Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS SESSION 2019

Épreuve E4 – Étude préliminaire de produit

Unité U42 – Conception préliminaire

Coefficient 6 - Durée 6 heures

Aucun document autorisé

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

<u>Le sujet comporte trois dossiers :</u>

- un dossier technique ;

- un dossier travail ;

- un dossier réponse.

Le dossier réponse est à joindre aux feuilles de copie.

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS SESSION 2019

Épreuve E4 – Étude préliminaire de produit

Unité U42 – Conception préliminaire

DOSSIER TECHNIQUE

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

Ce dossier comporte 17 pages.

DT1 à DT3 : mise en situation, vocabulaire, et caractéristiques du Douglas C-47 Skytrain
DT4 : diagramme de cas d'utilisation et diagramme de contexte
DT5 : diagramme des exigences
DT6 : extrait norme EN 13814 et extrait du scénario représentatif de la simulation du C-47
DT7 à DT 10 : caractéristiques techniques liées aux vérins
DT11 : caractéristiques des compresseurs et pertes de charges dans une canalisation d'air
DT12 : détail de l'articulation châssis mobile – châssis tangage
DT13 : nomenclature des charges
DT14 : notice de calcul pour rotules
DT15 : documentation constructeur rotules
DT16 : détail de la construction du bras articulé
DT17 : contraintes dans le châssis mobile

Mise en situation

La société CL CORPORATION, basée près de Rennes, conçoit, développe et produit des solutions technologiques innovantes dans les domaines de l'interactivité, de la muséographie et du divertissement.



L'équipe technique de CL CORPORATION s'est spécialisée dans la production de sièges dynamiques individuels (Figure 1). Ces sièges réalisent des mouvements de rotation et de translation, pouvant s'adapter à tous types de cahiers des charges (lieux, films, thèmes…) des parcs d'attractions.

Figure 1 :
siège individuel de divertissement (charge maximum de 342 kg).

Comme suite à une demande particulière du Centre Historique des Parachutistes, le bureau d'étude en mécanique et automatisme cherche à concevoir un simulateur (Figure 2) permettant de recréer les mouvements réalistes d'un avion DOUGLAS C-47. La simulation intitulée « D-DAY EXPERIENCE » reconstitue le transport pendant une durée de 5 min de 26 passagers dans les phases d'embarquement, de décollage, de vol et d'atterrissage forcé de l'avion.



Figure 2 :
vue générale du simulateur C-47.

L'objectif de l'étude, sera de vérifier, de valider et de dimensionner des solutions techniques, conformément aux extraits du cahier des charges présenté par les documents DT4 et DT5.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Pour toute la suite du sujet, on adoptera le système d'axes défini ci-dessous :

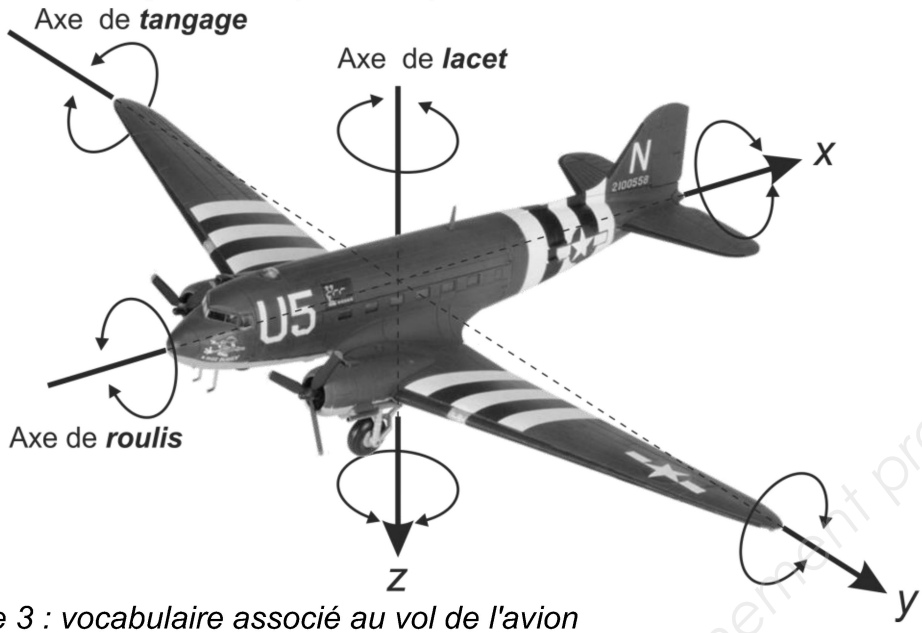


Figure 3 : vocabulaire associé au vol de l'avion

- Avion de transport militaire produit à 10 000 exemplaires à partir de novembre 1941.
- 2 moteurs à pistons (Pratt & Whitney R-1830-92) 1200 ch, masse de 567 kg chacun.
- Envergure 29,41 m, longueur 19,43 m, hauteur 5,18 m pour une masse à vide 7 760 kg.
- Charge utile de 6340 kg.



Figure 4 : caractéristiques de l'avion Douglas C-47 skytrain

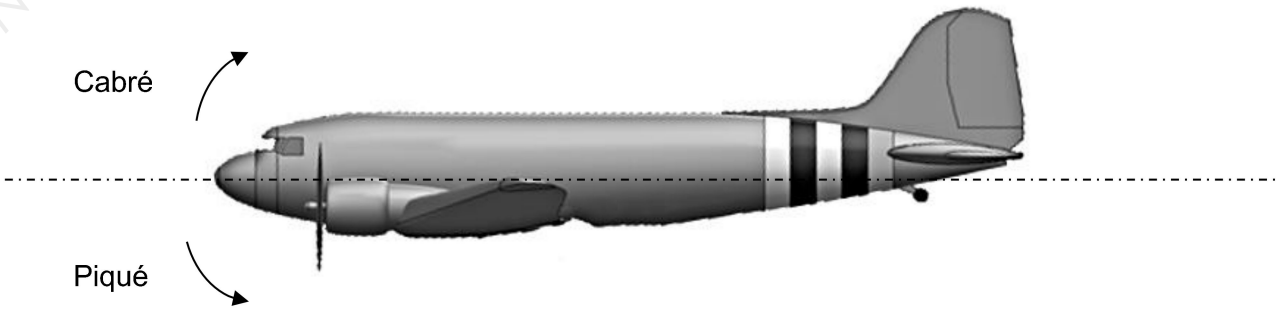


Figure 5 : vocabulaire associé au mouvement de tangage

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Pour réaliser le simulateur C-47, l'avion a été démonté, consolidé et réaménagé.
L'opération de consolidation a pour objectif de rigidifier la carlingue. Pour cela, CL CORPORATION a posé l'avion sur un châssis soutien (6) constitué d'une structure de renfort et d'échelles assurant la rigidité du fuselage de l'avion.

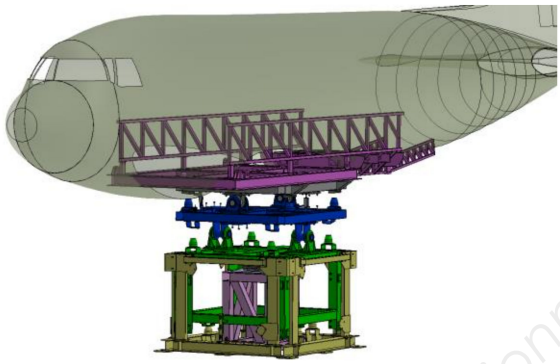


Figure 6 : modélisation du simulateur C-47

Les mouvements de l'avion, montée-descente, roulis et tangage, sont assurés par 3 châssis liés entre eux :
- le châssis roulis (5), en liaison complète avec le châssis soutien (6), permet à l'avion de faire un mouvement de rotation autour de l'axe x ;
- le châssis tangage (4), autorise à l'avion un mouvement de rotation autour de l'axe y ;
- enfin, le châssis mobile (3) autorise la translation de l'avion suivant l'axe z.

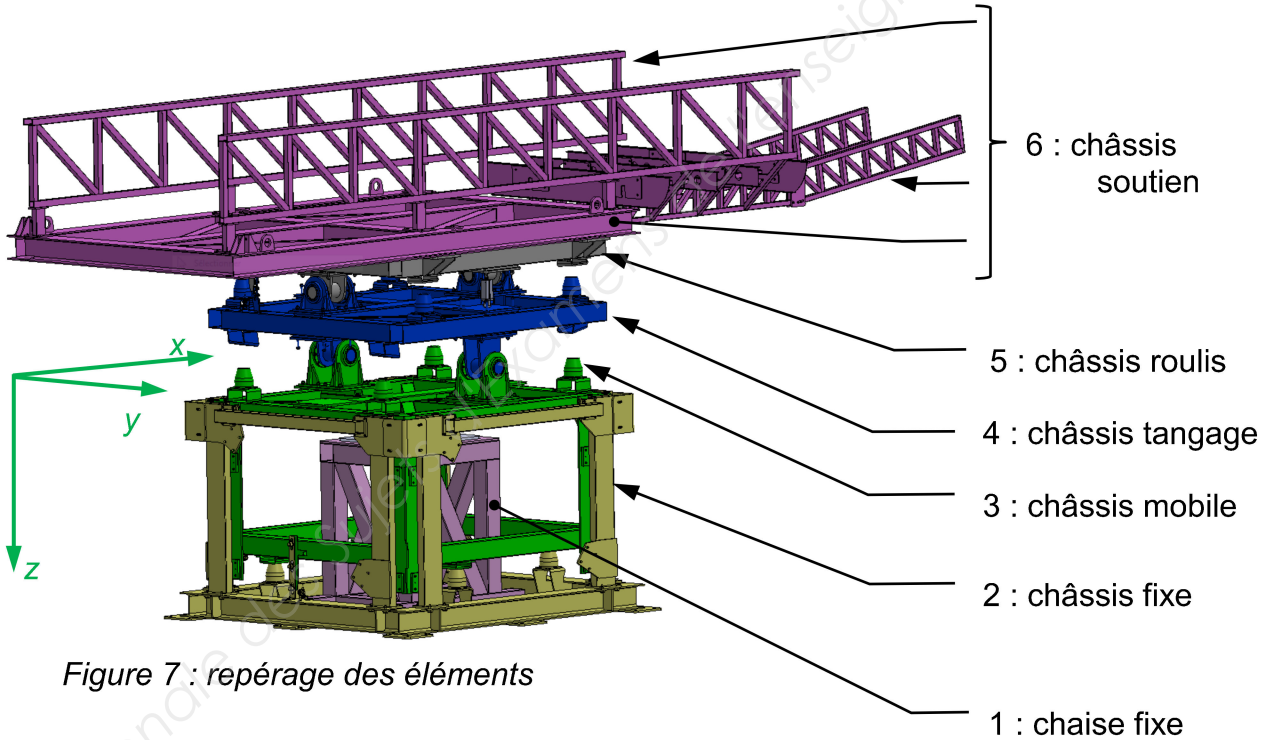


Figure 7 : repérage des éléments

On définit l'ensemble mobile comme étant {3+4+5+6+8+passagers}.

La partie fixe de l'ensemble mécanique (châssis fixe (2) et chaise fixe (1)) est ancrée dans une fosse creusée dans le sol du bâtiment (7). L'avion (8) est en appui sur la roue arrière pour l'embarquement des passagers.

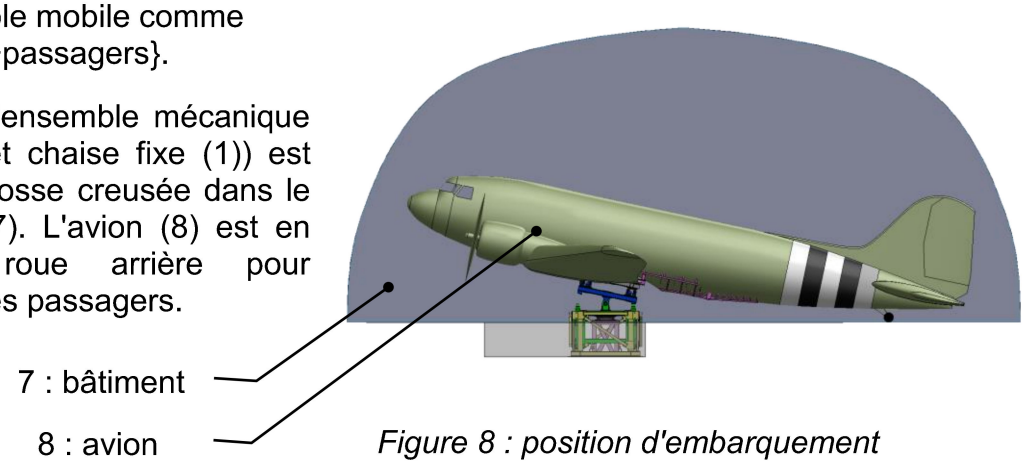


Figure 8 : position d'embarquement

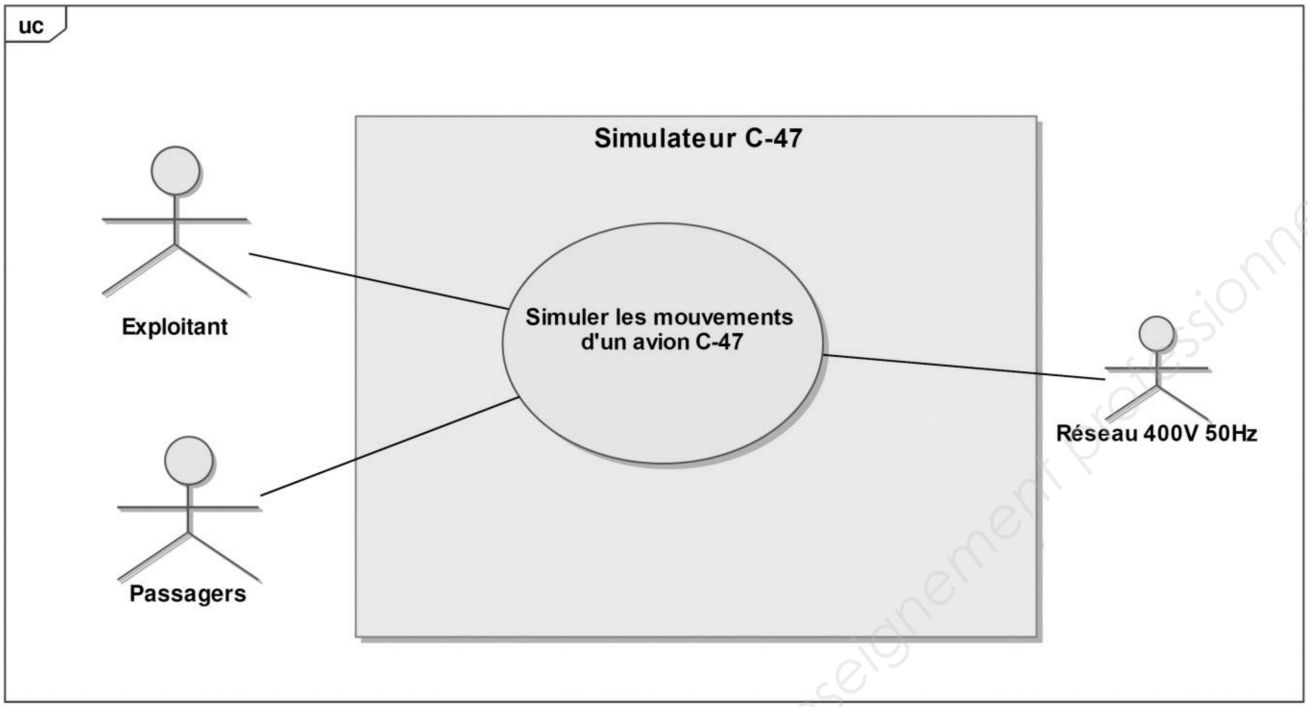


Figure 9 : diagramme de cas d'utilisation

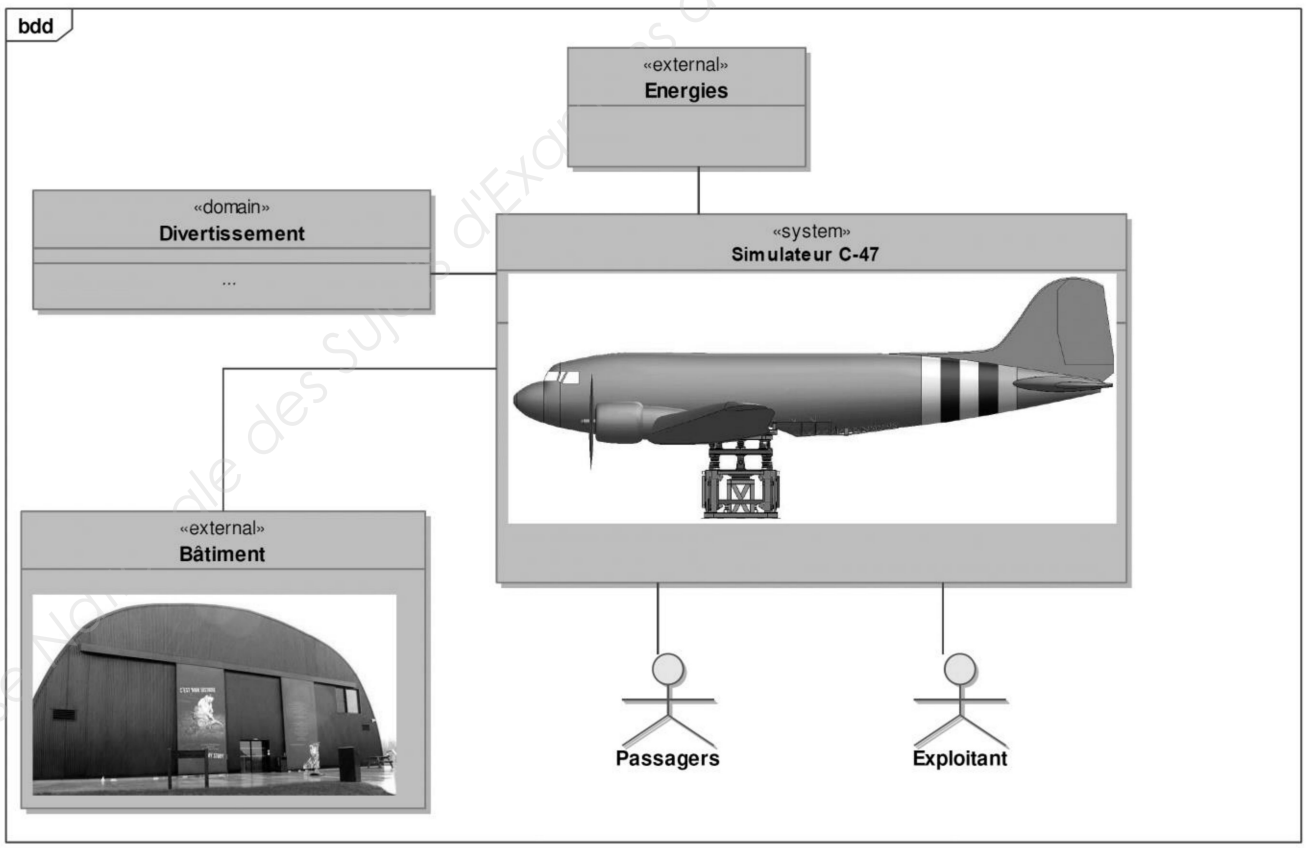


Figure 10 : diagramme de contexte

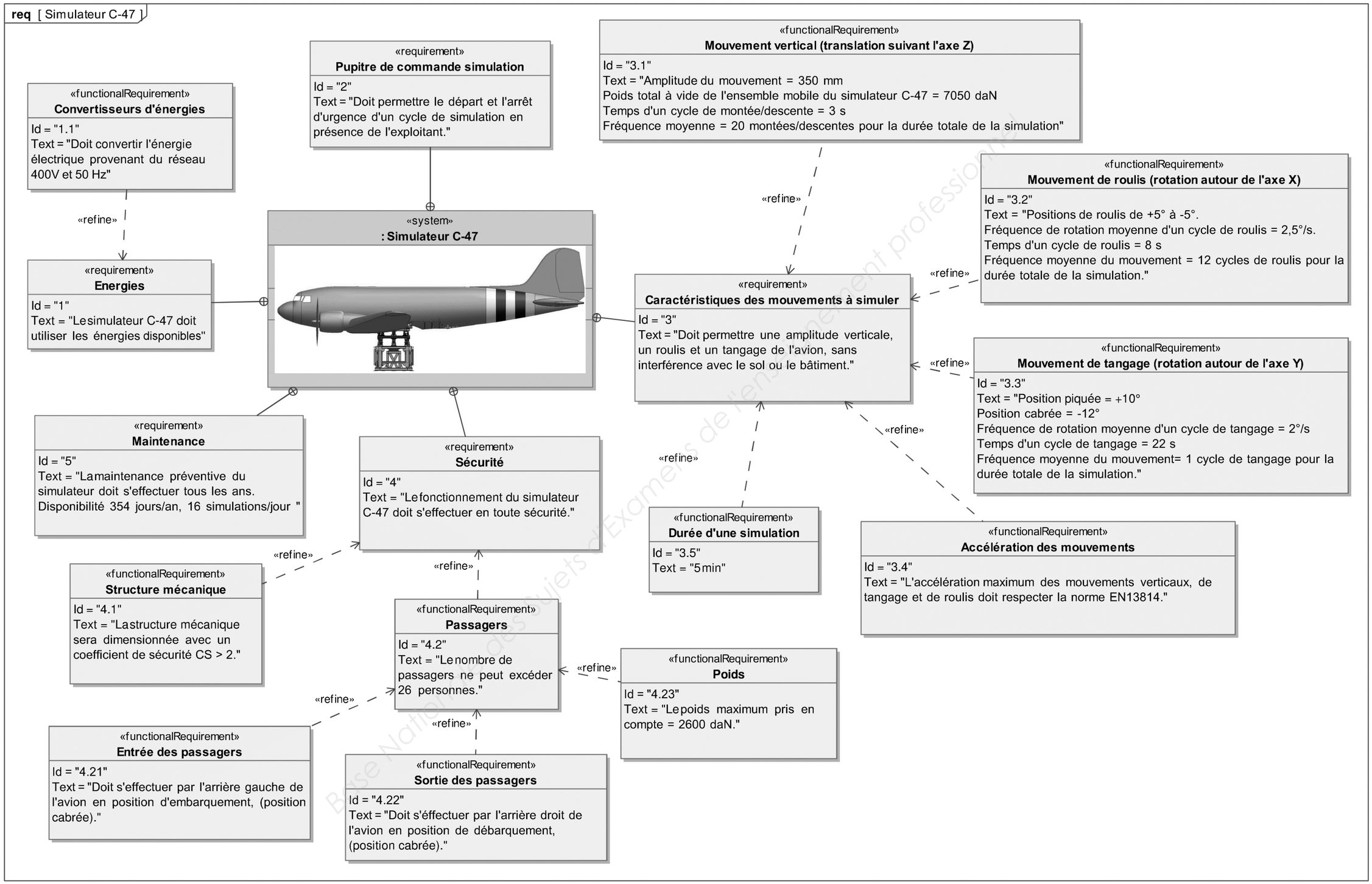


Figure 11 : diagramme des exigences

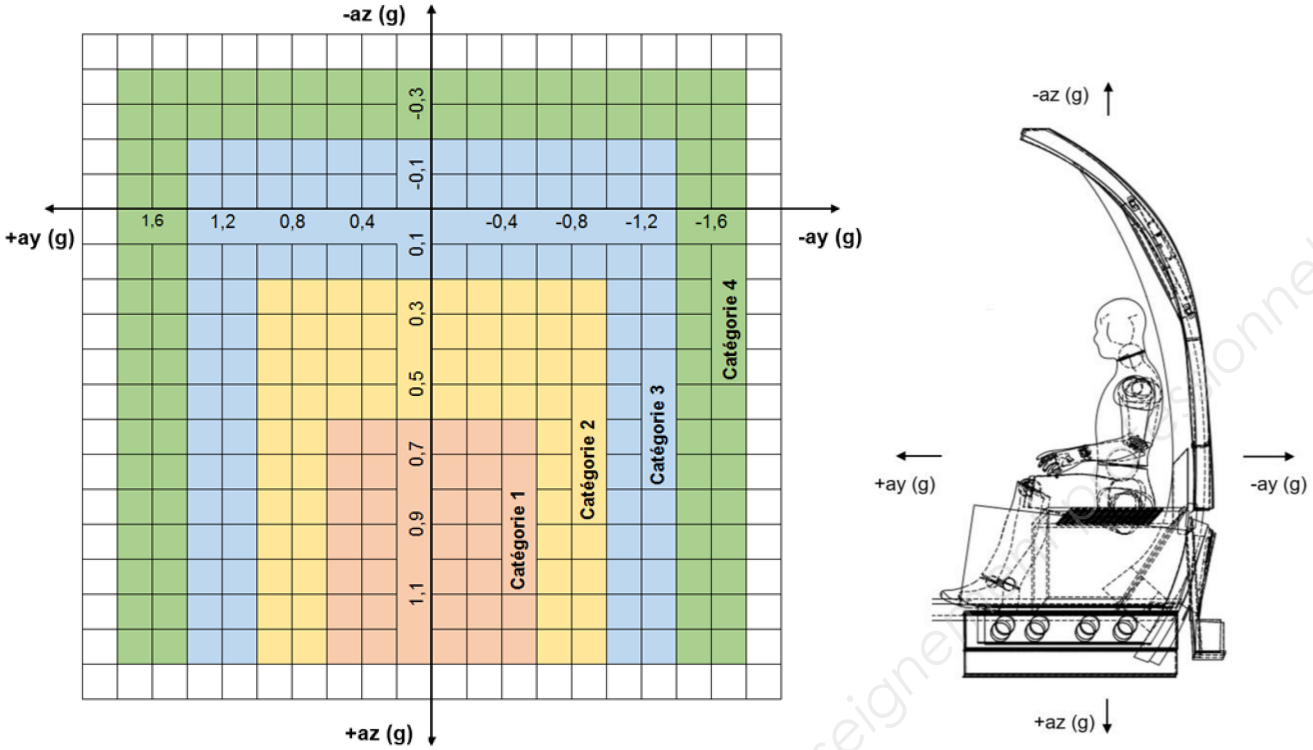


Figure 12 : extrait norme EN 13814,
diagramme des 4 catégories de machines et structures concernant les parcs d'attraction.

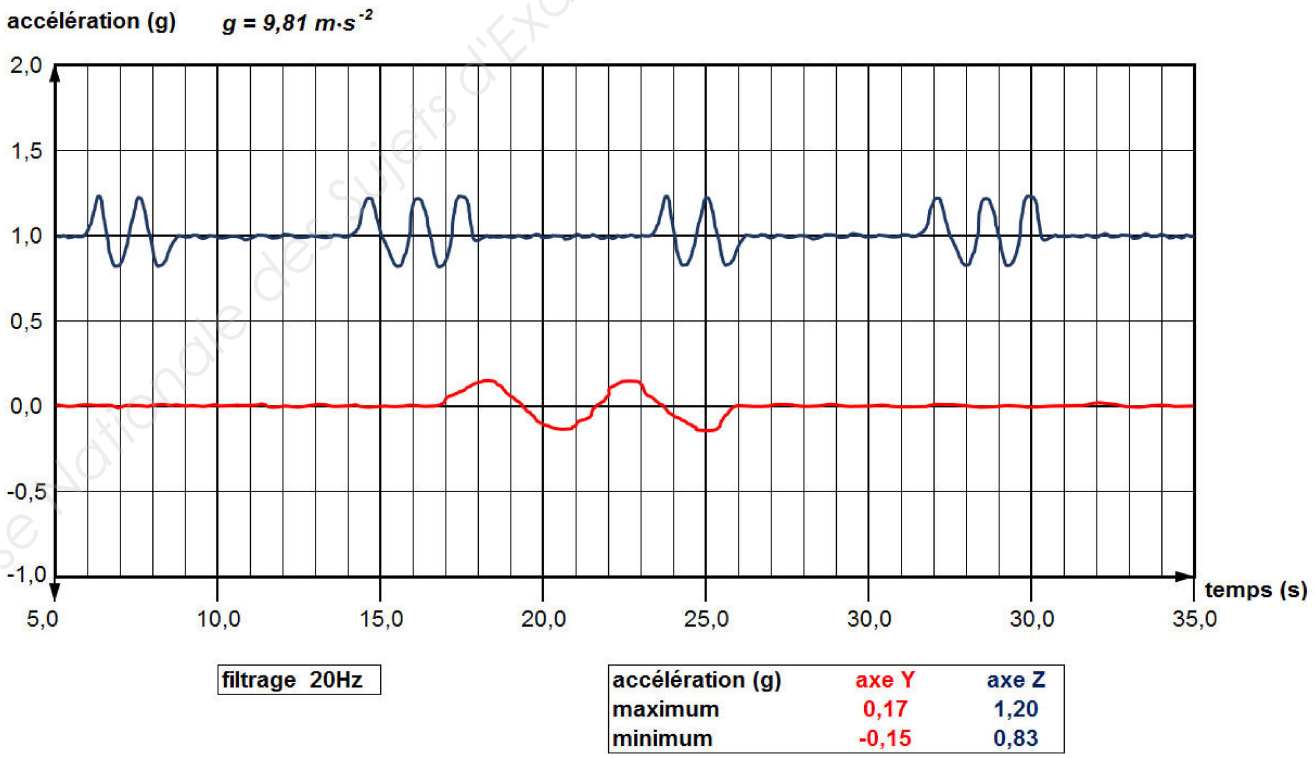


Figure 13 : accélérations subies par un passager lors du scénario représentatif de la simulation du C-47

Base nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Vérin électrique ELM 25 05 S	
Le vérin électrique transforme l'énergie électrique en énergie mécanique de translation. L'actionneur est constitué d'une vis entraînée par un moteur électrique, qui transforme le mouvement rotatif du moteur en mouvement linéaire de la tige du vérin.	

Course maximum de travail	500 mm
Force dynamique de poussée	62 kN
Pas de la vis	5 mm
Diamètre de la tige de vérin	50 mm
Encombrement (tige rentrée)	Longueur = 942 mm
Précision de positionnement	1 mm
Accélération maximum	3 $m \cdot s^{-2}$
Vitesse maximum	465 $mm \cdot s^{-1}$
Moteur	Servomoteur brushless
Alimentation électrique	400V 50Hz
Maintenance	Annuelle, préventive de niveau 3
Risques pour l'environnement	aucun
Dangerosité pour l'exploitant	Faible

Figure 14 : caractéristiques techniques d'un vérin électrique

Vérin hydraulique double effet SAHGEV 50104	
Le vérin hydraulique transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique de translation. L'introduction d'un fluide sous pression dans une des chambres permet le déplacement du piston qui transmet son mouvement à la tige du vérin.	

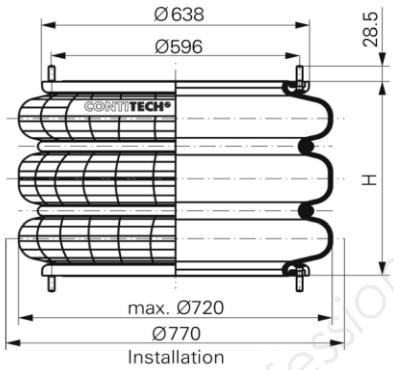
Course maximum de travail	400 mm
Force dynamique de poussée	138 kN
Diamètre du piston	100 mm
Encombrement (tige rentrée)	640 mm
Précision de positionnement	1 mm
Accélération maximum	4 $m \cdot s^{-2}$
Vitesse maximum	400 $mm \cdot s^{-1}$
Pression hydraulique de service	180 bar
Maintenance	Annuelle, préventive de niveau 4
Risques pour l'environnement	Important (fuite interne huile)
Dangerosité pour l'exploitant	Très élevée lors d'une rupture de conduite hydraulique (d'après ED 018 de l'INRS)

Figure 15 : caractéristiques techniques d'un vérin hydraulique

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Vérin pneumatique simple effet à trois ondes
CONTITECH FT 2870 45 RS

Le vérin pneumatique souple transforme l'énergie pneumatique en énergie mécanique de translation en se gonflant et en se dégonflant. Il peut être utilisé comme actionneur pneumatique ou comme ressort anti-vibration. Il est composé d'un corps en caoutchouc pris entre deux flasques métalliques pour la fixation. Le vérin se dégonfle en passant à l'échappement.



Course maximum de travail	444 mm
Inclinaison maximum	a = 10°
Force de rappel à hauteur minimale	800 N
Précision de positionnement	5 mm
Accélération maximum	5 $m \cdot s^{-2}$
Vitesse maximum	400 $mm \cdot s^{-1}$
Pression pneumatique de service	5 bar
Maintenance	Annuelle, préventive de niveau 2
Risques pour l'environnement	Aucun
Dangerosité pour l'exploitant	Faible

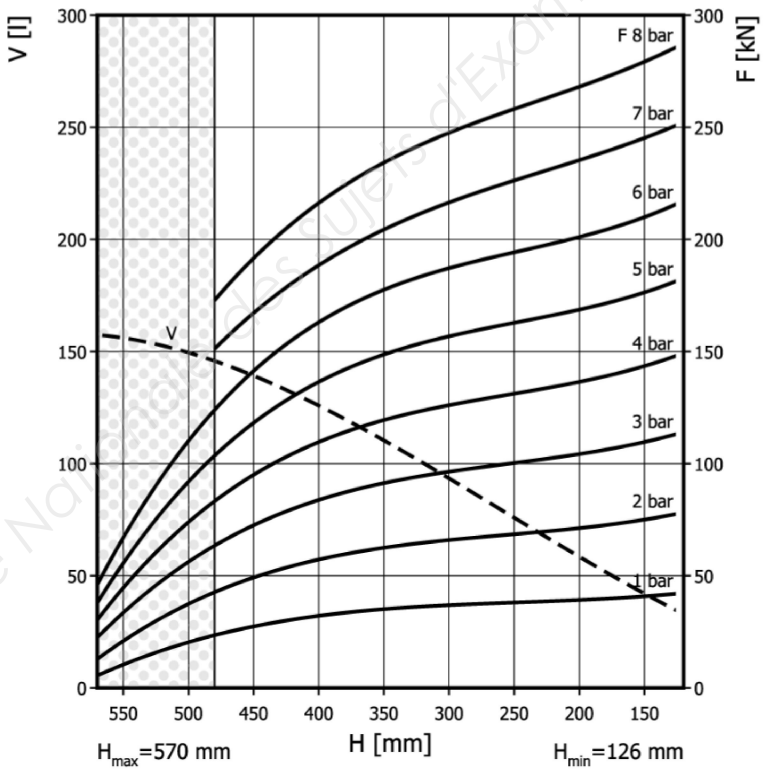
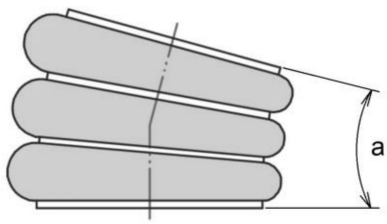
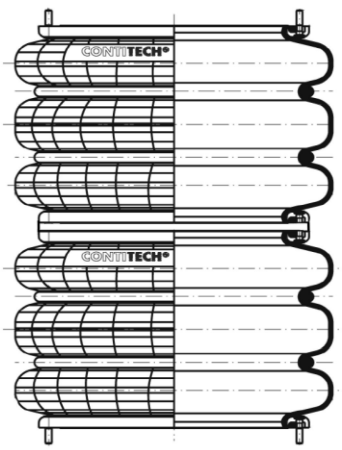


Diagramme volume-effort/hauteur
La courbe en pointillé représente le volume d'air



Angle d'inclinaison a

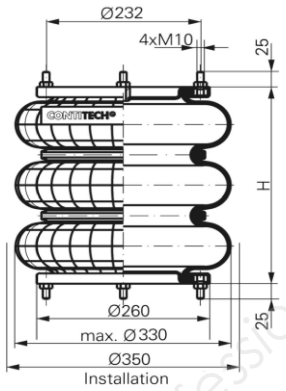


Montage en série possible

Figure 16 : caractéristiques techniques d'un vérin pneumatique

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Vérin pneumatique simple effet à trois ondes
CONTITECH FT 412 32 DS



Le vérin pneumatique souple transforme l'énergie pneumatique en énergie mécanique de translation en se gonflant et en se dégonflant. Il peut être utilisé comme actionneur pneumatique ou comme ressort anti-vibration. Il est composé d'un corps en caoutchouc pris entre deux flasques métalliques pour la fixation. Le vérin se dégonfle en passant à l'échappement.

Course maximum de travail	330 mm
Inclinaison maximum	a = 8°
Force de rappel à hauteur minimale	250 N
Précision de positionnement	5 mm
Accélération maximum	5 $m \cdot s^{-2}$
Vitesse maximum	500 $mm \cdot s^{-1}$
Pression pneumatique de service	5 bar
Maintenance	Annuelle, préventive de niveau 2
Risques pour l'environnement	Aucun
Dangerosité pour l'exploitant	Faible

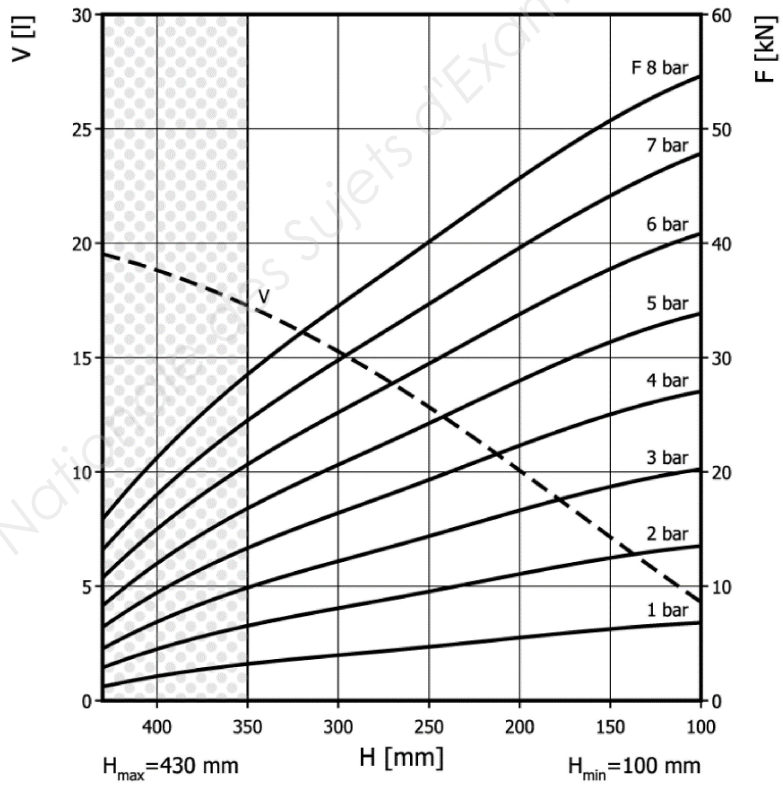
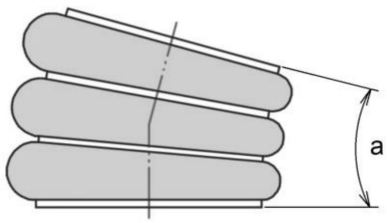
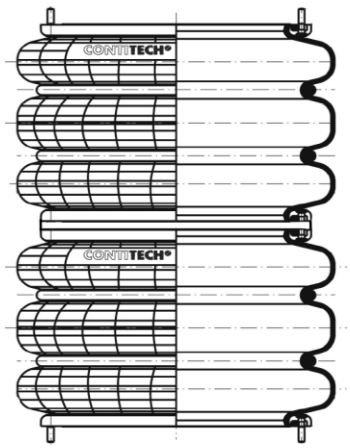


Diagramme volume-effort/hauteur
La courbe en pointillé représente le volume d'air



Angle d'inclinaison a



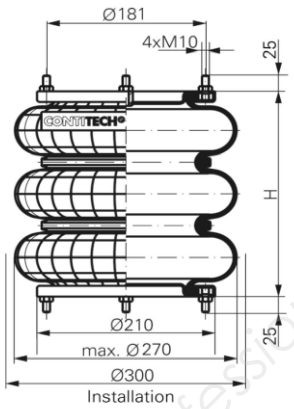
Montage en série possible

Figure 17 : caractéristiques techniques d'un vérin pneumatique

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Vérin pneumatique simple effet à trois ondes
CONTITECH FT 210 32 DS

Le vérin pneumatique souple transforme l'énergie pneumatique en énergie mécanique de translation en se gonflant et en se dégonflant. Il peut être utilisé comme actionneur pneumatique ou comme ressort anti-vibration. Il est composé d'un corps en caoutchouc pris entre deux flasques métalliques pour la fixation. Le vérin se dégonfle en passant à l'échappement.



Course maximum de travail	330 mm
Inclinaison maximum	a = 8°
Force de rappel à hauteur minimale	250 N
Précision de positionnement	5 mm
Accélération maximum	5 $m \cdot s^{-2}$
Vitesse maximum	600 $mm \cdot s^{-1}$
Pression pneumatique de service	5 bar
Maintenance	Annuelle, préventive de niveau 2
Risques pour l'environnement	Aucun
Dangerosité pour l'exploitant	Faible

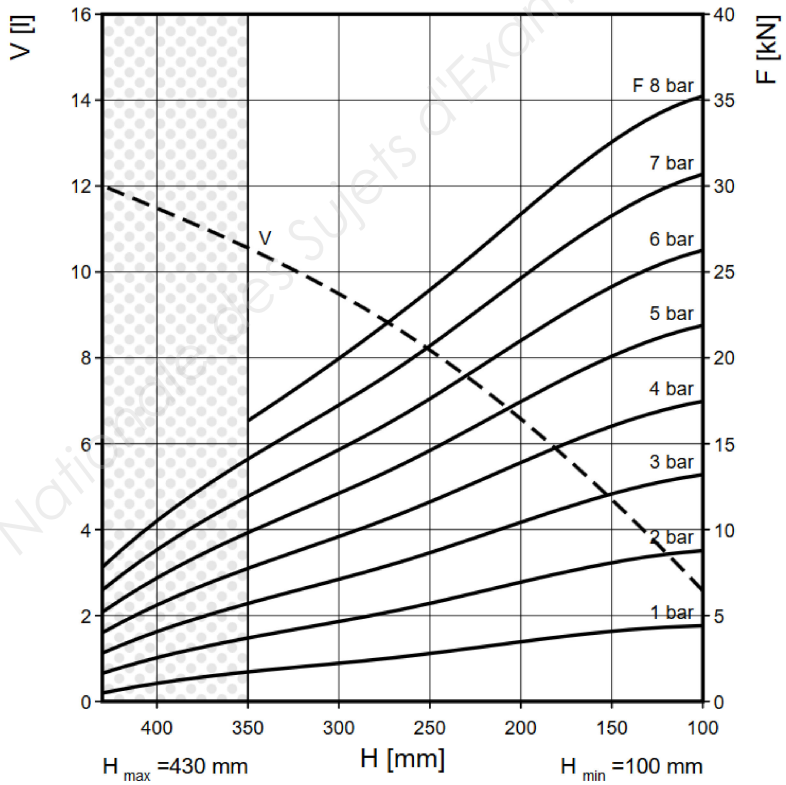
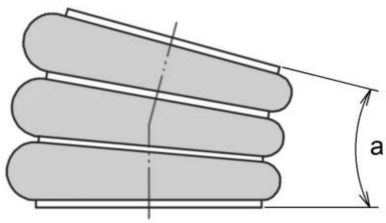
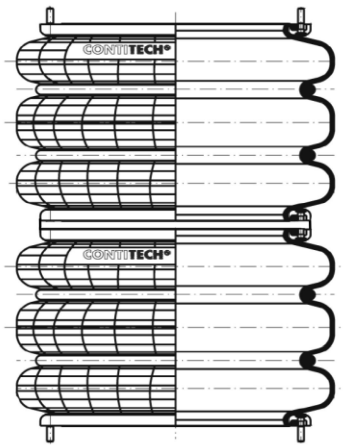


Diagramme volume-effort/hauteur
La courbe en pointillé représente le volume d'air



Angle d'inclinaison a



Montage en série possible

Figure 18 : caractéristiques techniques d'un vérin pneumatique

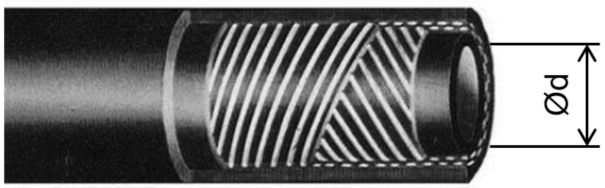
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Compresseur ATLAS COPCO type GA version 50 Hz	

Type		Pression de sortie (bar)	Débit ($m^3 \cdot h^{-1}$)	Puissance moteur (kW)	Niveau sonore (dB)
GA 11	GA11.7	7,5	110,5	11	62
	GA11.8	8,5	101,9	11	62
	GA11.10	10	93,6	11	62
GA 15	GA15.7	7,5	164,2	15	62
	GA15.8	8,5	157	15	62
	GA15.10	10	136,2	15	62
GA 18	GA18.7	7,5	209	18,5	64
	GA18.8	8,5	195,5	18,5	64
	GA18.10	10	175,3	18,5	64

Figure 19 : caractéristiques techniques des compresseurs ATLAS COPCO

$$\Delta P = \frac{L \times 450 \times (Q_c)^{1,85}}{d^5 \times P}$$

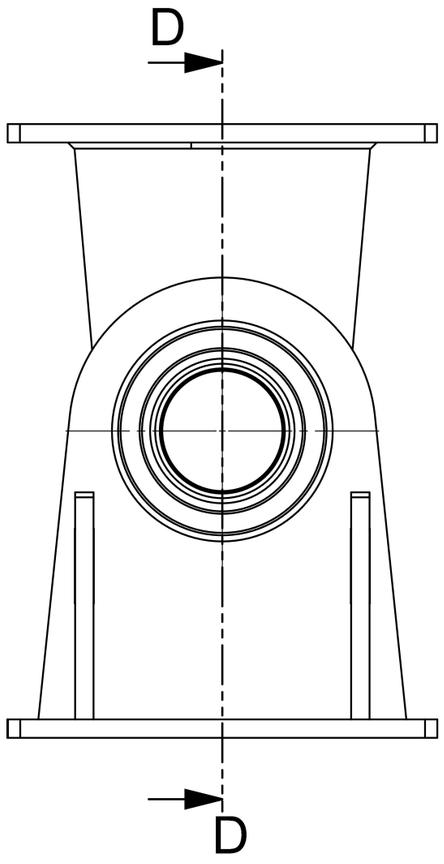


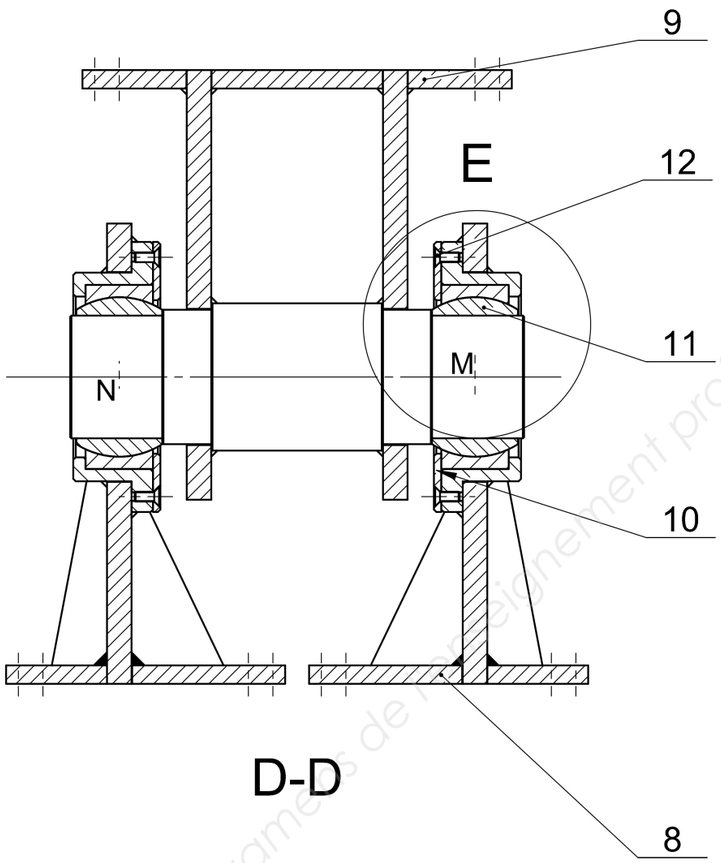
Tuyau de la canalisation principale

d	Diamètre intérieur du tuyau (mm)
ΔP	Pertes de charges (bar)
L	Longueur du tuyau (m)
P	Pression d'air de sortie du compresseur (bar)
Qc	Débit d'air libre du compresseur ($l \cdot s^{-1}$)

Figure 20 : pertes de charges dans une canalisation d'air comprimé

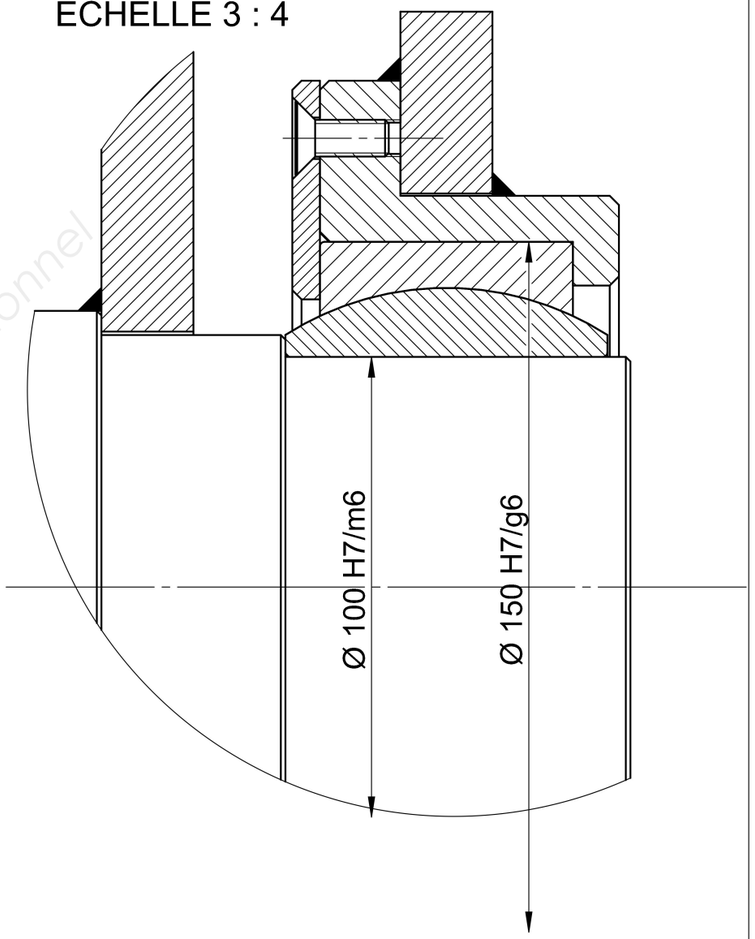
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel



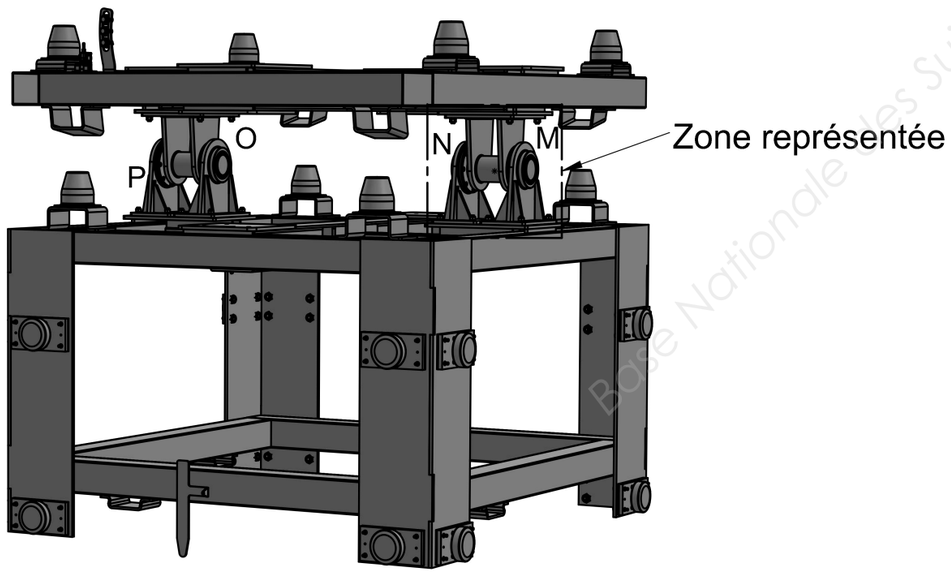


D-D

DÉTAIL E
ECHELLE 3 : 4



Vue partielle du châssis mobile (3) et du châssis tangage (4)

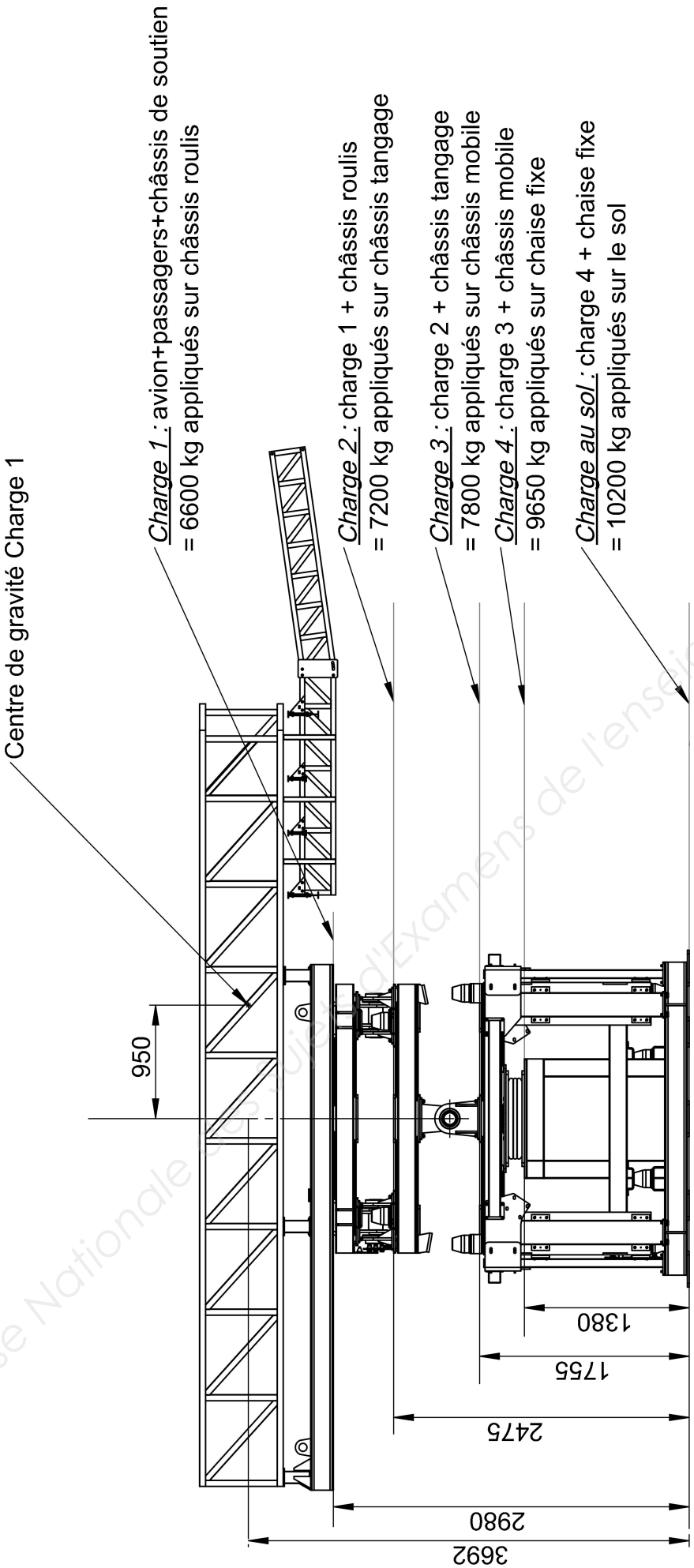


Rep.	Nbre	DÉSIGNATION	MATERIAU	OBSERVATION
12	16	VIS À TÊTE FRAISÉE À SIX PANS CREUX ISO 10642 - M8 x 16		Commerce
11	2	ROTULE		Réf : GE 100 TXA-2LS
10	2	FLASQUE DE BLOCAGE	S235	Peinture
9	1	SUPPORT HAUT D'ARTICULATION	S235	Peinture
8	2	SUPPORT BAS D'ARTICULATION	S235	Peinture

ARTICULATION
CHÂSSIS MOBILE (3)/CHÂSSIS TANGAGE (4)

Echelle 1:5 | Format : A3 | DT 12

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel



Nomenclature des charges	DT13

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Choix de rotules

Charge de palier dynamique équivalente

Les rotules TX peuvent supporter une certaine charge axiale *Fa* en plus d'une charge radiale *Fr* (Schéma 7) agissant simultanément. La charge dynamique équivalente peut être obtenue à partir de $P = y \times F_r$ avec :

P = charge dynamique équivalente (en kN)
F_r = composante radiale de la charge (en kN)
y = facteur de charge axiale (Diagramme 6)

Schéma 7

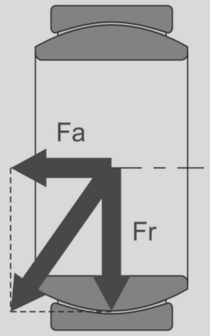
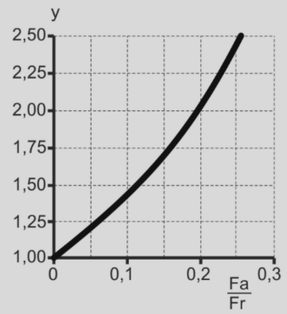


Diagramme 6

Facteur y pour rotules TX



Charge spécifique du palier

P = charge dynamique équivalente (en kN)
C = charge de base (en kN)
p = charge dynamique spécifique du palier (en N·mm^{-2})

La charge spécifique du palier peut être calculée à partir de $p = 300 \times \frac{P}{C}$

Vitesse moyenne de glissement

Pour un mouvement continu, la vitesse moyenne de glissement peut être déterminée à l'aide de l'équation $v = 5{,}82 \times 10^{-7} \times d_k \times \beta \times f$ avec :

v = vitesse moyenne de glissement (m.s^{-1}) Lorsque le fonctionnement est intermittent (non continu), la vitesse moyenne de glissement doit être calculée pour un cycle complet de travail.
d_k = diamètre de la sphère de la bague intérieure (mm)
β = demi-angle d'oscillation (figure 5) degrés (°), pour les mouvements de rotation $\beta = 90°$
f = fréquence d'oscillation (min^{-1}) ou vitesse de rotation (min^{-1})

Pour un mouvement intermittent, l'angle d'oscillation est généralement indiqué en unités de temps. Dans ce cas, la vitesse moyenne de glissement peut être extraite de l'équation $v = 8{,}73 \times 10^{-6} \times d_k \times (4\beta/t)$ *avec :*
β = demi-angle d'oscillation (°) (figure 5)
t = temps nécessaire pour une oscillation complète (s)

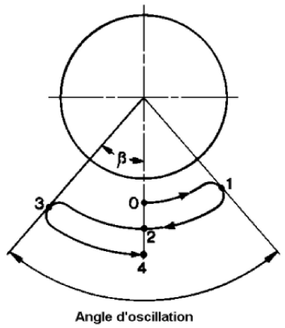


Figure 5

Vie de base

La méthode de calcul de la durée de vie de base pour les paliers lisses TX prend en compte les améliorations apportées aux paliers. L'équation est $G_h = b_1 \times b_2 \times b_4 \times \frac{K_p}{p^n \times v}$ avec :

G_h = durée de vie de base (en heures)
b_1 = facteur de sens de charge (Tableau 1)
b_2 = facteur de température (Diagramme 4)
b_4 = facteur de vitesse (Diagramme 5)
p = charge spécifique du palier (en N·mm^{-2})
K_p = constante pour la charge de palier spécifique (Tableau 2)
n = exposant pour la charge de palier spécifique (Tableau 2)
v = vitesse de glissement moyenne (en m·s^{-1})

Tableau 1

Facteur de charge b_1

Type de charge	Charge spécifique (N.mm^{-2})	Facteur b_1
Constant unidirectionnel	jusqu'à 300 Hz	1
Charges variables en fréquence		
Fréquence de charge jusqu'à 0,5 Hz	jusqu'à 50 Hz entre 50 et 100 Hz	0,55 0,4
plus de 0,5 à 1 Hz	jusqu'à 50 Hz entre 50 et 100 Hz	0,35 0,15
plus de 0,5 à 5 Hz	jusqu'à 50 Hz	0,1

Diagramme 5

Facteur de vitesse b_4

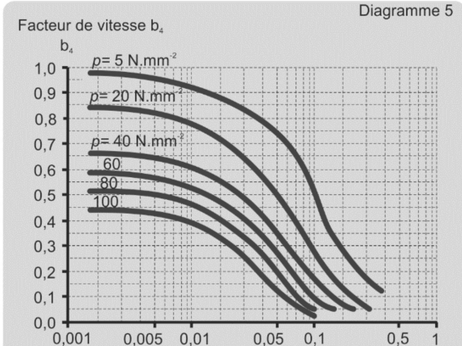


Diagramme 4

Facteur de température b_2

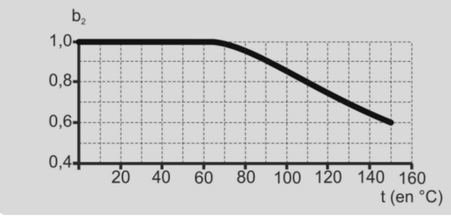


Tableau 2

Constante K_p et exposant n pour la charge spécifique

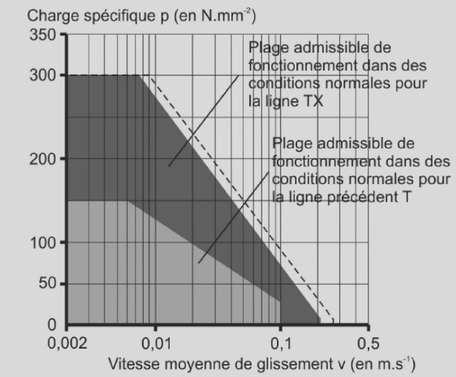
Charge spécifique plus de	jusqu'à inclus	Constante K_p	Exposant n
N.mm^{-2}			
	25	770	0,2
25	90	4000	0,7
90	300	40000	1,2

Plage de fonctionnement étendue

La ligne TX de paliers lisses peut non seulement supporter des charges plus lourdes, mais elle peut également atteindre des vitesses de glissement plus élevées que les précédentes (Diagramme 3). Ces paramètres de fonctionnement améliorés permettent aux ingénieurs de conception d'utiliser des paliers à billes sphériques TX sans entretien là où cela n'était peut-être pas possible auparavant.

Diagramme 3

Plage de fonctionnement pour les paliers lisses et extrémités de tiges TX
La ligne pointillée indique la plage admissible lorsque la chaleur est effectivement dissipée du palier

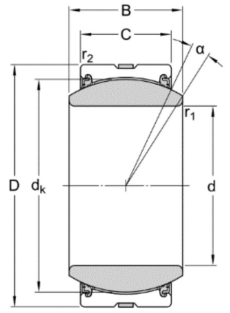


Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

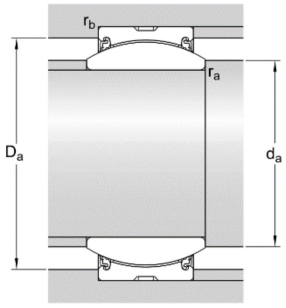
Rotules sphériques et extrémités de tige TX haute performance

Rotule référence : GE 100 TXA-2LS

Dimensions



Dimensions d'appui



d (mm)	D (mm)	B (mm)	C (mm)
100	150	70	55
α (°)	d_k (mm)	r_1 (mm)	r_2 (mm)
6	130	1 min.	1 min.

d_a (mm)	Da (mm)	r_a (mm)	r_b (mm)
108 min.	131 min.	1 max	1 max
109,5 max.	144 max.		

Données de calcul

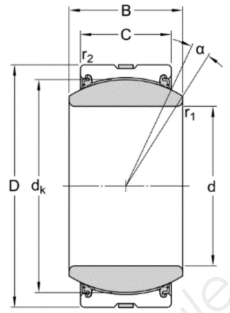
Charge dynamique de base	C	1730 kN
Charge statique de base	C_0	2850 kN
Facteur de charge dynamique spécifique	K	300 N·mm^{-2}
Facteur de charge statique spécifique	K_0	500 N·mm^{-2}

Masse

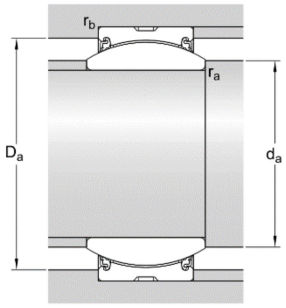
Masse de la rotule	4,3 kg

Rotule référence : GE 40 TXE-2LS

Dimensions



Dimensions d'appui



d (mm)	D (mm)	B (mm)	C (mm)
40	62	28	22
α (°)	d_k (mm)	r_1 (mm)	r_2 (mm)
6	53	0,6 min.	1 min.

d_a (mm)	Da (mm)	r_a (mm)	r_b (mm)
43,5 min.	54,5 min.	0,6 max	1 max
45 max.	57,5 max.		

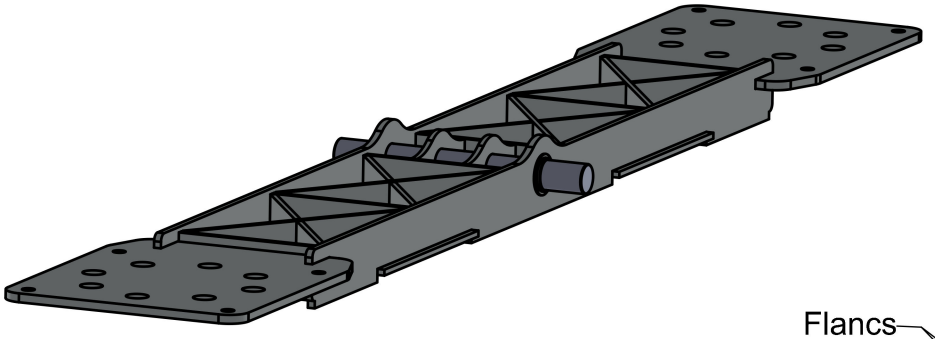
Données de calcul

Charge dynamique de base	C	280 kN
Charge statique de base	C_0	465 kN
Facteur de charge dynamique spécifique	K	300 N·mm^{-2}
Facteur de charge statique spécifique	K_0	500 N·mm^{-2}

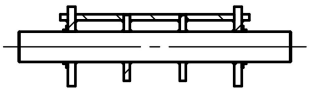
Masse

Masse de la rotule	0,32 kg

Base nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel



A-A

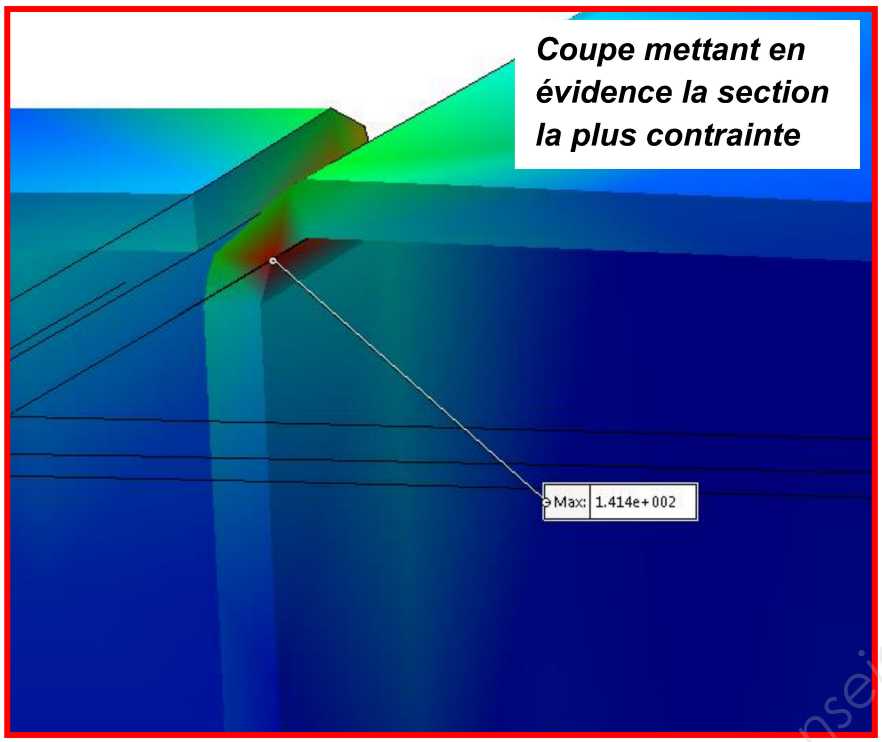


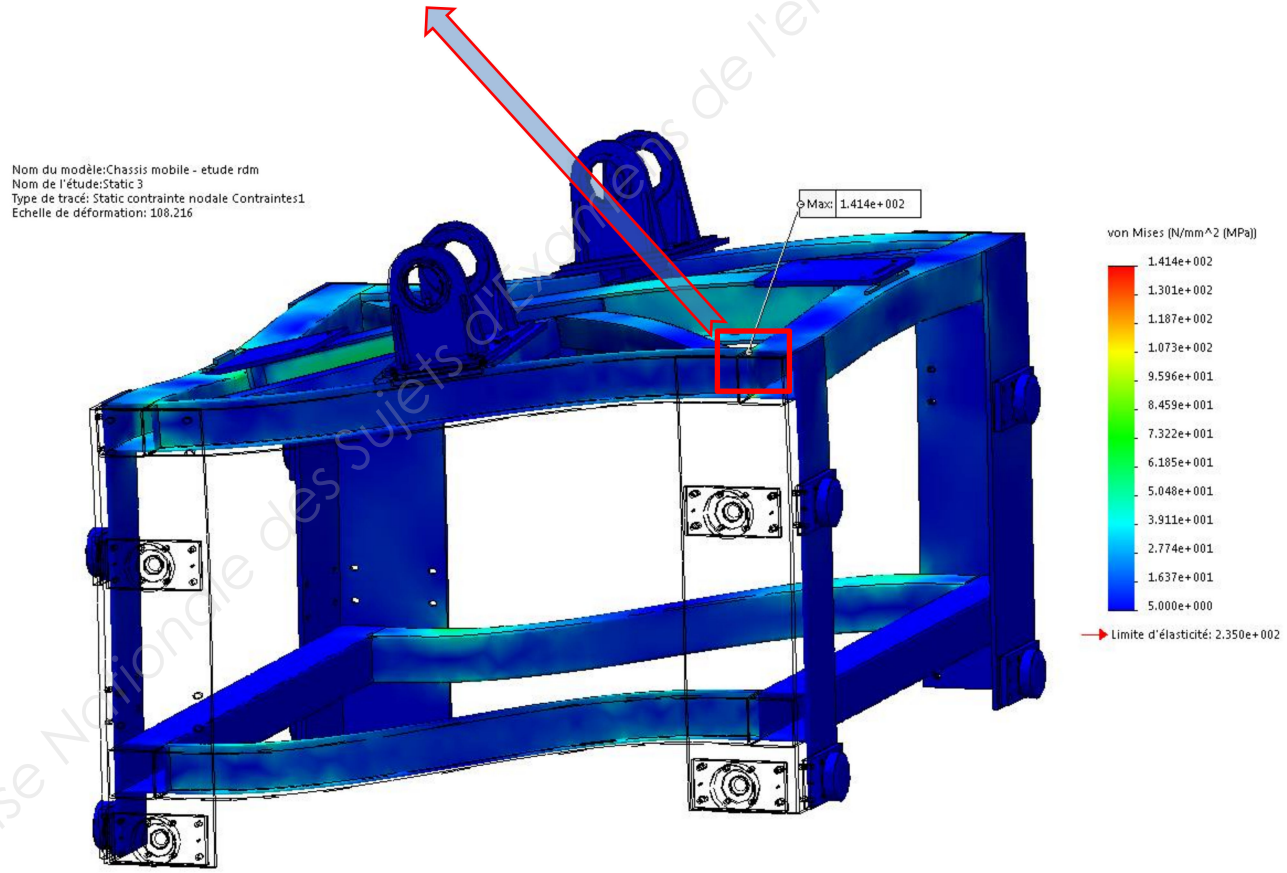
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Echelle 1:10	Format : A3	BRAS ARTICULÉ	DT 16

CP42CP - 2019

Châssis mobile : ***Contraintes***





Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS SESSION 2019

Épreuve E4 – Étude préliminaire de produit

Unité U42 – Conception préliminaire

DOSSIER TRAVAIL

Ce dossier comporte 9 pages.

Il est conseillé de consacrer à chacune des parties les durées suivantes :

Lecture des documents techniques..... 0h30

Partie 1
Vérifier que l'avion n'interfère pas avec le bâtiment 1h

Partie 2
Choisir un type d'énergie et d'actionneurs pour la mise en mouvement 1h

Partie 3
Valider la chaine d'énergie pneumatique du simulateur..... 1h15

Partie 4
Vérifier les choix technologiques garantissant le bon fonctionnement du tangage 1h15

Partie 5
Fiabiliser le système de tangage par l'ajout d'un mécanisme 0h45

Partie 6
Valider la conception du châssis mobile en conformité avec les impératifs de sécurité.... 0h15

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Partie 1

Objectif : vérifier que l'avion n'interfère pas au cours du mouvement avec le bâtiment.

Question 1 :	Sur le DR1, compléter le schéma cinématique minimal du mécanisme permettant au simulateur les mouvements de tangage, roulis et montée-descente.
DR1 DT1, DT2, DT3	

Sur le DR2, l'avion est orienté perpendiculairement à l'axe longitudinal du bâtiment et en position cabrée maxi soit -12°.

Question 2 :	Sur le DR2, tracer les trajectoires des points $E_{\in 3/1}$, centre de la liaison entre le châssis mobile (3) et le châssis fixe (1+2), et $F_{\in 8/1}$ lors du mouvement vertical.
DR2 DT4, DT5	

Question 3 :	Sur le DR2, tracer la position des points E et F, noté E_1 et F_1, lorsque l'avion est en position haute.
DR2 DT4, DT5	

Question 4 :	Sur le DR2, tracer la trajectoire du point $F_{\in 8/1}$ lors du mouvement de tangage, l'avion étant en position haute.
DR2 DT4, DT5	

Question 5 :	Sur le DR2, tracer la position du point F, notée F_2 lorsque l'avion est en position haute et en piqué maxi.
DR2 DT4, DT5	

Question 6 :	Le constructeur a choisi une orientation différente de l'avion par rapport au bâtiment. Sur feuille de copie, justifier la nécessité de ce changement d'orientation.
Feuille de copie	

Question 7 :	Sur le DR2, tracer la trajectoire du point $H_{\in 8/1}$ lors du mouvement de tangage l'avion étant en position basse.
DR2 DT4, DT5	

Question 8 :	Sur le DR2, tracer la position la plus basse du point H, notée H_1, lorsque l'avion est en position basse et en piqué maxi.
DR2 DT4, DT5	

Question 9 :	Le concepteur envisage de supprimer l'aile droite complètement et de désolidariser l'aile gauche de la carlingue. Sur feuille de copie, indiquer les bénéfices qu'il peut tirer de cette suppression.
Feuille de copie DT2, DT3	

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Partie 2

Objectif : valider un type d'énergie et les actionneurs choisis pour déplacer verticalement la partie mobile du simulateur C-47.

Question 10 :	Les machines et structures des parcs d'attraction sont classées par catégories en fonction des accélérations subies par un passager. Sur feuille de copie, à partir de la figure 13 du DT6, relever les valeurs mini et maxi des accélérations suivant les axes y et z. Sur feuille de copie, en déduire, à l'aide de la figure 12 du DT6, la catégorie à laquelle appartient le simulateur.
Feuille de copie DT6	

Question 11 :	Sur feuille de copie, calculer le poids total P_T de l'ensemble mobile du simulateur C-47 lorsqu'il accueille 26 passagers.
Feuille de copie DT5, DT13	

Sur le DT6, les valeurs de l'accélération a_z suivant l'axe z incluent l'accélération de la pesanteur : $a_z=a_v+g$

Question 12 :	Sur feuille de copie, calculer l'accélération a_v du système lors de la montée (voir question 10). En appliquant le principe fondamental de la dynamique à l'ensemble mobile du simulateur C-47, déterminer l'action mécanique verticale maximale Fv_{max} nécessaire que doit exercer l'actionneur.
Feuille de copie DT5, DT6	

Le bureau d'étude de la société CL CORPORATION a retenu, sur des critères d'encombrement, trois types d'actionneurs de technologies différentes : électrique, pneumatique et hydraulique.

Hypothèse :

- l'effort à fournir pour translater verticalement l'ensemble mobile du simulateur C-47 est estimé à 116 kN.

Question 13 :	Sur feuille de copie, calculer, pour chaque type de technologie, le nombre d'actionneurs nécessaires. Indiquer si ce calcul permet de choisir une technologie parmi les trois envisagées.
Feuille de copie DT7, DT8	

Question 14 :	Sur le DR3, compléter la matrice de pondération multicritères. Choisir la solution technologique pour mettre en mouvement le simulateur C-47.
DR3 DT7, DT8	

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Partie 3

Objectif : valider la chaine d'énergie pneumatique du simulateur C-47.

Problématique 1 : déterminer les caractéristiques du compresseur

Question 15 :	Le bureau d'étude de CL CORPORATION choisit la technologie pneumatique pour tous les mouvements du simulateur C-47. Sur le DR4, indiquer la course maximum de travail des vérins. En déduire le nombre total de vérins nécessaires pour la mise en mouvement du simulateur.
DR4 DT8, DT9, DT10	

On définit un cycle comme étant un mouvement d'aller-retour. Pour garantir les mouvements de tangage et de roulis, le nombre de vérin est doublé pour assurer l'aller et le retour.

Question 16 :	Sur le DR4, à partir des diagrammes des DT8 à DT10, indiquer le volume d'air nécessaire pour garantir la course de travail de chaque vérin. En déduire par calcul le volume d'air comprimé nécessaire pour assurer les mouvements du simulateur C-47 pendant un cycle.
DR4 DT8, DT9, DT10	

Question 17 :	Sur le DR4, déterminer, pour chacun des vérins, le débit maximum d'air comprimé pendant un cycle. En considérant que les mouvements, vertical, de tangage et de roulis peuvent être simultanés, calculer le débit total maximum d'air comprimé.
DR4 DT5, DT8, DT9, DT10	

Question 18 :	Sur feuille de copie, sachant que la pression de service du compresseur est de 7 bars, choisir le type de compresseur pouvant convenir.
Feuille de copie DT11	

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Problématique 2 : déterminer la capacité de stockage en air comprimé.

Le bureau d'étude de CL CORPORATION souhaite stocker de l'air comprimé dans des cuves. Ce stockage de sécurité doit permettre de fournir la totalité de l'énergie consommée pendant une simulation du C-47, en cas de panne du compresseur.

Données :

- la pression de service des vérins est de 5 bars ;
- l'énergie emmagasinée par un volume V (en m^3) de gaz la pression P (en Pa), est donnée par la formule $E = P \times V$;
- l'énergie est stockée dans des cuves à la pression de 7 bars ;
- le volume de chaque cuve de stockage est de 900 litres.

Question 19 :	Sur le DR4, indiquer le nombre de cycles effectués par chaque vérin pendant la simulation.
DR4 DT5	

Question 20 :	Sur le DR4, calculer le volume d'air consommé par les vérins de tangage et de roulis pendant la simulation. Calculer l'énergie consommée par les vérins de tangage et de roulis durant la simulation. En déduire l'énergie totale consommée.
DR4 DT8 à DT10	

En cas de panne du compresseur, le simulateur C-47 va consommer une partie de cette énergie. Quel que soit le résultat trouvé à la question 20, on prendra pour cette énergie consommée la valeur de $1{,}6 \cdot 10^6$ J.
Cette consommation va entraîner une diminution de la pression disponible dans les cuves ; on veut garantir que cette pression reste toujours supérieure ou égale à 5 bars.

Question 21 :	Sur feuille de copie, exprimer littéralement l'énergie totale maximale E_T emmagasinée dans les cuves à la pression P_{max}=7 bars. Exprimer littéralement l'énergie minimale E_m qui doit rester disponible dans les cuves à la pression P_{min}=5 bars. Sachant que la différence entre E_T et E_m représente l'énergie consommée par le simulateur C-47, calculer le volume minimal nécessaire des cuves.
Feuille de copie	

Question 22 :	Sur feuille de copie, calculer le nombre minimum de cuves nécessaires.
Feuille de copie	

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Pour éviter que le niveau sonore ne perturbe le bruitage de la simulation, le compresseur est implanté à l'extérieur du bâtiment à une distance de 12 m du simulateur C-47.

Hypothèse :

- pendant la simulation, le compresseur fournit son débit maximum.

Donnée :

- les pertes de charges ne doivent pas dépasser 0,1 bar.

Question 23 :	Sur feuille de copie, calculer le diamètre intérieur minimal *d* en mm, du tuyau de la canalisation principale.
Feuille de copie DT11	

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Partie 4

Objectif : vérifier que les choix technologiques garantissent le fonctionnement correct du mouvement de tangage.

Hypothèses :

- il n'y a pas de roulis, l'avion est dans une position telle que le chargement est dans le plan (x,z) ;
- la charge est équitablement répartie sur chacun des composants participant au mouvement de tangage ;
- les mouvements du simulateur sont suffisamment lents pour négliger les effets d'inertie ;
- l'accélération de la pesanteur a pour valeur $\left\|\vec{g}\right\| = 9{,}81\,\mathrm{m}\cdot\mathrm{s}^{-2}$.

Donnée :

- référence des rotules : GE 100 TXA-2LS.

Question 24 :	Sur le DR5, déterminer par le calcul la charge statique F_T subie par la liaison pivot entre le châssis de tangage (4) et le châssis mobile (3).
DR5 DT13	

Question 25 :	Sachant qu'il y a 4 rotules pour réaliser cette liaison, sur le DR5, calculer la valeur de la charge radiale, notée F_r, supportée par une rotule.
DR5 DT12	

Question 26 :	Sur le DR5, déterminer le facteur de charge axiale, noté *y*. Calculer la charge dynamique équivalente, notée *P*.
DR5 DT14	

Question 27 :	Sur le DR5, indiquer la charge dynamique de base admissible par la rotule choisie, notée *C*. Calculer la charge dynamique spécifique *p*.
DR5 DT14, DT15	

Question 28 :	Sur le DR5, indiquer la valeur du diamètre de la sphère de la bague intérieure de la rotule, notée d_k.
DR5 DT15	

Question 29 :	Sur le DR5, déterminer le demi angle d'oscillation du mouvement de tangage noté β.
DR5 DT5, DT14	

Base nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Question 30 :	Sur le DR5, calculer la fréquence d'oscillation du mouvement de tangage, notée f et exprimée en tour·min^{-1}. En déduire, à l'aide de la figure 5 du DT14, le temps *t* nécessaire pour une oscillation complète.
DR5 DT5, DT14	

Question 31 :	Sur le DR5, calculer la vitesse moyenne de glissement *v*. Vérifier, à l'aide du diagramme 3 du DT14, que la charge spécifique *p* et la vitesse de glissement *v* sont compatibles avec la référence choisie pour les rotules.
DR5 DT14	

Données : pour la suite du questionnement, on adoptera les valeurs suivantes

- charge dynamique spécifique $p = 5$ N·mm^{-2} ;
- vitesse moyenne de glissement $v = 0{,}003$ m·s^{-1} ;
- plage de température de fonctionnement du simulateur C-47 $0° C \leq t \leq 35°C$.

Question 32 :	Sur le DR5, calculer la durée de vie prévisible en heures, notée *Gh*. Convertir G_h en jours d'utilisation en tenant compte des exigences d'utilisation du cahier des charges et conclure au regard des intervalles prévus pour la maintenance.
DR5 DT5, DT14	

Question 33 :	Sur le DR6, compléter le schéma cinématique architectural de la liaison pivot entre le châssis tangage (4) et le châssis mobile (3).
DR6 DT12	

Question 34 :	Sur le DR6, déterminer le degré d'hyperstatisme *h* de l'articulation entre le châssis tangage (4) et le châssis mobile (3).
DR6	

Le constructeur a choisi de réaliser les pièces constitutives du système en mécano-soudé sans usinage après soudage.

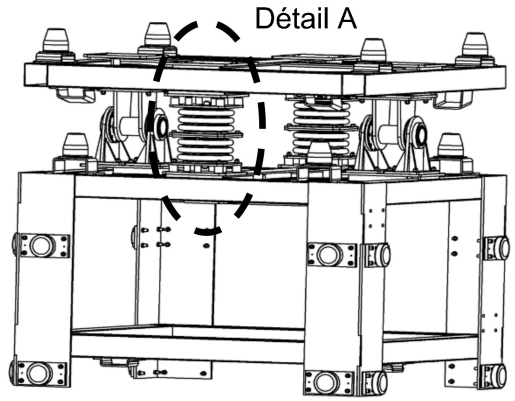
Question 35 :	Sur feuille de copie, préciser quel devrait être le positionnement relatif des rotules entre elles afin d'assurer la rotation autour de l'axe Y. Préciser si le mode d'obtention choisi par le bureau d'études permet de garantir un positionnement relatif précis entre elles des pièces constitutives de la liaison pivot.
Feuille de copie DT12	

Question 36 :	Sur feuille de copie, décrire la manière dont le constructeur pourrait résoudre le problème.
Feuille de copie	

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

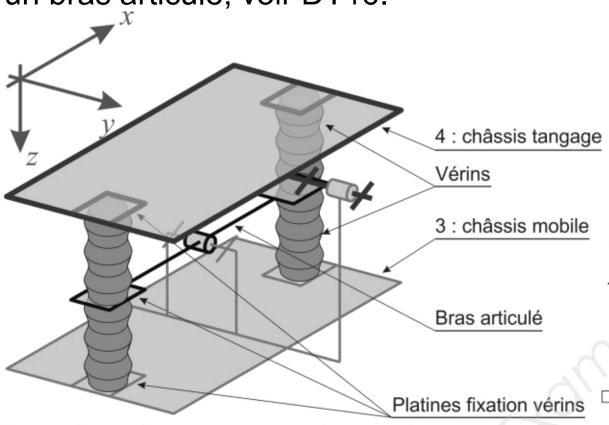
Partie 5

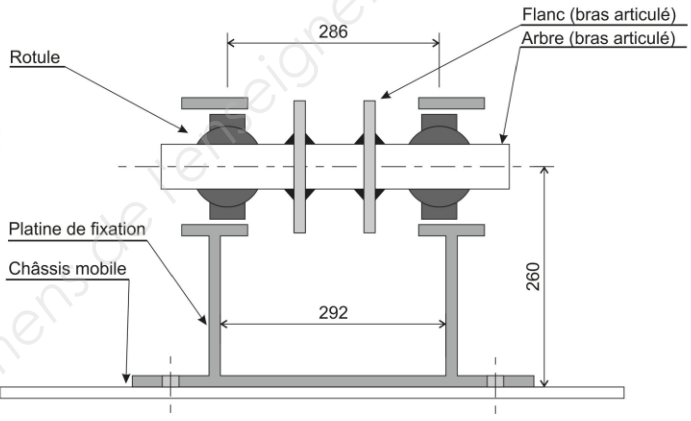
Objectif : fiabiliser le système de tangage par l'ajout d'un mécanisme.



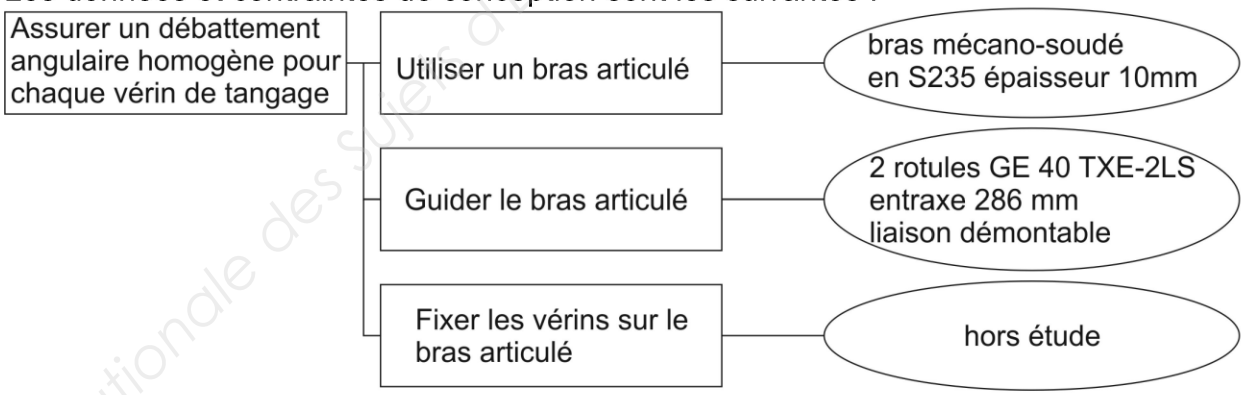
Dans la version initiale du projet, le choix a été fait de positionner en série deux vérins pour d'assurer une amplitude de 12° au mouvement de cabrage et deux vérins en série (détail A) permettant d'assurer un mouvement de piqué d'une amplitude de 10°.
Les quatre vérins fonctionnent simultanément, les uns se gonflant pendant que les autres se dégonflent.

Quelques semaines après la mise en service, l'exploitant a constaté la détérioration de l'assemblage en série des vérins empêchant toute exploitation commerciale de l'attraction.
Pour résoudre ce problème, le concepteur propose de placer entre chaque couple de vérins un bras articulé, voir DT16.





Les données et contraintes de conception sont les suivantes :



Le fournisseur des rotules préconise d'arrêter axialement chaque rotule sur la bague intérieure et sur la bague extérieure.

Question 37 :	Sur le DR7, représenter à main levée, la liaison pivot entre le bras articulé et le châssis tangage en prenant soin : - d'arrêter axialement les rotules conformément aux préconisations du fournisseur ; - de préciser les ajustements sur les bagues des rotules ; - de préciser les jeux fonctionnels ; - d'utiliser les éléments standard de la construction mécanique.
DR7 DT15, DT16	

Base nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

Partie 6

Objectif : vérifier que la conception du châssis mobile (3) est conforme aux exigences de sécurité.

Hypothèse :

- on se place au cours du mouvement de tangage vers l'avant qui est supposé uniforme.

Données :

- l'étude est limitée au châssis mobile (3) ;
- toutes les pièces sont constituées d'acier S235 ;
- une simulation tenant compte des effets d'inertie a permis de renseigner un logiciel d'étude par éléments finis dont les résultats sont fournis sur le DT 17.

Question 38 :	Sur feuille de copie, relever la valeur de la contrainte maximale qui s'exerce dans le châssis mobile (3). Comparer cette valeur à la résistance élastique du matériau.
Feuille de copie DT17	

Question 39 :	Sur feuille de copie, calculer la valeur du coefficient de sécurité *Cs* minimal. Comparer *Cs* avec la valeur exigée par le cahier des charges. Conclure.
Feuille de copie DT5, DT17	

Question 40 :	Sur le DR8, proposer une évolution constructive permettant au châssis mobile (3) de respecter le cahier des charges.
DR8	

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS SESSION 2019

Épreuve E4 – Etude préliminaire de produit

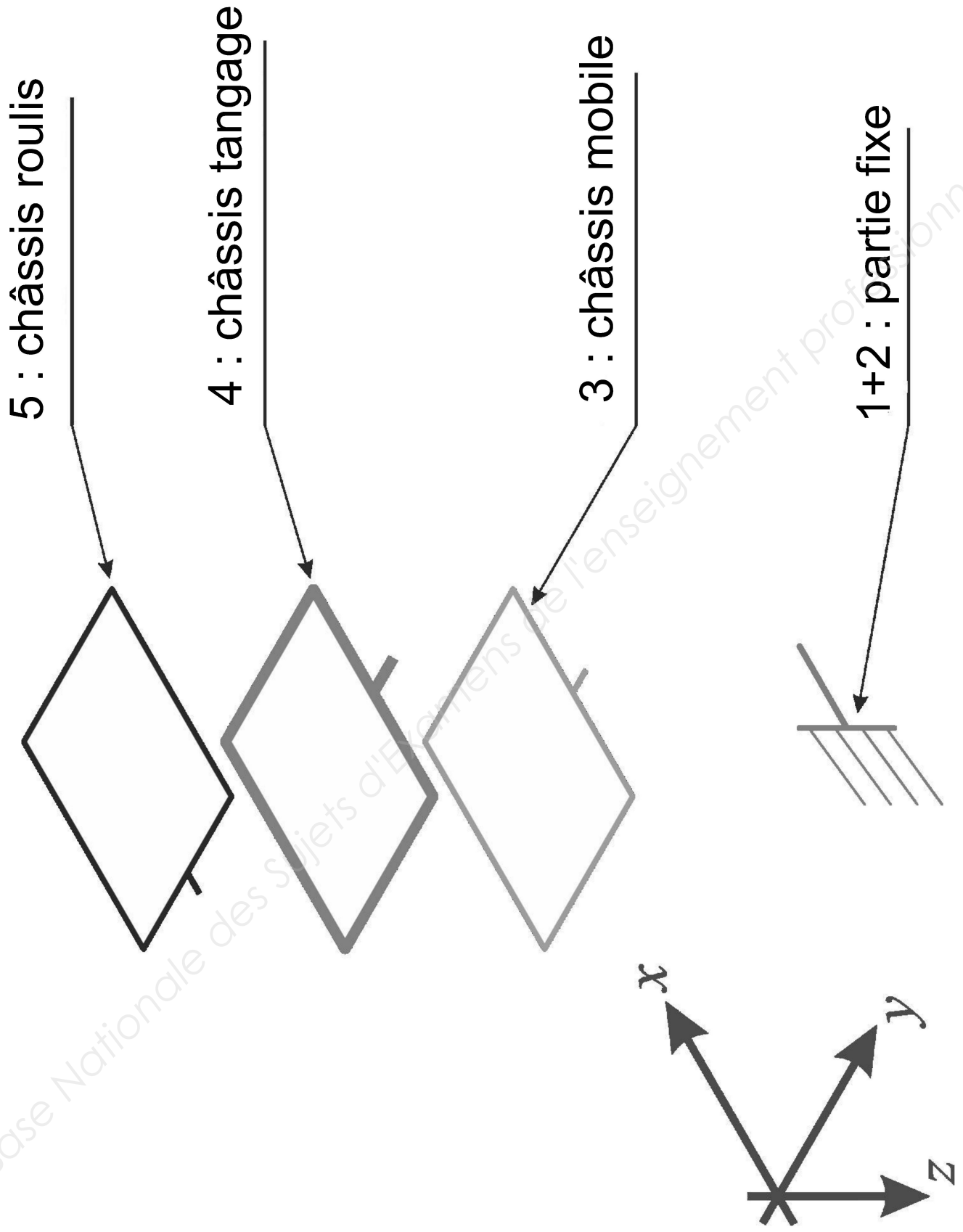
Unité U42 – Conception préliminaire

DOSSIER REPONSE

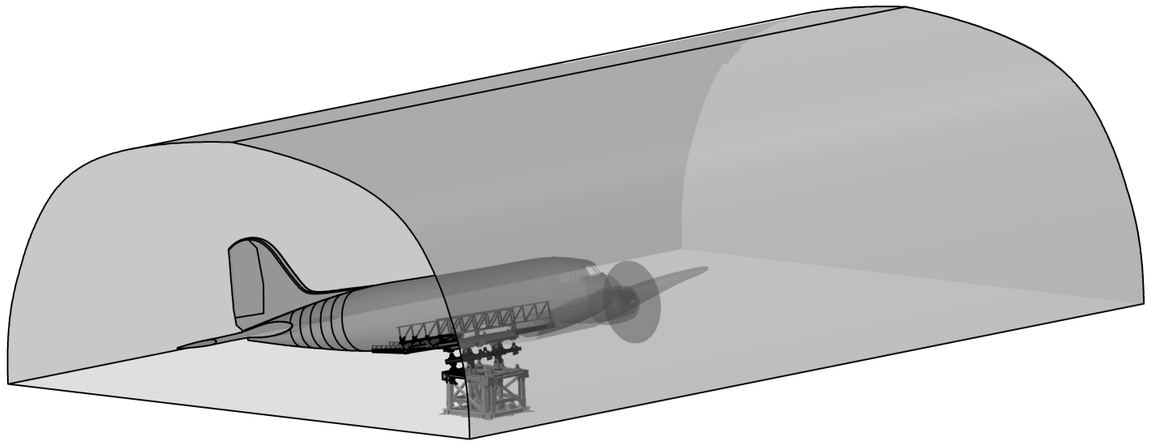
Ce dossier comporte 8 pages.

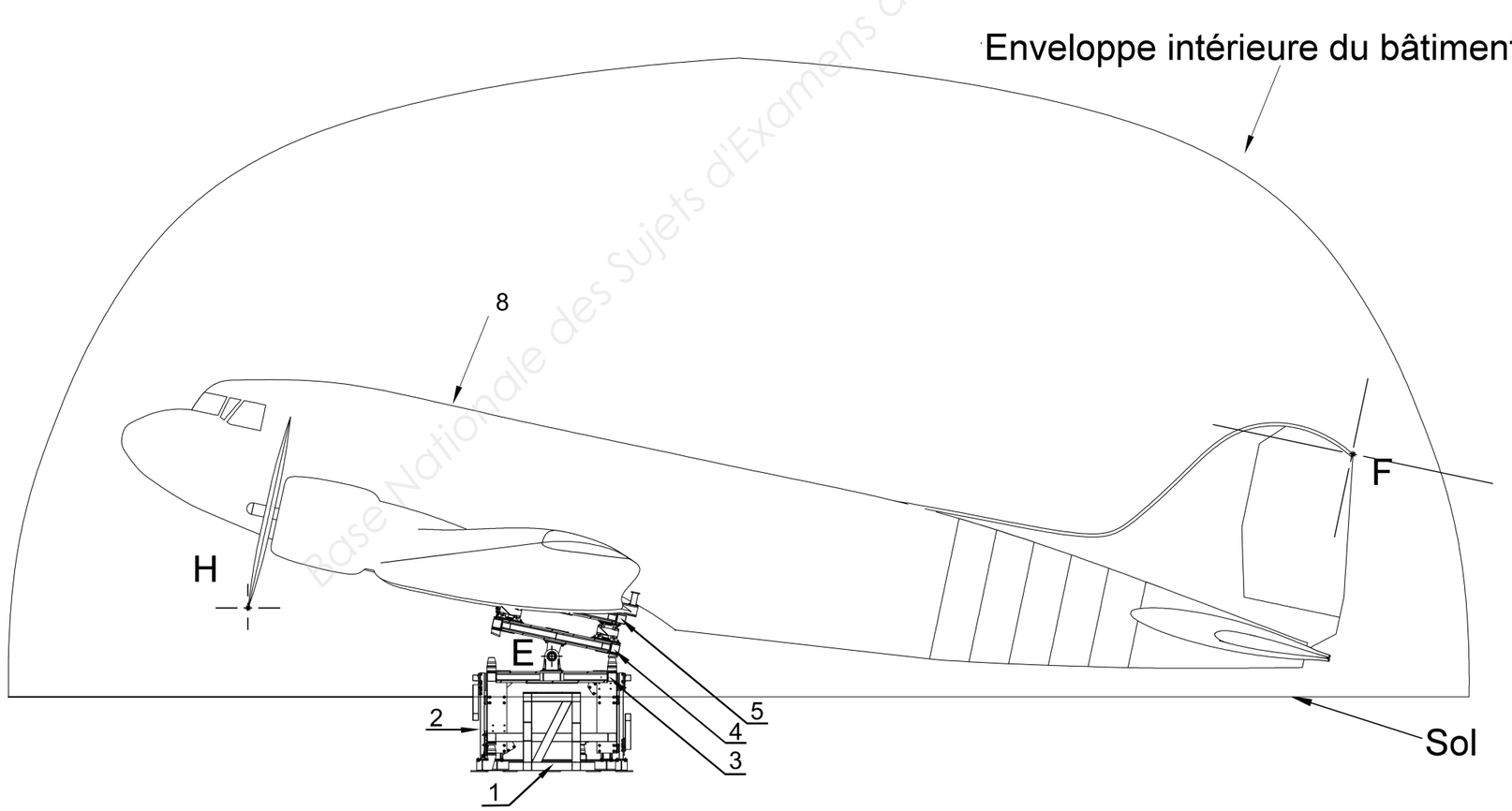
DR1 : Schéma cinématique minimal du simulateur
DR2 : Etude cinématique
DR3 : Matrice de pondération multicritères
DR4 : Energie consommée par le simulateur
DR5 : Calculs de validation des rotules
DR6 : Schéma cinématique architectural de la liaison châssis mobile-châssis tangage
DR7 : Conception de l'articulation du bras articulé
DR8 : Modification de la structure du châssis mobile

Base Nationale des Sujets d'Examen professionnel



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel





Echelle 1:100

DR2

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Matrice de pondération multicritères

Notation : solution technologique peu satisfaisante (note = 1), satisfaisante (note = 2), très satisfaisante (note = 3)

Critères	Poids du critère (de 1 à 5)	Solution électrique	Solution hydraulique	Solution pneumatique	***Exemple de calcul***
Précision de positionnement	**1**				***2***
Rapidité de mouvement	**2**				***1***
Maintenabilité	**4**				***2***
Dangerosité pour l'exploitant	**5**				***1***
Risques pour l'environnement	**2**				***3***
Evaluation des solutions technologiques					*1x2 + 2x1 + 4x2 + 5x1 + 2x3 =* ***23***
Solution technologique choisie :					

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Energie consommée par le simulateur C-47				
		Vérin FT 2870 45 RS (mouvement vertical)	Vérin FT 412 32 DS (mouvement de tangage)	Vérin FT 210 32 DS (mouvement de roulis)
Questions	Course de travail pour la mise en mouvement du simulateur C-47 (mm)	350	370	154
Q15	Course maximum de travail (mm)	444		
	Nombre total de vérin	1		
Q16	Volume d'un vérin (l)	145		
	Volume d'air comprimé nécessaire pour assurer le mouvement du simulateur C-47 pendant un cycle (l)	145		
Q17	Débit d'air comprimé maximum pendant un cycle ($l \cdot s^{-1}$)	48,3		
	Débit total maximum d'air comprimé ($l \cdot s^{-1}$)			
Q19	Nombre de cycles effectués pendant la simulation.	20		
Q20	Volume d'air comprimé consommé pendant la simulation (l)	2900		
	Énergie consommée pour chaque mouvement (J)	1450000		
	Énergie totale consommée (J)			

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Question 24 :
Charge statique F_T

Question 25 :
Charge radiale F_r

Question 26 :
Facteur de charge axiale *y*

Charge dynamique équivalente *P*

Question 27 :
Charge dynamique de base *C*

Charge dynamique spécifique *p*

Question 28 :
Diamètre de la sphère de la bague intérieure d_k

Question 29 :
½ angle d'oscillation du mouvement de tangage β

Question 30 :
Fréquence d'oscillation du mouvement de tangage *f* :

Temps nécessaire pour une oscillation complète :

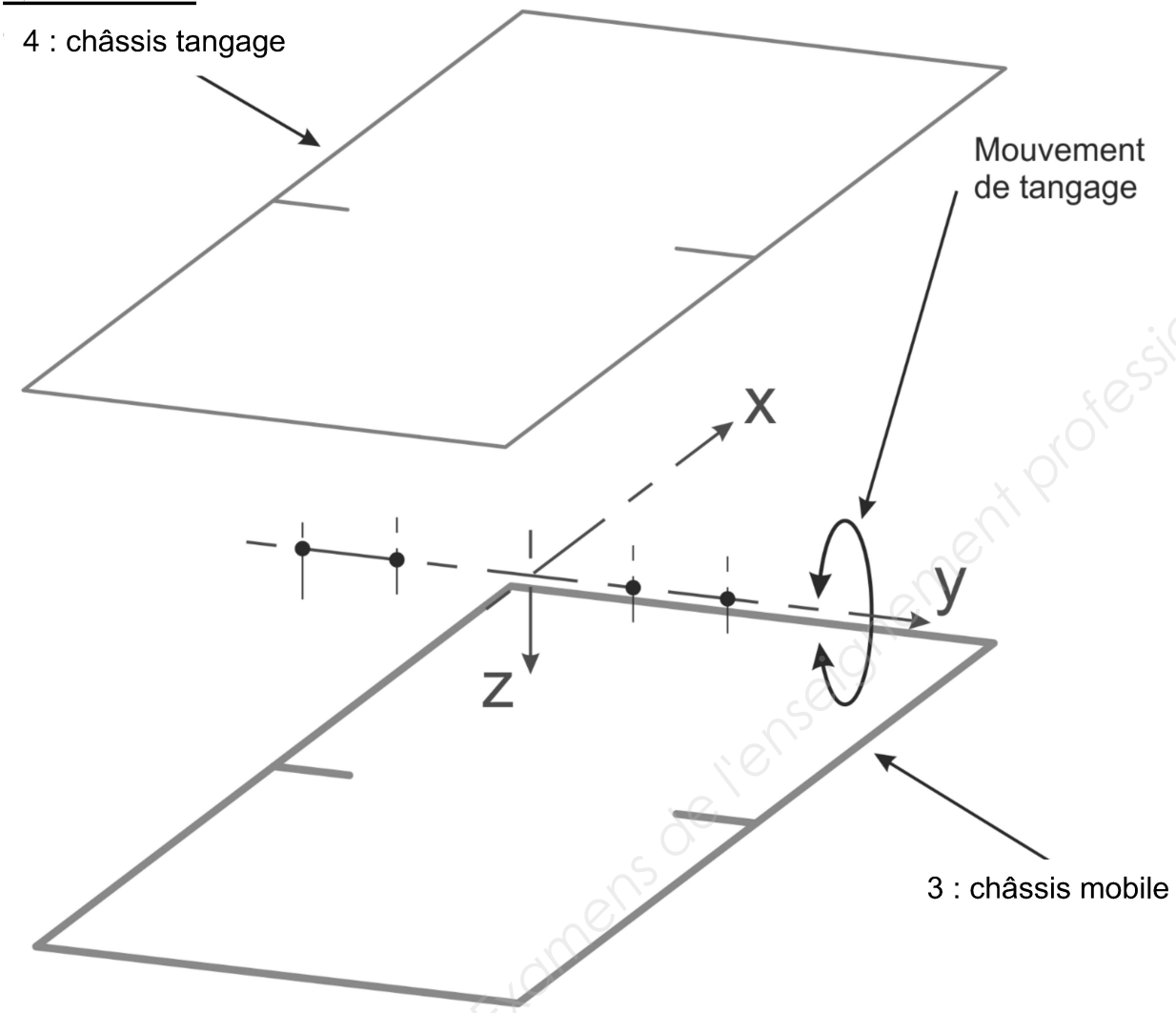
Question 31 :
Vitesse de glissement moyenne *v*

Conformité rotule avec *p* et *v*

Question 32 :
Durée de vie prévisible G_h

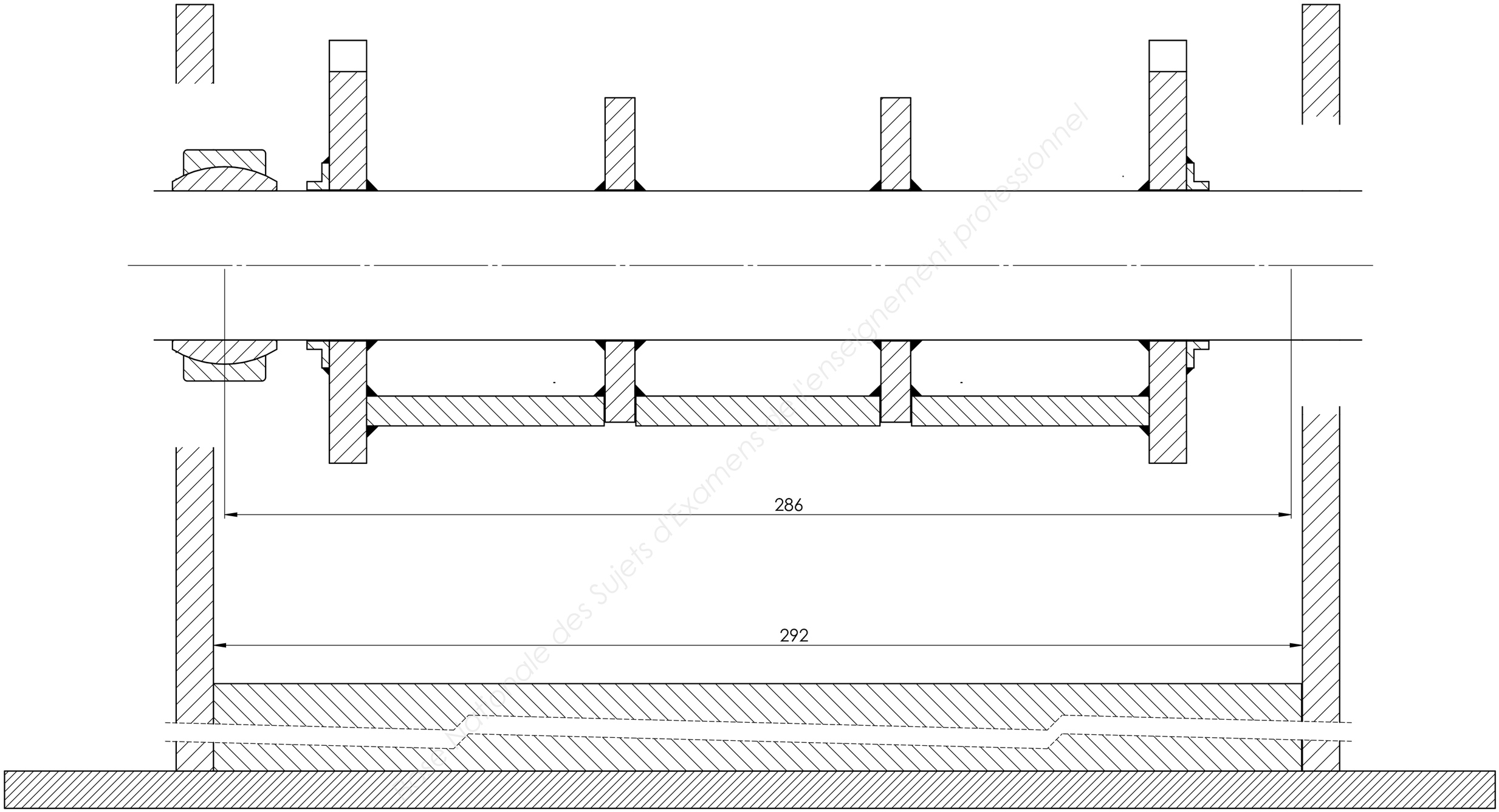
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Question 33 :



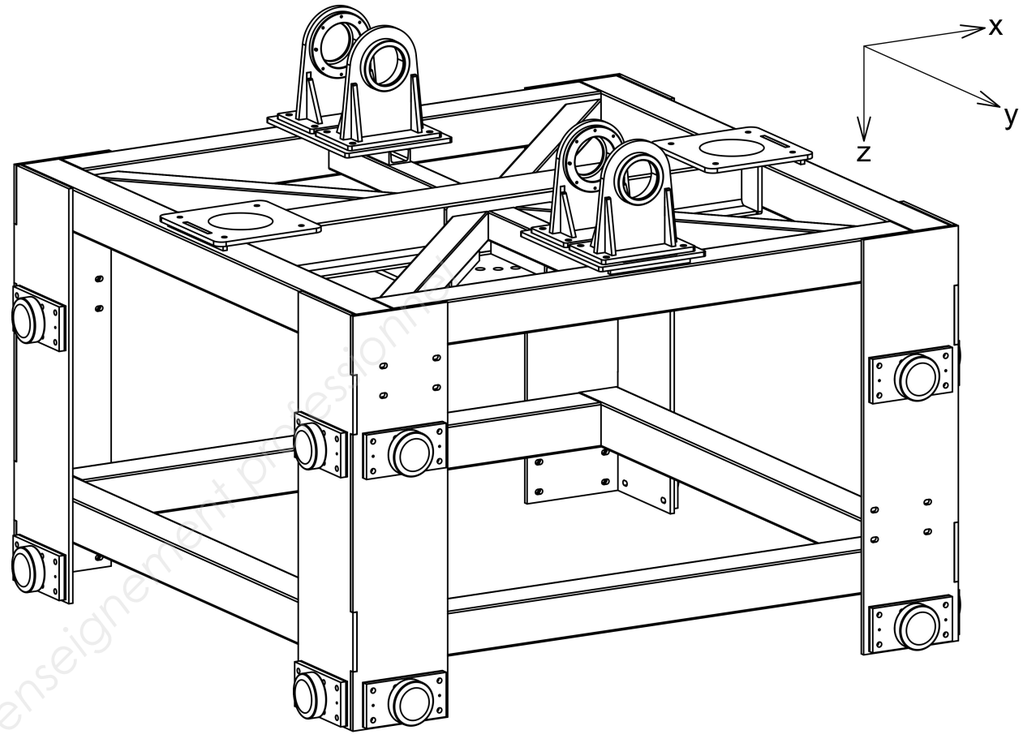
Question 34 :

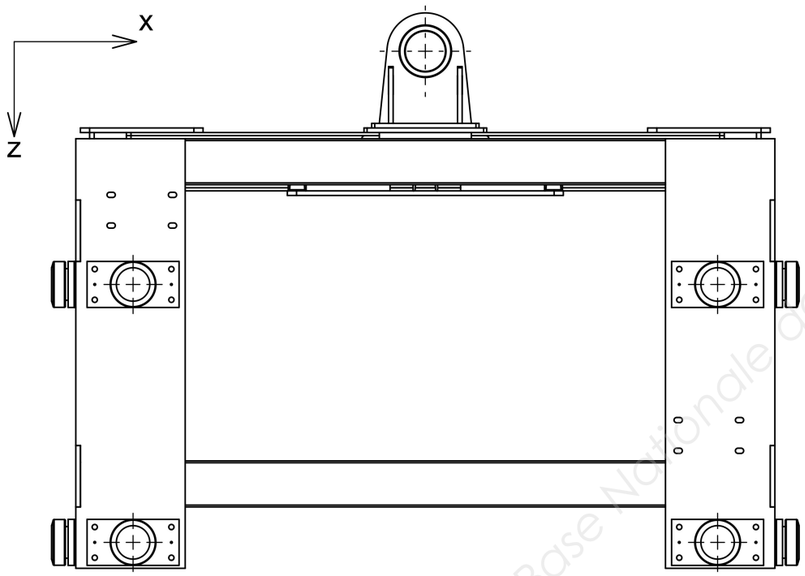
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

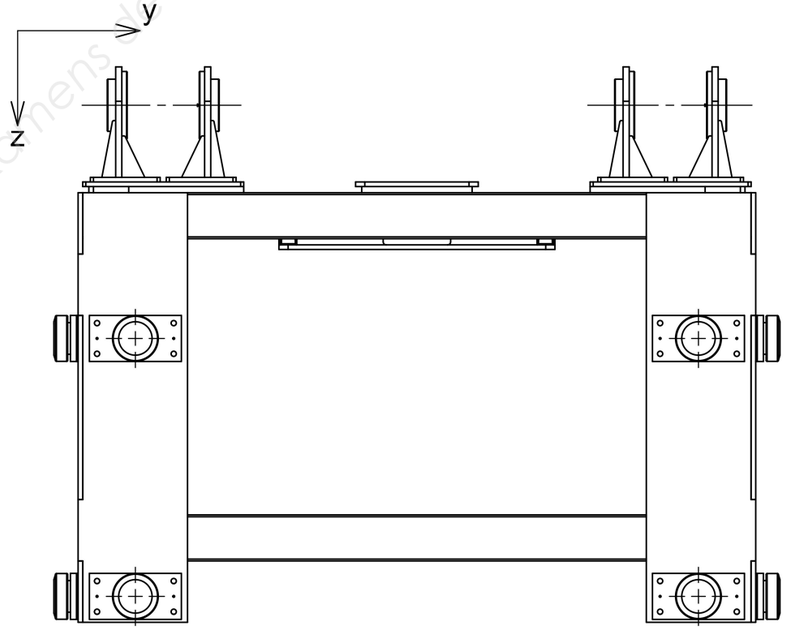


BRAS ARTICULÉ CONCEPTION DE L'ARTICULATION			
Echelle 1:1		Format : A3	DR 7

Banque nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel







Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Modification de la structure du châssis mobile
DR8

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.