

# Limitations Boeing 737-800 NG

## Limitations

Moteur **CFM56-7B26** (24 BLADES FAN)

MAX T/O WEIGHT : **79 015 KG**

MAX LDG WEIGHT : **66 360 KG**

FUEL TOTAL **3 900** (L) + **3 900** (R) + **13 000** (C) = **20 800 KG**

MAX EGT START **15 SECONDES**

Yaw Damper U/S : Ok mais LDG Flaps 30 si crosswind de + 30Kts (aucune autre restriction)

Si décollage léger tu as des restrictions :

**50 802 kg** = zones restrictions

**41730 kg** = minimum Flying weight

## Limitations de Vitesse

1. **Vitesse maximale opérationnelle (VMO/MMO) :** **340 kt / 0,82 M**

Au-delà de cette vitesse, des vibrations structurelles ou une perte de contrôle pourraient survenir.

2. **Vitesse en turbulence (selon configuration) :**

- 280 kt / 0,70 M (1/200)
- 280 kt / 0,73 M (3/500)
- **280 kt / 0,76 M (6/900 avec winglets)**

*Explication spéciale :* Ces limites réduites en turbulence minimisent les charges dynamiques sur les ailes et l'empennage, prévenant une fatigue structurelle accélérée ou une défaillance due à des cisaillements aérodynamiques amplifiés.

3. **Vent traversier démontré maximum :**

- **37 kt** (6/900 avec winglets split scimitar)
- **33 kt** au décollage

Ces valeurs sont basées sur des tests de certification pour éviter une perte de contrôle directionnelle au sol.

4. **Vitesse maximale au taxi** : 65 kt  
Cela protège les pneus et les trains d'atterrissage contre une usure excessive ou un dérapage.
5. **Vitesse maximale pour utilisation des escaliers extérieurs** : 40 kt (train sorti jusqu'à 60 kt)  
Cette limitation assure la sécurité des personnels au sol en cas de vent ou de mouvements imprévus.
6. **Chauffage vitres inopérant** : Vitesse max. 250 kt en dessous de 10 000 ft  
Sans chauffage, le givre pourrait réduire la visibilité et augmenter les charges aérodynamiques sur le pare-brise.
7. **Altitude maximale extension volets** : 20 000 ft  
Au-dessus de cette altitude, la densité d'air basse rend les volets inefficaces et expose à des vibrations.
8. **Vitesse maximale extension train** :
  - Extension : 270 kt / 0,82 M
  - Rentrée : 235 kt
  - Train sorti : 320 kt / 0,82 MCes écarts évitent des charges excessives sur les vérins hydrauliques.
9. **Aérofreins en vol** :
  - a. Ne pas déployer en dessous de 1 000 ft radio
  - b. Vitesse max. 300 kt (737-6/900 sans onglets élévateur renforcés)
  - c. Éviter > 320 kt pour prévenir vibrations sévères endommageant le stabilisateur horizontal  
*Explication spéciale* : À haute vitesse, les aérofreins génèrent des tourbillons qui peuvent causer des oscillations (flutter) sur l'empennage, menant à une fatigue métallique ou une rupture structurelle ; la limite basse protège contre un déploiement prématuré en phase critique d'approche.
10. **Vitesses Plaques pour Volets**
  - ☐ Volets 1/2/5 : 250 kt
  - ☐ Volets 10 : 210 kt
  - ☐ Volets 15 : 200 kt
  - ☐ Volets 25 : 190 kt
  - ☐ Volets 30 : 175 kt
  - ☐ Volets 40 : 162 kt

Ces vitesses correspondent aux limitations pour chaque position de volet et assurent une manœuvrabilité optimale.

## Limitations carburant

### Déséquilibre Latéral Maximum (fuel)

- **Déséquilibre maximum permis** : 453 kg (1 000 lbs).
- **Tolérance accrue pour versions cargo** : Une tolérance supplémentaire est accordée pour les avions cargo avec des charges asymétriques, afin de minimiser les contraintes sur la

structure des ailes.

## Réservoirs et Équilibre (fuel)

- **Réservoirs principaux pleins requis** : Nécessaire si le réservoir central contient plus de 453 kg pour maintenir l'équilibre latéral et prévenir un déséquilibre qui pourrait affecter la stabilité en vol.

## Utilisation des Pompes du Réservoir Central

- **Positionnement des pompes** : Ne pas les régler sur ON (excepté pour le défuelage ou le transfert) si la quantité est inférieure à 453 kg.
- **Surveillance des voyants LP** : Les pompes doivent être éteintes lorsque les voyants de basse pression s'allument.
- **Surveillance continue requise** : Une présence constante dans le cockpit est obligatoire pour surveiller les voyants LP. Cela prévient le fonctionnement à sec des pompes, qui pourrait entraîner des risques de surchauffe, de cavitation ou de défaillance mécanique.

## Vanne de Croisement Carburant (Cross-Feed)

- **Position pour décollage et atterrissage** : Doit être fermée (applicable aux avions NG uniquement) pour isoler les réservoirs en cas d'urgence et éviter un transfert involontaire de carburant.

## Carburant Minimum pour Pompes Hydrauliques

- **Quantité requise** : 760 kg dans le réservoir correspondant, pour assurer une alimentation hydraulique stable sans risque de cavitation.

## Quantité Hydraulique Minimum au Dispatch

- **Quantité minimum** : 88 %, pour maintenir la pression du système sans compromettre les commandes de vol ou les freins.

## Température du Carburant

- **Température maximale** : +49 °C, au-delà de laquelle le carburant peut se dégrader chimiquement ou former des vapeurs inflammables.
- **Température minimale en vol** : -43 °C ou point de congélation +3 °C (Jet A-1). Ceci est crucial pour éviter la formation de cristaux de glace qui pourraient obstruer les filtres ou les pompes.

## Limitations d'Altitude

### Altitude Opérationnelle Maximale

- **41 000 ft (NG et MAX)** : Cette altitude est limitée par la certification de pressurisation et d'oxygène de l'appareil. Le maintien de la pressurisation et de l'approvisionnement en oxygène est crucial pour la sécurité des passagers et de l'équipage à ces altitudes élevées.

## Altitude Maximale pour Décollage et Atterrissage

- **8 400 ft** : Cette limite est définie pour garantir des performances moteur et une portance suffisantes lors des phases critiques de vol.
- **Option haute altitude : 12 000 ft** : Permet une flexibilité supplémentaire dans les aéroports situés à des altitudes plus élevées, bien que les performances de l'avion puissent être affectées.

## Limitations avec Systèmes Inopérants

- **Un pack A/C inopérant : FL 250 maximum** : Un seul pack en fonctionnement entraîne une surcharge du système de BLEED, augmentant la consommation de carburant et les températures internes.
- **BLEED + électriques : 10 000 ft max** : Cette limite assure une redondance pour la pressurisation. Au-delà, le risque de surchauffe des compresseurs ou de perte de pression cabine augmente, nécessitant potentiellement une descente pour éviter l'hypoxie chez les passagers.
- **BLEED seulement : 17 000 ft max** : Limité par la capacité des moteurs à fournir de l'air sans assistance électrique, prévenant une surcharge thermique.
- **Électriques seulement** : Dépend de la configuration du pack :
  - **35 000 ft** : Limitation générale.
  - **Garrett : 37 000 ft** : Permet une altitude légèrement supérieure grâce à l'efficacité accrue de ce modèle.
  - **Sundstrand : 41 000 ft** : Offre la meilleure performance en haute altitude grâce à la robustesse des packs électriques, qui nécessitent cependant une batterie stable.

## Restrictions Spéciales

- **Alignement ADIRU : Interdit au-delà de 78°15' de latitude** : Préviens les erreurs de calcul dues à la convergence des méridiens polaires, qui peuvent affecter la précision de la navigation.
- **Système HUD : Interdit au-delà de 85° de latitude** : Ou avec le commutateur de cap en position TRUE, car les algorithmes de navigation magnétique deviennent imprécis près des pôles, compromettant la précision des informations affichées.

## Limitations Environnementales et Pistes

### Pente de Piste Opérationnelle

- **Tolérance de pente :  $\pm 2\%$**  : Au-delà de cette limite, les performances de freinage et de décollage sont compromises par l'effet de gravité, affectant la sécurité.

## Vent de Queue Maximum

- **Vent de queue au décollage/atterrissage** : 10 kt, avec une option client de 15 kt ; interdit sur pistes contaminées.
  - *Explication spéciale* : Le vent de queue augmente les distances de décollage et d'atterrissage en diminuant la portance relative. Sur pistes contaminées, cela accentue le risque d'aquaplaning ou de perte de contrôle, rendant l'interdiction essentielle pour éviter des sorties de piste.

## Profondeur Précipitations Maximale

- **Neige sèche** : 60 mm
- **Eau/neige fondue/boue** : 13 mm (AFM : 15 mm)
  - *Raison* : Limiter l'aquaplaning et garantir une adhérence adéquate des pneus.

## Différentiel de Pression Cabine

- **Maximum (soupapes de décharge)** : 9,10 psi (6/900)
  - *Justification* : Conçu pour résister à la pression sans déformation structurelle de la cellule.
- **Au décollage/atterrissage** : 0,125 psi (236 ft en dessous de l'altitude aéroport)
  - *But* : Assurer une transition douce et éviter des chocs sur les tympans des passagers.

## Anti-givrage

- **Ailes au sol** : Interdit si OAT > 10 °C
  - *Explication spéciale* : Les fluides chimiques peuvent corroder les surfaces ou créer des résidus collants à des températures élevées, risquant d'obstruer les buses ou d'altérer l'aérodynamique des volets.
- **Moteurs** : Obligatoire en conditions de givrage ou anticipées (TAT ≤ 10 °C et visibilité humidité), sauf lors de la montée/croisière à < -40 °C SAT ; nécessaire avant et pendant la descente en givrage, même < -40 °C SAT.
  - *Explication spéciale* : Le givrage sur les entrées d'air réduit le débit et la poussée moteur, pouvant entraîner une décélération ou un décrochage inattendu. L'activation préventive assure une ingestion d'air propre et maintient la certification de performance.

## Vitesse N1 Minimum en Givrage

- **Conditions** :
  - 40 % si TAT 0-10 °C
  - 55 % si TAT < 0 °C
  - 70 % en givrage modéré/sévère si TAT < -6,5 °C (737-1/200)
  - *Objectif* : Briser la glace accumulée sans surchauffe.

## Commutateur Protection Gravier

- **Position ANTI-ICE** : Utilisé avec anti-givrage entrée moteur pour protéger les compresseurs contre l'ingestion de débris.

## Pression Air Externe Maximum

- **Pression** : 60 psig
- **Température** : 232 °C
  - *Motif* : Prévenir des surpressions qui pourraient endommager les packs A/C.

## Largeur Minimale pour Déneigement

- **Centrale 30 m** : 13 mm
- **Suivante 8 m (38 m total)** : 23 cm
- **Suivante 16 m (54 m total)** : 38 cm
- **Au-delà 54 m** : 120 cm
  - *Note* : Au-dessus de -5 °C, la neige est considérée comme bouillie, car elle fond et forme une couche glissante équivalente à de l'eau.

## Radar Météo

- **Usage restreint** : Ne pas utiliser près de fuites de carburant ou à moins de 15 ft de personnes.
  - *Risque* : Éviter l'émission d'ondes qui pourraient enflammer des vapeurs ou causer des brûlures.

## Limitations Moteurs (CFM56-7B)

Les moteurs CFM56-7B possèdent des limitations strictes afin de garantir une performance optimale tout en prévenant les dommages et l'usure prématurée des composants critiques. Voici les principales limitations à respecter :

## Temps Maximum de Poussée

- **Décollage/Go-around** : **5 minutes** pour tous les moteurs. Dépassez ce temps peut entraîner un excès de température des gaz d'échappement (EGT), causant une fatigue thermique accrue des composants.

## Limites de Vitesse du Rotor

- **N1 Maximum** : 104 %
- **N2 Maximum** : 105 %
  - Ces limites sont établies pour éviter une sur-vitesse des turbines, qui pourrait endommager les aubes et autres composants rotatifs.

## Températures Maximales des Gaz d'Échappement (EGT)

- **Décollage** : 950 °C (jusqu'à 10 minutes)
- **Continu** : 925 °C
- **Démarrage** : 725 °C
  - Des températures au-delà de ces seuils accélèrent l'usure des aubes des turbines, augmentant le risque de panne.

## Température de l'Huile

- **Maximum Momentané** : 165 °C
- **Continu** : 140 °C
- **Limite 15 minutes** : 140-155 °C
  - Ces paramètres sont cruciaux pour prévenir la dégradation de la viscosité de l'huile et assurer une lubrification adéquate des pièces mobiles.

## Pression et Quantité d'Huile

- **Pression Minimum** : 13 psi (voyant), 26 psi (manomètre)
  - Une pression insuffisante pourrait indiquer une perte de lubrification critique.
- **Quantité Minimum au Dispatch** : 3 US gallons ou 75 % plein
  - Assure une marge de sécurité suffisante pour le fonctionnement continu du moteur.
- **Consommation huile maximale** : 0,5 L/h.

## Signalisation des Limites

- **Rouge** : Indique les valeurs maximum/minimum critiques.
- **Ambre** : Signale la prudence nécessaire.
  - Ces codes couleurs alertent les pilotes sur les tendances potentiellement dangereuses pour une intervention rapide.

## Pression Pneumatique avant Engagement du Démarreur

- **30 psi -0,5 psi/1 000 ft AMSL (737-1/500 uniquement)**
  - Garantit un démarrage fluide sans risque de surchauffe du moteur.

## Cycle de Devoir du Démarreur

- **Premier essai** : 2 minutes ON / 20 secondes OFF
- **Essais suivants** : 2 minutes ON / 3 minutes OFF
  - Permet un refroidissement suffisant pour éviter la surchauffe et la défaillance du moteur de démarrage.

## Allumage Obligatoire

- **Situations** : Décollage, atterrissage, pluie forte, anti-givrage
  - L'allumage continu est essentiel pour garantir la relance immédiate du moteur en cas d'extinction, particulièrement dans des conditions aérodynamiques perturbées.

# Utilisation de la Poussée Inverse

- **Interdite en Vol** : Utiliser intentionnellement la poussée inverse en vol pourrait entraîner une perte de contrôle due aux forces inversées générées.

## Utilisation des BLEED Moteurs

- **BLEED ON** : Ne pas utiliser les packs A/C en HIGH pour le décollage, l'approche ou l'atterrissage.
  - Empêche une surcharge de l'air moteur et une réduction potentielle de la poussée, assurant ainsi une performance optimale pendant les phases critiques du vol.

Ces limitations et procédures sont essentielles pour maintenir la sécurité et la fiabilité des moteurs, évitant les risques d'usure prématurée et de panne en vol.

## Limitations Systèmes

### APU (Auxiliary Power Unit)

- **EGT Maximum** : 760 °C ; Continu : 710 °C
  - *Objectif* : Protéger les turbines auxiliaires contre une surchauffe excessive.
- **Vanne BLEED APU** :
  - Fermée si :
    - Air sol connecté et vanne isolation ouverte.
    - Ou BLEED moteur n°1 ouverte.
    - Ou isolation + BLEED moteur n°2 ouvertes.
  - Peut être ouverte au démarrage moteur, mais éviter une puissance supérieure à idle.
  - *Explication spéciale* : Ces configurations empêchent une rétroaction de pression (backflow) entre sources d'air, qui pourrait causer une surchauffe ou une contamination des systèmes, compromettant la pressurisation en phase initiale.
- **Échecs de Démarrage APU** :
  - Garrett : Pas d'attente après le 1er essai ; 5 minutes après le 2e ; 1 heure après le 3e.
  - Sundstrand : 3 essais suivis de 30 minutes d'attente pour refroidissement et diagnostic.

### Autopilote/Flight Director (NG)

- **Interdiction de Trim Ailerons avec AP Engagé** :
  - Prévention des inputs conflictuels pouvant entraîner un roulis incontrôlé.
- **Engagement Décollage** :
  - Pas en dessous de 400 ft AGL.
- **Canal Unique** :
  - Pas en dessous de 50 ft AGL en approche.
  - Désengagement avant MDA sauf si couplé ILS ou go-around.



- Vents Maximum Autoland (Dual Channel CAT II/III) :
  - Vent de Face : 25 kt
  - Vent Traversier : 25 kt
  - Vent de Queue : 0-15 kt (selon élévation et volets).
- Angles Glissière : 2,5°-3,25°
- Autoland : Seulement avec volets 30/40 et deux moteurs.

## Communications/ACARS

- VHF-3 (si installé) : Non pour ATC avec ACARS actif.
- ACARS : Limité aux messages non critiques pour éviter des interférences radio critiques.

## HUD (HGS 4000 Phase I)

- Approches/Atterrissages AIII : Non approuvés.
- Avec HGS 2350 et Navigation Polaire : Interdit au-delà de 85° de latitude ou cap TRUE, en raison d'erreurs algorithmiques en zones magnétiques instables.

## Électrique

- Tension TR : 24-30 V ; Batterie : 22-30 V (jusqu'à 33 V en charge pulsée).
- Temp. Huile Générateur Moteur Max. : 157 °C ; Montée : 20 °C.
- Charge Max. (1/200 seulement) : 111 A.
- Avec VSCF : Opérer à moins de 45 minutes d'un aéroport adapté pour éviter l'isolation des systèmes essentiels en cas de panne.

## FMC/Navigation

- Pas de LNAV/VNAV avec QFE :
  - Approches VOR : Données brutes sur EHSI au FAF (FMC U7.2 ou antérieur).
  - Pas de VSD avec QFE (NG).
  - GPWS Renforcé : Pas pour navigation ; fonctions terrain interdites à moins de 15 NM d'un aéroport non dans la base de données pour éviter des alertes erronées.

## Hydraulique

- Pression Normale : 3 000 psi ; Minimum : 2 800 psi ; Maximum : 3 500 psi.
- Carburant Minimum : 760 kg pour pompes, pour assurer une actuation fiable des surfaces de contrôle.

## Limitations Manœuvres et Charges

### Limites de Charges et Accélération

1. Limites de charges d'accélération (AFM) :

- Volets rentrés : +2,5 g à -1,0 g
  - Volets sortis : +2,0 g à 0 g
  - *Justification* : Ces limites sont établies à partir de tests de résistance structurelle pour éviter toute déformation permanente de la structure de l'avion.
2. Holding en conditions de givrage :
- Interdit avec volets sortis : Le givrage peut altérer la portance des volets, ce qui augmente le risque de décrochage lors des virages lents.
3. Éviter les entrées de commandes rapides ou alternées :
- Précaution : Surtout en cas de grands changements de tangage ou de roulis, cela peut entraîner un risque de défaillance structurelle à n'importe quelle vitesse.
  - *Explication spéciale* : Les mouvements brusques de commandes peuvent générer des charges dynamiques (comme le flutter ou des résonances harmoniques) qui dépassent les marges de sécurité. Cela pourrait provoquer la rupture d'éléments critiques, tels que les longerons. Des procédures de commande douces sont imposées pour prolonger la durée de vie de la cellule de l'appareil.

## Considérations de Sécurité

- Objectif des limitations : Prévenir tout dommage structurel et assurer la sécurité en vol. Les pilotes doivent suivre ces directives pour éviter les situations qui pourraient compromettre l'intégrité de l'avion et la sécurité des passagers.
- Formation continue : Les équipages doivent être régulièrement formés pour comprendre l'importance de ces limitations et les appliquer correctement durant toutes les phases de vol.

## Performances Short Field pour le Boeing 737-800

Le « Short Field Performance Package » est un ensemble d'améliorations optionnelles introduit par Boeing pour optimiser les performances de décollage et d'atterrissage sur des pistes courtes. Voici un aperçu détaillé des améliorations et des gains de performance associés à ce package.

## Améliorations Principales

1. Spoilers de vol :
  - Déflexion accrue à 60° au contact sol (vs 33°/38° standard) : Cela améliore le freinage et réduit les distances d'arrêt en augmentant la traînée et la charge sur les roues.
2. Porte d'étanchéité volets Krueger :
  - S'ouvre à hauts réglages de volets : Réduit les vitesses d'approche, minimisant l'énergie cinétique à l'atterrissage.
3. Améliorations slats :
  - Étanchéité accrue pendant le décollage : Offre des gains aérodynamiques, augmentant la portance initiale sur les pistes limitées.
4. Patins de queue à deux positions :

- Extension supplémentaire pour atterrissage : Protège la cellule et permet des approches plus raides sans risque de contact empennage-sol.
5. **Autres améliorations :**
- **Actuateurs renforcés pour spoilers.**
  - **Options supplémentaires :**
    - 0222C472A09 (speedbrake + Krueger + slats)
    - 0222C472A10 (ajout patin de queue)

## Gains de Performance

1. **Augmentation du poids à l'atterrissage :**
  - Jusqu'à **3 629 kg** (8 000 lbs) sur le 737-800 ; environ **4 700 kg** (10 000 lbs) global pour les NG, permettant plus de carburant ou de fret sur des opérations courtes.
2. **Augmentation du poids au décollage :**
  - Jusqu'à **1 700 kg** (3 750 lbs), offrant une flexibilité accrue sans nécessiter de rallonger la piste requise.
3. **Réduction des distances :**
  - Améliore le décollage et l'atterrissage sur pistes courtes, avec des vitesses d'approche réduites et une meilleure capacité de freinage.
  - Explication spéciale : Sur pistes courtes, les gains réduisent les distances TODA (Take-Off Distance Available) et LDA (Landing Distance Available) de **10-20 %**, mais exigent une vigilance accrue sur la contamination ou les vents, car les marges d'erreur sont minimales.

Ces performances dépendent des conditions telles que le poids, la température, l'altitude, le vent et la contamination. Pour des tableaux détaillés (ex. : distances TODA/LDA), référez-vous au QRH ou à l'AFM avec le package installé.