

MÉTÉOROLOGIE

Version révisée 2026 - Synthèse structurée des notions à mémoriser

L'ATMOSPHERE ET L'ISA

- Air sec : environ 78 % azote, 21 % oxygène, traces d'argon et de CO₂.
- Troposphère : couche où se produisent la plupart des phénomènes météo, jusqu'à environ 11 km.
- Tropopause : limite supérieure de la troposphère.
- ISA : 15 °C et 1013,25 hPa au niveau de la mer.
- Gradient thermique moyen : -6,5 °C par 1000 m, soit environ -2 °C par 1000 ft.
- Air chaud : moins dense. Air froid : plus dense.

ALTIMÉTRIE

- Altitude : distance verticale par rapport au niveau moyen de la mer.
- Hauteur : distance verticale par rapport au sol.
- QNH : pression ramenée au niveau de la mer, l'altimètre indique l'altitude.
- QFE : pression sur l'aérodrome, l'altimètre indique 0 au sol.
- QNE / FL : calage standard 1013 hPa pour les niveaux de vol.

PRESSION ET VENTS

- Le vent naît d'un gradient de pression et souffle globalement des hautes vers les basses pressions.
- Isobares serrées = vent plus fort.
- En hémisphère nord : dépression en sens antihoraire ; anticyclone en sens horaire.
- Brises : mer/terre, vallée/montagne. Effet Venturi : accélération par resserrement.
- Jet-stream : courant rapide d'ouest en altitude, souvent vers 8 à 12 km.

MASSSES D'AIR, FRONTS ET FOEHN

- Masse d'air stable : nuages stratiformes, météo plus régulière.
- Masse d'air instable : nuages cumuliformes, averses, turbulence.
- Front chaud : pente douce, dégradation progressive, pluies étendues.
- Front froid : pente plus raide, phénomènes plus actifs, souvent plus brefs.
- Occlusion : le front froid rattrape le front chaud.
- Föhn : air humide au vent, air redescendant chaud et sec sous le vent.

NUAGES, VISIBILITÉ ET GIVRAGE

- Étage bas : stratus, cumulus. Étage moyen : alto-.
- Étage haut : cirro-.
- Cumuliformes = atmosphère instable. Stratiformes = atmosphère stable.
- Cumulonimbus : orage, grêle, fortes ascendances et descendances, cisaillement.
- Brume : visibilité entre 1 et 5 km. Brouillard : visibilité inférieure à 1 km.
- Givre blanc : dépôt opaque lié aux gouttelettes surfondue ; verglas : glace lisse, très adhérente.
- Le givrage dégrade la portance, augmente la traînée et peut fausser les indications.

MESSAGES MÉTÉO

- METAR : observation du temps sur un aérodrome.
- TAF : prévision d'aérodrome pour les heures à venir.
- SIGMET : phénomène dangereux en route : Cb, turbulence forte, givrage sévère, etc.
- TEMSI : carte du temps significatif.
- WINTEN : carte de vent et température en altitude.

Révision flash

- QNH = altitude, QFE = hauteur, FL = 1013
- Brume 1 à 5 km ; brouillard < 1 km
- METAR = observation ; TAF = prévision

Pièges classiques du QCM

- Le METAR décrit le temps observé. Le TAF annonce le temps prévu.
- Le front chaud dégrade souvent la météo plus progressivement que le front froid.
- Un Cb n'est pas un simple nuage de pluie : il concentre plusieurs dangers majeurs pour le vol.

AÉRODYNAMIQUE

Portance, traînée, décrochage, virage, gouvernes et aérostation

FORCES AÉRODYNAMIQUES

- Portance : perpendiculaire au vent relatif.
- Traînée : parallèle au vent relatif.
- Poids : vertical vers le bas. Traction / poussée : vers l'avant.
- À paramètres constants, portance et traînée augmentent avec V^2 .
- Portance = $1/2 \times \rho \times S \times V^2 \times C_z$; Traînée = $1/2 \times \rho \times S \times V^2 \times C_x$.
- Si l'air est plus dense, la portance et la traînée augmentent.

PROFIL, INCIDENCE ET FINESSE

- Incidence : angle entre la corde du profil et le vent relatif.
- C_z dépend notamment de l'incidence et du profil.
- Finesse = portance / traînée = distance horizontale / distance verticale.
- Allongement élevé : moins de traînée induite, meilleure finesse.
- Cambrure plus importante : plus de portance, mais aussi plus de traînée.

DÉCROCHAGE ET VRILLE

- Le décrochage survient quand l'incidence dépasse sa valeur critique, souvent vers 16 à 18°.
- Il dépend d'abord de l'incidence, et non de la seule vitesse.
- Il est favorisé par le facteur de charge, le givrage, la turbulence et les fortes inclinaisons.
- Vrille : décrochage dissymétrique avec rotation et chute.
- Principe de sortie : arrêter la rotation, réduire l'incidence, puis reprendre une assiette normale.

VOL STABILISÉ, VIRAGE ET FACTEUR DE CHARGE

- En vol rectiligne horizontal stabilisé : portance = poids et traction = traînée.
- $n = \text{Portance} / \text{Poids}$. En palier stabilisé, $n = 1$.
- En virage, la portance doit augmenter pour compenser le poids.
- $n = 1 / \cos(\text{inclinaison})$ en virage stabilisé.
- À 60° d'inclinaison : $n = 2$ g et la vitesse de décrochage augmente.

GOUVERNES ET DISPOSITIFS

- Tangage : gouverne de profondeur. Roulis : ailerons. Lacet : gouverne de direction.
- Lacet inverse : tendance au lacet opposé au roulis déclenché.
- Roulis induit : roulis produit par le lacet via l'effet du dièdre.
- Volets : augmentent C_z max, utiles au décollage et à l'atterrissage.
- Becs : retardent le décrochage. Spoilers / aérofreins : augmentent la traînée et réduisent la portance.
- Compensateur : soulage l'effort sur les commandes.

EFFET DE SOL ET AÉROSTATION

- Près du sol, la traînée induite diminue : l'avion a tendance à flotter à l'arrondi.
- Centrage avant : plus stable mais plus pénalisant en performances.
- Centrage arrière : moins stable, plus délicat et potentiellement dangereux.
- Aérostation : un ballon ou un dirigeable tient dans l'air grâce à la poussée d'Archimède.
- L'aéronef plus léger que l'air déplace un volume d'air dont le poids crée une force vers le haut.

Formules et réflexes

- $L = 1/2 \times \rho \times S \times V^2 \times C_z$
- $D = 1/2 \times \rho \times S \times V^2 \times C_x$
- En virage, n augmente et V_s augmente aussi

À retenir absolument

- Une vitesse faible n'entraîne pas toujours le décrochage : c'est l'incidence qui commande.
- En virage serré, la vitesse de décrochage augmente parce que le facteur de charge augmente.
- Le centrage doit toujours rester dans l'enveloppe constructeur.

CONNAISSANCE DES AÉRONEFS

Classification, structure, propulsion, instruments, performances et sécurité

CLASSIFICATION ET STRUCTURE

- Aérodynes : plus lourds que l'air : avions, planeurs, ULM, hélicoptères.
- Aérostats : plus légers que l'air : ballons, dirigeables.
- Voilure : haute, médiane ou basse ; formes fréquentes : rectangulaire, trapézoïdale, delta.
- Extrados / intrados : faces supérieure et inférieure de l'aile.
- Emplanture : jonction aile-fuselage. Saumon : extrémité d'aile.
- Dièdre : participe à la stabilité latérale.

EMPENNAGES, COMMANDES ET TRAIN

- Empennage horizontal : stabilité en tangage. Empennage vertical : stabilité en lacet.
- Ailerons, profondeur, direction : commandes primaires.
- Volets, trim et parfois spoilers : commandes secondaires.
- Train tricycle : plus courant. Train classique : roulette ou béquille arrière.
- Train fixe ou rentrant. Un train rentrant réduit la traînée.

MATÉRIAUX, MASSE ET CENTRAGE

- Structures en alliages d'aluminium, composites, parfois bois ou toile selon le type d'aéronef.
- Masse à vide, masse maximale et centrage doivent rester dans les limites du manuel de vol.
- Chaud + haut + lourd = performances dégradées, distance de décollage plus longue.

PROPULSION

- Moteur à piston 4 temps : admission, compression, combustion, échappement.
- Carburants usuels : Avgas 100LL pour moteurs essence aéronautiques, Jet A-1 pour turbines et certains diesels.
- Réchauffage carburateur : limite ou traite le givrage carburateur.
- Hélice à pas fixe : simple et robuste. Pas variable : meilleur compromis décollage / croisière.
- Souffle hélicoïdal, couple moteur et précession gyroscopique influencent la trajectoire.
- Turboréacteur, turbopropulseur, turbomoteur : principales turbomachines.

INSTRUMENTS DE BORD

- Anémomètre : vitesse indiquée. Altimètre : altitude. Variomètre : vitesse verticale.
- Horizon artificiel : assiette et inclinaison. Compas : cap magnétique.
- Conservateur de cap : gyroscopique, il doit être recalé sur le compas.
- Sonde Pitot : pression totale. Prise statique : pression statique.
- L'anémomètre exploite la différence entre pression totale et pression statique.
- Une obstruction Pitot ou statique peut produire des indications fausses.

CARBURANT ET SÉCURITÉ

- Réservoirs, sélecteur, filtre, pompe, alimentation moteur : chaîne à connaître.
- Avant vol : contrôler quantité, qualité et réaliser la purge si nécessaire.
- La sécurité passe aussi par la visite prévol, le respect de la check-list et la surveillance des paramètres moteur.

Révision flash

- 4 temps : admission, compression, combustion, échappement
- Pitot = pression totale ; statique = pression statique
- Chaud + haut + lourd = performances en baisse

Trois réflexes utiles

- Ne pas confondre compas et conservateur de cap : le second doit être recalé.
- Un aéronef peut être réglementairement en masse, mais hors centrage : les deux contrôles sont distincts.
- Le givrage carburateur peut apparaître même sans température négative au sol.

NAVIGATION - RÉGLEMENTATION - SÉCURITÉ

Navigation de base, VMC, espaces, priorités, plan de vol et gestion du risque

REPÈRES ET CONVERSIONS

- Latitude : 0 à 90° nord ou sud. Longitude : 0 à 180° est ou ouest.
- 1° = 60 minutes d'angle.
- 1 NM = 1,852 km. 1 kt = 1 NM/h. 1 ft = 0,3048 m.
- Carte au 1/500 000 : 1 cm représente 5 km.

NAVIGATION PRATIQUE

- Route vraie : trajectoire sur la carte. Cap : direction suivie par le nez de l'avion.
- Déclinaison magnétique est : on ajoute. Ouest : on retranche.
- Dérive : correction due au vent entre la route et le cap.
- Temps = distance / vitesse sol. Vent arrière : vitesse sol augmente ; vent de face : elle diminue.
- Aides fréquentes : VOR, ADF, GPS.

NIVEAUX DE CROISIÈRE ET VMC

- En croisière VFR en palier, au-dessus de 3000 ft sol ou eau, on applique la règle semi-circulaire.
- VFR : niveaux se terminant par 5. IFR : niveaux se terminant par 0.
- Route 000 à 179° : impair + 5. Route 180 à 359° : pair + 5.
- En espace F ou G, à et au-dessous du plus haut de 3000 ft AMSL ou 1000 ft ASFC : hors des nuages et en vue de la surface.
- Au-dessus : 1500 m horizontalement des nuages, 1000 ft verticalement, visibilité 5 km, puis 8 km à partir du FL100.

RÈGLES DE VOL ET ESPACES

- VFR : voir et éviter. IFR : vol aux instruments.
- Les espaces A à E sont contrôlés. Les espaces F et G sont non contrôlés.
- En pratique en France, les classes G, E, D et C sont les plus rencontrées par les élèves pilotes.
- Classe A : VFR interdit. Classes B, C, D : clairance nécessaire pour le VFR. Classe E : VFR autorisé, IFR contrôlé.
- Nuit aéronautique : de 30 min après le coucher du soleil à 30 min avant son lever.
- Le VFR de nuit obéit à des conditions spécifiques : aérodromes autorisés, niveaux minimaux et parfois plan de vol.

PRIORITÉS, CIRCUIT ET SIGNAUX

- Ordre usuel de priorité : ballon, planeur, dirigeable, avion remorqueur ou en formation, avion seul.
- En convergence, la priorité est à droite. En dépassement, l'aéronef rattrapant s'écarte.
- Circuit de piste : montée initiale, vent traversier, vent arrière, base, finale.
- Feux de navigation : rouge à gauche, vert à droite, blanc à l'arrière.
- Codes transpondeur : 7000 VFR standard, 7500 détournement, 7600 panne radio, 7700 détresse.

SÉCURITÉ DES VOLS

- Plan de vol : obligatoire notamment en IFR, pour le franchissement d'une frontière et pour certains vols VFR de nuit.
- NOTAM : informations temporaires importantes : restriction, travaux, activité particulière.
- Préparer un vol, c'est croiser météo, carburant, performances, état pilote et environnement.
- Facteurs humains : fatigue, stress, pression temporelle, excès de confiance et fixation mentale dégradent la décision.
- Bon réflexe : savoir renoncer, différer ou dérouter quand la marge de sécurité diminue.

À savoir par coeur

- 000 à 179° : impair + 5 ; 180 à 359° : pair + 5
- 7000 VFR, 7500 détournement, 7600 panne radio, 7700 détresse
- Plan de vol : IFR, frontière, certains VFR de nuit, autres cas particuliers

Points de vigilance

- Ne simplifiez pas trop les hauteurs minimales : la règle utile pour le BIA est 1000 ft au-dessus des agglomérations et 500 ft ailleurs, sauf exceptions locales.
- Le plan de vol VFR n'est pas réservé à l'IFR : il est aussi requis dans plusieurs cas précis.
- En sécurité des vols, la bonne réponse n'est pas toujours de poursuivre : le QCM valorise souvent la décision prudente.