

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
MAINTENANCE ET EXPLOITATION DES MATERIELS AERONAUTIQUES**

Session de **JUIN 2004**

SOUS EPREUVE U52

**AERODYNAMIQUE
MECANIQUE DU VOL
MECANIQUE DES FLUIDES
TECHNIQUE UTILISATION**

Durée **4h**

Coefficient **4**

<u>Aérodynamique</u>	Temps conseillé	0h 50min.	1 A3 recto-verso
<u>Mécanique du vol</u>	Temps conseillé	0h 55min.	1 A3 recto-verso
<u>Mécanique des fluides</u>	Temps conseillé	1h 05min.	1 A3 recto-verso
<u>Technique utilisation</u>	Temps conseillé	1h 10min.	1 A3 recto-verso 15 pages annexes

Conditions de l'épreuve

Aucun document autorisé
Calculatrices autorisées

Ne pas enlever l'agrafe qui relie les 15 pages d'annexe.

Chaque candidat est invité à vérifier que son sujet est complet.

ANNEXES T.U.

06-03-20

06-03-21/22

06-03-23

06-03-26

06-03-31/32

06-03-87

06-03-95

06-03-98

06-03-99/100

06-04-5/6

06-04-7/8

06-04-21/22

06-04-23/24

06-01-21

03-12-3

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

Académie : _____ Session : _____

Examen ou Concours _____ Série* : _____

Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____

Épreuve/sous-épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

Né(e) le : _____ (le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

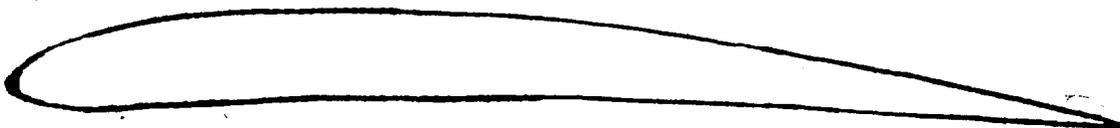
MEE5AFV

Aérodynamique Page 1/ 4

L'aile d'un avion possède un profil ISA 961 représenté sur l'annexe N°1 page 4/4.

1°) Ecrire la définition de la courbure relative pour un profil d'aile.

2°) Sur le profil tracé ci dessous, tracer la flèche maxi et indiquer sa valeur en mm.



Flèche maxi =

3°) Calculer l'épaisseur relative de ce profil.

e=.....

4°) Calculer la courbure relative de ce profil.

NE RIEN ÉCRIRE

DANS LA PARTIE BARRÉE

Aérodynamique Page 2/ 4

5°) Déterminer et indiquer l'incidence de portance nulle de ce profil. Utiliser l'annexe 1 page 4/4. Le tracé sera réalisé en **noir**.

l'incidence de portance nulle =

6°) Déterminer et indiquer l'incidence de traînée minimum de ce profil. Utiliser l'annexe 1 page 4/4. Le tracé sera réalisé en **bleu**.

l'incidence de traînée minimum =

7°) Indiquer l'incidence de finesse maximum. Le tracé sera réalisé en **vert** sur l'annexe 1 page 4/4

l'incidence de finesse maximum =

8°) Décrire et quantifier la variation du centre de poussée lorsque l'incidence varie de -2° à $+10^\circ$.

Forme rectangulaire avec coins arrondis contenant dix lignes horizontales pour la réponse.

NE RIEN ÉCRIRE

DANS LA PARTIE BARRÉE

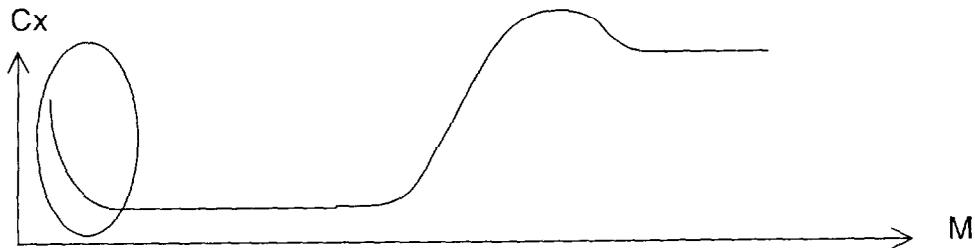
Aérodynamique Page 3/4

9°) La surface alaire S de notre avion est de 10 m^2 , sa masse est de 500 kg . Le vol est rectiligne horizontal. On prendra $g=10 \text{ m.s}^{-2}$. La déportance du stabilisateur horizontal est négligée.

Déterminer dans ces conditions la valeur moyenne de la pression s'exerçant sur l'aile (différence de pression entre l'intrados et l'extrados de l'aile).

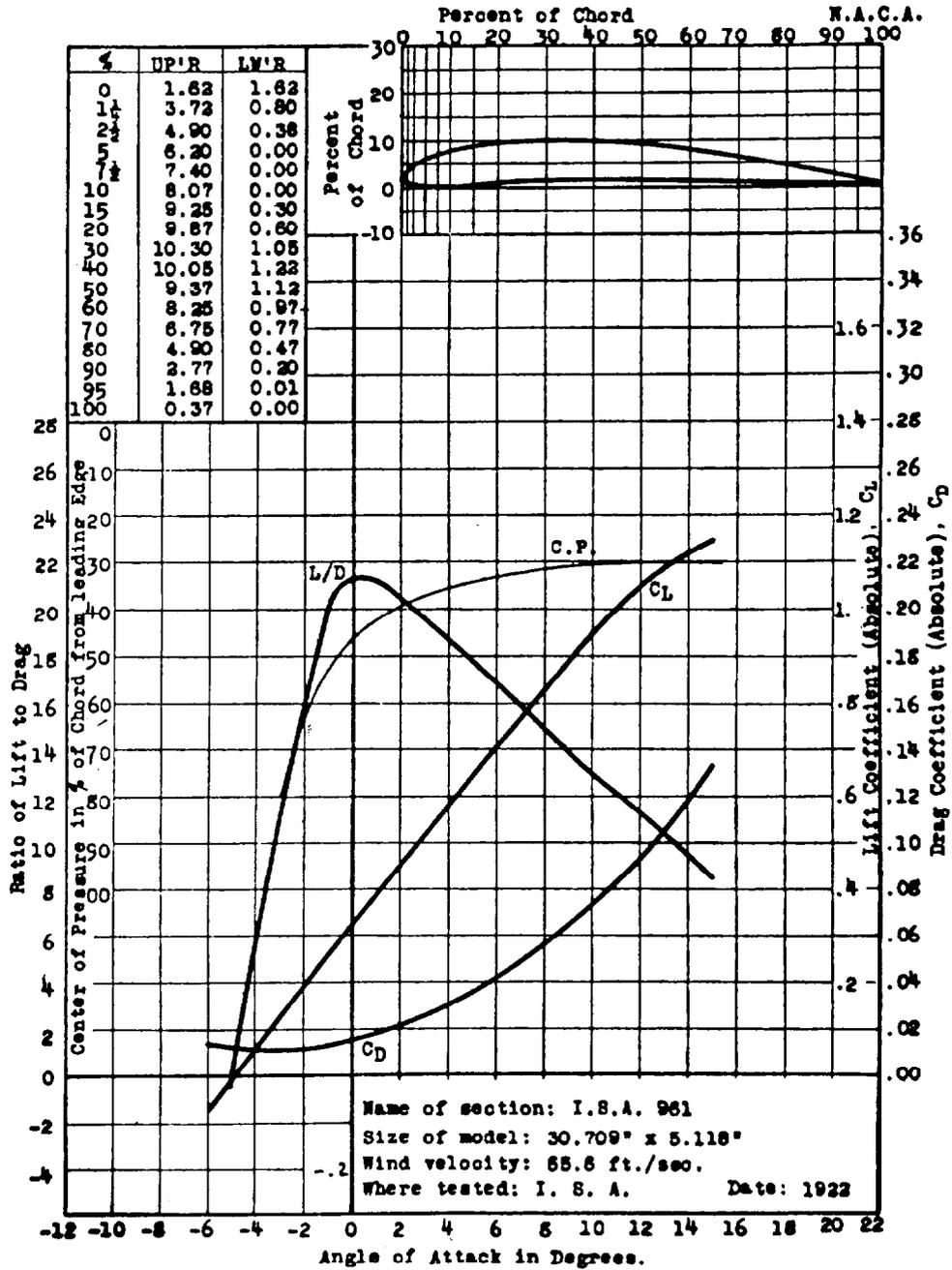
10°) Calculer le pourcentage de cette pression par rapport à la pression statique au niveau de la mer en atmosphère standard.

11°) La courbe représentant le C_x d'une aile en fonction du nombre de Mach est représenté ci-dessous.



Justifier la forme de la courbe située dans la partie entourée par l'ellipse.

ANNEXE 1



I.S.A. 961

DANS CE CADRE

Académie : _____ Session : _____
Examen ou Concours _____ Série* : _____
Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____
Épreuve/sous-épreuve : _____
NOM : _____
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)
Prénoms : _____ N° du candidat
Né(e) le : _____ (le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

NE RIEN ÉCRIRE

MEE5AFV

Mécanique du vol Page 1/4

Un avion quadriréacteur de masse 140 tonnes vient de décoller au niveau de la mer. Il est en montée à une vitesse de 220 kt.

La poussée de chacun des moteurs est de 65 000N. La polaire de cet avion peut être assimilée à une parabole d'équation :

$$C_x = 0,015 + 0,04 C_z^2$$

Sa surface alaire est de 250 m². On prendra $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

1°) Calculer sa pente de montée.

2°) Calculer son vario. (vitesse verticale de montée).

NE RIEN ECRIRE

DANS LA PARTIE BARREE

Mécanique du vol Page 2/4

3°) Calculer l'altitude maximum qu'il va pouvoir atteindre si on suppose un délestage de 10 tonnes.

Z=.....

Redescendu à 2000 m dans le circuit d'attente de l'aéroport de destination, l'avion fait un virage circulaire uniforme à 30° d'inclinaison ($\delta = 30^\circ$). Sa vitesse est alors de $100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

4°) Calculer le facteur de charge que subit l'avion durant ce virage.

n=.....

NE RIEN ECRIRE

DANS LA PARTIE BARREE

Mécanique du vol Page 3/4

5°) Calculer son rayon de virage .

R=.....

6°) Calculer son taux de virage en degrés par minute.

Taux de virage =

7°) Calculer la nouvelle poussée à afficher durant ce virage.

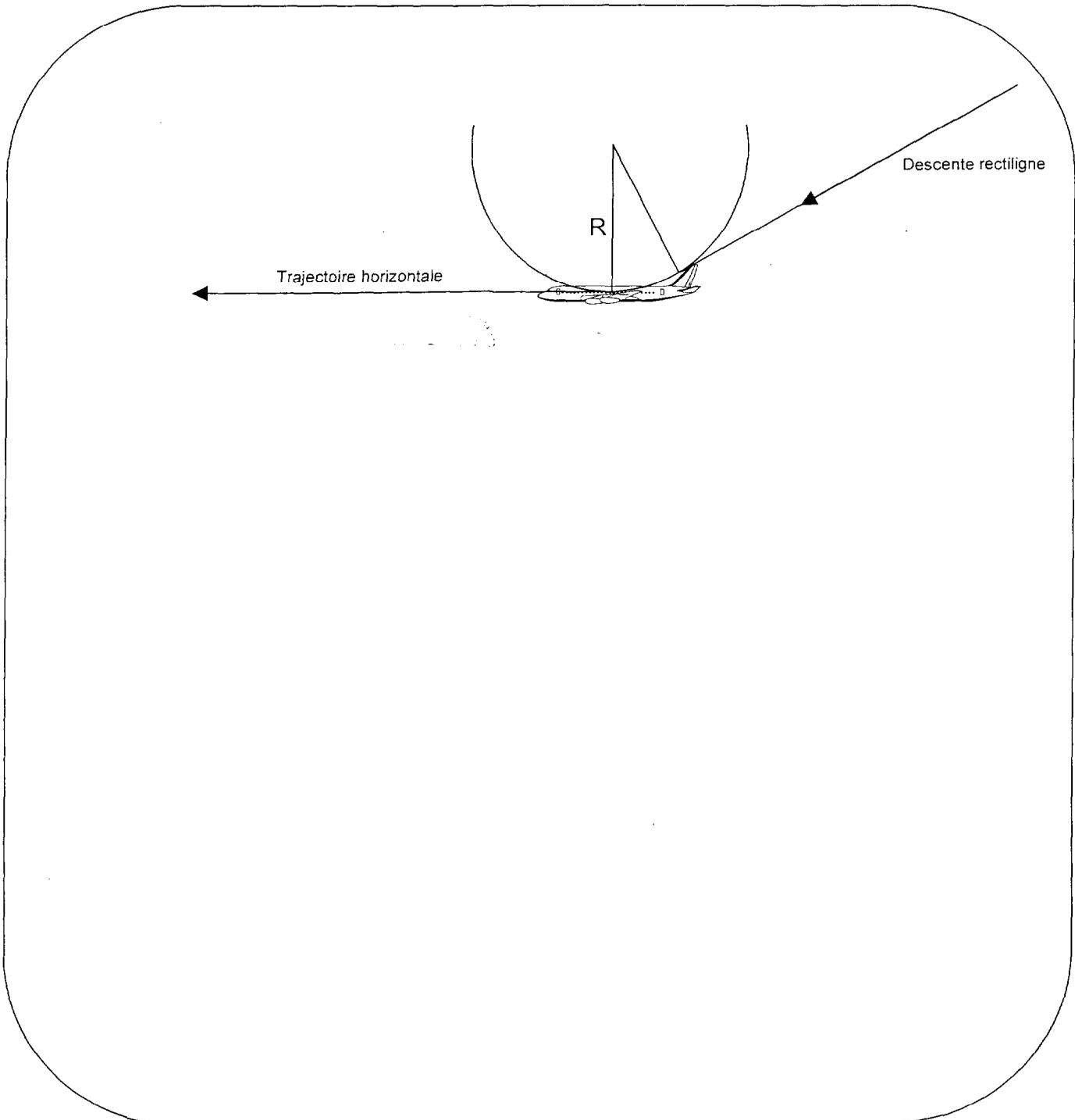
NE RIEN ECRIRE

DANS LA PARTIE BARREE

Mécanique du vol Page 4/4

8°) Dans le circuit d'attente l'avion descend par paliers successifs . Une descente rectiligne est suivie d'une trajectoire circulaire de rayon R puis d'une trajectoire rectiligne horizontale. La vitesse est constante et égale à V.

Démontrer qu'à la fin de la trajectoire circulaire (position de l'avion sur le dessin), l'avion est soumis à un facteur de charge : $n = 1 + V^2 / R.g$



DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

Académie : _____ Session : _____

Examen ou Concours _____ Série* : _____

Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____

Épreuve/sous-épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

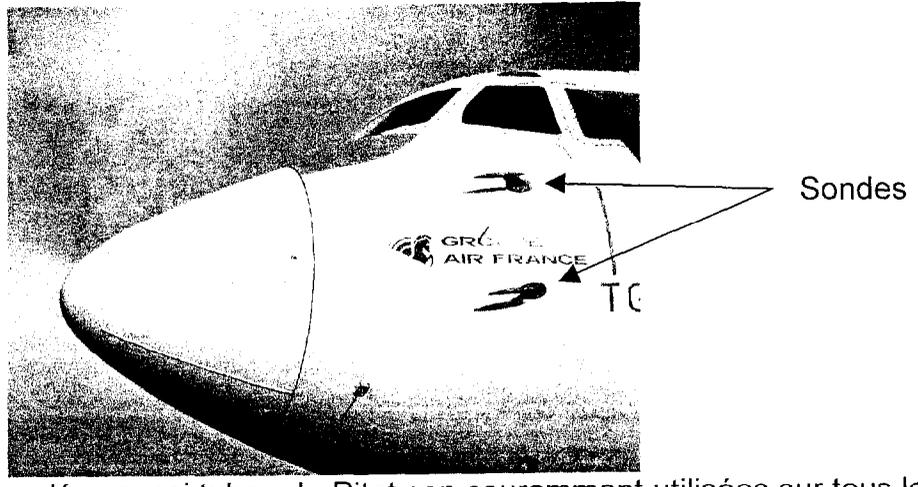
Prénoms : _____ N° du candidat

Né(e) le : _____ (le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

MEE5AFV Mécanique des fluides Page 1/4

Sonde de Prandtl ou tube de Pitot

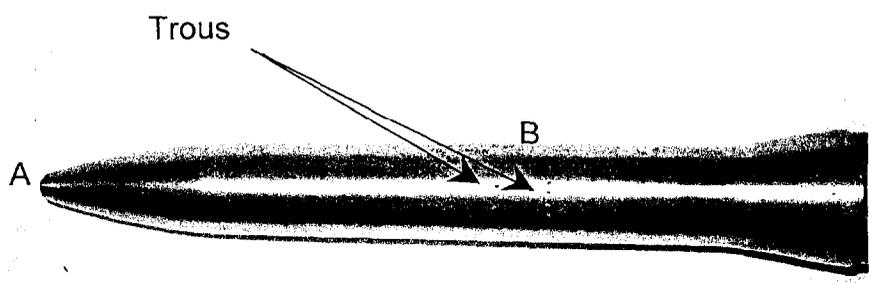


Les sondes de Prandtl appelées aussi tubes de Pitot sont couramment utilisées sur tous les types d'avion. On reconnaît deux de ces sondes fixées sur la partie avant du fuselage de cet appareil.

1°) Citer le type de pression qui est mesuré au point A situé à l'avant de cette sonde.

P_A est une pression :.....

2°) Citer le type de pression qui est mesurée par les petits trous situés à la périphérie de la sonde au niveau du point B. Indiquer ce que représente cette pression.



P_B est une pression :.....

NE RIEN ÉCRIRE

DANS LA PARTIE BARRÉE

Mécanique des fluides Page 2/4

3) L'avion est en vol à la vitesse V . La sonde est horizontale. Les points A et B sont supposés être sur une même ligne de courant. **Ecrire** le théorème de Bernoulli entre A et B.

4°) **Simplifier** cette relation puis en **déduire** l'expression littérale de la vitesse V de l'avion en fonction de P_A et de P_B .

$V = \dots\dots\dots$

5°) Cet avion vole à une altitude où la densité de l'air est de 0,5. L'atmosphère est supposée standard. **Calculer** la masse volumique de l'air à cette altitude.

6°) **Calculer** cette altitude en m.

$Z = \dots\dots\dots$

NE RIEN ÉCRIRE

DANS LA PARTIE BARRÉE

Mécanique des fluides Page 3/4

7°) Calculer la pression statique à cette altitude.

8°) Calculer la vitesse de l'avion si la pression mesurée en A est : $0,6 \cdot 10^5$ Pa..

Tube de Venturi

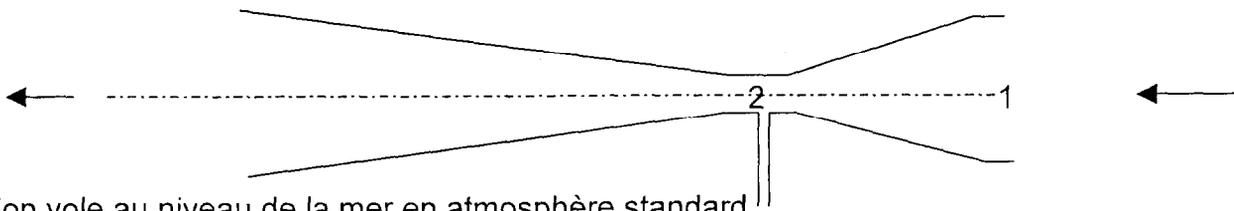
Les tubes de Venturi peuvent être utilisés pour mesurer la vitesse des avions volant lentement. Celui représenté ci-contre est utilisé pour faire fonctionner un instrument gyroscopique pneumatique de type horizon artificiel. La dépression créée entraîne en rotation la partie mobile du gyroscope. Il est fixé sur le flanc du fuselage d'un avion de tourisme dans le souffle de l'hélice.



NE RIEN ÉCRIRE

DANS LA PARTIE BARRÉE

Mécanique des fluides Page 4/4



L'avion vole au niveau de la mer en atmosphère standard.

L'axe du tube est horizontal. On considère le filet d'air représenté par le trait interrompu mixte.

9°) Ecrire Le théorème de Bernoulli entre les sections S1 et S2.

10°) L'air étant supposé incompressible à cette vitesse, **écrire la relation** donnant V2 en fonction de V1, S1 et S2.

11°) **Déduire** l'expression de P2-P1 en fonction de ρ , V1, S1 et S2.

12°) On appelle rapport de contraction du tube de venturi la quantité $k = S2 / S1$. **Calculer** la dépression P2 en fonction de ρ , P1, V1 et k.

13°) Application numérique pour $V1=40m.s^{-1}$ et $k=0,3$.

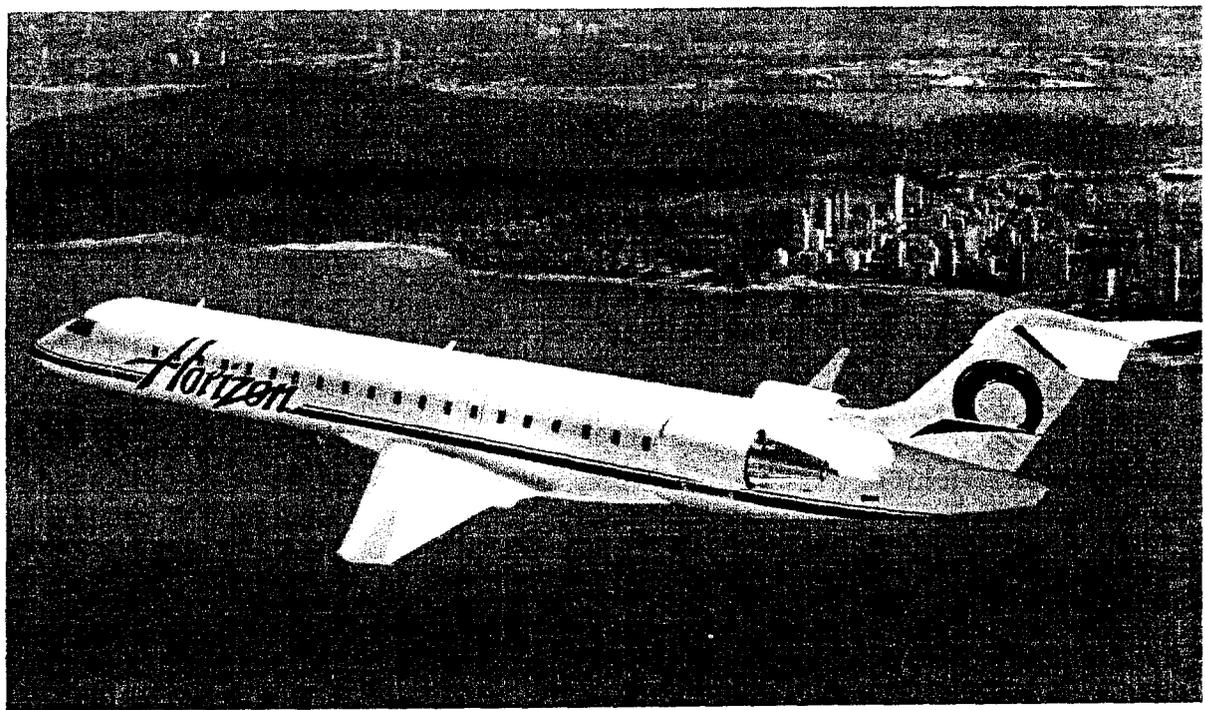
DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

Académie : _____ Session : _____
Examen ou Concours _____ Série* : _____
Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____
Épreuve/sous-épreuve : _____
NOM : _____
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)
Prénoms : _____ N° du candidat
Né(e) le : _____ (le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

MEE5AFV Technique d'utilisation Page 1/4



Objectif : Détermination de la masse maxi au décollage (MTOW), des vitesses V_1 , V_2 , V_r , du domaine de vol, de la durée du vol et de la consommation d'un CRJ 700.

Dans tout le problème on ne considèrera qu'un seul braquage de volets égal à 8° .

La piste est sèche, mesure **1500m** et possède une pente de **2%** en montée.
Elle se situe à **4000 ft** (altitude pression) et possède un prolongement dégagé (clearway) de **250m**.

Le vent est stable à **10 Kts** de face et dans l'axe de la piste.

Le dégivrage des ailes est sur **OFF**.
Le dégivrage des entrées d'air moteurs (cowl) est sur **OFF**.

Les packs de conditionnement d'air (ACU, Air Conditioning Unit) sont sur **ON**.

La température extérieure est de **+10°C**.

NE RIEN ECRIRE

DANS LA PARTIE BARREE

1°) Déterminer la masse maxi limitée par la longueur de piste .
Utiliser les 3 abaques 06-03-20, 06-03-21/22 et 06-03-23.

Référence A =.....

Référence B =.....

Masse maxi limitation piste =.....

2°) Déterminer la masse maxi limitée par la vitesse minimum de contrôle (V_{mc}). Le rapport $V1/Vr$ sera supposé égal à 1.
Utiliser les 2 abaques 06-03-26 et 06-03-31/32 .

Référence A =.....

Masse maxi limitation V_{mc} =.....

3°) Déterminer la masse maxi limitée par la pente de montée.
Utiliser l'abaque 06-03-87.

Masse maxi limitation pente =.....

4°) Choisir la masse maxi décollage du jour et expliquer votre démarche.

Masse maxi du jour =.....

~~NE RIEN ECRIRE~~

~~DANS LA PARTIE BARREE~~

5°) Quelque soit le résultat trouvé précédemment, pour répondre aux questions suivantes, vous prendrez une masse réelle au décollage de **30 tonnes**. Cette valeur ne correspond pas aux résultats précédents.

Déterminer V_1 Maxi limitation énergie frein ($V_{1\text{ MBE}}$).
Utiliser l'abaque 06-03-95.

$V_{1\text{ MBE}} = \dots\dots\dots$

6°) Déterminer V_1 **minimum** limitée par la vitesse minimum de contrôle au sol .
($V_{1\text{ MCG}}$), V_R et V_2 .
Utiliser les 2 abaques 06-03-98 et 06-03-99/100.

Référence A =

$V_{1\text{ MCG}} = \dots\dots\dots$

$V_R = \dots\dots\dots$

$V_2 = \dots\dots\dots$

7°) Déterminer la plage de V_1 que vous retiendrez puis **justifier** votre réponse.

NE RIEN ECRIRE

DANS LA PARTIE BARREE

Technique d'utilisation Page 4/4

8°) Déterminer la pente nette de montée premier segment.
Utiliser les 2 abaques 06-04-5/6 et 06-04-7/8.

Pente nette premier segment =

9°) Déterminer la pente nette de montée deuxième segment.
Utiliser les 2 abaques 06-04-21/22 et 06-04-23/24.

Pente nette deuxième segment =

10°) Préciser si ces pentes son limitatives et justifier votre réponse.

L'avion est en croisière au fl. 390. Sa masse est alors de 29 tonnes. Volets 0°.

11°) Déterminer l'inclinaison maxi que pourra prendre l'avion pour faire un virage.
Utiliser l'abaque 06-01-21.

Inclinaison maxi =

12°) Déterminer le Mach maxi et le Mach mini que devra respecter le pilote pour réaliser un virage avec une inclinaison de 40°.

Mach maxi =

Mach mini =

13°) Déterminer la durée du vol ainsi que la masse de carburant consommée pour une étape de 790 Nm. La masse prévue à l'atterrissage est de 26 tonnes.

Utiliser l'abaque 03-12-3.

Durée du vol =

Carburant consommé =

*

Académie :	Session :
Examen ou Concours	Série* :
Spécialité/option* :	Repère de l'épreuve :
Épreuve/sous-épreuve :	
NOM :	
<small>(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)</small>	
Prénoms :	N° du candidat
Né(e) le :	<input type="text"/>
<small>(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)</small>	

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

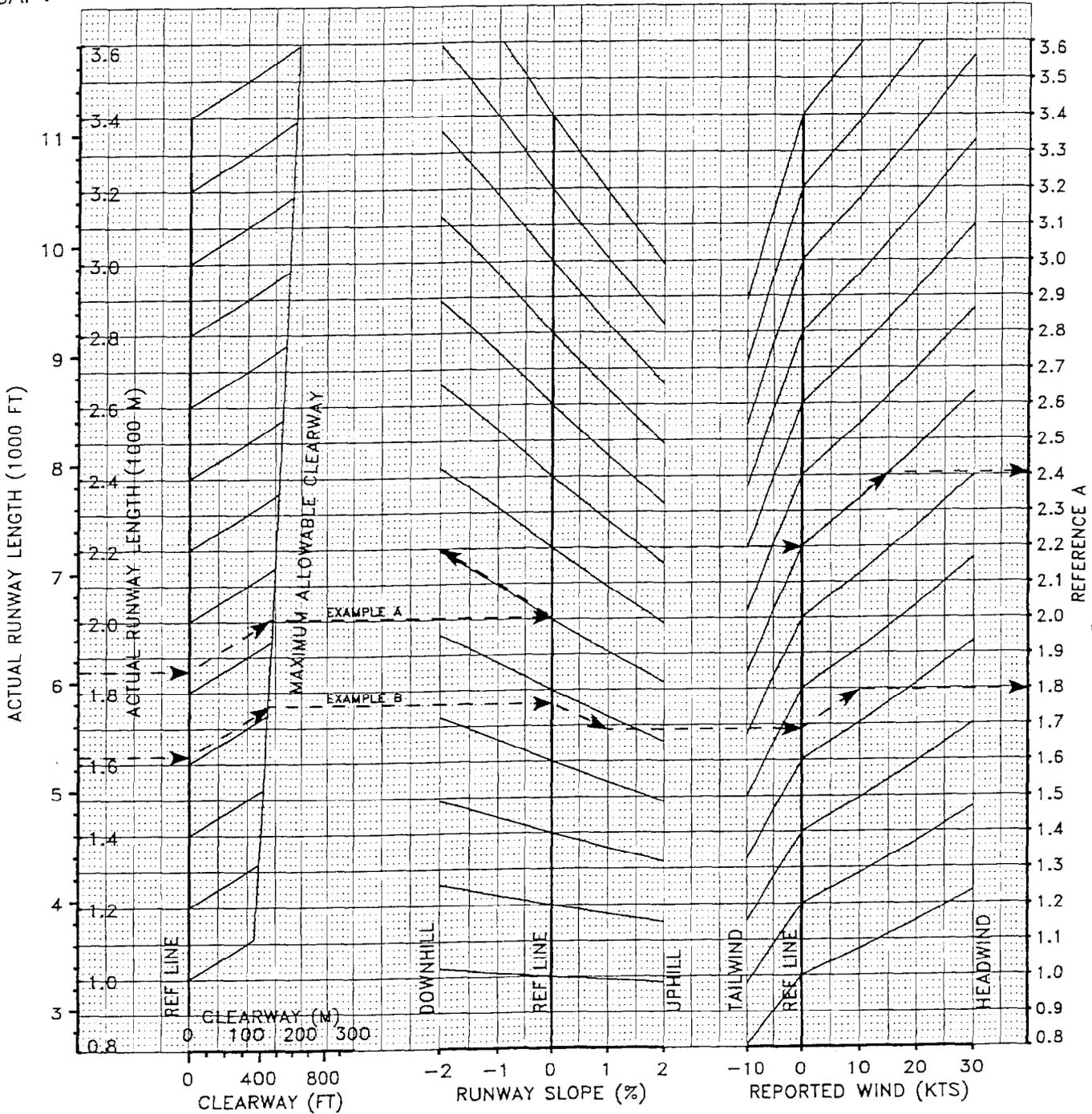
* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

MEE5AFV

ANNEXES T.U.

Ne pas enlever l'agrafe.

MEE5AFV

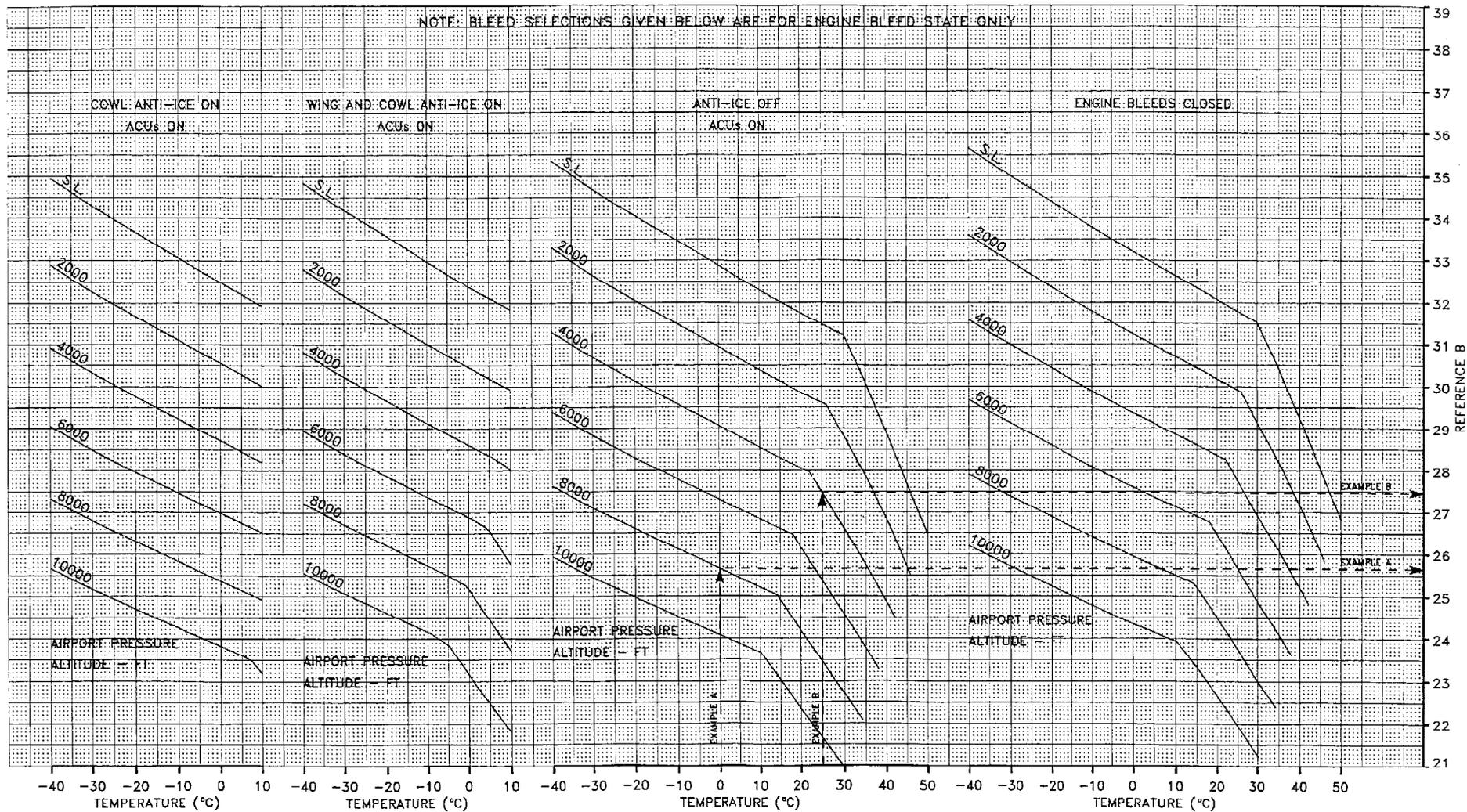


TOFLAOP1_F08_RJX_MC_13JUN00

FLAPS 8

Take-Off Weight Limited by Field Length Requirements – All Engines Operating, FLAPS 8
Figure 06-03-3 (page 1 of 3)

DOT Approved	Airplane Flight Manual CSP B-012	
--------------	-------------------------------------	--

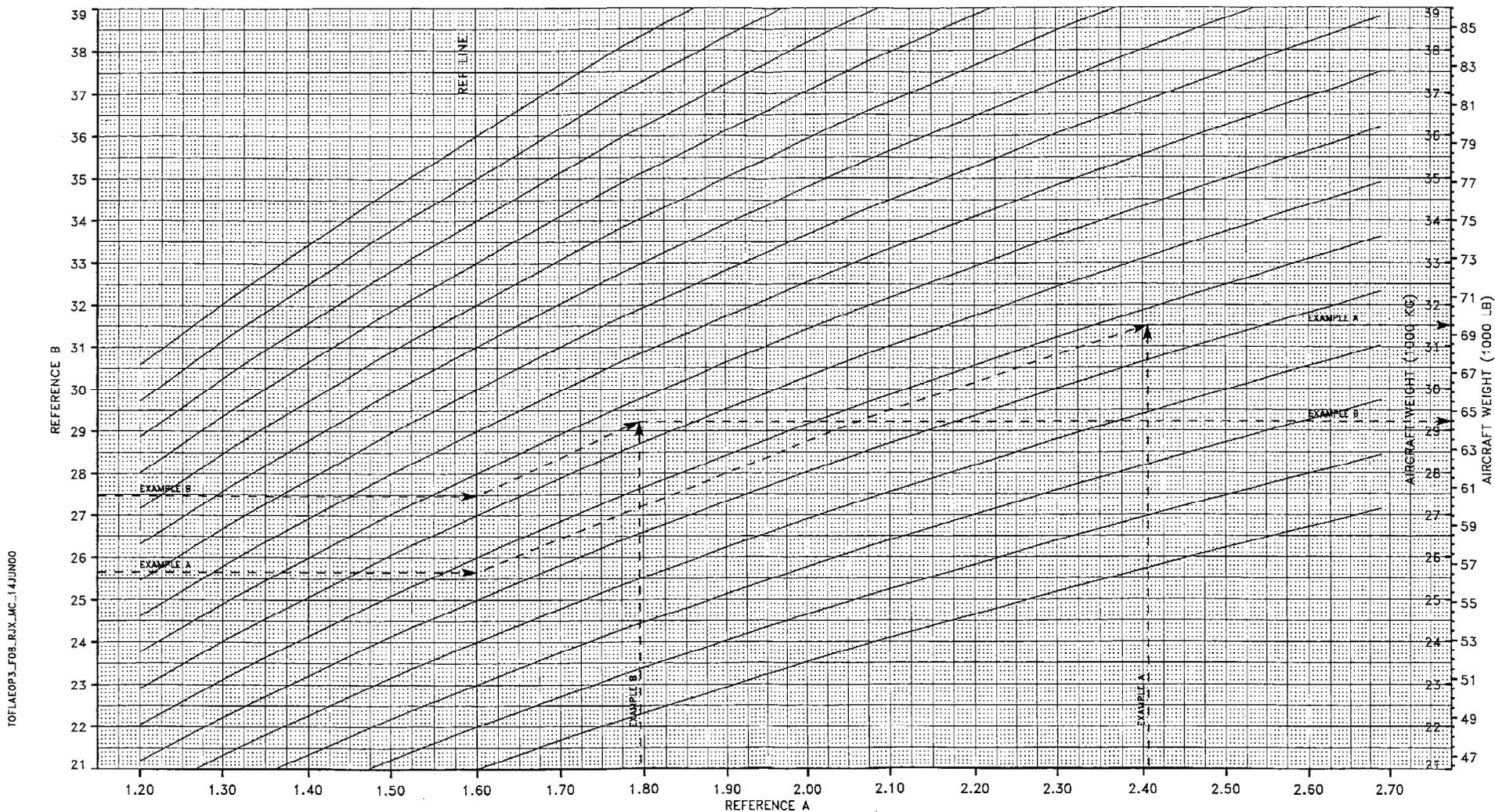


Take-Off Weight Limited by Field Length Requirements – All Engines Operating, FLAPS 8 (page 2 of 3)
Figure 06-03-3

FLAPS 8

DOT Approved

Airplane Flight Manual
CSP B-012



TOFLAOP3_F08_RJX_MC_14JUN00

Take-Off Weight Limited by Field Length Requirements – All Engines Operating, FLAPS 8 (page 3 of 3)
Figure 06-03-3

FLAPS 8

DOT Approved

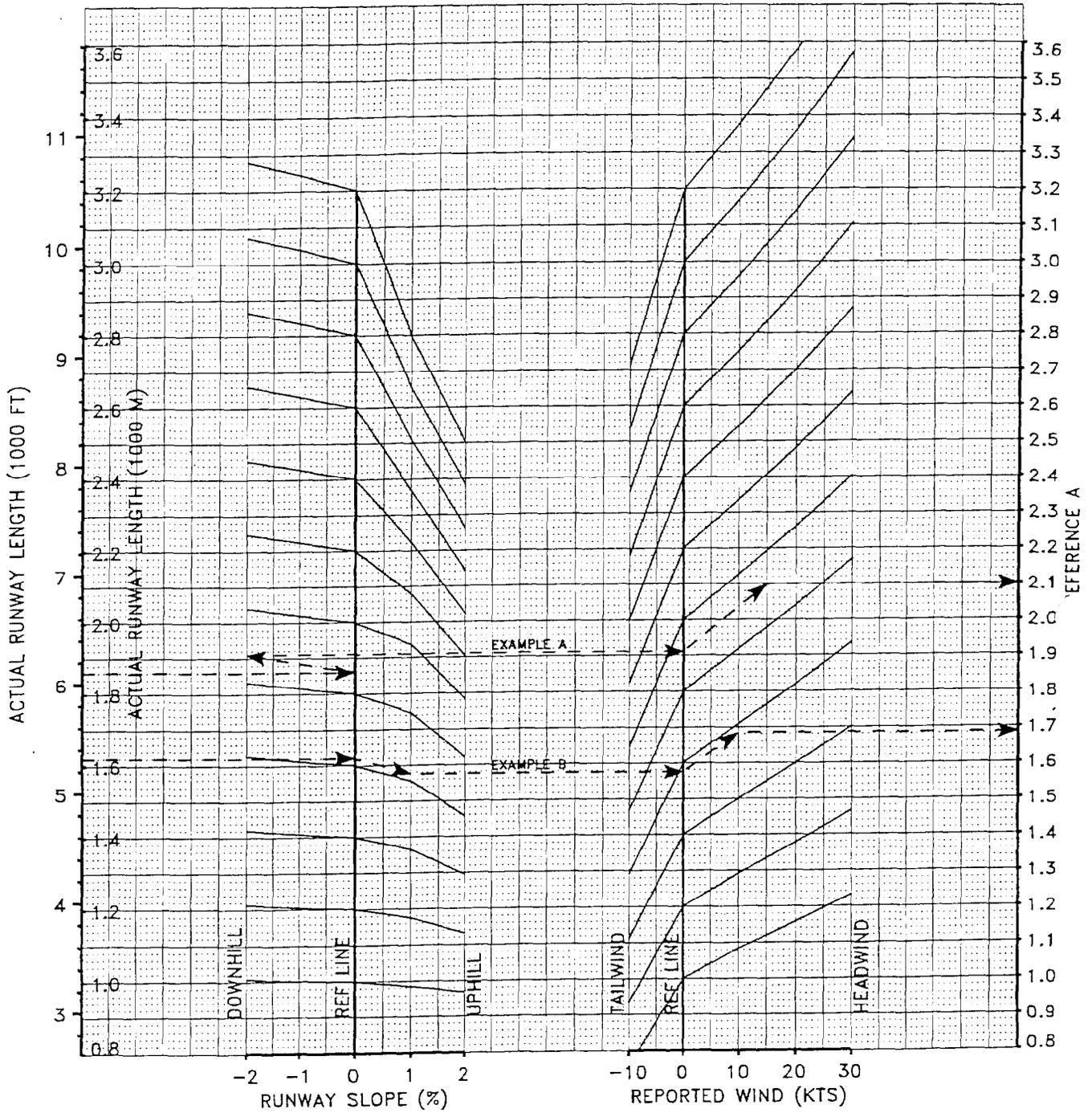
Airplane Flight Manual
CSP B-012



PERFORMANCE
Take-Off Performance

06-03-26

Dec 22/00



FLAPS 8

Take-Off Weight Limited by Field Length Requirements, Dry Runway – V_{MC} Limited, FLAPS 8
Figure 06-03-4 (page 1 of 5)

DOT Approved	Airplane Flight Manual CSP B-012	
--------------	-------------------------------------	--

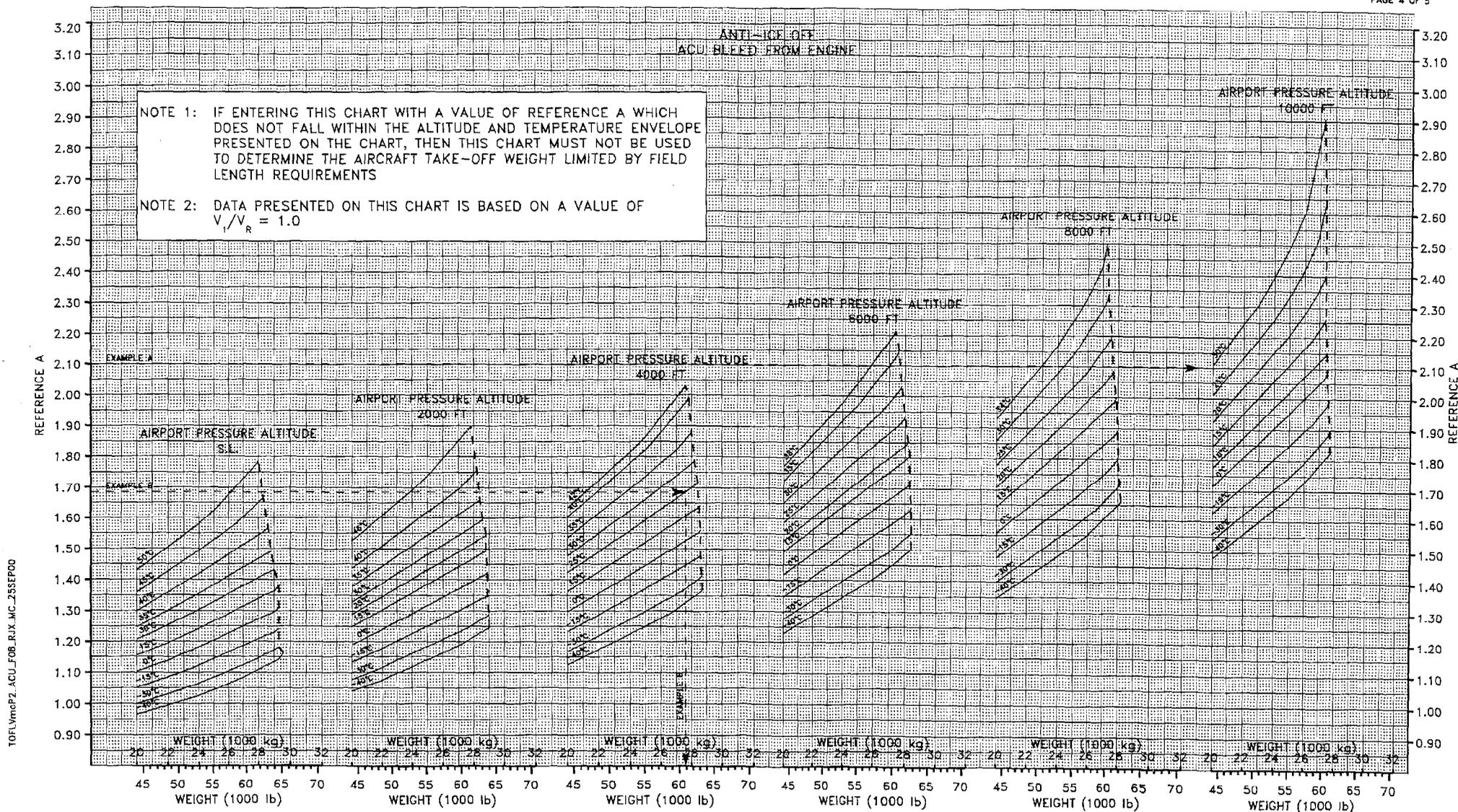


PERFORMANCE
Take-Off Performance

06-03-31/32

Dec 22/00

PAGE 4 OF 5



Take-Off Weight Limited by Field Length Requirements, Dry Runway - V_{MC} Limited, FLAPS 8 (page 4 of 5)
Figure 06-03-4

FLAPS 8

DOT Approved

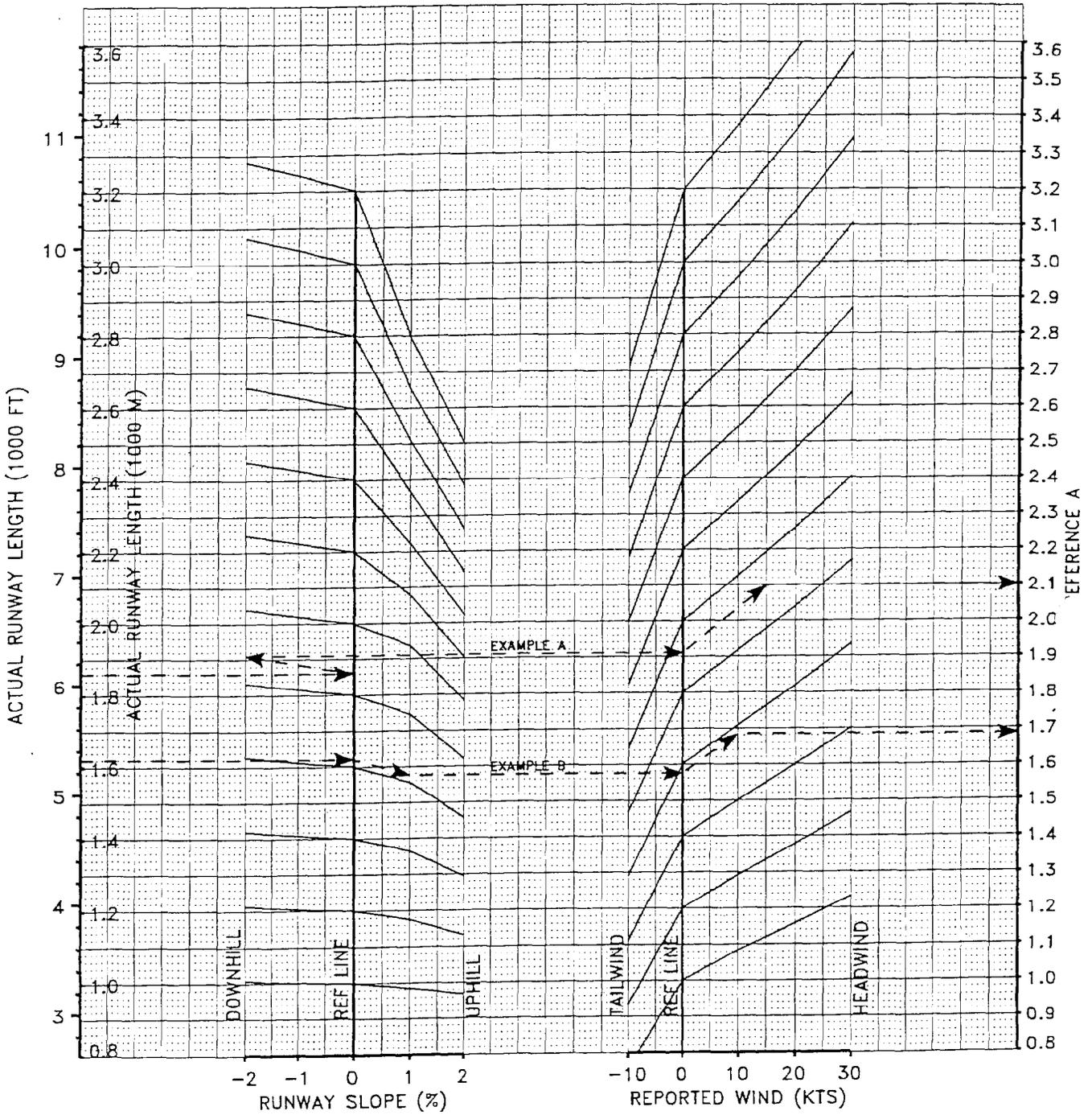
Airplane Flight Manual
CSP B-012



PERFORMANCE
Take-Off Performance

06-03-26

Dec 22/00



FLAPS 8

Take-Off Weight Limited by Field Length Requirements, Dry Runway – V_{MC} Limited, FLAPS 8
Figure 06-03-4 (page 1 of 5)

DOT Approved	Airplane Flight Manual CSP B-012	
--------------	-------------------------------------	--

TOFLYmeP1_F08_RUX_MC_27JUN00

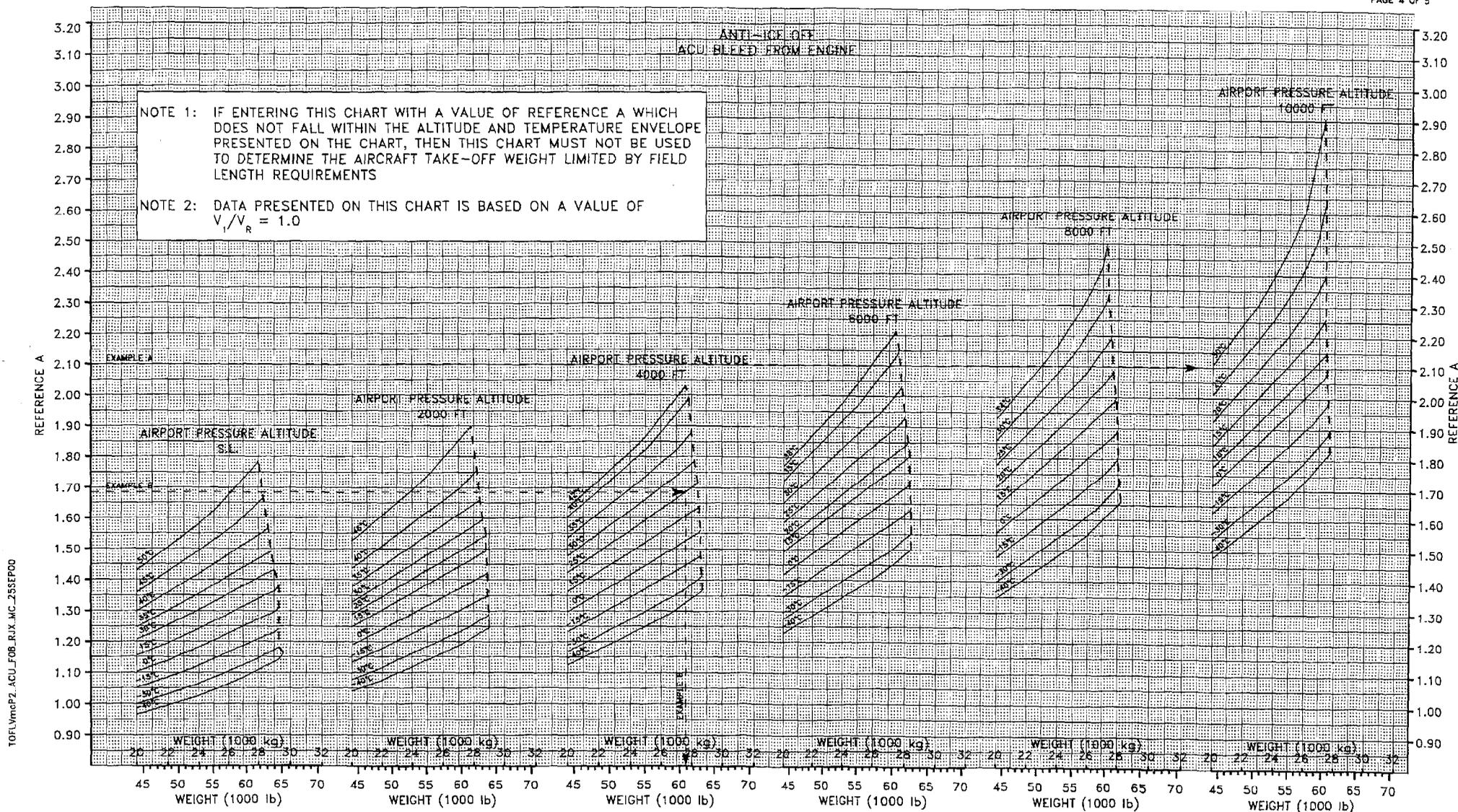


PERFORMANCE
Take-Off Performance

06-03-31/32

Dec 22/00

PAGE 4 OF 5

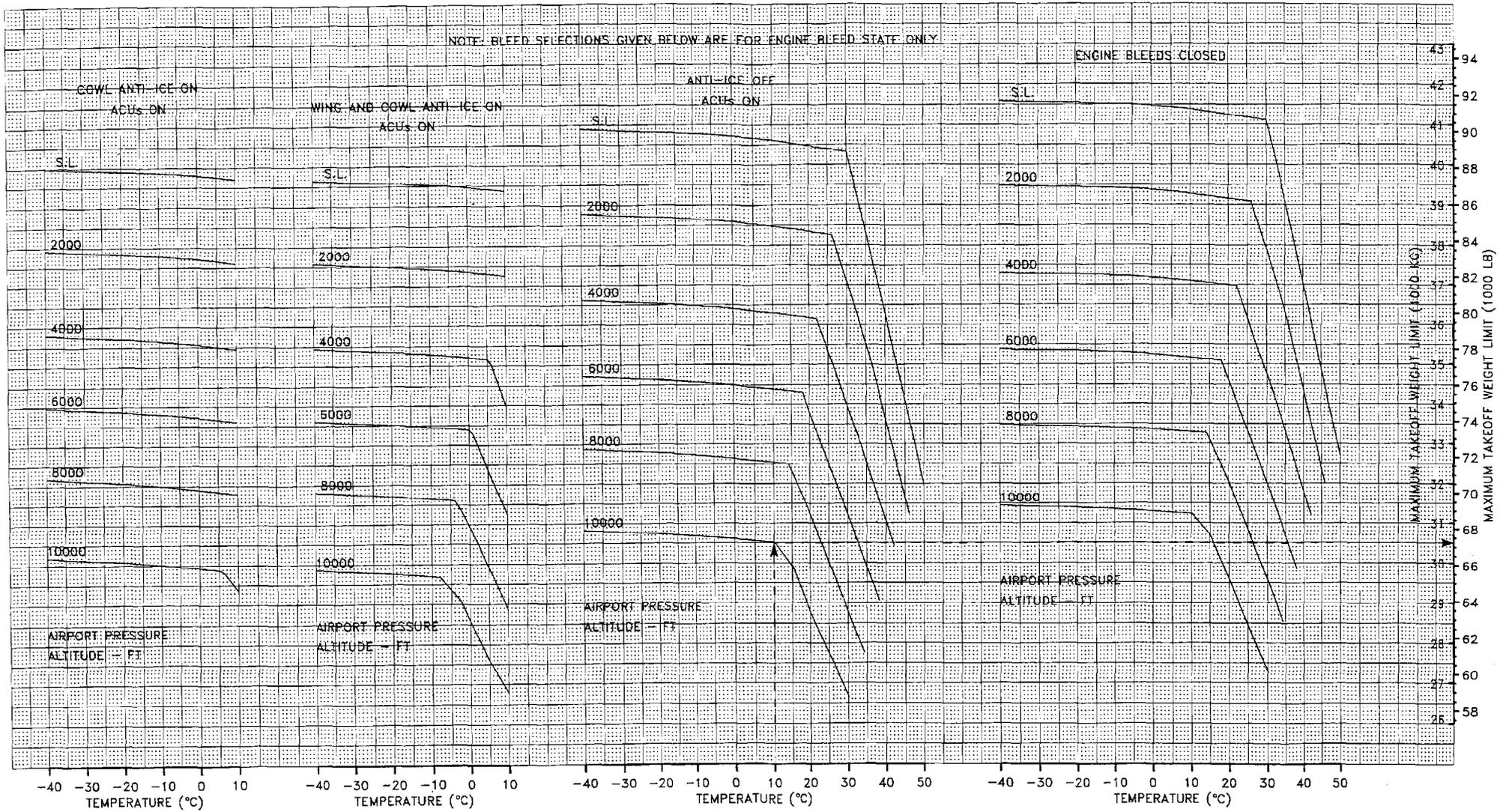


Take-Off Weight Limited by Field Length Requirements, Dry Runway - V_{MC} Limited, FLAPS 8 (page 4 of 5)
Figure 06-03-4

FLAPS 8

DOT Approved

Airplane Flight Manual
CSP B-012

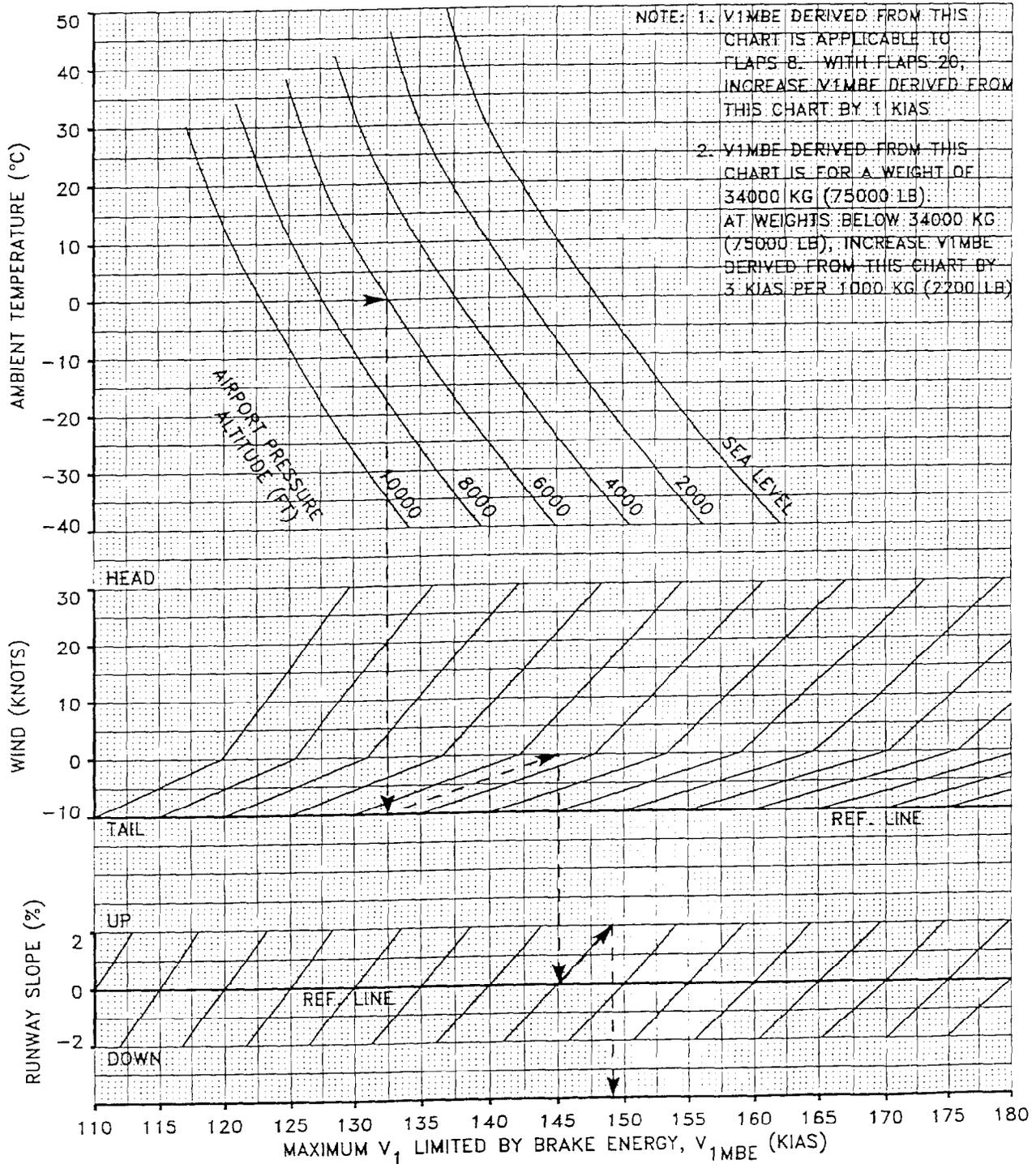


Take-Off Weight Limited by Climb Requirements - FLAPS 8
Figure 06-03-11

FLAPS 8

DOT Approved

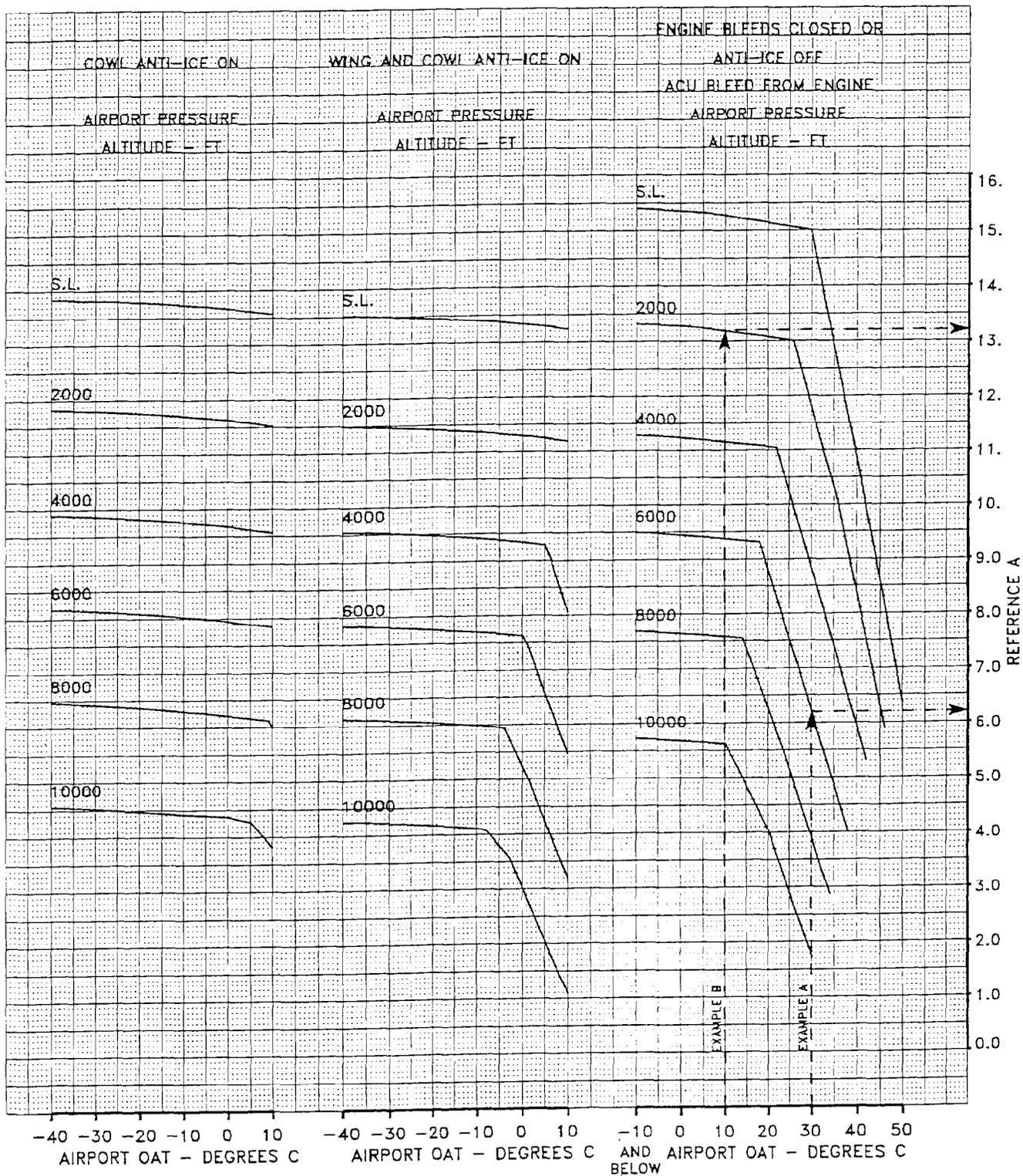
Airplane Flight Manual
CSP B-012



v1mbe_f08_r1x_j1_27jun00

Maximum V_1 Limited By Brake Energy (V_{1MBE}) – FLAPS 8
Figure 06-03-13

DOT Approved	Airplane Flight Manual CSP B-012	
--------------	---	--



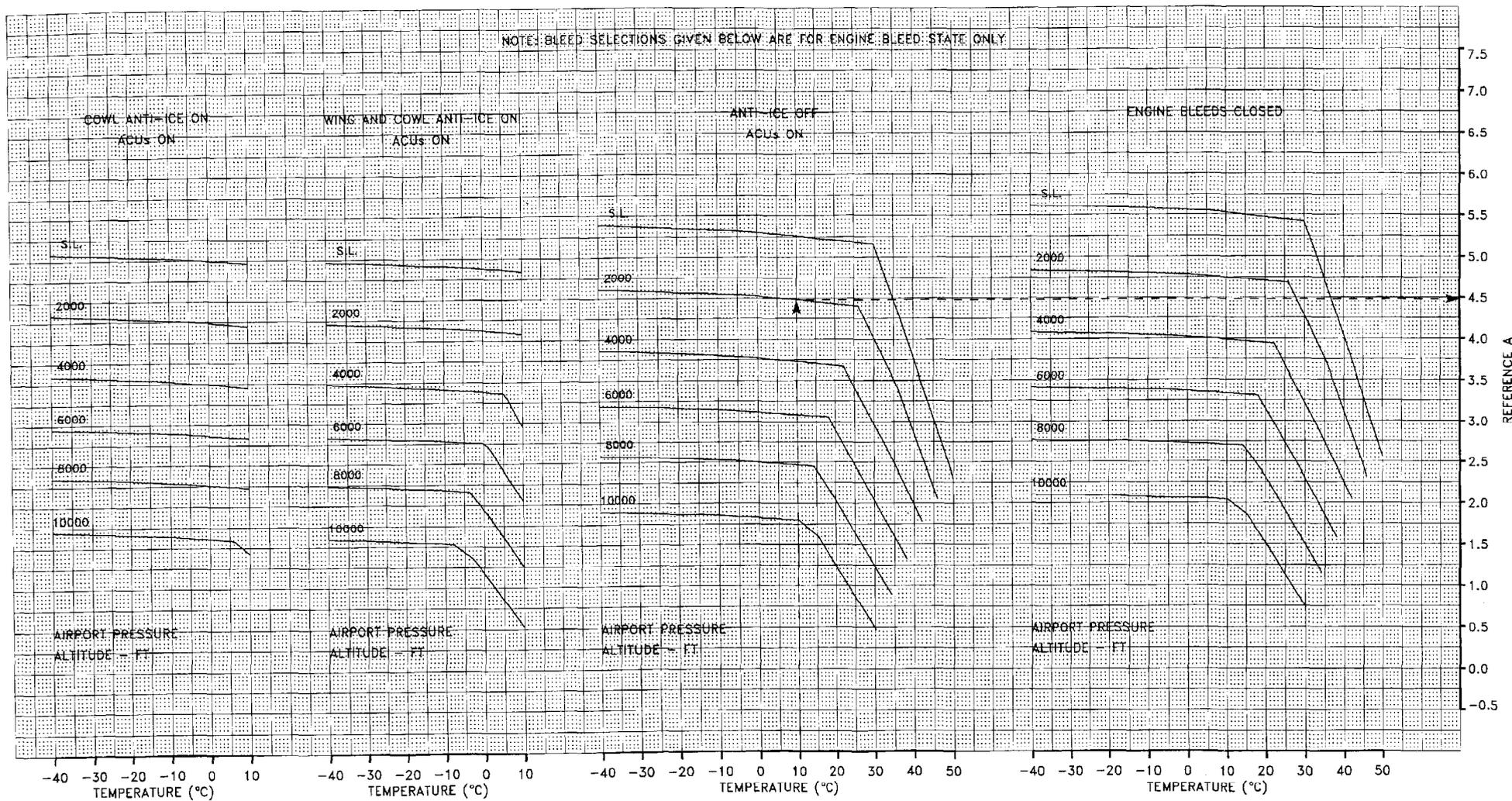
vrv2P1_108_rjx_MC_27sep00

Take-Off Speeds - FLAPS 8 (page 1 of 2)
Figure 06-03-14

FLAPS 8

DOT Approved	Airplane Flight Manual CSP B-012	
--------------	-------------------------------------	--

NOTE: BLEED SELECTIONS GIVEN BELOW ARE FOR ENGINE BLEED STATE ONLY



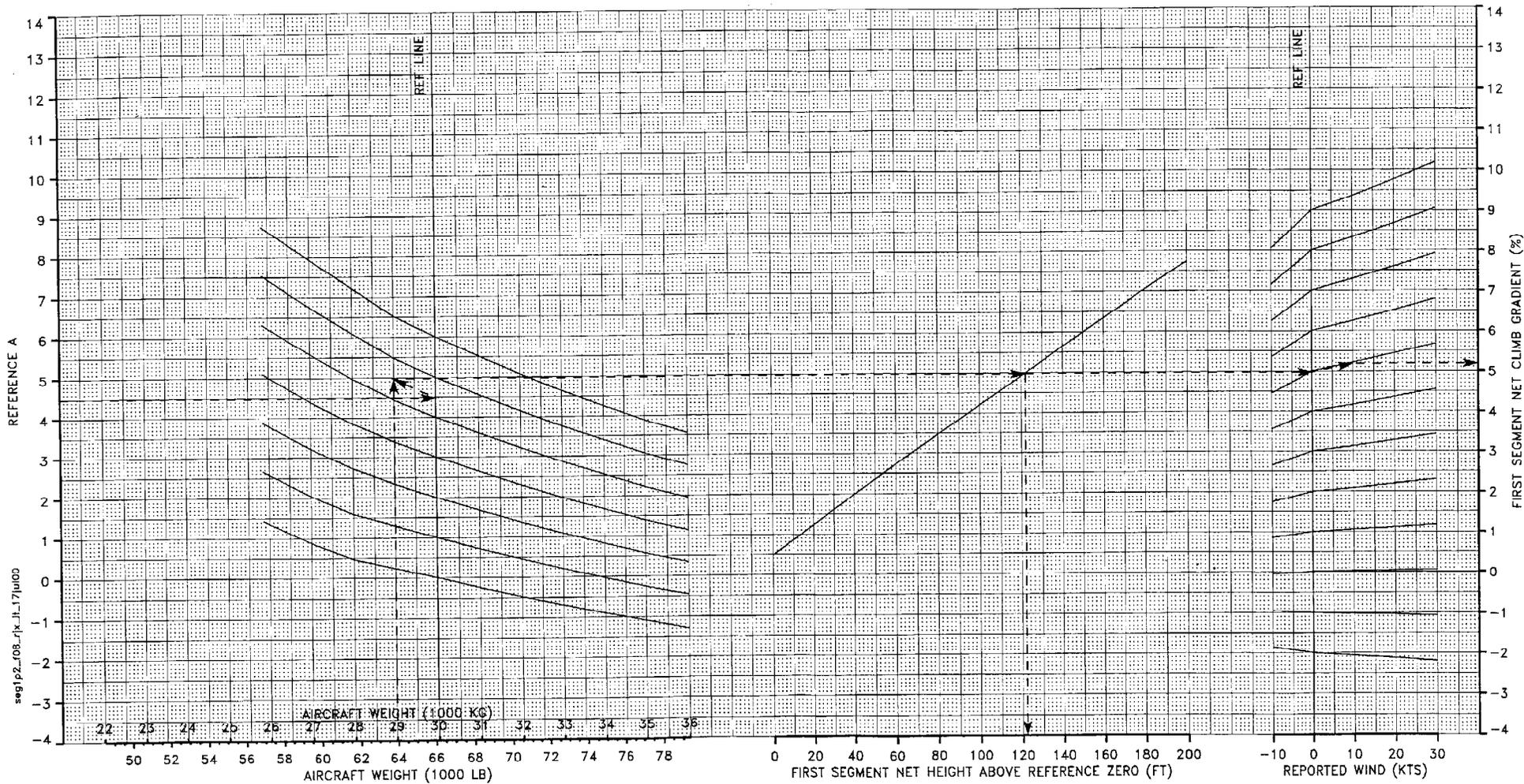
seg1p1_108_r1x_11_27sep00

First Segment Net Climb Gradient and Net Height - FLAPS 8 (page 1 of 2)
Figure 06-04-3

FLAPS 8

DOT Approved

Airplane Flight Manual
CSP B-012



First Segment Net Climb Gradient and Net Height - FLAPS 8 (page 2 of 2)
Figure 06-04-3

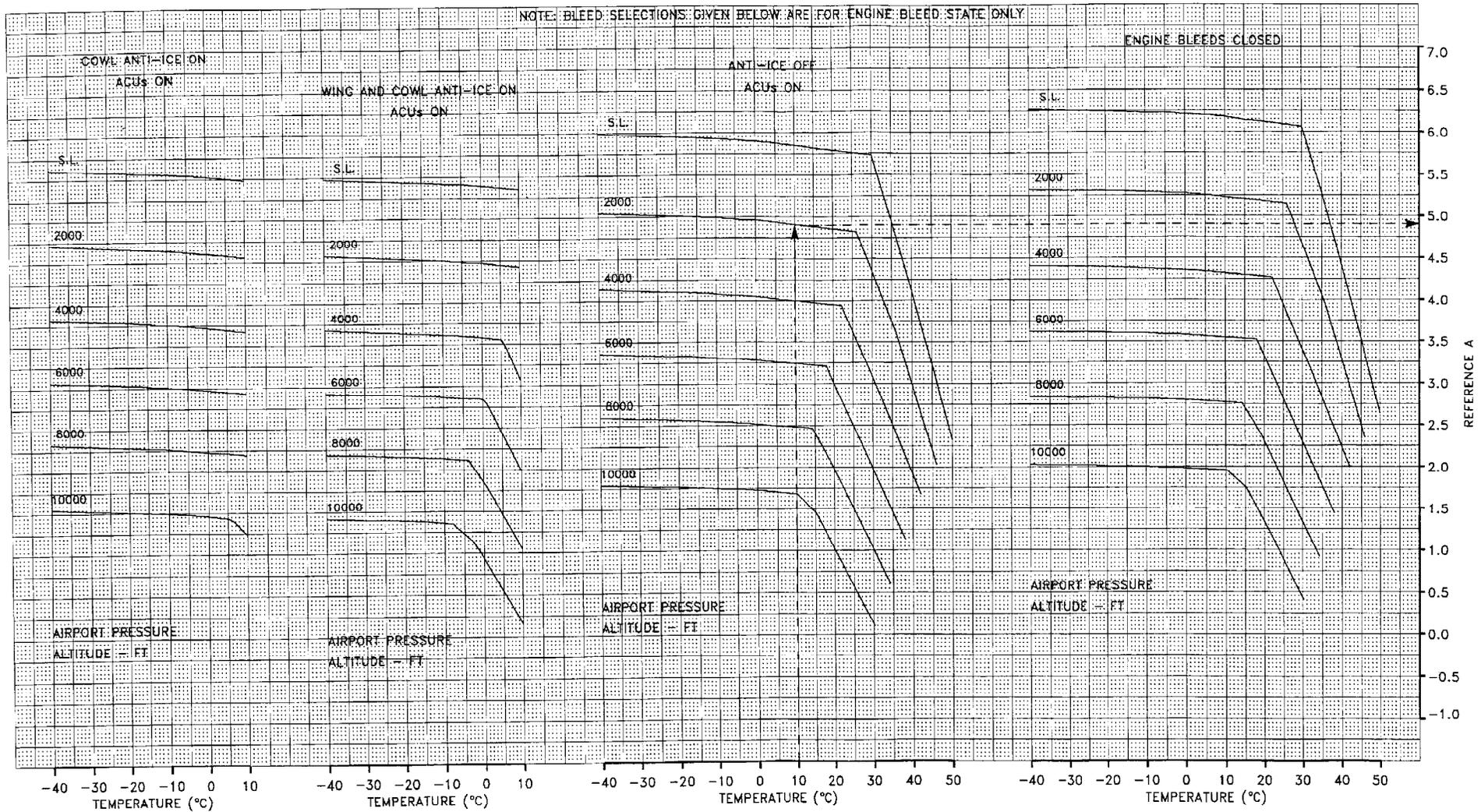
FLAPS 8

DOT Approved

Airplane Flight Manual
CSP B-012



NOTE: BLEED SELECTIONS GIVEN BELOW ARE FOR ENGINE BLEED STATE ONLY



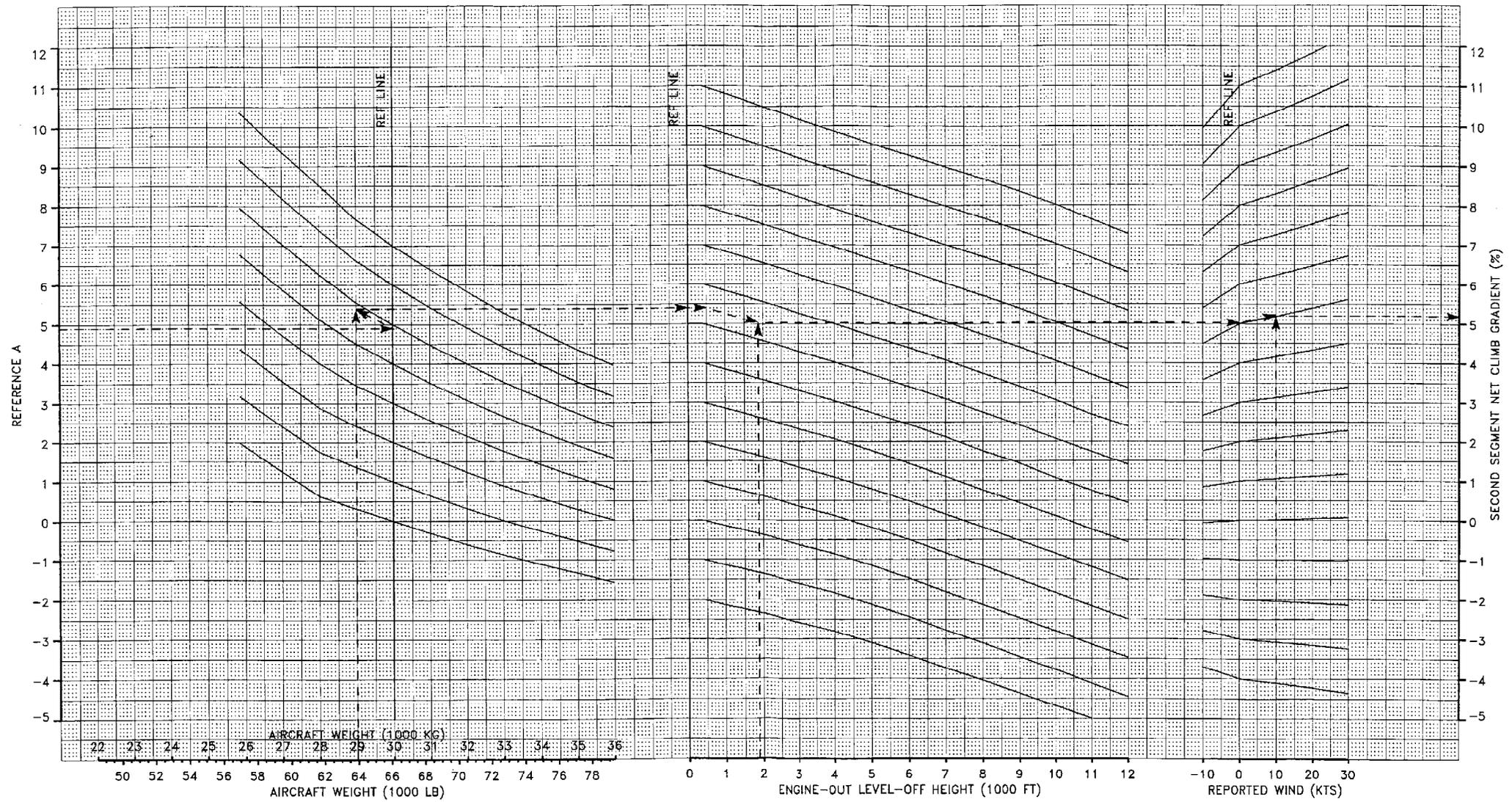
Second Segment Net Climb Gradient - FLAPS 8 (page 1 of 2)
Figure 06-04-7

FLAPS 8

DOT Approved

Airplane Flight Manual
CSP B-012

seg2pl_108_rfx_sq_12oct00

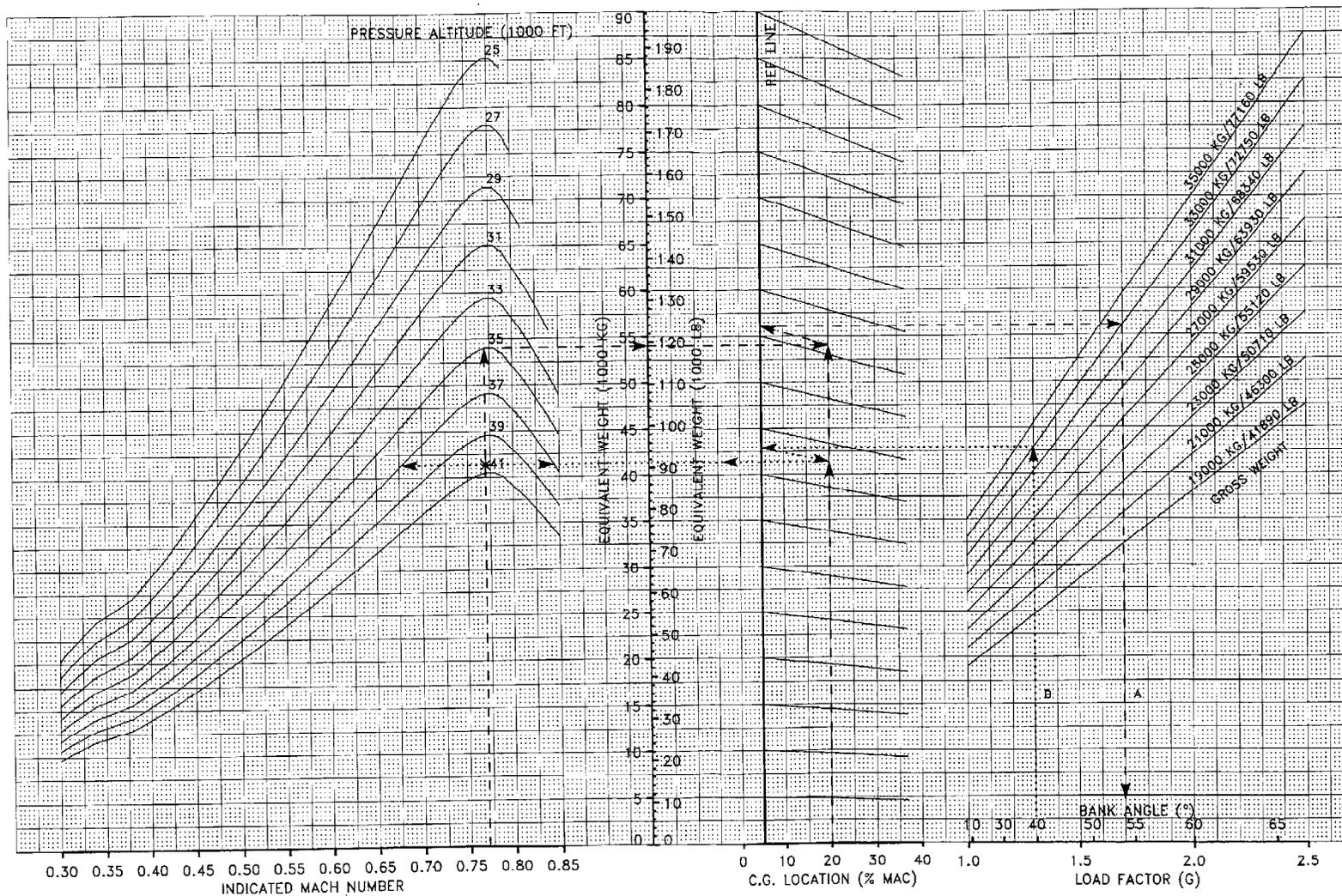


Second Segment Net Climb Gradient - FLAPS 8 (page 2 of 2)
Figure 06-04-7

FLAPS 8

DOT Approved

Airplane Flight Manual
CSP B-012



manv_flx_cf_31oct00.pro

Maneuvering Capabilities Figure 06-01-9

Airplane Flight Manual CSP B-012

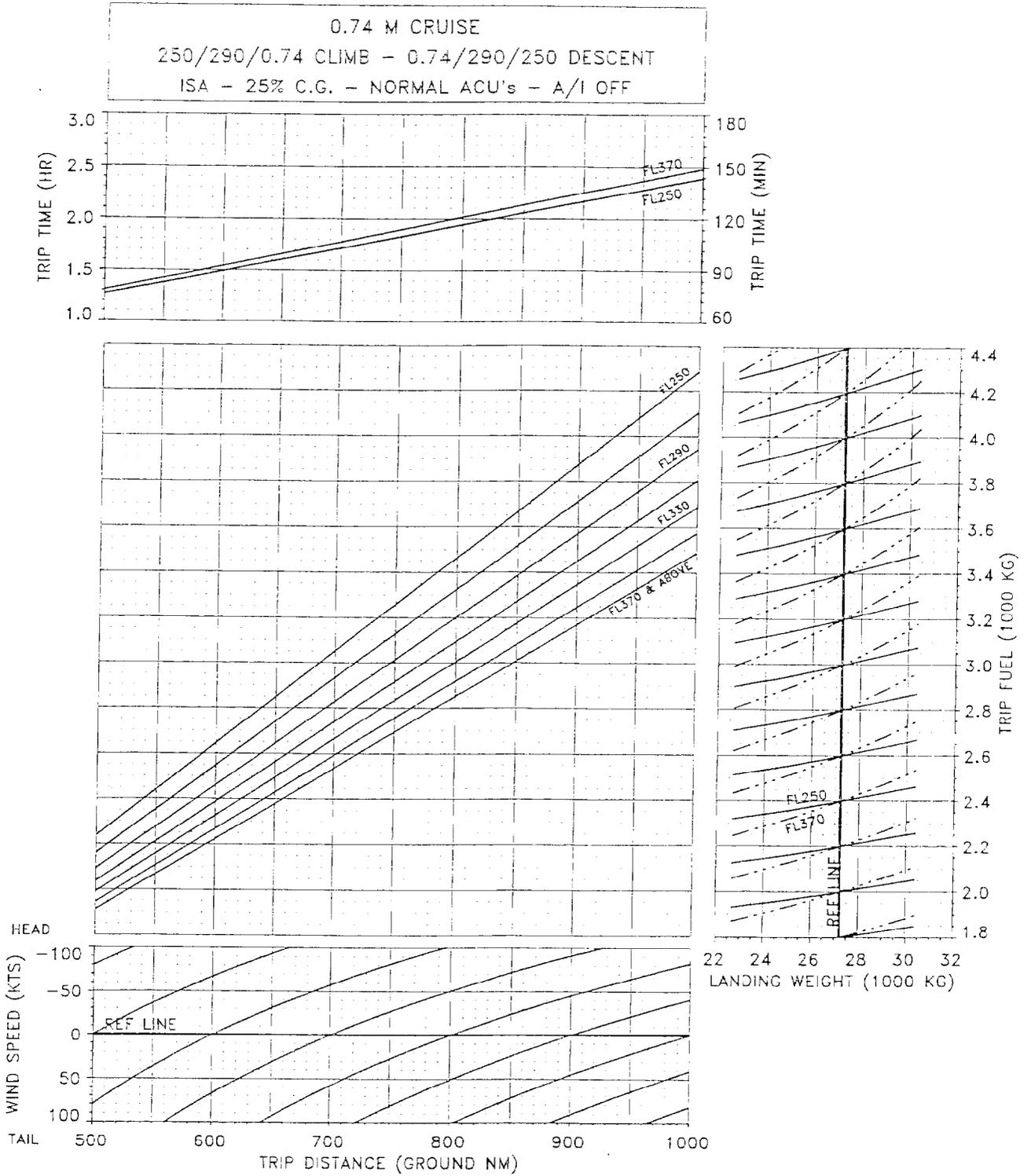
DOT Approved



FLIGHT PLANNING
Simplified Flight Planning

03-12-3

Feb 02/01



RXX_SFP_CR74M_N2.PS - 29/11/2000

Simplified Flight Planning - 0.74 M (Page 2 of 3)
Figure 03-12-1

Flight Planning and Cruise Control Manual	
CSP B-015	