

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

Étude et Définition de Produits Industriels

Épreuve E1 - Unité U 11

Étude du comportement mécanique d'un système technique

SESSION 2022

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

Compétences sur lesquelles porte l'épreuve :

C 12 : Analyser un produit
C 13 : Analyser une pièce
C 21 : Organiser son travail
C 22 : Etudier et choisir une solution

Ce sujet comporte :

- Dossier de présentation pages : 2/16 à 4/16
- Dossier technique pages: 5/16 à 9/16
- Dossier travail pages : 10/16 à 16/16

Documents à rendre par le candidat :

- Pages : 10/16 à 16/16

Il est conseillé au candidat de prévoir 20min pour la lecture du sujet.
Le dossier travail comporte des indications de temps pour traiter chacune des parties.

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.
Documents personnels autorisés.

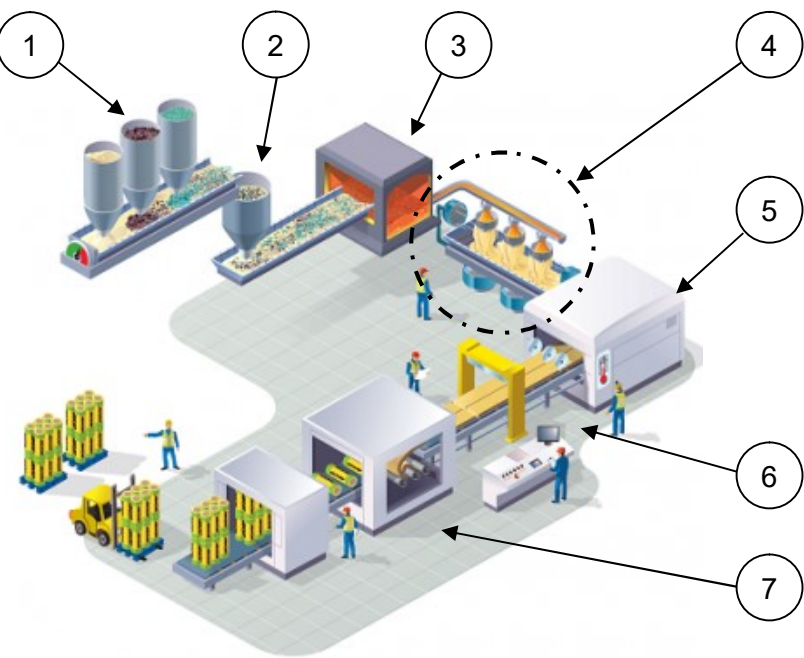
BAC PRO E.D.P.I.	Code : 2206-EDP ST 11 1	Session 2022	SUJET
Épreuve E1 U11 : Étude du comportement mécanique d'un système technique	Durée : 3 heures	Coefficient : 3	Page 1/16

DOSSIER DE PRÉSENTATION

1. Mise en situation.

L'entreprise de fabrication de laine de verre fabrique des produits d'isolation thermique, acoustique et de protection au feu, à base de verre, pour les bâtiments résidentiels et industriels.

Procédé d'élaboration de la laine de verre :



- Étape 1 : Matières premières.**
La laine de verre est fabriquée à partir de matières minérales et d’au moins 40% de verres recyclés (calcin).
- Étape 2 : Composition.**
Les matières premières sont stockées dans des silos, puis pesées et mélangées pour former la composition verrière.
- Étape 3 : Fusion.**
La composition verrière entre en fusion dans le four.

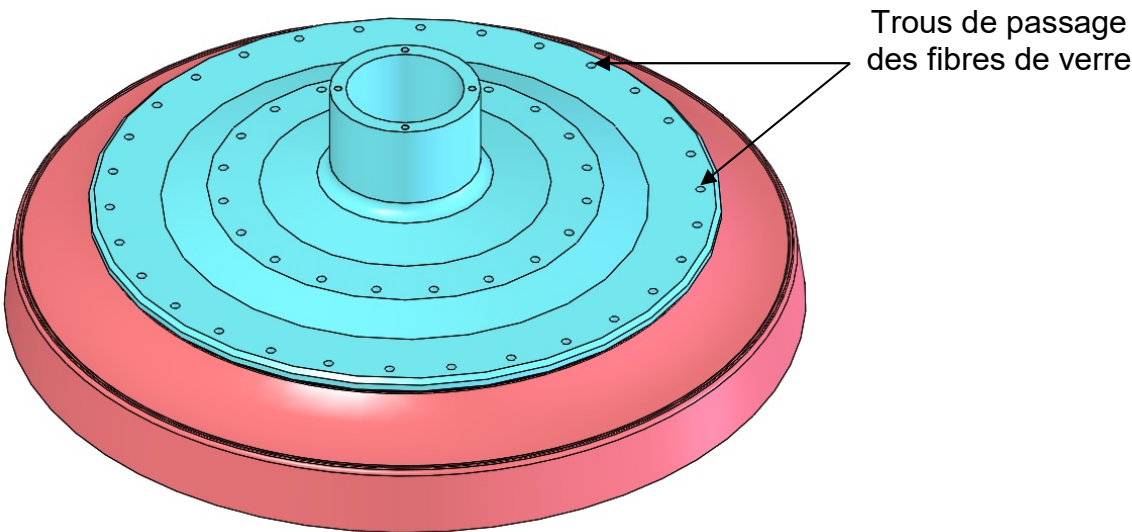
- Étape 4 : Fibrage.**
La matière en fusion passe dans une filière puis dans des **assiettes de fibrage** en continu d’où elle ressort sous forme de **fils de verre** qui sont pulvérisés de polymère (le liant) pour former un matelas. 100% de la matière en fusion est fibrée.
- Étape 5 : Étuvage.**
Le matelas de laine cuit pour être polymérisé. Il devient ainsi un matelas élastique, qu’il devient possible de comprimer.
- Étape 6 : Découpe par massicot.**
Les matelas sont surfacés puis découpés. Les chutes sont recyclées dans le process.
- Étape 7 : Conditionnement.**
Le conditionnement se fait en rouleaux et panneaux. Les matelas sont très fortement comprimés par une enrouleuse, jusqu’à 10 fois leur épaisseur.

Parmi les différentes pièces employées en milieu verrier, les **assiettes de fibrage** sont sans doute celles qui subissent les conditions d’utilisation les plus sévères.



Étape 4 : Opération de fibrage des fils de verre.

Elles subissent des sollicitations mécaniques, thermiques et chimiques. Pendant son utilisation, l' **assiette de fibrage** se déforme. Le diamètre des trous peut augmenter (jusqu'à +0,5 mm), et certains finissent par se rejoindre ce qui crée des fissures. Les assiettes nécessitent donc un suivi particulier, ainsi qu’une maintenance régulière.



Assiette de fibrage.

2. Problématique.

Pour la maintenance de ses **assiettes de fibrage**, l'entreprise de fabrication de laine de verre a fait appel à la société **C2MS** (Sarl), située en région Provence – Alpes - Cote d'Azur, à proximité d'Orange (Courthéson). Elle intervient dans le domaine de la chaudronnerie industrielle, capotage de machines, et en tant que concepteur et fabricant de machines spéciales pour l'industrie.

Exemples : Ligne de dépose de voile laine de verre; Ligne de brossage et peinture de fûts; Poste de nettoyage de boccas; Robot de nettoyage...

ISOVER a demandé à cette société, la fabrication d'un chariot de transport et de manutention de l'**assiette de fibrage**, afin d'aider l'opérateur à réaliser l'ensemble des tâches de maintenance sur cet ensemble.



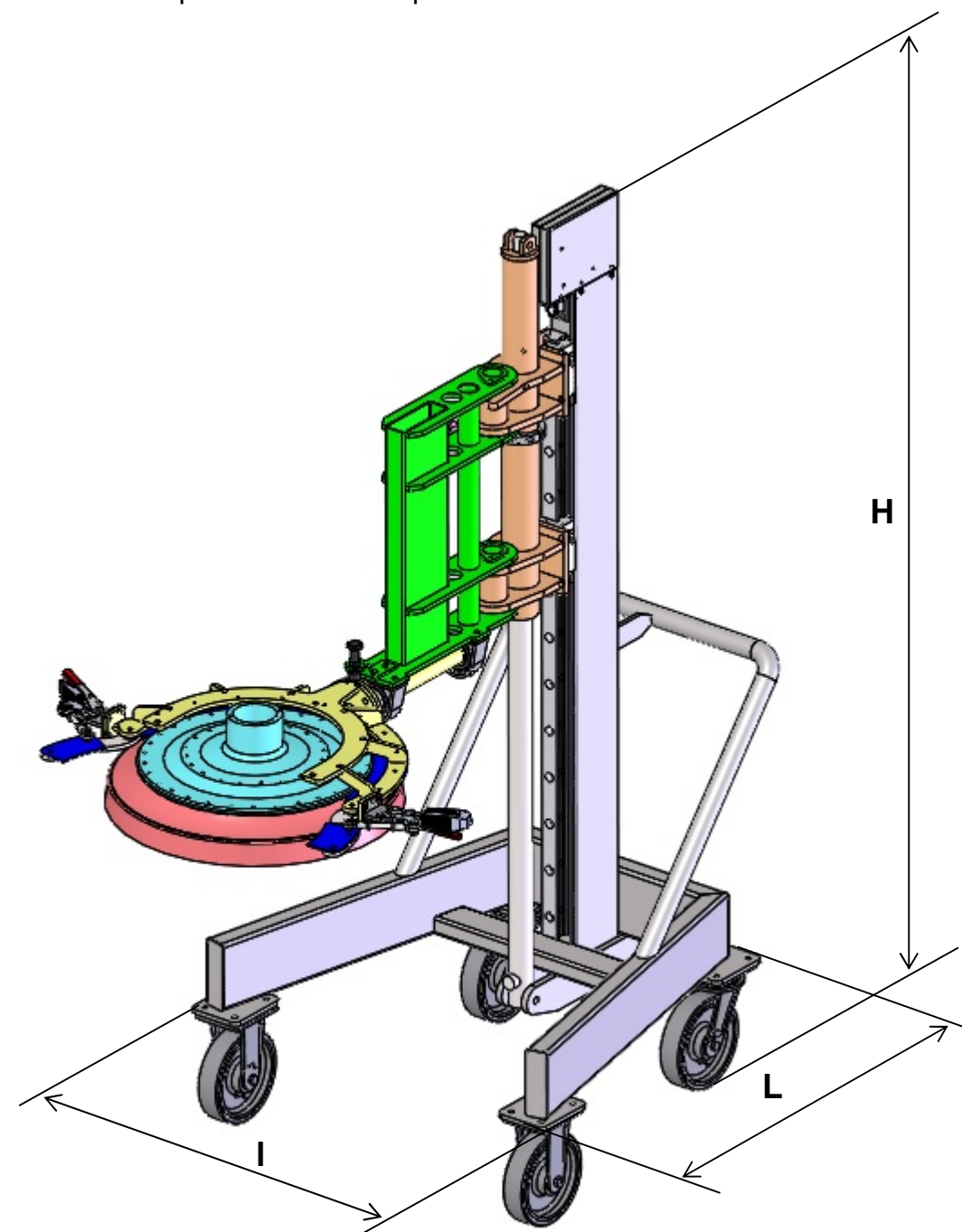
Assiette de fibrage

Ensemble pince

Chariot de manutention.

3. Caractéristiques techniques du chariot.

- Récupérer l'assiette sur le chariot de fibrage.
- Pouvoir l'incliner et le retourner.
- Transporter jusqu'à l'atelier de maintenance.
- Pouvoir poser sur l'établi.
- Masse assiette : 70 kg.
- Masse de la pince : 23 kg.
- Encombrement hors tout : L=1700 mm ; l=1000 mm ; H= 1800 mm.
- Permettre le transport du chariot en position horizontale.



Après plusieurs semaines d'utilisation, plusieurs problèmes ont été repérés :

Problème 1 : Lors du déplacement du chariot, l'ensemble « pince » peut tourner et se déporter sur le côté. Il a donc été demandé de pouvoir verrouiller angulairement l'ensemble « pince ».

Problème 2 : Lorsque le chariot est chargé, il a tendance à basculer vers l'avant. Il est donc demandé de revoir l'équilibrage de l'ensemble, avec mise en place d'un contrepoids qui servira également d'assistance au vérin.

Problème 3 : Pour faciliter la manutention du chariot, et limiter les efforts de l'opérateur, il a été demandé d'ajouter une centrale électro-hydraulique pour actionner le vérin.

DOSSIER TECHNIQUE

Classes d'équivalence cinématiques :

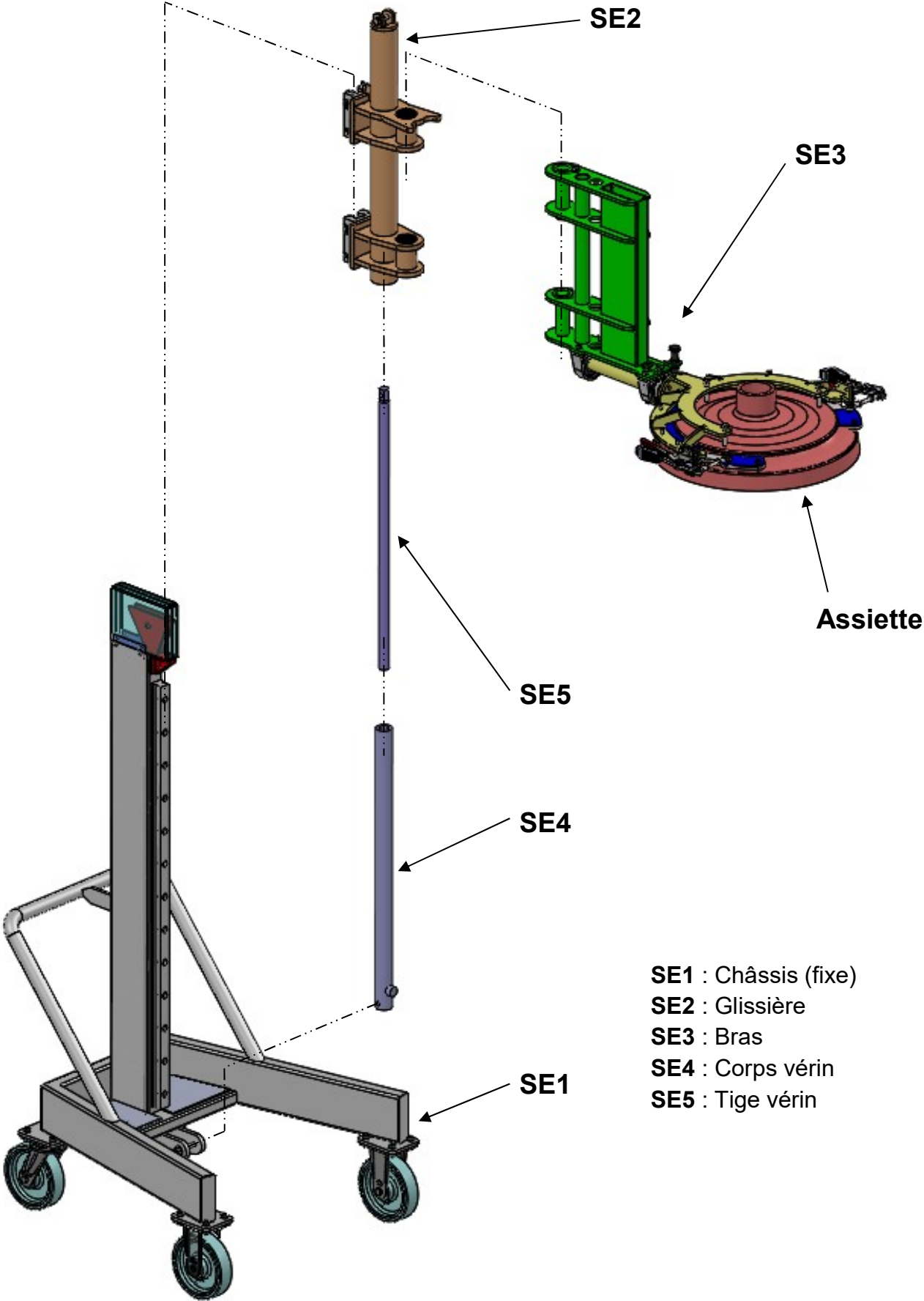
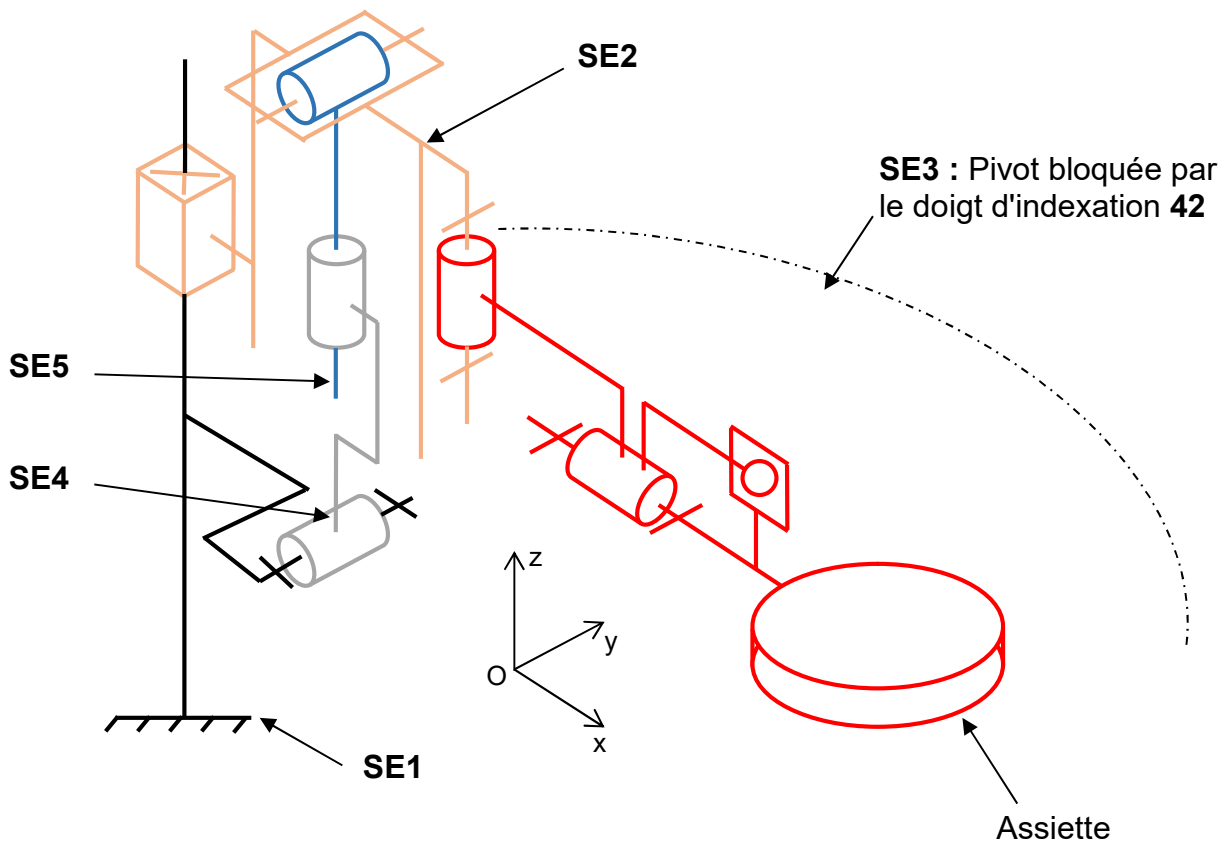
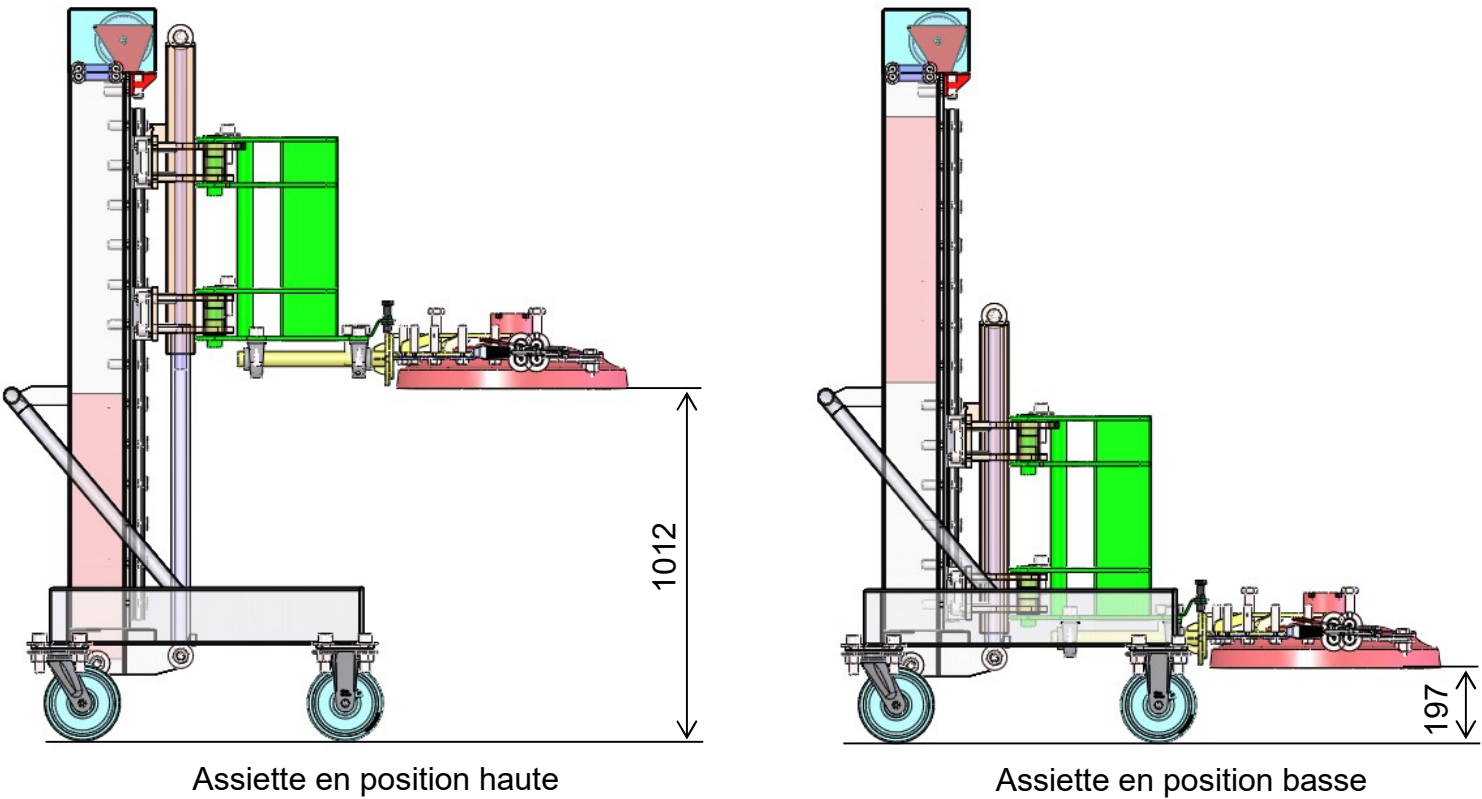
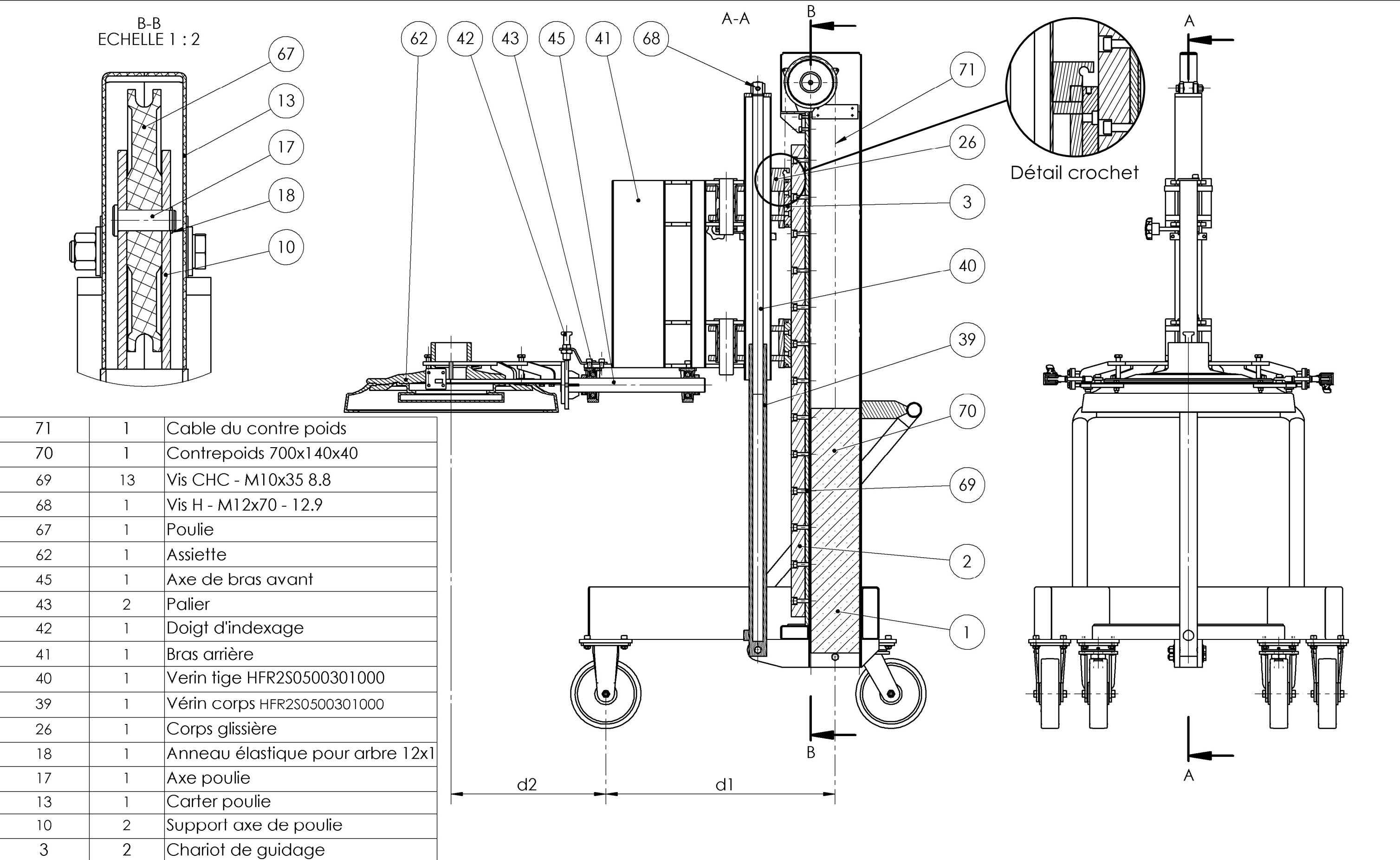


Schéma cinématique spatial du chariot :



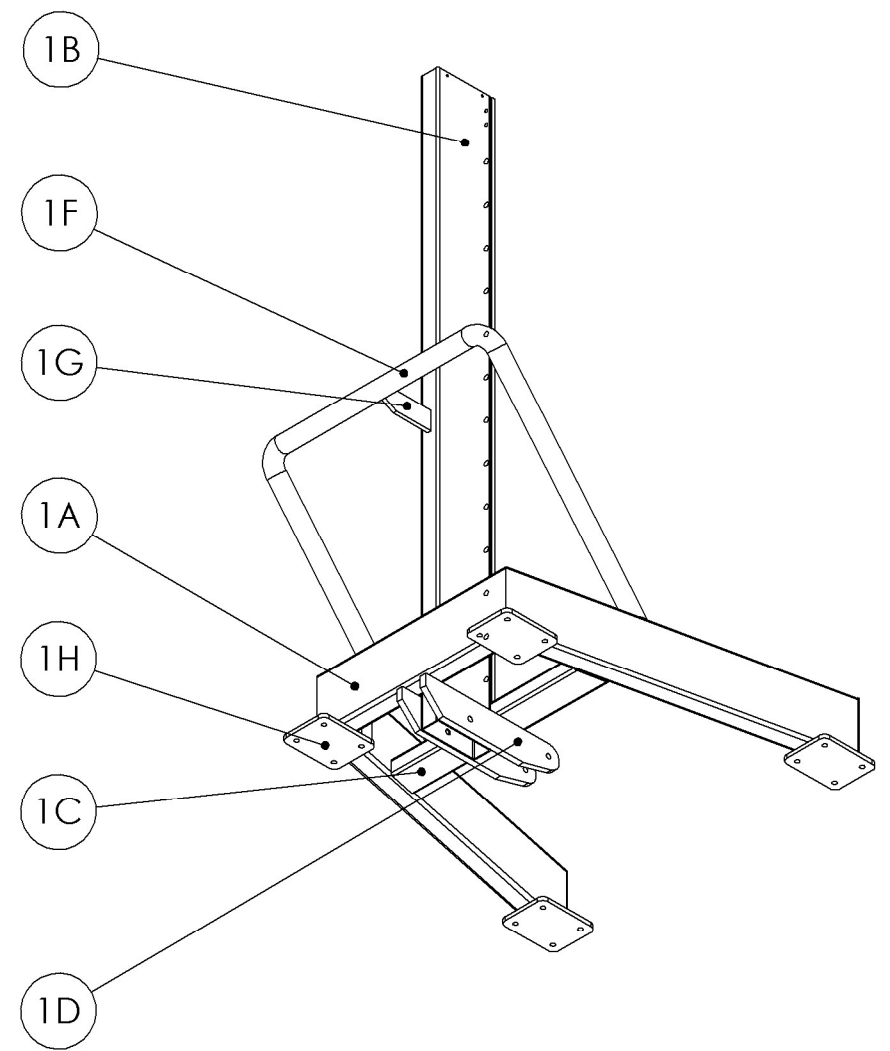
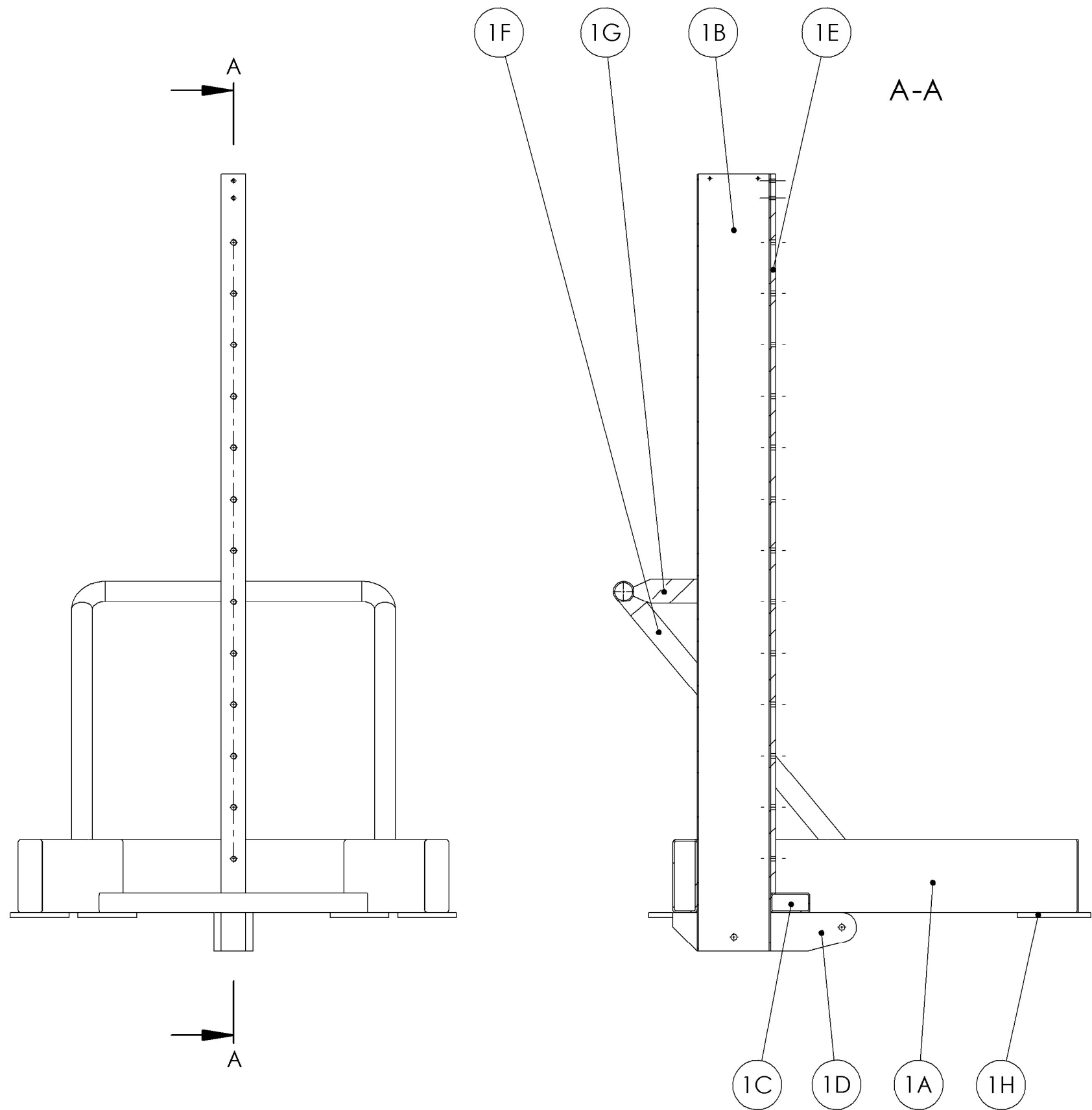
Position haute et basse de l'assiette :





71	1	Cable du contre poids
70	1	Contrepoids 700x140x40
69	13	Vis CHC - M10x35 8.8
68	1	Vis H - M12x70 - 12.9
67	1	Poulie
62	1	Assiette
45	1	Axe de bras avant
43	2	Palier
42	1	Doigt d'indexage
41	1	Bras arrière
40	1	Verin tige HFR2S0500301000
39	1	Vérin corps HFR2S0500301000
26	1	Corps glissière
18	1	Anneau élastique pour arbre 12x1
17	1	Axe poulie
13	1	Carter poulie
10	2	Support axe de poulie
3	2	Chariot de guidage
2	1	Rail de guidage
1	1	Châssis mécano soudé
REP.	Nbr.	Désignation

Echelle : 1:10	CHARIOT PORTE ASSIETTE	Date :
Bac Pro EDPI DT1	Dessin d'ensemble	A3H



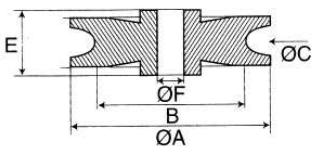
1H	4	Platine de fixation de roue
1G	1	Renfort de barre de manoeuvre
1F	1	Barre de manoeuvre
1E	1	Platine de fixation du rail
1D	2	Longeron central
1C	1	Tube de renfort
1B	1	Tube rectangulaire
1B	1	Embase structure
REP.	Nbr.	Désignation

Echelle : 1:10	CHARIOT PORTE ASSIETTE	Date :
Bac Pro EDPI DT2	Chassis 1 du chariot	A3H

Documentation technique.

DT3 : Extrait du document constructeur de la poulie.

7410 RAB. Réa pour câble



CMU en kg	Câble Ø en mm	Ø A en mm	B en mm	E en mm	Alésage Ø F en mm	Référence
100	4	60	50	10	10	7410 RAB1
150	5	80	70	12	12	7410 RAB2
300	6	100	85	16	16	7410 RAB3
600	7 - 8	120	105	18	18	7410 RAB4
1 000	9 - 10	150	120	25	20	7410 RAB5
1 500	12 - 13	200	170	25	25	7410 RAB6
2 000	13 - 14	250	210	30	30	7410 RAB7
3 000	16 - 18	300	260	35	35	7410 RAB8
4 000	20	350	290	40	35	7410 RAB9



DT4 : Tableau des caractéristiques mécaniques des aciers non alliés.

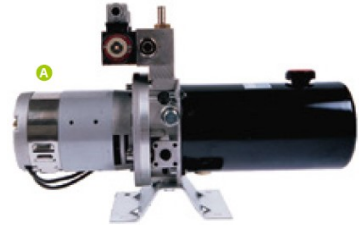
Aciers non alliés				Aciers d'usage général					
Nuance	R min.*	Re min.*	Emplois		Nuance	R min.**	Re min.**	Emplois	
C 22	410	255	Constructions mécaniques.		S 185	290	185	Constructions mécaniques et métalliques générales assemblées ou soudées.	
C 25	460	285			S 235	340	235		
C 30	510	315	Ces aciers conviennent aux traitements thermiques et au forgeage.		S 275	410	275		
C 35	570	335			S 355	490	355		
C 40	620	355			E 295	470	295		
Prlx relatifs des matériaux				E 335	570	335	Ces aciers ne conviennent pas aux traitements chimiques.		
				E 360	670	360			
Fontes JL (GJL)		0,6	Aciers Cr-Ni-Mo		10	Moulage		GS 235 – GS 275 – GS 355 GS 295 – GE 335 – GE 360	
Aciers S 235		1	Aciers rapides		12 à 26				
Aciers C		1,7 à 2	Aluminium		5	** R min. = résistance minimale à la rupture par extension (MPa). Re min. = limite minimale apparente d'élasticité (MPa).			

DT5 : Extrait du document constructeur de centrales électro-hydraulique.

CENTRALES ÉLECTRO-HYDRAULIQUES



Réf.	Débit (l/min)*	Puissance (W)	Réservoir (L)	Tension (Vcc)	Poids (kg)	L x l x h (mm)
CC0212	0,5	40	1	12	7,5	354 x 190 x 200
CC0312	1	80	1	12	8	
CC0512	1,4	125	1	12	10	384 x 190 x 200
CC07512	2,4	300	2,5	12	10	



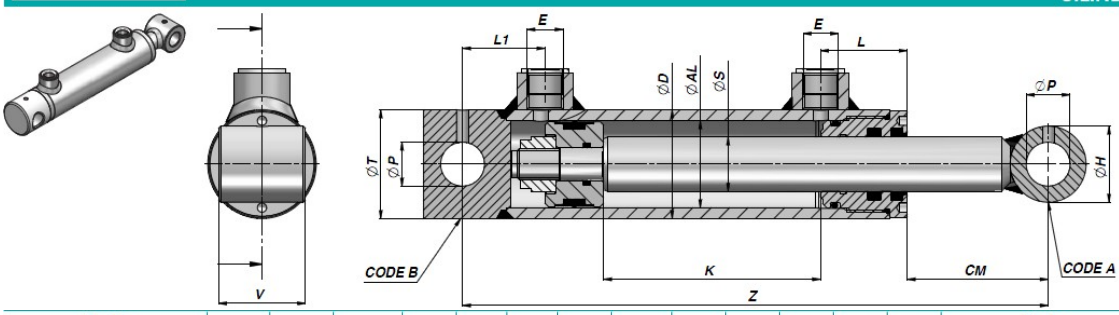
Réf.	Débit (l/min)*	Puissance (W)	Intensité (A)	Réservoir (L)	Tension (Vcc)	Poids (kg)	L x l x h (mm)
CC112	4,6	600	64	5	12	24	500 x 165 x 285
CC1A24	4,8	500	30	5	24	24	500 x 165 x 285
CC1A24LD	2 à 4,8 (variable)	500	30	5	24	24	500 x 165 x 285

DT6 : Extrait du document constructeur du vérin hydraulique.

HFR2S

VERIN DOUBLE EFFET
DOUBLE ACTING CYLINDER
CILINDRO DE DOBLE EFECTO

M250



Code Code Código	K	Z	kg	E BSP	L	L1	CM	ØP	ØH	V	ØT	Code A	Code B	Code Code Código	K	Z	kg
ØD 60 ØAL 50 ØS 30																	
HFR2S0500300100	100	300	4,40	3/8"	43	42	85	25,25	40	45	60	CBF1025040045	CFHR050025049				
HFR2S0500300150	150	350	5,00														
HFR2S0500300200	200	400	5,60														
HFR2S0500300250	250	450	6,20														
HFR2S0500300300	300	500	6,90														
HFR2S0500300400	400	600	8,10														
HFR2S0500300500	500	700	9,30														
HFR2S0500300600	600	800	10,50														
HFR2S0500300700	700	900	11,80														
HFR2S0500300800	800	1000	13,00														
HFR2S0500300900	900	1100	14,20														
HFR2S0500301000	1000	1200	15,50														
ØD 92 ØAL 80 ØS 40																	
HFR2S0800400200	200	410	13,00	3/8"	60	42	70	30,25	50	55	90	CBF1030050055	CFHR080030060				
HFR2S0800400250	250	460	14,20														
HFR2S0800400300	300	510	15,30														
HFR2S0800400350	350	560	16,40														
HFR2S0800400400	400	610	17,50														
HFR2S0800400500	500	710	19,80														
HFR2S0800400600	600	810	22,00														
HFR2S0800400700	700	910	24,30														
HFR2S0800400800	800	1010	26,50														
HFR2S0800400900	900	1110	28,80														
HFR2S0800401000	1000	1210	31,00														

Formulaire :

	Formules	Unités
Surface S	$S = \pi \times D^2 / 4$	D en mm
Pression p	$p = F / S$	p en MPa, F force en N, S section en mm ²
Volume de fluide V	$V = C \times S$	V en dm ³ , C course en dm, S section en dm ²
Débit Q	$Q = v \times S$	Q en mm ³ /s, v vitesse en mm/s, S section en mm ² 1 l/min = 16666.67 mm ³ /s
Puissance hydraulique Ph	$Ph = Q \times p / 600$	Ph en kW, Q en l/min, p en bar 1 bar = 0.1 MPa

DANS CE CADRE	Académie :		Session :	
	Examen :		Série :	
	Spécialité/option :		Repère de l'épreuve :	
	Épreuve/sous épreuve :			
	NOM :			
	(en majuscule, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)			
NE RIEN ÉCRIRE	Prénoms :		N° du candidat	
	Né(e) le :		(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou liste d'appel)	
Note :				

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

Temps conseillé	
Lecture du sujet	(20 minutes)
<u>I – Problème 1 : Verrouillage angulaire.</u>	(10minutes)
Question 1 à 5.	
<u>II – Problème 2 : Eviter le basculement vers l’avant du chariot.</u>	
II.1 Déterminer la masse du contre poids.	(30minutes)
Question 6 à 12.	
II-2Dimensionner la poulie.	(10minutes)
Question 13 à 15.	
II-3Choisir le matériau de l'axe.	(30minutes)
Question 16 à 23.	
II-4Vérifier la tenue du crochet d'accroche du câble.	(20minutes)
Question 24 à 28.	
<u>III – Problème 3 : Ajouter une centrale électro-hydraulique.</u>	(1 heure)
Question 29 à 37.	

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

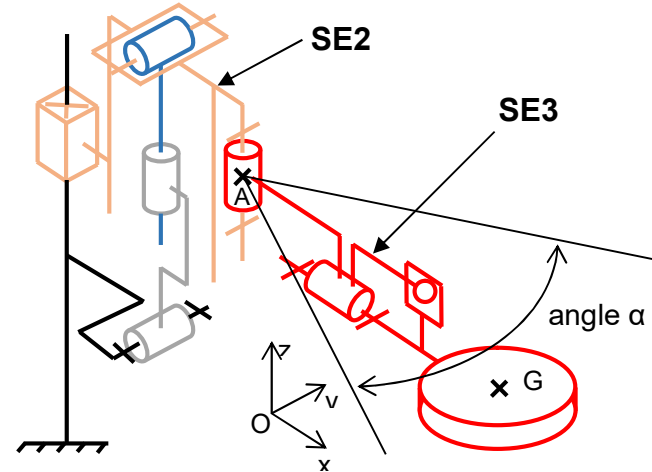
DOSSIER DE TRAVAIL

Le candidat répond directement sur ce dossier de travail. Celui-ci sera rendu dans son intégralité aux surveillants à la fin de l’épreuve.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Problème 1 : Verrouillage angulaire.

Lors du déplacement du chariot, ce dernier doit passer par des passages étroits dans l'atelier. Dans cette partie, on souhaite déterminer l'angle de rotation α à ne pas dépasser pour le bras SE3 afin d'éviter tous risques de collision de l'assiette dans les murs lors des déplacements du chariot. On considère le vérin immobile.



Question 1. Déterminer la nature du mouvement du bras SE3 par rapport à la glissière SE2 ?

Mvt_{SE3/SE2} :

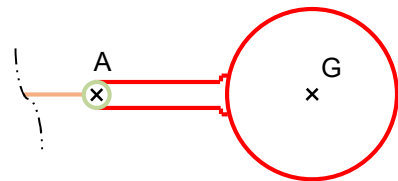
Question 2. Déterminer la trajectoire du point G du bras SE3 par rapport à la glissière SE2.

T_{GSE3/SE2} :

Question 3. Tracer cette trajectoire, sur le schéma ci-dessous, du chariot en vue de dessus.

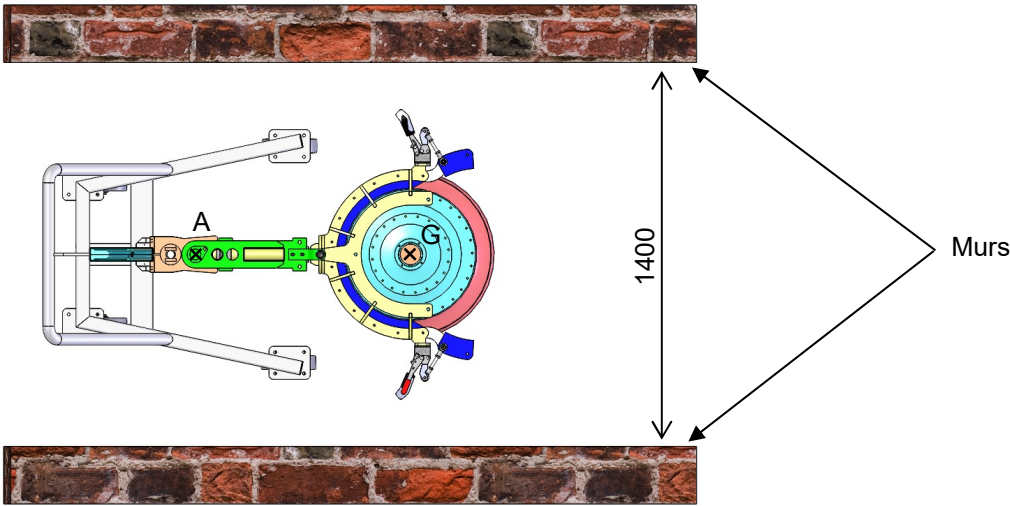
SE1, SE4 et SE5
non représentés

SE2 représenté
partiellement

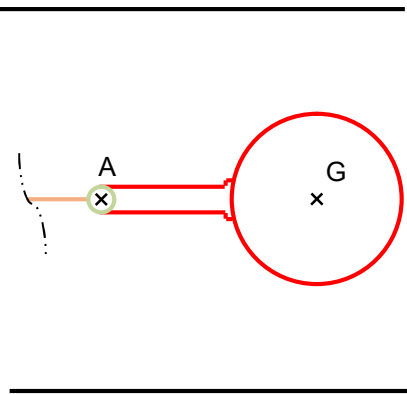


NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Le chariot doit passer dans un passage étroit.



Question 4. Sur le schéma ci-dessous, tracer les deux positions limites du bras, sachant qu'il ne doit pas avoir de collision entre l'assiette et les murs.
Nota : les pinces de maintien de l'assiette ne sont pas représentées car leur incidence sur le débattement angulaire est négligeable.



Question 5. Déterminer, à partir du tracé précédant, l'angle maximal balayé par le bras du chariot.

Angle α = °

La mise en place de butées fixes occasionnerait une contrainte lors des opérations de maintenance. Le bureau d'étude fait donc le choix de bloquer la rotation grâce à un collier de serrage.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

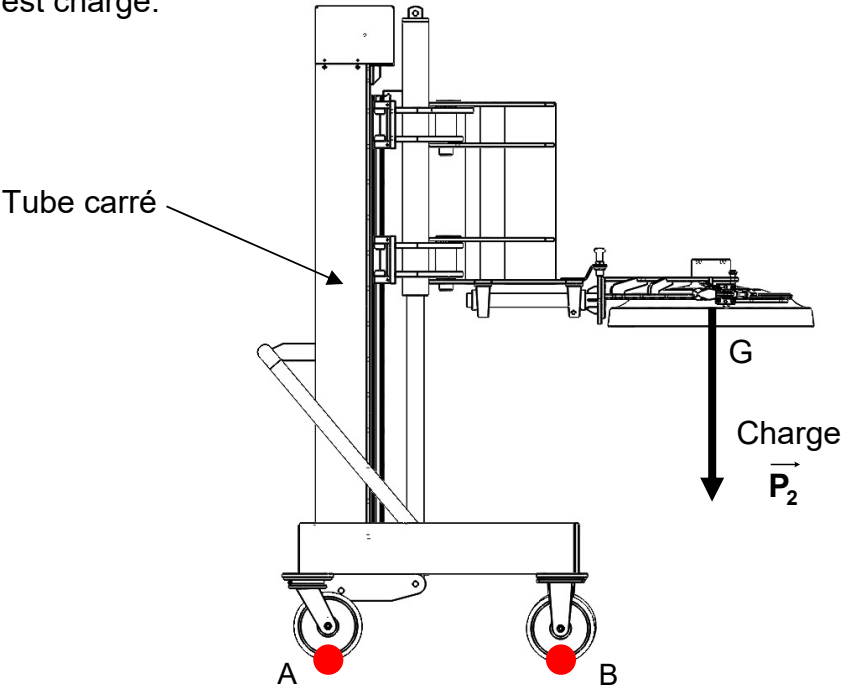
Problème 2 : Éviter le basculement vers l'avant du chariot.

L'étude qui suit doit permettre une utilisation normale du chariot, sans risque de basculement. Un contre poids doit être ajouté. Il sera logé dans le tube rectangulaire vertical (Rep 1B sur le DT2 page 8/16) du châssis.

Données :
Le poids du châssis est négligé.
L'accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

a. Déterminer la masse du contre poids.

Question 6. Entourer le point (A ou B) autour duquel le châssis pourrait basculer lorsque le chariot est chargé.



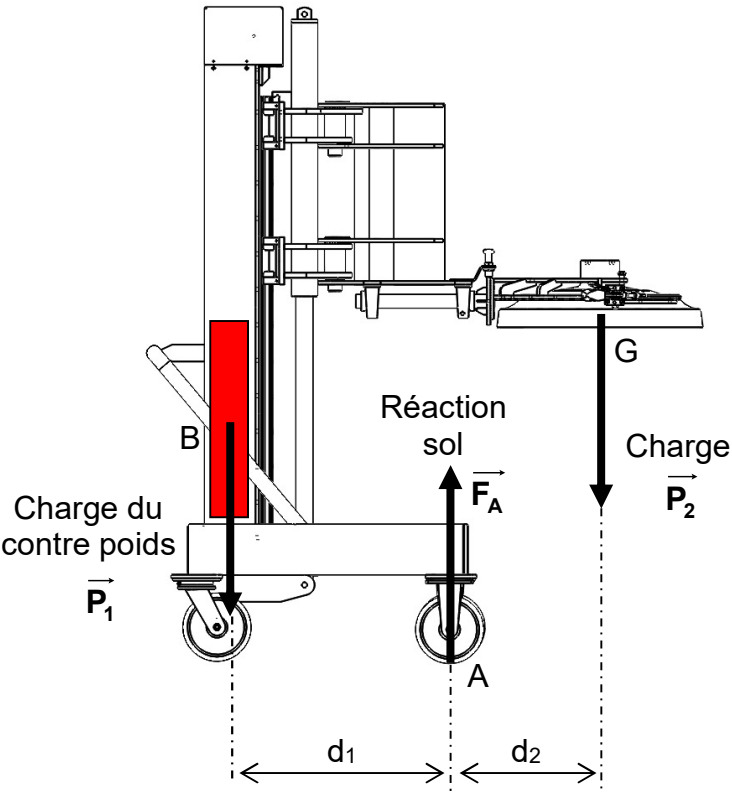
Question 7. Le basculement est dû au poids P_2 de la charge (pince + assiette). Calculer le poids P_2 de cet ensemble « pince + assiette ». Cette force sera appliquée au centre de gravité G de l'ensemble.

.....
.....

$P_2 = \dots\dots\dots \text{ N}$

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Question 8. À partir du DT1, relever les valeurs des deux dimensions d_1 et d_2 .



$d_1 = \dots\dots\dots \text{ mm}$

$d_2 = \dots\dots\dots \text{ mm}$

Question 9. Compléter le tableau des actions mécaniques en isolant le chariot à l'équilibre. Mettre des « ? » sur les caractéristiques inconnues.

Action	Point d'application	Droite d'action	Sens	Intensité en N

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Question 10. Appliquer le Principe Fondamental de la Statique sur l'ensemble chariot.

.....

.....

.....

Question 11. Déterminer par le calcul, l'intensité du poids \vec{P}_1 du contre poids agissant en B.

$$\sum M_A \vec{F_{ext}} = M_A (\vec{P_1}) + M_A (\vec{F_A}) + M_A (\vec{P_2}) = 0$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$$\|\vec{P_l}\| = \text{ N}$$

Question 12. Déterminer alors la masse M_1 en Kg du contrepoids.

.....

.....

$$M_1 = \text{ kg}$$

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

b. Dimensionner la poulie

L'ajout d'un contre poids a nécessité une modification sur le châssis, avec la mise en place d'une poulie sur le chariot **SE1**. Cela permet le renvoi du câble reliant le contrepoids à l'ensemble glissière **SE2**.

Si vous n'avez pas répondu à la question précédente, prendre **M₁ = 65 kg**.
Le bureau d'études souhaite prendre un **coefficient de sécurité de 3** (s = 3) pour la masse du contrepoids.

Question 13. Calculer la masse maximale théorique **M_{max}** à soulever si on prend en compte le coefficient de sécurité.

.....

.....

$$M_{max} = \text{ kg}$$

Question 14. À partir du document constructeur de la poulie **DT3** page 9/16, **déterminer** le diamètre de câble minimal nécessaire.

$$D_{cable} = \text{ mm}$$

Question 15. À partir du document constructeur de la poulie **DT3** page 9/16, **déterminer** le diamètre de l'axe de poulie (noté ØF sur le **DT3**).

$$D_{axe \text{ poulie}} = \text{ mm}$$

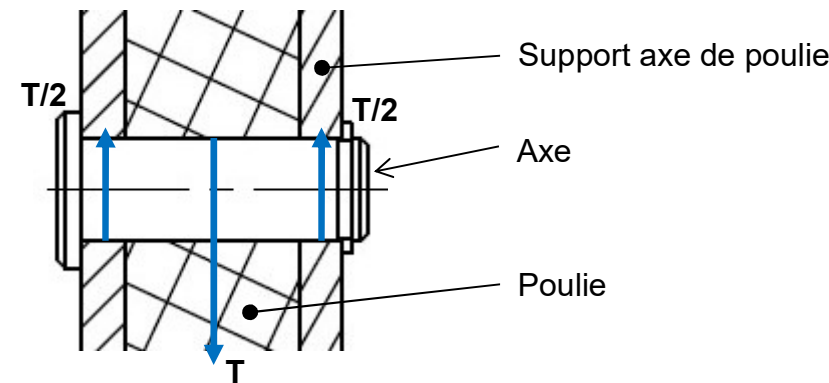
c. Choisir le matériau de l'axe

Question 16. Identifier les sollicitations que supporte l'axe de poulie. Entourer la bonne réponse.

Traction Cisaillement Compression Flexion

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Question 17. Sur le schéma ci-dessous, colorier en vert la ou les section(s) cisailée(s).



Question 18. Calculer l'aire totale S_{totale} des sections cisillées de l'axe.

.....
.....

$S_{totale} = \dots\dots\dots \text{ mm}^2$

Question 19. Calculer l'effort T dans le câble. Voir question 13.

.....
.....

$T = \dots\dots\dots \text{ N}$

Question20. Calculer la contrainte τ dans l'axe.

.....
.....

$\tau = \dots\dots\dots \text{ MPa}$

Question21. Indiquer la condition de résistance.

.....

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Question 22. Calculer la limite élastique minimale $R_{e_{mini}}$ que devra avoir le matériau sachant que $R_{pg} = \frac{R_g}{s}$ et que l'on se situe dans le cas le plus défavorable où $R_g = 0.5 R_e$. On prendra comme coefficient de sécurité de l'axe $s = 6$.

.....
.....
.....

$R_{e_{mini}} = \dots\dots\dots \text{ MPa}$

Question 23. Choisir le matériau dans lequel l'axe sera réalisé. Voir tableaux des caractéristiques mécaniques et économiques des matières du DT4 page 9/16.

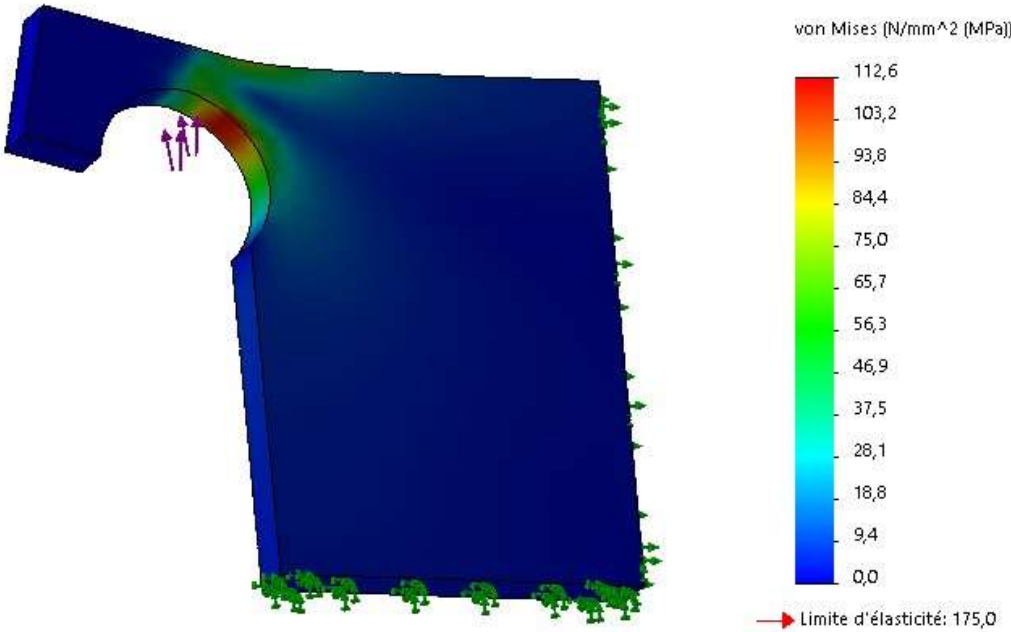
.....

d. Vérifier la tenue du crochet d'accroche du câble

Le câble qui maintient le contre poids est accroché à la glissière SE2 à un crochet découpé dans une tôle, puis soudé (Voir détail C sur le DT1).

L'analyse par éléments finis du crochet, a permis de mettre en évidence une zone de plus fortes contraintes.

Le matériau du crochet a une limite élastique R_e de 175 MPa.



Question 24. Identifier, sur le schéma ci-dessus, les zones de contrainte maximale sollicitant le crochet, en les entourant en vert.

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Question 25. Relever la contrainte maximale sollicitant le seuil mobile en MPa.

.....

Question 26. Déterminer la contrainte pratique élastique R_{pe} ($R_{pe} = R_e/s$) sachant que le bureau d'études impose un coefficient de sécurité de 2 ($s=2$).

.....
.....

$R_{pe} = \dots\dots\dots$ MPa

Question 27. Comparer la contrainte maximale σ_{max} et la résistance pratique élastique R_{pe} du matériau du crochet, puis conclure quant à la condition de résistance.

.....
.....

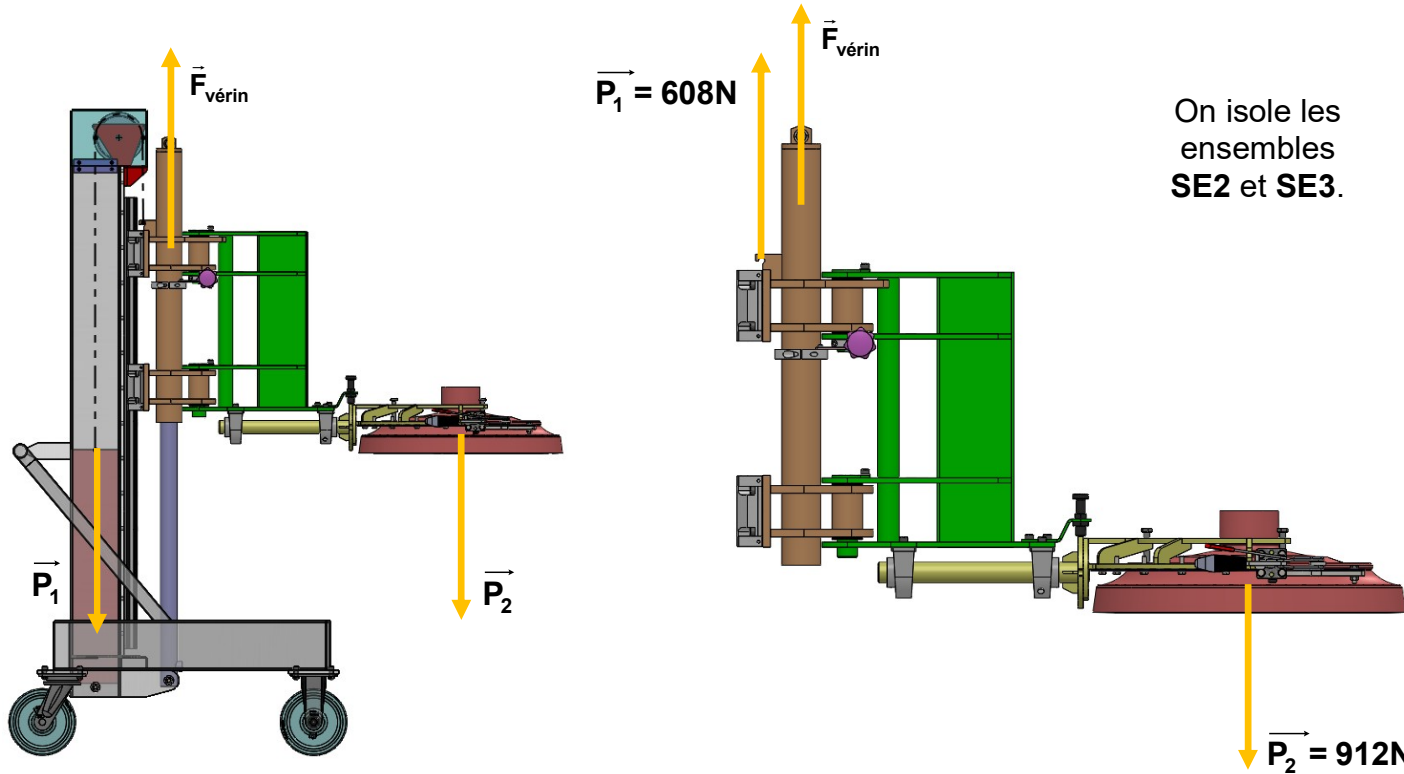
Question 28. Proposer une solution constructive permettant de rigidifier le crochet, soit sous forme de croquis, soit sous forme d'une explication succincte.

Proposition sous forme de croquis	Proposition sous forme d'une explication succincte

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

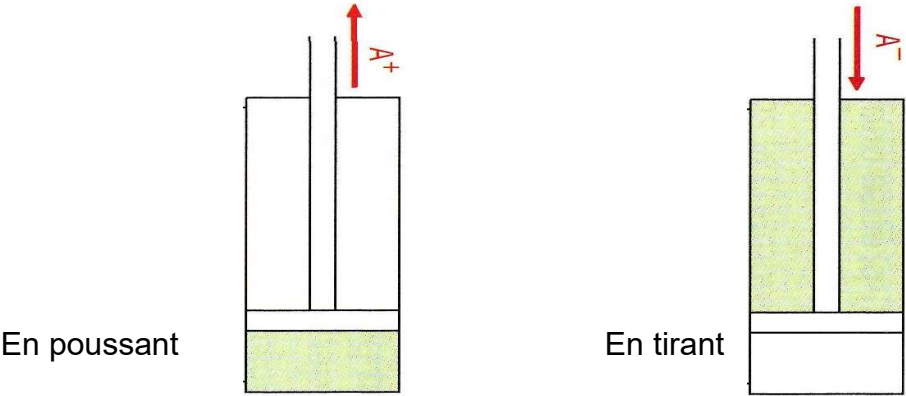
Problème 3 : Ajouter une centrale électro-hydraulique.

La centrale permet d'assister le vérin lors de la manutention par l'opérateur.



Question 29. Entourer la bonne réponse.

- Dans quel cas, le vérin sera-t-il le plus sollicité ?
La montée La descente
- Le vérin travaille alors :



NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

On souhaite choisir la centrale électro-hydraulique parmi les références disponibles dans le catalogue **DT5** page 9/16. Pour cela, vous allez déterminer plusieurs caractéristiques qui vont vous permettre de faire votre choix. On se place pendant une phase de montée.

Question 30. Calculer la surface de travail du piston. Aidez-vous du formulaire et du **DT6** page 9/16. La référence du vérin est **HFR2S0500301000**.

.....
.....

S = mm²
= dm²

Question 31. Calculer la force minimale **F_{mini}** exercée par le vérin pour que l'assiette puisse monter.

.....
.....

F_{mini} = N

Question 32. Calculer la pression **p** exercée dans le vérin. Aidez-vous du formulaire page 9/16.

.....
.....

p = MPa
= bars

Question 33. Déterminer la course **C** de vérin nécessaire, en vous aidant du dossier technique page 6/16.

.....
.....

C = mm = dm

NE RIEN ÉCRIRE DANS CETTE PARTIE

Question 34. Calculer le volume d'huile **V_{Hmini}** nécessaire au fonctionnement du vérin dans chacun des cas. Aidez-vous du formulaire page 9/16. Rappel : 1l = 1dm³.

.....
.....

V_{Hmini} = dm³

V_{Hmini} = l

La vitesse maximale **V_{max}** de descente admissible de l'assiette est de **30 mm/s**.

Question 35. Calculer le débit d'huile **Q_H** maximal nécessaire. Aidez-vous du formulaire page 9/16.

.....
.....

Q_{Hmax} = mm³/s

Q_{Hmax} = l/min

Question 36. Déterminer la puissance hydraulique minimale **P_{Hmini}** que doit fournir la centrale électro-hydraulique. Aidez-vous du formulaire page 9/16.

.....
.....

P_{Hmini} = KW

P_{Hmini} = W

Question 37. En tenant compte du débit, du volume de fluide et de la puissance hydraulique, **choisir** une centrale électro-hydraulique dans le catalogue **DT5** page 9/16 et **indiquer** sa référence.

.....
.....