est l'altitude minimale qu'il faut faire dans cette ascendance pour ensuite atteindre Bellechasse (distance: 25Km) en vol plané? Nous faisons le calcul pour une finesse maximale de 40:

$$(25 : 40) \times 1000 = 625\text{m} + 750\text{m Hauteur d'arrivée} = 1375\text{m/M altitude minimale de départ.}$$

L'ascendance est bonne et nous recevons l'autorisation de monter jusqu'à 6000ft AMSL, donc 1800m/M, car nous ne voulons pas seulement planer jusqu'à Bellechasse et y atterrir. Cette altitude nous permet d'y arriver à 1250m/M.



Au besoin, nous pouvons calculer la hauteur nécessaire pour parcourir x Km.

Exemple : nous sommes parti du Gurten et nous voulons savoir, à mi-chemin, où nous en sommes par rapport à notre altitude. Notre position est au travers de Forst (au Nord de Neueneegg) à 1570m. La distance jusqu'à Bellechasse est, comme d'ailleurs celle jusqu'à Berne, de 15Km.

Sommes-nous encore dans le cône local 1:20? Si nous parcourons 20Km avec 1000m, nous utilisons 50m pour 1Km.

$$\text{Pour 15Km} \Rightarrow 15 \times 50 = 750\text{m}$$

Cela donne une altitude minimale pour Bellechasse de 1500m/M, y compris 750m à l'arrivée. Cela donne une altitude minimale pour Berne de 1550m/M, y compris 800m à l'arrivée.

À notre altitude actuelle de 1570m, nous sommes donc encore dans le cône local de Berne et déjà dans celui de Bellechasse. Ainsi, nous pouvons continuer au cap direct.

Un autre exemple est la traversée d'une large vallée, par exemple en Valais, de Goppenstein vers le Sud au Schwarzhorn. Là, nous pouvons calculer avec la meilleure finesse du planeur. Avec une finesse de 40 pour un planeur standard nous avons besoin de 25m par Km. Donc, pour traverser une vallée de 20Km, nous utilisons $20 \times 25\text{m} = 500\text{m}$; pour autant qu'il n'y ait pas trop de zones descendantes et que l'on puisse négliger le vent. Dans la pratique, il vaut la peine de partir assez haut, de sorte à atteindre l'autre côté de la vallée au-dessus des crêtes, car les ascendances y sont en général plus prononcées.

3.3.4 Identification de repères géographiques, erreurs d'interprétation

Avec l'ouverture de l'horizon de vol, nous survolons régulièrement de nouvelles régions inconnues. Dans ces cas, la préparation du vol est d'autant plus importante. Dans les alpes, la confusion d'une vallée sans possibilité d'atterrissage avec une autre peut être fatale. Également la pénétration involontaire d'un espace aérien doit être évitée.

Avant ces obstacles, nous devons identifier clairement notre position à l'aide de points géographiques sûrs. Nous corrélons particulièrement les fleuves, les lacs avec des villes ou des vallées marquantes avec des grands villages.

Exemples :

Bienne, au bout Nord du lac, avec l'Aar au Sud de la ville et l'autoroute.



Interlaken entre les lacs avec l'aérodrome.



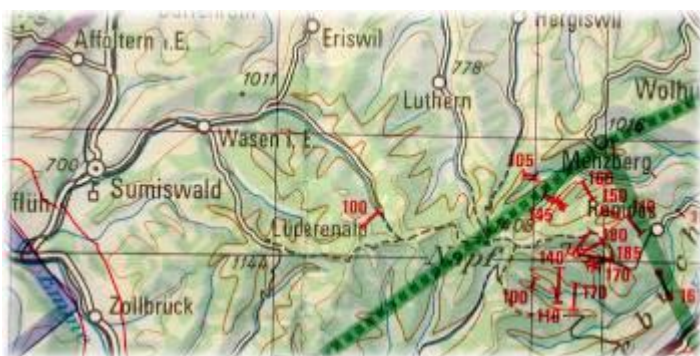
La centrale nucléaire de Gösgen avec sa tour de refroidissement marquante entre les villes d'Olten et d'Aarau.



Brig en Valais avec la bifurcation de la route du Simplon vers le Sud (ici il y'a un risque de confusion avec Viège et la Matteredal! L'aérodrome de Rarogne à l'Ouest de Viège peut aider à éviter la confusion).



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

Les mauvais points de repère sont en général les sommets de montagnes, s'ils ne sont pas connus. Beaucoup de montagnes ont une autre forme, vues d'un autre angle et l'altitude de vol joue également un grand rôle pour leur apparence. Surtout lorsque nous sommes bas, tous les sommets se ressemblent et ont l'air d'un „Cervin“. Il est d'autant plus difficile de naviguer dans des régions monotones, comme l'Emmental ou le Jura.

Ici, il s'agit de définir des repères clairs pour pouvoir survoler cette région. Ainsi, le Napf est un point difficilement identifiable pour quelqu'un ne le connaissant pas.

Localisation par GNSS

À l'heure actuelle, grâce à l'aide des satellites, la navigation nous est bien simplifiée. Plus sur ce sujet dans le chapitre 60.4.2

...Encore un fois, nous montons à 2700m. En direction du Hohgant où nous trouvons une confluence et après 5Km nous nous trouvons dans le cône local de l'aérodrome de Thoune. Nous continuons en direction Ouest-Nord-Ouest. La navigation devient difficile, le temps est brumeux et nous avons le soleil de face. Nous serions bien heureux si nous avions un GPS! Ne devrions-nous pas bientôt voir le lac de Thoune sur notre gauche? La région est très vallonnée et tout se ressemble, aucun point marquant à identifier. Si nous volons trop au nord, nous risquons de pénétrer involontairement dans la CTR/TMA de Berne.

1. Exemple

Durant notre vol, nous pouvons utiliser la vallée de L'Aar avec l'Aar qui coule parallèlement à l'autoroute comme ligne de repère. Afin de ne pas pénétrer involontairement dans la CTR de Berne, nous devons choisir une route qui nous mène plus au sud vers cette ligne de repère.



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

Les erreurs d'interprétation sont fréquentes avec les villages, les cols ou les vallées se ressemblant. Dans ces cas, il est nécessaire de s'aider d'autres indices pour trouver sa position.

2. Exemple:



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

Approche du Nufenen depuis le val Bedretto: ici, nous voyons un extrait de la topographie de la région. En nous approchant du col, nous remarquons que la vallée de l'autre côté tourne à gauche, vers le Sud.

Ce passage est le col de San Giacomo ! Ce passage est 160m plus bas que le Nufenen. La hauteur du col du Nufenen est visible tardivement. Par mauvaise visibilité une confusion est facilement faite entre le San Giacomo et le Nufenen (il faut voler avec la boussole), sinon nous risquons de rapidement confondre Domodossola avec Brigue. Le Valais prendrait alors une forme étrange.

Lors d'incertitudes de navigation, le risque est grand de vouloir identifier absolument le paysage devant nous avec l'image sur la carte. Dans les Alpes, ces erreurs peuvent être particulièrement fatales.

3.3.5 Perte d'orientation

Juste avant, nous savions absolument où nous étions. La météo est bonne et permet une avancée rapide. Seulement la visibilité est limitée. Un premier indice est une petite ville qui apparaît devant nous, mais qui n'est pas sur la carte!? Bon, Bon, les lieux grandissent parfois rapidement, ce pourrait être ce petit village...

Après 15 minutes vient un fleuve qui ne devrait définitivement pas être sur notre route. Mais quelle est donc notre direction de vol ? Comment est le vent ? Et quel est donc cet aérodrome droit devant ? Il est énorme! Il a certainement une CTR. Rapidement il devient clair que nous nous sommes trompé de route !

Maintenant, nous devons nous calmer et agir de manière réfléchie. Quelle était notre dernière position connue (lieu, heure) ? Quelle était la direction générale de vol en considérant le vent. Avec ces informations, nous pouvons déjà trouver le nom de l'aéroport devant nous et identifier l'orientation des pistes (en Suisse par exemple les pistes sont orientées différemment entre Zürich, Bâle et Genève). Nous pouvons nous annoncer sur la fréquence de l'aéroport et expliquer notre situation. Pour des raisons de sécurité, ceci est très important dans le cas où nous nous trouvons dans le secteur d'approche !

Au cas où il est impossible de redéfinir notre position, nous pouvons toujours retourner en arrière à la dernière position connue, jusqu'à retrouver sûrement notre orientation.

Perte d'orientation dans les montagnes

La navigation dans les montagnes est très exigeante. Par mauvais temps, avec des bases basses ou lorsque nous ne trouvons pas d'ascendances, nous sommes restreint dans nos mouvements par la topographie. C'est pourquoi il est important, dans de tel cas, de bien contrôler chaque entrée dans une vallée. La direction de la vallée doit être comparée à la direction sur la boussole. Si nous avons perdu l'orientation, il faut quitter la vallée, pour autant que l'altitude suffise. Il ne faut jamais rentrer dans un nuage ou survoler un col sans être sûr que la vallée est encore ouverte de l'autre côté!

Lors d'orage, la situation peut très rapidement se dégrader. En cas d'urgence, il est plus judicieux d'atterrir sur un champ praticable plutôt que de continuer dans une météo qui rendrait un atterrissage impossible dans un champ hasardeux.

Si la couche nuageuse se referme en dessous de nous (situation qui peut arriver en vol d'onde par exemple) il faut s'éloigner des montagnes et utiliser tous les moyens disponibles: écouter le VOLMET, demander directement la météo d'un aérodrome proche, exiger un relevé goniométrique ou demander des vecteurs radar si le planeur est équipé d'un transpondeur.

Encore une fois: Rester calme, réfléchir puis agir

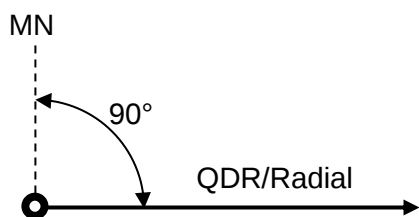
60.4.1 Radionavigation, fondements

4.1.1 Détermination de la route

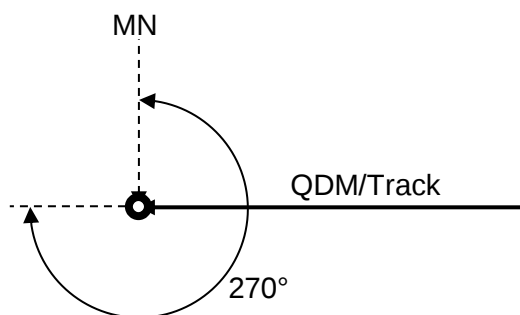
En radionavigation, pour définir une route, nous travaillons plutôt en degrés qu'avec les directions générales Nord-Sud-Est-Ouest. Les 360° de division du cercle permettent une définition plus précise de la route, comme exigée pour le vol aux instruments.

Radial

Un radial est un rayon électromagnétique, orienté par rapport au Nord magnétique, émis par une aide à la navigation et conduisant vers ou loin de la balise.



Le radial de la station (quittant la station) s'appelle Radial ou „QDR“.



Le radial vers la station (arrivant à la station) s'appelle Track ou „QDM“.

Cap et calcul du cap opposé

En relation avec le radial il est parfois nécessaire de calculer rapidement un cap opposé (+ ou - 180°). Pour ceci, vous trouverez, ci-dessous, une excellente méthode de calcul :

Cap + 200 - 20 = Cap opposé ou
 Cap - 200 + 20 = Cap opposé

Le résultat doit être compris entre 0 et 360°. Exemple :

Cap 140° + 200 = 340 - 20 = **cap opposé 320°**

Cap 345° - 200 = 145 + 20 = **cap opposé 165°**

Cap 198° + 200 = 398 - 20 = 378 - 360 = **cap opposé 018°**
 ou - 200 = - 002 + 20 = **cap opposé 018°**

Lors du calcul pour un virage de 90° nous utilisons la méthode suivante :

Virage à droite: Cap + 100 - 10 = nouveau cap

Virage à gauche: Cap - 100 + 10 = nouveau cap

Exemple :

Cap 140°, virage de 90° à droite + 100 = 240 - 10 = **nouveau cap 230°**

Cap 345°, virage de 90° à gauche - 100 = 245 + 10 = **nouveau cap 255°**

Cap 350°, virage de 90° à droite + 100 = 450 - 10 = **440 - 360 = nouveau cap 080°**

Utilisation :

- Navigation avec GPS
- Lors de vols de distances: secteurs photos, calculs d'arrivées
- Vecteur radar / relevé gonio en cas de perte d'orientation, VDF

60.4.2 Navigation par satellite, Navigation GPS

4.2.1 Principe de fonctionnement

Tous les différents récepteurs GPS (Global Positioning System = système de positionnement global) utilise aujourd'hui les signaux des satellites NAVSTAR américains et aussi en partie ceux des satellites GLONASS russes. Pour chaque système env. 30 satellites tournent autour de la terre sur différentes orbites situées entre 19'000 et 25'000Km de haut. La localisation par satellites se base sur la mesure du temps d'un signal émis par le satellite jusqu'au récepteur GPS.

Éloignement = vitesse de la lumière x temps du parcours

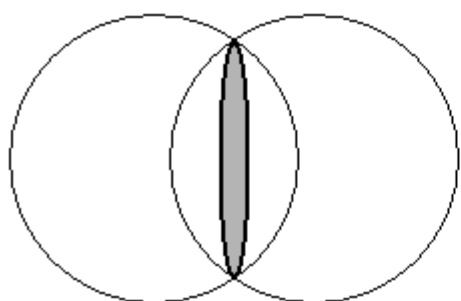


Figure 1

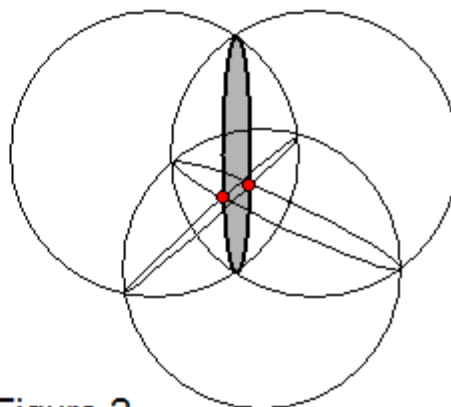


Figure 2

Depuis cet éloignement ainsi calculé, nous obtenons une position n'importe où sur la surface du globe. Le satellite se trouve au centre de la sphère et le rayon de celle-ci représente la distance mesurée. Avec deux satellites, nous obtenons deux sphères qui se coupent. La position possible mesurée se trouve alors sur le cercle d'intersection des deux sphères (figure 1). Grâce à un troisième satellite les positions possibles se réduisent à deux possibilités (figure 2). Un de ces points ne se trouve pas sur la surface terrestre et peut être ainsi exclu. Plus le nombre de satellites inclus dans les mesures de positions est grand, plus la définition de la position est précise. Les récepteurs modernes travaillent parallèlement sur plusieurs canaux de réception et atteignent une haute précision, même à grande vitesse.

Les signaux perçus par les récepteurs sont d'une intensité très faible. C'est pourquoi une réception parfaite n'est possible que dans un espace ouvert. À l'intérieur d'un bâtiment ou dans une forêt, une réception parfaite n'est pas possible. Au fonds des vallées profondes avec une vue réduite du ciel trop peu de satellites sont „visibles“ pour permettre le calcul précis d'une position. Dans certaines régions (par ex. Italie du Nord) il est possible que la réception-GPS soit dérangée par d'autres fortes émissions.

Parallèlement au système américain et russe, un système européen est en train d'être mis en place. Celui-ci, appelé GALILEO, n'est pas encore en service. Tous les récepteurs GPS, qui sont utilisés aujourd'hui (2015), utilisent le système NAVSTAR et/ou GLONASS.

4.2.2 Précision, sûreté

Le système NAVSTAR fonctionne avec une précision horizontale de <8m et une fiabilité de 95%. Pour nos besoins, nous calculons avec une précision de 30m au moins.

La précision de position dépend de différents facteurs, p. ex. du nombre de canaux du récepteur, du nombre des satellites dont le signal est capté, du bruit du récepteur, de fautes du logiciel, de signaux parcourant différents trajets etc.

Pour obtenir une si grande précision, il a fallu déterminer la forme exacte de la Terre. Cette forme, appelée géoïde, a été déterminée par des mensurations au radar à partir de l'espace.

La navigation avec le GPS nécessite un système unique pour la facture des cartes géographiques (on parle du map-datum). Sur une ancienne carte qui n'a pas été construite selon ce système, une position déterminée par GPS peut différer de quelques centaines de mètres! Le système utilisé aujourd'hui est le „world geodetic system 84“ (WGS84). Il est donc important d'utiliser des cartes dessinées selon ce système.

Dans les réglages de certains récepteurs GPS, on peut choisir le map-datum. C'est très utile au cas où l'on ne dispose pas d'une carte WGS84.

Étant donné que le système NAVSTAR est contrôlé par le ministère de la défense américain, il est très probable que la précision du système soit réduite volontairement lors d'une crise ou d'une guerre.

Avec la technique du „Differential-GPS“ une précision de 1cm à 5m peut être obtenue. On atteint ceci grâce à l'aide d'une station au sol dont la position est calibrée exactement et par l'élimination des erreurs connues de certains signaux satellites. Cette technique permet des approches de précision aux instruments et également des atterrissages automatiques.

4.2.3 Calculateurs de bord, logger, FLARM

Calculateurs de bord

En vol à voile, les systèmes GPS sont utilisés dans les enregistreurs de trajets de vol (logger) et dans les calculateurs de trajets. Les calculateurs de bord peuvent exécuter une multitude d'opérations. Des banques de données contenant les données des aérodromes, de l'espace aérien et de points de virages personnels soins peuvent être chargées dans les appareils. En vol nous pouvons donc constater quels aérodromes sont à proximité; nous en voyons l'éloignement et la direction. Le calculateur d'approche nous indique la hauteur nécessaire pour atteindre l'aérodrome choisi. En outre, il nous prévient aussi de la pénétration dans des espaces aériens contrôlés.

L'ordinateur de bord (ou un „logger“ séparé) peut aussi enregistrer périodiquement position et altitude. Il est utilisé pour la documentation des vols de distance et comprend outre le récepteur satellite, une capsule anéroïde pour la mesure barométrique de l'altitude. Ainsi, nous pouvons annoncer nos intentions de vol (= avant le vol, nous sauvegardons toutes les informations nécessaires dans le logger) et les paramètres (verticaux et latéraux) de vol seront enregistrés. Grâce à cela, nous pouvons attester que l'épreuve a été réussie.

Attention: les ordinateurs de bord modernes offrent une grande gamme de modes et d'autre réglages. Il est donc important de bien connaître son appareil et de préparer le vol. En vol, nous devons pouvoir travailler avec peu de manipulations (surveillance de l'espace aérien!). L'ordinateur ne reconnaît pas non plus si les données que nous avons entrées sont correctes (Banque de données, points de virages, etc...) et il accepte aussi des données incorrectes! Un contrôle à l'aide de la carte s'impose, si l'on veut éviter des erreurs de navigation (et de possibles violations de l'espace aérien).

En naviguant avec ces instruments, il ne faut pas oublier que seul le pilote voit dehors et non l'instrument. Cela signifie que les obstacles (par ex. les crêtes des montagnes), les variations de vent ainsi que les descendances ne sont pas pris en comptes par l'instrument lors du calcul d'une approche!

À l'aide de programmes particuliers, nous pouvons reproduire les vols très précisément et analyser tout ou quelques portions du vol. Les vols peuvent être comparés, ce qui est un très bon moyen durant la formation pour les vols de distance.

Instruments anticollision, FLARM

La haute précision de la position GPS en relation avec un processeur informatique rapide, permet de comparer la trajectoire prévue de plusieurs aéronefs en même temps. Le FLARM travaille avec cette technologie. Celui-ci est devenu un quasi standard de système anticollision en vol à voile et est largement répandu. Grâce à l'intégration d'une banque de données d'obstacles, FLARM peut nous avertir des obstacles à la navigation aérienne, raison pour laquelle il est aussi un moyen auxiliaire très apprécié des pilotes d'hélicoptère.

Cependant, il ne faut pas confondre le FLARM avec les ACAS/TCAS (aircraft/trafic collision avoidance systems) utilisés par l'aviation commerciale. Ces derniers travaillent avec le radar secondaire et ne sont (malheureusement) pas compatibles avec les premiers FLARM. Les appareils FLARM actuels (PowerFLARM) peuvent aussi traités les signaux des transpondeurs et nous des aéronefs équipés soit de FLARM, soit de transpondeur.

60.4.3 Radionavigation, Radar

4.3.1 Principe de fonctionnement

Depuis une station radar, une forte impulsion radio est envoyée. Celle-ci est réfléchiée par les objets qu'elle rencontre. Cette réflexion est captée par la partie réceptrice de l'antenne radar. Grâce à la durée mise par l'onde radio pour parcourir le trajet Antenne-Objet-Antenne ainsi que la direction de l'émission-réception, la position de l'objet peut être définie et représentée sur un écran radar.

Les signaux radar sont réfléchis, en fonction de leur longueur d'onde (onde radar), par différents types d'objets. Les radars utilisés pour l'aviation réfléchissent, au mieux, des objets de la taille d'un aéronef (env. quelques dizaines de mètres). Pour la météorologie, d'autres fréquences sont utilisées, qui réfléchissent mieux les petits éléments (gouttes d'eau).

Ces radars primaires donnent de meilleurs échos avec des aéronefs en métal qu'avec des aéronefs en matières composites ou en bois. Les échos de cellules orageuses et les échos du sol (montagnes) sont aussi visibles. Si besoin, ceux-ci peuvent être effacés de l'écran.

La portée d'un radar dépend d'un côté de la puissance d'émission du signal et d'un autre côté, d'une quasi vue directe entre l'antenne émettrice et l'objet. Au plus tard la courbure terrestre limite les signaux les plus forts, de sorte qu'à une altitude de 10'000Km la portée maximale est d'env. 400Km. Souvent les montagnes ou les nuages d'orages forment avant une barrière naturelle.

Selon la longueur d'onde du signal radar des échos indésirables deviennent dérangeants et couvrent entièrement ou en partie l'écho de l'avion. Ces perturbations peuvent provenir de gouttes d'eaux, de flocons de neige ou de la surface terrestre (Montagnes, bâtiments, ondes, etc...). Pour des buts militaires des perturbations artificielles sont aussi produites.

Afin d'identifier un avion sur le radar, il est nécessaire d'effectuer une manœuvre claire. À partir de cela, l'opérateur radar peut affecter une étiquette à l'écho radar. Avec le trafic aérien actuel cette méthode est trop lente. C'est pourquoi nous utilisons un radar secondaire SSR grâce auquel une identification rapide est possible et d'autres informations utiles peuvent être transmises.

4.3.2 Radar secondaire SSR

Avec le radar secondaire (Secondary Surveillance Radar, SSR) le transpondeur d'un avion répond à chaque impulsion radar reçue. La réponse est un paquet de signaux, transmis avec un code assigné par le contrôleur et que le pilote doit régler sur le transpondeur. En fonction du mode transmis, un signal pour l'altitude peut aussi être renvoyé (Pour générer ce signal, le transpondeur doit être couplé à la pression statique). Sur l'écran de l'opérateur radar, apparaît un écho qui peut être clairement assigné à cet aéronef, avec son nom et son altitude.

Les radars primaires et secondaires opèrent en parallèle. Ainsi, les aéronefs sans transpondeur peuvent aussi être représentés sur l'écran. Néanmoins, cette représentation est plus rudimentaire et l'identification peu certaine. S'il y'a plusieurs échos primaires (possible sur le Jura lors d'un bon jour pour le vol à voile), il devient difficile, voire impossible d'identifier clairement les aéronefs avec le radar primaire et de transmettre des autorisations ATC sûres.

Les différents modes :

- OFF** Le transpondeur est arrêté. Avant de pouvoir émettre, l'appareil doit „chauffer“ quelques minutes. C'est pourquoi avant le vol, si son utilisation est prévue, on l'enclenche sur le mode:
- Stdbby** (Stand-by): l'appareil n'émet pas, mais est prêt à fonctionner.
- A** Le code réglé est transmis.
- C** Le code est transmis avec l'altitude. En général, le contrôleur demande ce mode.
- S** Dans ce mode, une demande sélective est possible, et le contrôleur peut demander beaucoup de données supplémentaires (immatriculation, paramètres de vol, etc.). Il est aussi prévu de transmettre, à l'avenir, via data-link des consignes aux avions. Cela va augmenter la capacité de l'espace aérien et, par conséquent, aussi la densité du trafic.
- Ident** En pressant le bouton Ident, un signal d'identification spécial apparaît sur l'écran radar et le contrôleur peut identifier immédiatement l'avion.

4.3.3 Utilisation SSR

(Vol de 300Km FAI)

Le thermique de rêve, au nord de Hütten, „tire“ encore et nous atteignons une altitude de 2600m/M. Une traversée confortable de la vallée du Rhin vers Fricktal-Schupfart serait possible. Notre but est de rejoindre une ascendance sur la région du Napf et c'est pourquoi nous voudrions bien utiliser notre hauteur pour avancer. Nous sommes de nouveau vers la TMA de Zurich et nous devons descendre en dessous de 1700m/M (TMA 6) ou en dessous de 2000m/M (TMA 8). Par chance, notre planeur est équipé d'un transpondeur et nous nous annonçons à Zurich Terminal pour demander une autorisation de traverser la zone de Hütten vers Olten. Rapidement, nous obtenons un code transpondeur et après quelques minutes nous sommes identifiés et nous recevons l'autorisation demandée.

Condition pour pénétrer la TMA de Zurich au-dessus de 1700m/M est l'obtention d'une autorisation de Zurich Terminal. Nous trouvons la fréquence sur la carte vol à voile ou la carte OACI sur le bord supérieur.



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

Une autorisation de pénétrer sans transpondeur est très invraisemblable, c'est pourquoi nous enclenchons toujours notre appareil sur „Standby“, ainsi il sera tout de suite prêt à l'emploi. Nous appelons Zürich sur 124.700 MHz, donnons notre position et nos intentions. Tout de suite on nous demande :

„Avez-vous un transpondeur?“

Fièrement, nous pouvons répondre affirmativement. Plusieurs instructions peuvent survenir :

„Squawk 2033“ / „transpondez 2033“

Nous réglons le code 2033 sur notre appareil et enclenchons l'instrument sur le Mode C. Ainsi le code 2033 avec notre altitude sera transmis. Éventuellement, nous devons transmettre notre altitude (avec une précision de 30m ou 100ft) afin de contrôler la précision de la transmission automatique de l'altitude.

Squawk 2033 Ident“ / „transpondez 20033 Ident“

Nous réglons le code 2033 sur notre appareil et enclenchons l'instrument sur le Mode C et pressons le bouton „Ident“. Ainsi, le symbole sur l'écran radar apparaît avec une marque spéciale pour une identification rapide.

„Squawk Alpha 2033“ / „transpondez 2033 Mode A“

Nous réglons le code 2033 sur notre appareil et enclenchons l'instrument sur le Mode A. Dans ce cas, seul le code est transmis, sans l'information d'altitude. Ce mode n'est enclenché que sur demande.

Quand le contrôleur a identifié clairement notre avion, il peut nous transmettre l'autorisation de transit. Nous devons, naturellement, respecter les instructions exactement. Au cas où nous trouvons un bon thermique sur notre route, il est indispensable de demander l'autorisation correspondante. Lorsque nous quittons la TMA, nous recevons l'instruction suivante:

„Squawk Standby“ / „transpondeur Standby“ Le transpondeur doit être mis sur standby. Au cas où l'utilisation du transpondeur n'est plus prévue, nous pouvons aussi déclencher l'appareil. Il est important de ne pas transmettre un code involontairement.

Codes spéciaux

Il y'a quelques codes réservés pour des situations particulières. Ce sont:

Code	Situation
7000	Dans l'espace E, tous les vols à vue au-dessus de 7000ft doivent transmettre le code 7000. Pour les planeurs et les planeurs de pentes, cette règle n'est pas obligatoire. À l'étranger, il existe d'autres codes pour le vol à vue.
7700	Code d'urgence (Emergency-Code) et ne doit être transmis que lorsqu'un aéronef se trouve en détresse.
7600	Code transmis en cas de panne radio.
7500	Code transmis en cas de détournement de l'avion (prise d'otages).

Dans le guide VFR toutes les procédures SSR sont publiées dans le chapitre RAC 1-4.

(Vol de 300Km FAI)

...Grâce à notre autorisation nous ne remarquons pas la traversée de la vallée du Rhin. De loin déjà, nous voyons un cumulus sur la centrale nucléaire de Gösgen. Nous atteignons Gösgen à 1600m/M et pouvons nous annoncer à Zurich Delta que nous avons quitté la zone. Ici, nous pouvons de nouveau monter à 2000m/M. Au dessus de Willisau, vers le Napf, des cumulus nous montrent le chemin. Les bases montent de 2000m sur le plateau à 2400m sur la région du Napf...

Instruments anticollision ACAS, TCAS

Dans l'aviation commerciale, la technique SSR est aussi utilisée pour éviter les collisions et donner des informations d'évitement aux pilotes lors de collisions potentielles (TCAS: Traffic Collision Avoidance System, ACAS: Aircraft Collision Avoidance System). Il ne faut pas confondre ces dispositifs avec le FLARM, qui est utilisé en vol à voile (voir chap. 4.2.3).

60.4.4 Radionavigation ADS-B

4.4.1 Principe de fonctionnement

ADS-B signifie: "*Automatic dependent surveillance-broadcast*". Cela veut dire, qu'un émetteur ADS-B émet automatiquement des données (Identification de l'avion, indication d'altitude, position, vitesse et bien d'autres). Inversement, un récepteur ADS-B peut recevoir ces données et les analyser. Les fonctions d'émissions et de réceptions sont indépendantes l'une de l'autre. Un transpondeur moderne et préparé (ADS-B ready) peut recevoir un signal GPS et être utilisé comme émetteur ADS-B.

L'ADS-B fonctionne indépendamment d'une station radar au sol et plus de données peuvent être transmises et analysées qu'avec un radar. À moyen terme, on peut s'attendre à ce que la surveillance radar conventionnelle soit remplacée par l'ADS-B. En plus de la surveillance du trafic aérien et d'autres possibilités d'utilisation, la situation du trafic peut être p.ex. représentée dans l'avion et des avertissements de rapprochement dangereux peuvent être transmis.

4.4.2 Terminologie

ADS-B out	Émission de signaux ADS-B, typiquement avec un transpondeur Mode S, qui reçoit des signaux GPS. Un tel émetteur est nécessaire, pour qu'un avion puisse transmettre les données importantes.
ADS-B in	Réception de signaux ADS-B, p.ex. d'une station au sol du contrôle aérien, d'un émetteur ADS-B privé etc. Avec un tel récepteur dans l'avion, la situation du trafic peut être représentée dans l'avion ou des avertissements de rapprochement dangereux peuvent être transmis.

60.4.5 Radionavigation, relèvements goniométriques

4.5.1 VDF, procédure, phraséologie

Les relèvements goniométriques peuvent aider à retrouver son orientation et mener le pilote sur un endroit reconnu. Il ne s'agit pas d'une procédure de radionavigation et ce n'est surtout pas prévu comme aide pour le vol aux instruments!! Lors de l'utilisation de relevés goniométriques, il est vital de respecter les règles du vol à vue!

Lorsque nous émettons avec la radio de bord, il est possible de reconnaître, avec une station sol VDF (VHF Direction Finder), de quelle direction vient l'émission. Ainsi, il est possible de transmettre au pilote un radial (track) vers la station (aussi appelé QDM). Au besoin, il est aussi possible de transmettre un radial s'éloignant de la station (QDR).

Les aérodromes équipés de procédures goniométriques ont une note correspondante dans la table des fréquences (VDF).

ATIS	125.125		
TWR / VDF	121.025	119.700	121.500
APP / VDF	127.325		

BERN-BELP
LSZB

Phraséologie

Dans l'exemple ci-dessus, la fréquence de la tour est de 121.025MHz et l'approche de 127.325MHz. Voici un exemple de phraséologie pour un relevé goniométrique :

„Bern Tower, HB-3022 request QDM“ – „HB-3022, your present QDM is 280“

ou

„Berne Tour, HB-3022, demande QDM“ – „HB-3022, votre QDM actuel est 280“

L'indication du QDM n'est pas une autorisation d'entrer dans l'espace aérien contrôlé ! Si nous voulons voler vers Berne, il faut encore demander cette autorisation. Seulement après l'avoir obtenue, nous tournons sur le cap 280° qui nous rapproche de Berne (éventuellement avec correction du vent). Comme nous ne connaissons pas le vent, nous devons demander régulièrement des relevés goniométriques (toutes les 2 à 3 minutes).

Avec sa station VDF, le contrôleur connaît seulement la direction de laquelle vient notre signal radio, mais il ne voit pas la distance de l'avion émettant le signal. Par conséquent, il ne peut nous indiquer notre position exacte ; pour cela il faudrait du radar. Un avantage du relèvement goniométrique par le système VDF est que l'avion doit seulement être équipé d'une radio ; aucun autre équipement n'est nécessaire.

Dans notre exemple, il est convenable d'utiliser la phraséologie „request QDM for training“ (pour l'entraînement). Ainsi, le contrôleur comprendra bien que nous ne sommes pas perdus et que nous n'errons pas dans sa zone de contrôle.

60. Annexes

60 Annexe 1

Unités et abréviations

Unités de longueur		
Mètre	m	
Millimètre	mm	
Kilomètre	Km	
Mile nautique, Mile marin	NM	1 NM=1,852 Km
Status Mile, Mile anglais, Mile terrestre	SM	1 SM=1,609 Km
Foot, Feet, Pied	ft	1 ft=0,3048 m
Unités de vitesse		
Kilomètre par heure	Km/h	
Mètre par seconde	m/s	
Nœuds, (Mile nautique par heure)	kt	1 kt=1,852 Km/h
Mile par heure (Status Mile per hour)	mph	1 mph=1,609 Km/h
Pied par minute (feet per minute)	fpm	
Unités de hauteur		
Hauteur sur la mer (above mean sea level)	AMSL, m/M	
Hauteur sur le sol (above ground level)	AGL, m/Gnd	
Niveau de vol (Flight level)	FL	
Unités de temps		
Heure	H	
Minute	m, min	
Seconde	s, sec	
Unités d'angle		
Degré	°, ddd	
Minute de d'arc	', mm, Min.	60' = 1°
Seconde d'arc	", ss, Sec.	60" = 1'
Unité de pression		
Hectopascal	hPa	

60 Annexe 2

60 Annexe 2/1

Pratique de la navigation: Vol à but fixé de 7603 Km

Zürich - Calgary en Airbus A310



Le vol de Zurich à Calgary est un exemple intéressant pour comprendre les effets de la variation (déclinaison) ainsi que les particularités des vols à proximité du Pôle. La technique et les procédures de navigation appliquées pendant ce vol (qui a eu lieu dans les années 1990) ne correspondent plus à l'état actuel. Néanmoins cet exemple est apte à bien expliquer des principes de base de la navigation.

La distance de 7600Km est à la limite de l'autonomie d'un A310, de plus lorsque l'avion est occupé jusqu'à la dernière place et doit prendre en tout 56t de carburant. Les pronostiques de vent sont favorables (seulement 20 kt de face), les météo de la destination et de l'aéroport de décollage sont bonnes. Grâce à cela, nous pouvons éviter un ravitaillement en carburant à Manchester.

C'est le premier vol Balair vers Honolulu et le hall de départ est décoré en conséquence avec des planches de surf et un buffet Hawaïen pour se mettre dans l'ambiance et célébrer ce départ. Les directeurs des entreprises invitées prononcent des discours devant la presse et inaugurent officiellement ce nouveau vol. Finalement, nous connaissons le poids définitif de la machine et nous ravitaillons l'avion jusqu'au poids maximum au décollage de 164t; nous pouvons même encore prendre 300kg de fuel supplémentaire, ce qui correspond à 5 minutes de vol. Le décollage a lieu à 10h14, un peu en retard, à cause du ravitaillement en carburant. Pour pomper 56t (=70'000 l), il faut 50 minutes avec un débit de 23l/sec.

Un vol d'environ 10 heures nous attend.



60 Anhang 2/2

Nous volons pratiquement la route la plus courte possible, c'est à dire le grand cercle. La route monte d'abord vers le Nord au-dessus de l'Allemagne, la Hollande, la Mer du Nord, les Îles Shetland, au Nord-Est de l'Islande jusqu'à 72° de Latitude Nord. Au-dessus du Groenland la couche nuageuse se déchire enfin et alors apparaissent d'immenses Fjords gelés et les glaciers sont visibles...

...A 72° Nord nous nous déplaçons plus vite que le soleil: ceci dure de 72N/60W (72° Nord/60° Ouest) jusqu'à 72N/70W 25 minutes, pour survoler 10 degrés de longitude. Le soleil „prend“ pour cela 40 min. Nous nous trouvons à 60°W à 10 h 39 heure locale, à 70°W l'heure locale est 10 h 24 – nous rattrapons donc le temps! Je peux saluer les contrôleurs aériens durant 10 heures en leur disant „Good Morning“. Nous sommes à la limite de la nuit polaire et le soleil reste à peine au-dessus de l'horizon.

Après 5 heures nous atteignons le milieu du vol, juste au-dessus de la côte Ouest du Groenland. La deuxième partie a lieu entièrement au-dessus du Canada!!!

Ici, au Nord du Canada, nous apprécions la navigation appliquée et nous pouvons étudier l'erreur d'indication de la boussole: la variation augmente continuellement de 0° Ouest à l'aéroport de Zürich jusqu'à la position 72N/73W; ici, nous avons une erreur d'indication de 60° Ouest! Ensuite, elle diminue de nouveau et à Calgary elle est de 20° Est, pas vraiment négligeable comme chez nous en Suisse...

De 71N/80W à 64,5N/100W nous volons 610 Miles nautiques (NM) tout droit – la boussole indique au début un cap de 298° et à la fin 209° (la route géographique moyenne - average True Course – est de 230°).

De 72N/70W nous volons vers le Sud et le soleil remonte lentement. 30 min avant Calgary, le ciel s'éclaircit et la météo devient superbe, avec une „visibilité illimitée d'un Pôle à l'autre“, ce qui nous laisse un souvenir inoubliable de notre arrivée. La région est totalement plate et les Montagnes Rocheuses sont à plus de 100Km (étonnant que des Jeux Olympiques d'hiver aient eu lieu ici). (...) L'atterrissage a lieu à 12h05 locale, après 9h51 de vol.

60 Annexe 3

60 Annexe 3/1

Vol à but fixé de 300Km Chaumont – St. Blasien – Lungern

Pour l'obtention du diamant de 300Km, nous planifions un vol de 300Km en triangle FAI en partant de Bellechasse et en virant à la station de Chaumont, puis à St. Blasien couvent et à l'église de Lungern. Le choix de cette route nous amène au travers de la TMA de Zürich avec ces multiples restrictions. Une partie du vol passe au-delà de la frontière et la bise peut rendre la traversée de la vallée du Rhin et de la vallée de l'Aar assez difficile. Un vol qui doit être bien préparé!



Préparation

Réflexions sur la tactique de vol :

Le choix de la route se base sur la supposition que la situation de bise crée de bons thermiques. Nous voulons décoller aussi tôt que possible pour profiter de toute la journée. En prenant le départ à 1000m/Gnd au-dessus de Bellechasse, un vol direct vers Chaumont devrait être possible. Ainsi, nous pouvons raccrocher sur le Jura sans devoir prendre d'ascendance sur le plateau. Nous devons compter avec du vent de face sur le Jura. Des restrictions d'espaces aériens nous attendent du Weissenstein jusqu'à la Forêt Noire. Les points clés sont sûrement le premier raccord à Chaumont et la traversée de la vallée du Rhin puis le lien avec la Forêt Noire.

Après le point de virage en Forêt Noire, il faut retrouver une ascendance sur le Jura. Après quoi, nous voulons traverser le plateau via le Napf et voler vers Lungern. La bise crée une composante de vent de travers sur ce tronçon de la route et nous donne ainsi une possibilité d'étudier le triangle des vitesses. En fonction du jour de la semaine, nous devons nous annoncer au secteur d'approche de l'aérodrome d'Emmen. Depuis Lungern, nous profitons des reliefs élevés et nous pouvons voler vers le plateau avec une composante de vent de dos qui nous aide. Un désavantage pourrait être – en fonction de l'heure – le vol face au soleil bas sur l'horizon...

60 Annexe 3/2

Documents

Carte vol à voile et carte OACI de la Suisse, guide VFR

La table ci-dessous permet de diviser un long vol en plusieurs segments. Elle peut aussi être utilisée pour planifier et contrôler le déroulement temporel du vol. Ainsi nous savons toujours si nous avons encore assez de temps pour terminer le vol à temps ou si nous devons l'interrompre et rentrer à l'aérodrome.

	D eff	MH	V croisière	ETO	ATO
Bellechasse Aérodrome de départ				(Start 1145) départ 1154	
	14	306	145		
Station Chaumont				1200	
	132	047	45		
Couvent de St. Blasien				1456	
	120	169	60		
Église de Lungern				1656	
	86	297	70		
Bellechasse Aérodrome				1810	
Total	352Km			6h16min	

La table et les données sont expliquées en détail dans le chap. 3, Paragraphe 3.3.1.

Exécution

Aujourd'hui nous y sommes. La météo semble être favorable. Notre vol est prêt et nous sommes curieux de voir si son déroulement se passe selon nos prévisions. À 11 heures apparaissent les premiers cumulus sur le Jura avec une base nettement au-dessus de la crête. Les préparations pour le départ sont effectuées rapidement et à 11h20 le remorqueur met pleins gaz. 8 minutes plus tard, nous atteignons l'altitude de largage de 1400m/M. La première transition vers Chaumont est intéressante comme toujours : y trouvons-nous le thermique attendu ? Grâce à la bise, nous atteignons la station à 1150m et nous pouvons accrocher le thermique, après deux huit à la pente au-dessus du point de virage. Un coup d'œil sur la montre nous indique que nous avons 20 minutes d'avance sur notre plan de vol!

À 2000m/M nous dirigeons notre planeur vers le Chasseral, où le prochain nuage nous promet un bon thermique. Le côté Ouest du Chasseral se trouve certainement sous le vent et c'est pourquoi nous compensons le vent vers la droite, afin d'être sûr de passer à l'Est du signal, en amont du vent et ainsi hors de la descendance.

60 Annexe 3/3

Nous devons voler le long du Chasseral jusqu'à Orvin afin de pouvoir rejoindre le thermique sous le nuage à la verticale d'Orvin. Là, nous montons à 2200m.

La première crête du Jura à l'air d'être bonne, avec une belle rue de nuages. Le vol continue sans problème vers le Grenchenberg. Ici, les ascendances sont marquées par des planeurs de Granges. Durant notre préparation de vol, nous avons vu qu'aucune restriction de l'espace aérien ne nous dérange jusqu'au Weissenstein. Nous pouvons donc nous concentrer sur la surveillance de l'espace aérien et sur la navigation météorologique.

En nous approchant de Soleure nous savons que la TMA Bâle est tout proche. Au-dessous des TMA Bâle T3 et T1, l'espace E est limité à 1750m/M. Nous écoutons la fréquence „Bâle Info“ 134.675 et sommes renseignés que ces secteurs ne sont pas actifs en ce moment. Quelle chance: nous ne sommes pas obligés de détruire l'altitude précieuse! Mais ayant préparé le vol, nous savons qu'il faut rester à l'écoute de cette fréquence, car les secteurs peuvent être activés à chaque moment, avec un préavis une demi-heure avant l'activation. Après Aarburg nous volons sous la TMA Zurich 8 et pouvons quitter la fréquence „Bâle Info“. Ici, l'altitude maximale autorisée est de 2000m/M. Mais la base des nuages nous facilite la discipline: elle est ici plus basse, à 1900m/M. Il y'a moins de nuages sur notre route et le ciel devient lentement bleu.

Il est 13h15. Où en sommes-nous par rapport au plan de vol? Un contrôle de l'heure (time check) serait une bonne idée. Nous notons cela pour le prochain vol!

Après le Hauenstein il y a un grand „trou bleu“ devant nous; les prochains cumulus sont éloignés, bien au Nord du Rhin. Notre altitude est d'encore 1500m, jusqu'où pouvons-nous aller?

Jusqu'aux ascendances de l'autre côté du Rhin cela fait 25Km, notre planeur a une finesse maximale de 1:40.

25Km : 40 = 0,625

Nous avons besoin de 625m pour parcourir cette distance, sans vent!

Dans le meilleur des cas, nous arrivons à 900m/M. Que se passe-t-il si nous ne trouvons pas d'ascendance? Nous serions alors à 10Km au Nord de Schupfart. Au-dessus de Schupfart, nous voulons arriver à 850m/M, afin de pouvoir effectuer une approche raisonnable. L'altitude actuelle ne suffit donc pas pour voler directement sur le Rhin. Comme sur commande, juste sur la colline au Sud de l'aérodrome de Schupfart un petit cumulus se forme. Concentré, nous montons avec 1m/s jusqu'à 1700m. Malgré les bases plus hautes, nous quittons l'ascendance, également motivés par l'apparition d'un avion de ligne qui vole au-dessus du Rhin vers l'Est et qui donne l'impression de ne pas voler beaucoup plus haut que nous... Un peu plus à l'Est commence la TMA 6 de Zurich, avec une limite inférieure de 1700m!

Maintenant nous devrions avoir assez de hauteur: 12Km dans la Forêt Noire, 8Km en retour vers Schupfart, si tout va bien.

Jusqu'au-dessus de l'autoroute le vol plané se passe bien et nous volons vers un nuage se formant au Nord-Ouest de Säckingen. Juste avant le Rhin nous sommes encore à 1550m et là commence une forte descendance: le vario indique -3m/s. Nous poussons sur le manche pour traverser cette zone et nous chutons rapidement vers Säckingen. Après à peine 2 minutes nous avons perdu 300m et notre bravoure. Les descendances ne s'arrêtant pas, nous virons vers l'aérodrome de Schupfart qui heureusement se trouve tout près. À 1000m, nous nous retrouvons dans le même thermique utilisé 10 minutes plus tôt et nous avons le temps de réfléchir pour trouver un chemin pour aller vers la Forêt Noire. Le nuage est légèrement au Nord-Ouest de Säckingen. Peut-être avons-nous sous-estimé la force de la bise? Lorsque nous atteignons l'altitude limite, nous tentons une deuxième traversée, mais cette fois avec une route plus à l'Est.

60 Annexe 3/4

Cette fois ça marche. La descendance est probablement moins forte dans la vallée et nous avons même 200m de réserve de plus qu'avant. Nous rejoignons les premières crêtes à 1300m, près du premier bassin d'eau, et nous pouvons centrer un bon thermique. Sous le prochain nuage, au Nord du Hütten, nous pouvons monter jusqu'à 3000m/M et un bon 2,5m/s nous amène jusque sous la base à 2500m. Le chemin vers le deuxième point de virage est libre !



Avec des conditions de rêve, nous arrivons à St. Blasien à 14h30. Grâce à notre prudence de prévoir une vitesse moyenne relativement lente pour le premier tronçon, nous constatons que nous sommes dans les temps et avons même pu garder notre avance.

L'ascendance de rêve au Nord du Hütten est toujours là et nous atteignons 2600m/M. Une traversée confortable de la vallée du Rhin en direction de Fricktal-Schupfart serait possible. Notre but est de rejoindre la région du Napf et nous voudrions bien utiliser cette hauteur pour avancer. Mais comme nous sommes de nouveau proche de la TMA de Zurich, nous devons descendre en dessous de 1700m/M (TMA Zurich 6) et ensuite, voler en dessous de 2000m/M (TMA Zurich 8). Par chance, nous avons un transpondeur à bord et nous nous annonçons à Zurich Terminal pour demander l'autorisation de traverser de Hütten à Olten. Nous obtenons rapidement un code transpondeur, après quelques minutes nous sommes identifiés et nous recevons l'autorisation de traverser.

A notre altitude nous traversons la vallée du Rhin sans problème. De loin, nous voyons un beau cumulus qui est créé par la centrale nucléaire de Gösgen. Nous atteignons Gösgen à une altitude de 1800m/M et pouvons annoncer à Zurich Delta que nous avons quitté la zone. Ici nous pouvons de nouveau monter à 2000m/M.

Grâce à ce „raccourci“ nous avons regagné beaucoup de temps et nous pouvons décider facilement de continuer notre vol vers Lungern. Au-dessus de Willisau vers le Napf, des cumulus nous montrent de nouveau la route. La base monte de 2000m/M sur le plateau à 2400m sur le Napf

Au-dessus de Schüpfheim nous dirigeons le planeur vers Fürstein. Au-dessus de nous se trouve la TMA6 d'Emmen, avec une limite inférieure de 3050m/M, et la TMA5 de Buochs qui, elle, n'est pas active selon le DABS. La base des nuages nous permet de monter au maximum à 2700m. A 16h15, l'église de Lungern se trouve sous notre aile gauche. Grâce aux bonnes conditions météo sur le dernier tronçon de route, nous avons toujours une bonne avance sur notre plan de vol.

60 Annexe 3/5

Nous rejoignons le dernier tronçon d'environ 90Km avec une bonne ascendance au-dessus du Glaubenberg. Avec les aérodromes de dégagement de Thoune et de Berne, nous pouvons optimiser l'arrivée sur Bellechasse. De plus, la bise nous aidera avec une composante de vent de dos.

Encore une fois, nous montons à 2700m. En direction du Hohgant où nous trouvons une confluence et après 5Km nous nous trouvons dans le cône local de l'aérodrome de Thoune. Nous continuons en direction Ouest-Nord-Ouest. La navigation devient difficile, le temps est brumeux et nous avons le soleil de face. Nous serions bien heureux si nous avions un GPS! Ne devrions-nous pas bientôt voir le lac de Thoune sur notre gauche?

La région est très vallonnée et tout se ressemble, aucun point marquant à identifier. Si nous volons trop au Nord, nous risquons de pénétrer involontairement dans la CTR/TMA de Berne. Nous „parquons“ sous un nuage dans une ascendance régulière de 1,5m/s et réfléchissons à la tactique pour le dernier tronçon. D'abord nous déterminons notre position: c'est le point 1546 au Sud de la route du Schallenberg (cette colline s'appelle Honegg). Notre carte, bien préparée avant le vol, nous montre qu'il y a environ 60 Km jusqu'à Bellechasse, en contournant la TMA Berne par le Sud. Notre altitude? 2550m/M; cela devrait suffire pour rentrer...! En profitant en route de l'une ou l'autre ascendance, nous pouvons même rester dans les cônes de Thoune et de Berne et finalement dans celui de Bellechasse.



Sans rencontrer des descendances et en profitant du vent de dos, la hauteur suivante nous suffirait (nous calculons avec une finesse maximale de 40) :

$$(60 : 40) \times 1000 \text{ m} = 1500\text{m}$$

$$\text{Hauteur d'arrivée m/M} = 750\text{m}$$

$$\begin{aligned} &\text{Hauteur de départ} \\ &\text{minimale m/M} \\ &\text{sans réserve} = \quad \quad \quad \mathbf{2250\text{m}} \end{aligned}$$

Départ pour la rentrée vers Bellechasse! Il est important que nous nous concentrons sur la navigation précise et le calcul répété de la réserve d'altitude. La bise qui nous pousse et la région thermiquement favorable au Sud-Ouest de Berne nous facilitent le reste du vol: au Sud de la Bütschelegg nous montons à 1700m/M et sommes maintenant dans le cône de Bellechasse; une situation confortable pour l'approche finale.

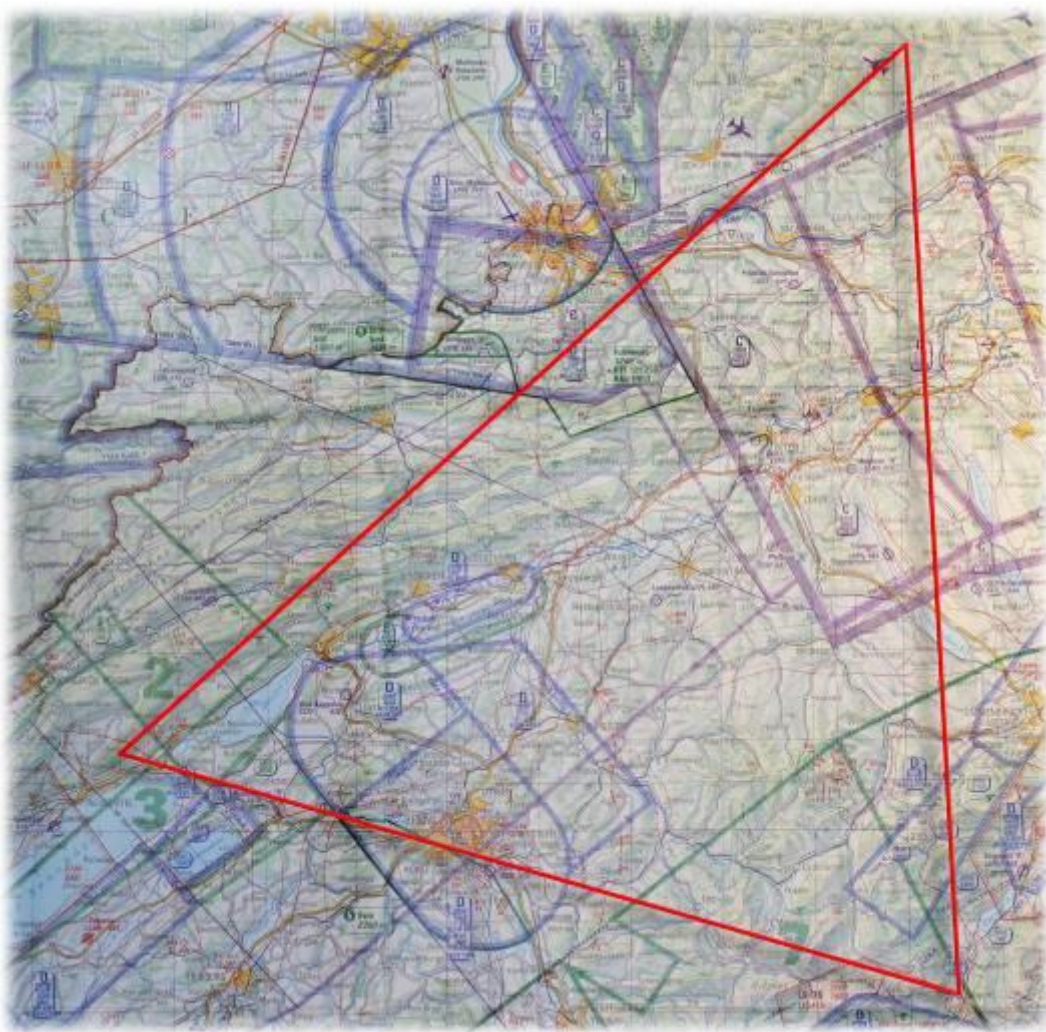
À 17h35 nous traversons, non sans fierté, la ligne d'arrivée!

60 Annexe 3/6

Il est très utile d'analyser un tel vol, de réaliser les erreurs commises, ainsi que de calculer les vitesses moyennes atteintes sur les différents tronçons. Le plan de vol pourra être affiné pour le prochain (plus long) vol.

La préparation d'un tel vol est à réviser chaque année. L'espace aérien est une denrée rare en Suisse et, surtout au-dessus du Jura, la structure de l'espace aérien change chaque année!

Un ordinateur de bord avec GPS et un écran graphique nous rend énormément service pour la navigation, mais lors d'une panne d'électricité (qui ne survient à coup sûr pas là où ça ne nous dérange pas) il faut être capable de trouver le chemin vers notre aérodrome sans violation de l'espace aérien. Et le meilleur ordinateur ne prévoit pas (encore?) la météo le long de notre route prévue. C'est pourquoi seulement le contrôle du calculateur d'arrivée par le „calculateur dans notre tête“ peut nous prémunir contre les mauvaises surprises.



Reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA045984)

60 Annexe 4

Préparation de vol

La checklist suivante pourra nous aider à préparer notre vol de distance. La préparation d'un vol de distance débute durant l'hiver déjà, en rassemblant le matériel nécessaire et en effectuant l'étude / préparation des cartes. Ainsi, durant la saison, le jour venu nous serons prêts à réaliser notre vol et nous ne perdrons pas de temps à régler des problèmes administratifs en regardant les cumulus se développer...

Préparation avant la saison

1. Se procurer les cartes valables (au moins la carte vol à voile, év. La carte OACI et si nécessaire les cartes des pays voisins). Il n'est pas possible, aujourd'hui, de préparer un vol de distance sérieusement avec des cartes obsolètes! L'espace aérien est modifié chaque année et aucune violation de cet espace n'est tolérée.
2. Étude des cartes; le pilote doit pratiquement connaître la carte par coeur, surtout le long de la route planifiée. Les recherches en vol peuvent être très dangereuses (surveillance de l'espace aérien!) Rassemblez les différentes routes envisagées et discutez en avec votre instructeur ou un vélivole chevronné.
3. Autre matériel :
 - Licence sportive, si un vol FAI ou d'autres compétitions sont prévus
 - Cartes d'approches des autres aérodromes
 - Liste des fréquences vélivoles et des aérodromes les plus utilisés; la feuille COM 2-APP1 du manuel VFR (complément de la carte vol à voile) est très utile
 - Informations sur les possibilités d'atterrissage en campagne (catalogue de champs vachables, mises à jour)
 - Mise à jour des données du logger (espace aérien)

Durant la saison

Observation de l'évolution de la météo, de manière à être prêt lorsque la météo se développe bien. Nous avons une idée de la direction vers laquelle la météo se développe le plus favorablement et nous pouvons préparer des circuits possibles. (points importants sur le plateau, le Jura ou les Alpes) . Nous connaissons l'état des champs vachables (type de plantation, état de la neige en montagne etc.).

Le jour du vol ou éventuellement déjà le soir d'avant

Rassembler la documentation nécessaire: Météo, DABS, NOTAM

Étude des documents, définition de la route de vol et préparation des cartes, si nécessaire, avec les secteurs photos et les marques des distances pour l'arrivée, préparation du logger

Préparation du matériel pour le vol:

- Habits, protection solaire, aliments
- Licences (pour les vols à l'étranger : passeport / carte d'identité, laissez-passer), argent
- Cartes, (barographe, appareil photo)
- Programmation du Logger-GPS et du calculateur de bord
- Informer les témoins / commissaires de concours
- Contrôles pré-vols du planeur (pour les vols à l'étranger, parfois l'ELT est obligatoire)

La liste ci-dessus n'est pas exhaustive et avec l'ouverture de l'horizon de vol il peut être nécessaire de la compléter selon ses besoins personnels.