

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE
SERIE SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES
Génie Mécanique Option A et B

SESSION 2008

Epreuve : Etude des constructions

Durée : 6 Heures

Coefficient : 8

AUCUN DOCUMENT AUTORISÉ

MOYENS DE CALCUL AUTORISÉS

Calculatrice de poches y compris les calculatrices programmables, alphanumériques
ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne
soit pas fait usage d'imprimante (conformément à la circulaire 99-186 du 16
novembre 1999)

Ce sujet comprend 3 dossiers de couleurs différentes :

Dossier Technique (DT1 à DT11)jaune

Dossier Travail demandé (pages TD1/10 à TD10/10)vert

Dossier Documents Réponses (DR1 à DR7)..... blanc

Les candidats rédigeront les réponses sur les « Documents Réponses » prévus à cet effet.
Les Documents Réponses seront insérés et agrafés dans une feuille de copie double officielle.

Tous les documents réponses, même vierges, sont à remettre en fin d'épreuve.

DOSSIER DOCUMENTS TECHNIQUES

Ce dossier comporte 11 documents numérotés de DT1 à DT11 :

- DT1 : Présentation / Principe de fonctionnement
- DT2 : Extrait du diagramme FAST / Extrait du cahier des charges
- DT3 : Chaîne de transmission de puissance
- DT4 : Blocs cinématiquement équivalents
- DT5 : Vue d'ensemble de la presse de musculation
- DT6 : Presse de musculation, détails du bras 6
- DT7 : Presse de musculation, détails du basculeur 10
- DT8 : Presse de musculation, détails de la liaison S3G/S4
- DT9 : Nomenclature
- DT10 : Efforts de l'utilisateur sur le levier haut
- DT11 : Extrait de norme

PRESSE DE MUSCULATION HG COMPACT

1 - Présentation

Le secteur du fitness

Depuis les années 80, le secteur du fitness est en pleine croissance. Leader européen de la création et de la distribution d'articles de sport, la société DECATHLON commercialise une large gamme de produits fitness (tapis de course, vélos elliptiques rameurs, steppers, bancs et presses de musculation) sous différentes marques (Weider, Domyos, Kettler, Delatex, ...).

Appareil à charges guidées

L'objet de l'étude est une **presse de musculation compacte à charges guidées** de marque Domyos, conçue pour la pratique régulière de la musculation à domicile (3 à 5 h par semaine). Tout en conservant les performances ergonomiques d'une presse classique, cette presse est actuellement la plus petite au monde. Le caractère innovant de ce produit réside par l'utilisation d'un même levier de manœuvre pour réaliser les exercices de musculation du type "Tirage nuque" ou "Développé épaule".



Caractéristiques :

Prix : 249 €

Performance : 1 poste de travail. Charge maxi 50 kg (10 x 5 kg par plaque). 5 exercices.

Confort : Siège ergonomique et carter de protection.

Dimensions : L130 x l80 x H165 cm. Roulettes de déplacement.

Restriction d'usage : Poids maxi utilisateur 1100 N.

2 - Principe de fonctionnement (voir DT3 DT4 et DT5)

La chaîne de transmission de puissance se décompose en deux parties :

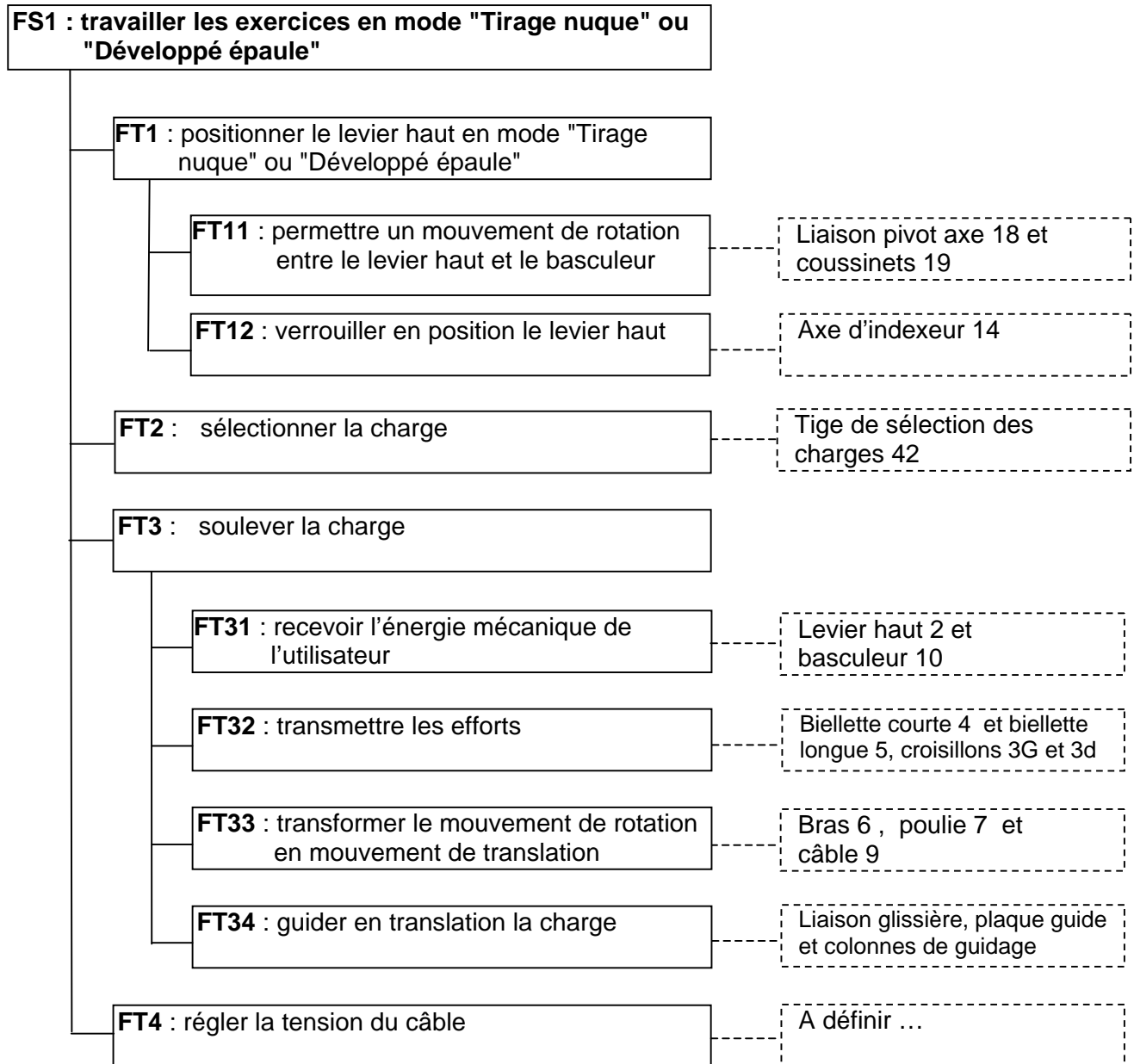
- Un système à levier S2 associé à deux biellettes S4 et S5 par l'intermédiaire de deux croisillons S3G et S3D.
- Un transformateur de mouvement (Poulie S7- câble S9) associé au bras S6.

Suivant l'exercice à réaliser, l'action de l'utilisateur sur le levier haut (2) provoque, par l'intermédiaire du basculeur (10) et de l'une ou l'autre des deux biellettes (4) et (5), la rotation du bras (6) articulé par rapport à l'armature du bâti (1). Ce mouvement entraîne, par l'intermédiaire d'un câble (9) enroulé sur une poulie (7) guidée en rotation par rapport au bras (6), la montée de la charge (8).

3 - Extrait du diagramme FAST

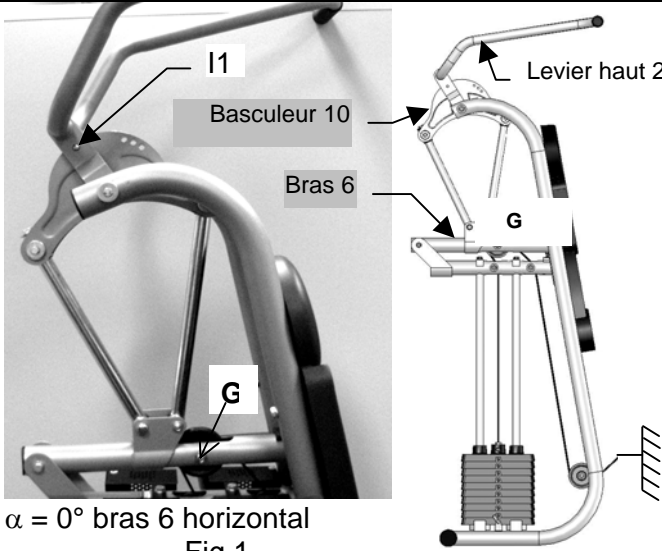
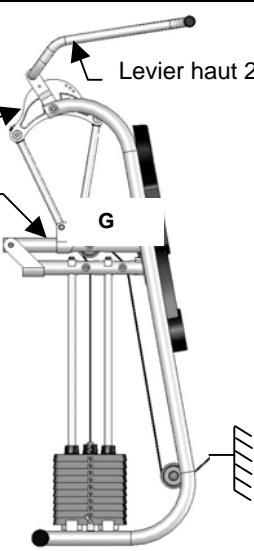
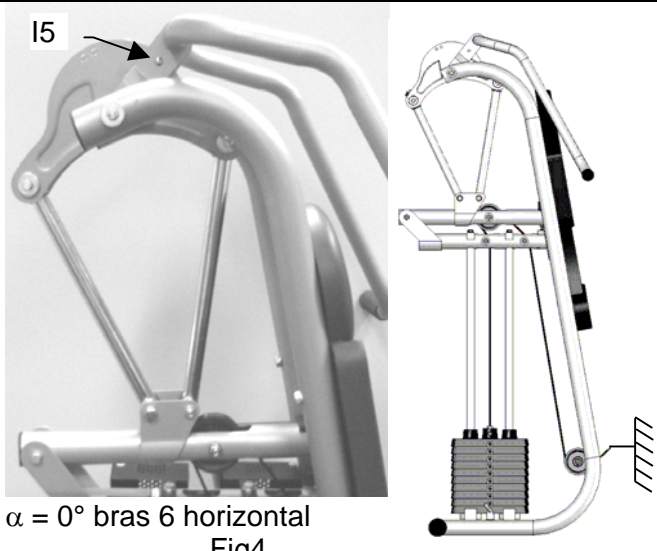

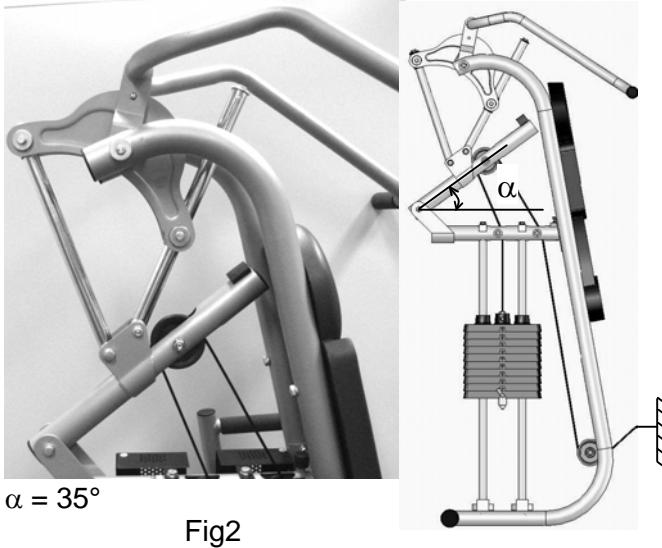
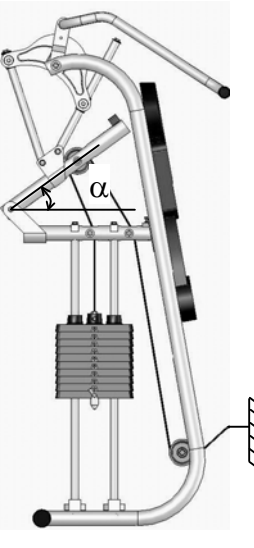
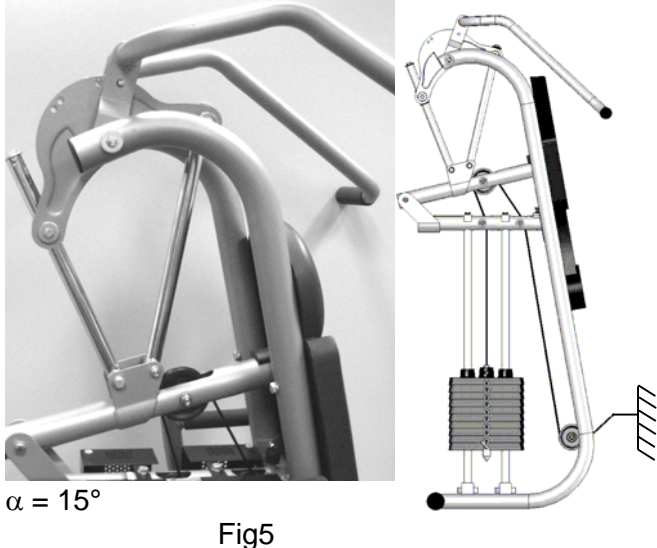

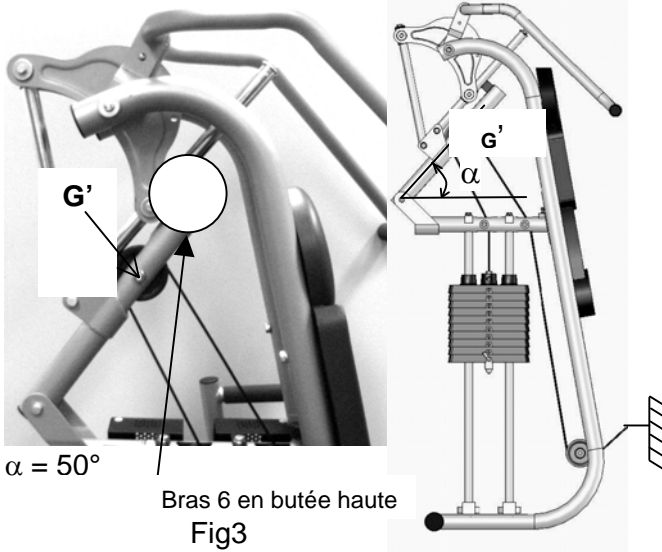
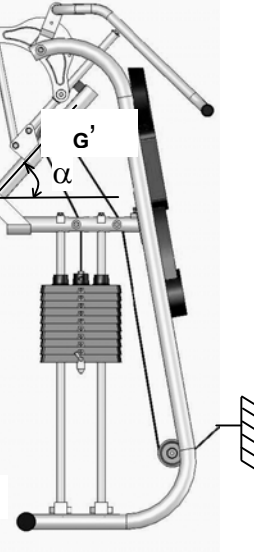
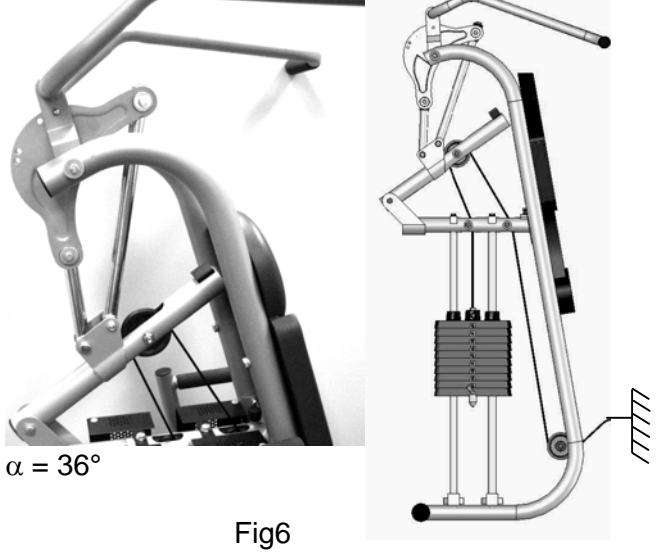
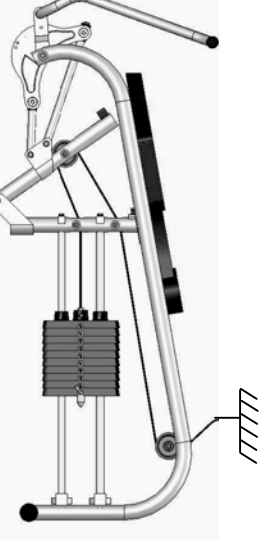
Remarque importante :

Seules les solutions constructives adoptées par le constructeur DOMYOS pour réaliser la fonction de service FS1 : travailler les exercices "Tirage nuque" ou "Développé épaule" seront étudiées dans ce sujet.

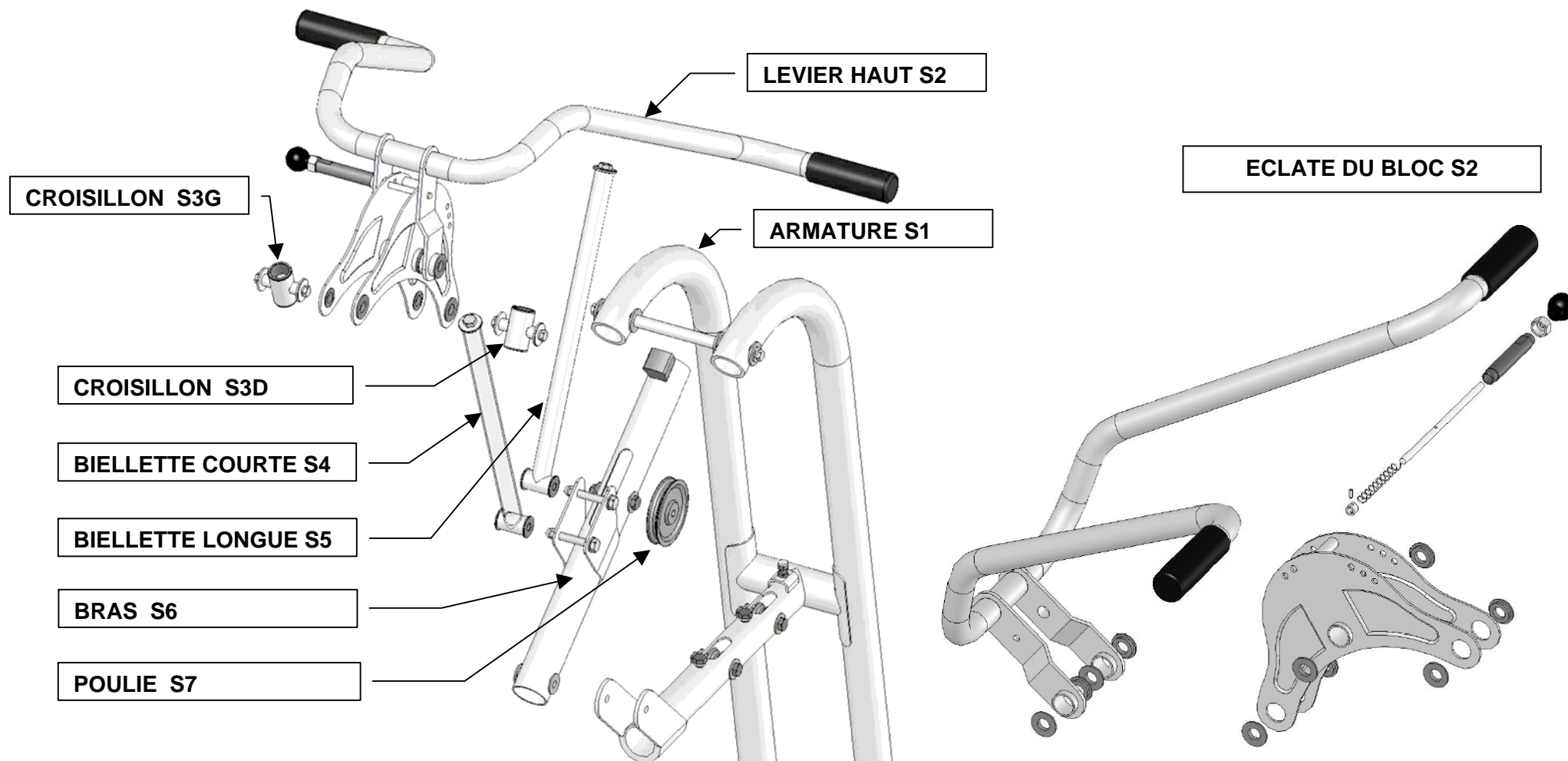


4 - Extrait du cahier des charges

Fonction technique	Critères	Niveaux	Flexibilité
FT3 : soulever la charge	Masse des 10 poids additionnels	50 kg	maximum
	Energie dépensée pour une répétition en tirage nuque	450 Joules	minimum
	Débattement des poignées du levier haut en tirage nuque	500 mm	minimum

CHAINE DE TRANSMISSION DE PUISSANCE				
mode	Tirage nuque levier haut indexé en position I1		Développé épaule levier haut indexé en position I5	
Bras 6 en butée basse	 <p>$\alpha = 0^\circ$ bras 6 horizontal Fig 1</p>	 <p>Levier haut 2 G</p> <p>$\alpha = 0^\circ$ bras 6 horizontal Fig 1</p>	 <p>I5</p> <p>$\alpha = 0^\circ$ bras 6 horizontal Fig4</p>	 <p>$\alpha = 0^\circ$ bras 6 horizontal Fig4</p>
Bras 6 en position intermédiaire	 <p>$\alpha = 35^\circ$ Fig2</p>	 <p>α</p> <p>$\alpha = 35^\circ$ Fig2</p>	 <p>$\alpha = 15^\circ$ Fig5</p>	 <p>$\alpha = 15^\circ$ Fig5</p>
Bras 6 en position haute	 <p>G'</p> <p>$\alpha = 50^\circ$ Bras 6 en butée haute Fig3</p>	 <p>G'</p> <p>α</p> <p>$\alpha = 50^\circ$ Bras 6 en butée haute Fig3</p>	 <p>$\alpha = 36^\circ$ Fig6</p>	 <p>$\alpha = 36^\circ$ Fig6</p>

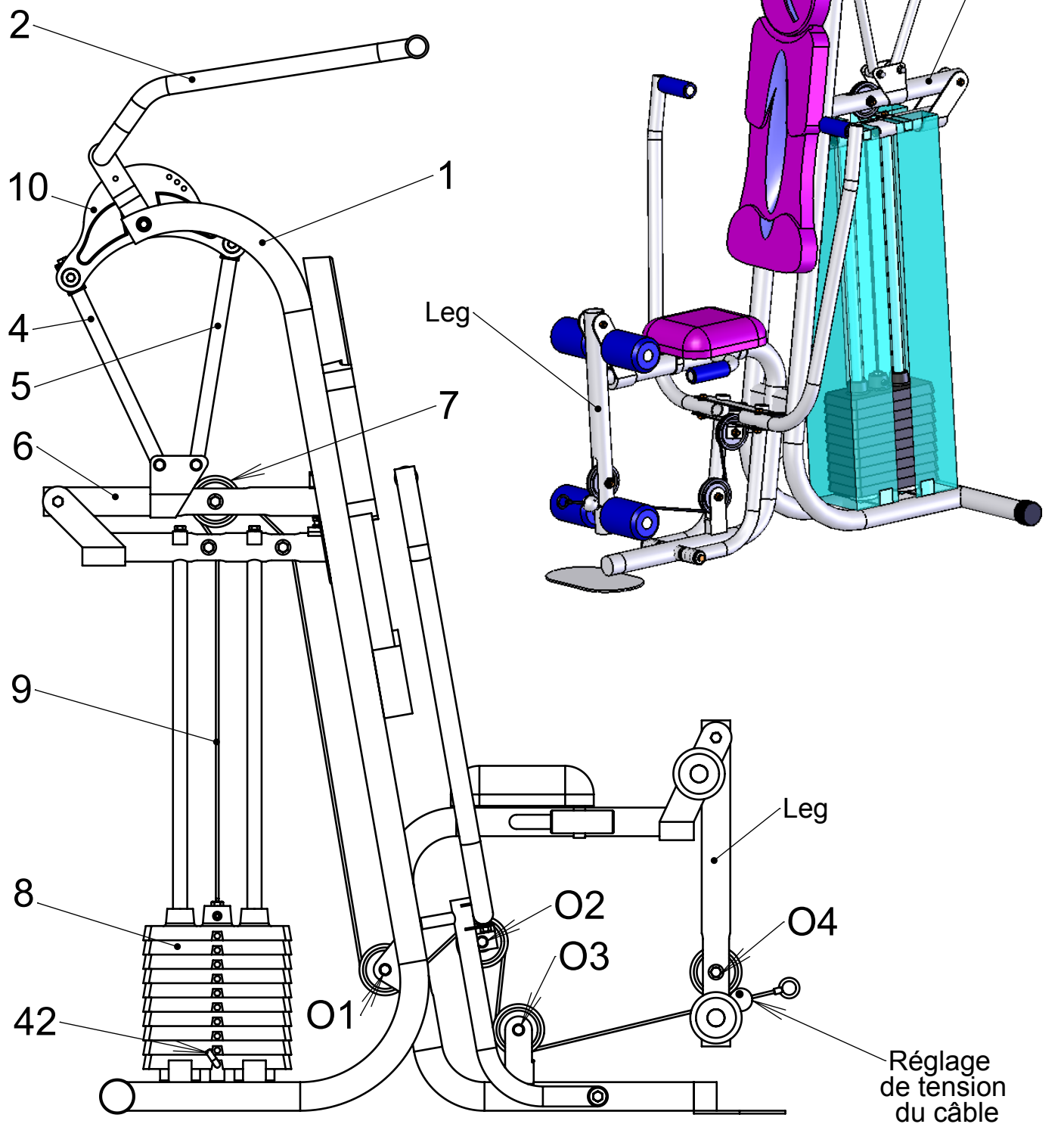
BLOCS CINEMATIQUEMENTS EQUIVALENTS



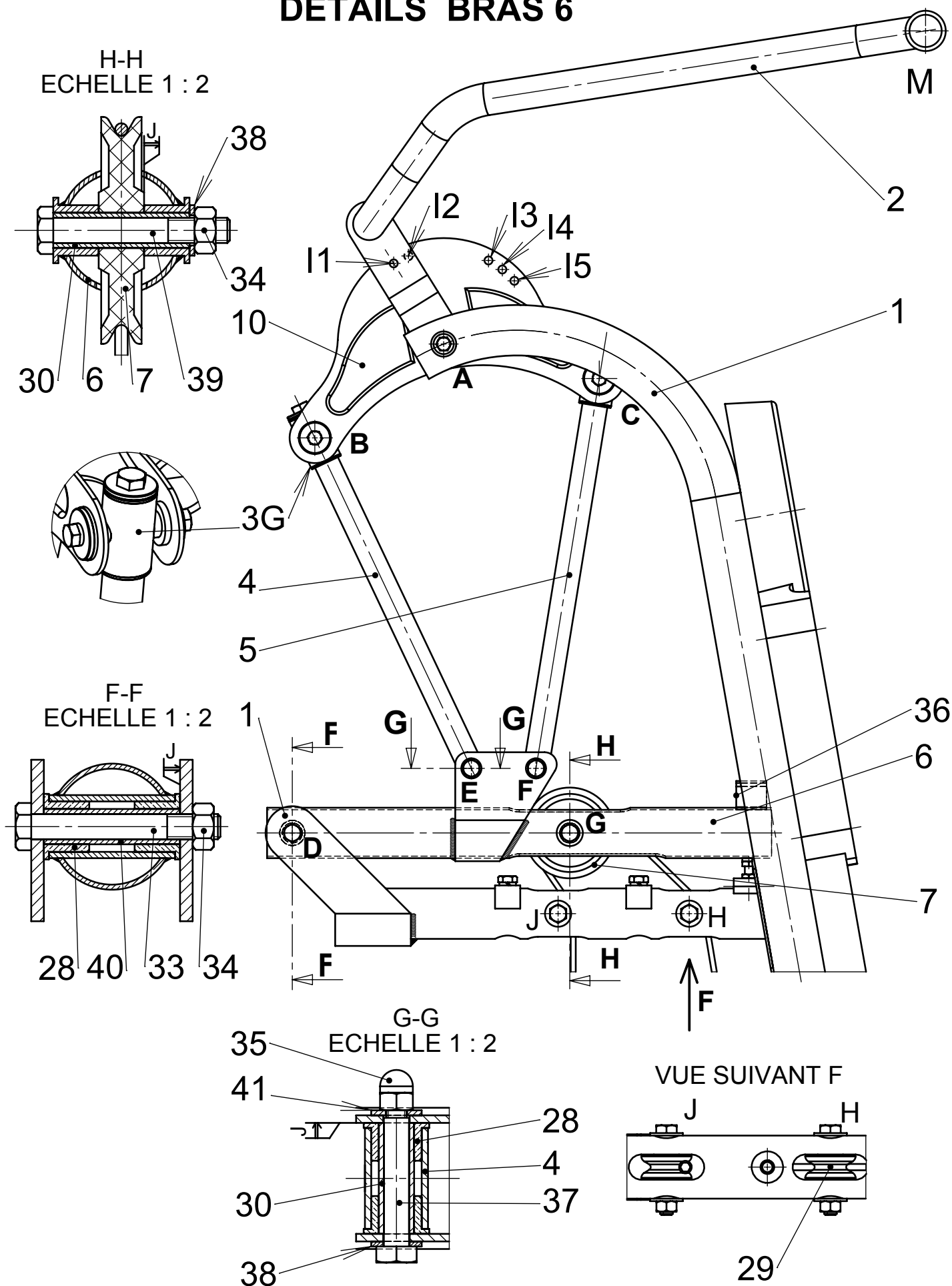
PRESSE DE MUSCULATION

VUE D'ENSEMBLE

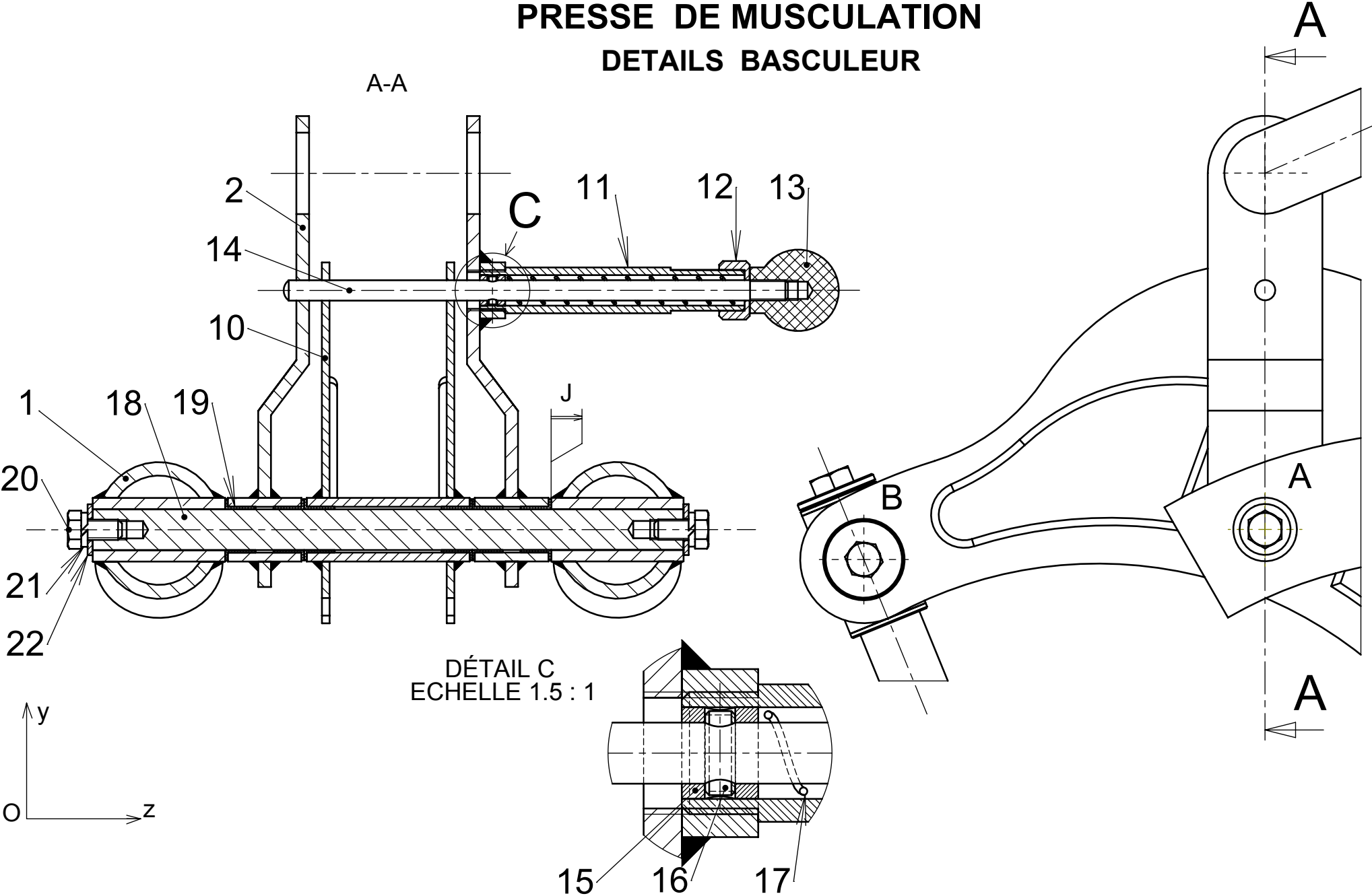
(Carter enlevé)
(Indexeur en position I1)



PRESSE DE MUSCULATION DETAILS BRAS 6



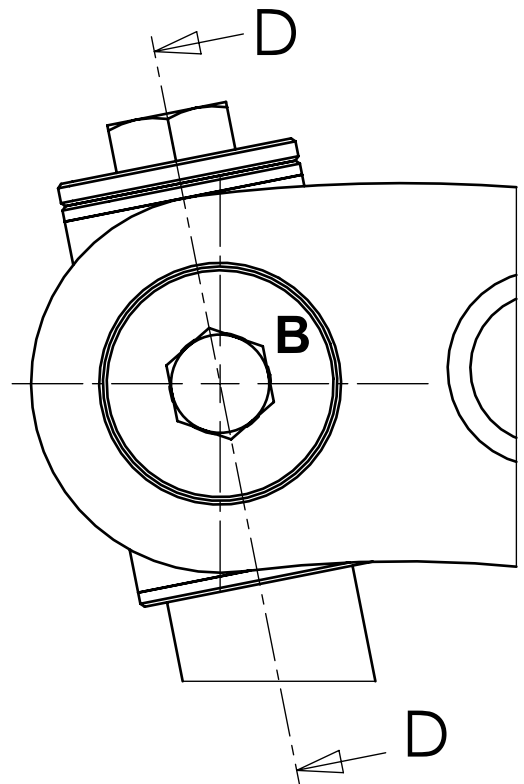
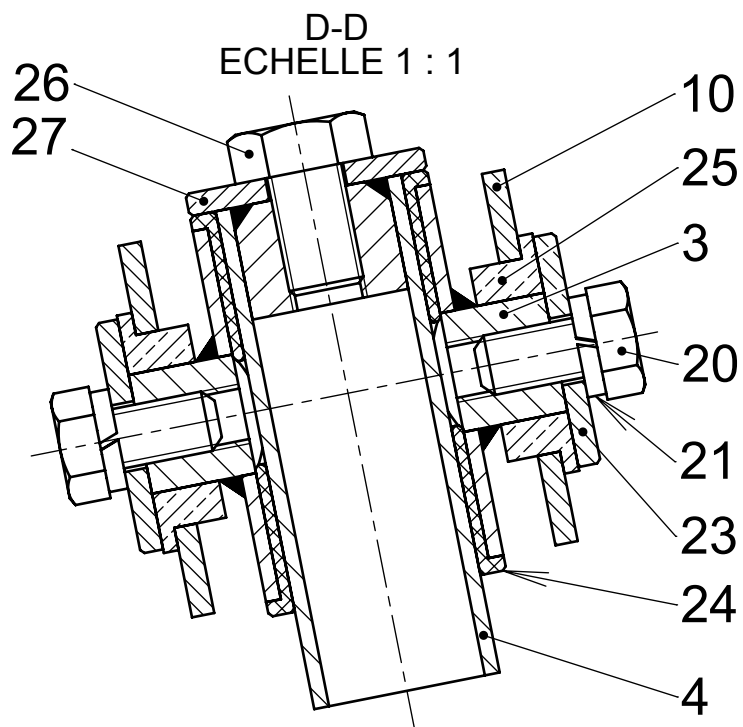
PRESSE DE MUSCULATION
DETAILS BASCULEUR



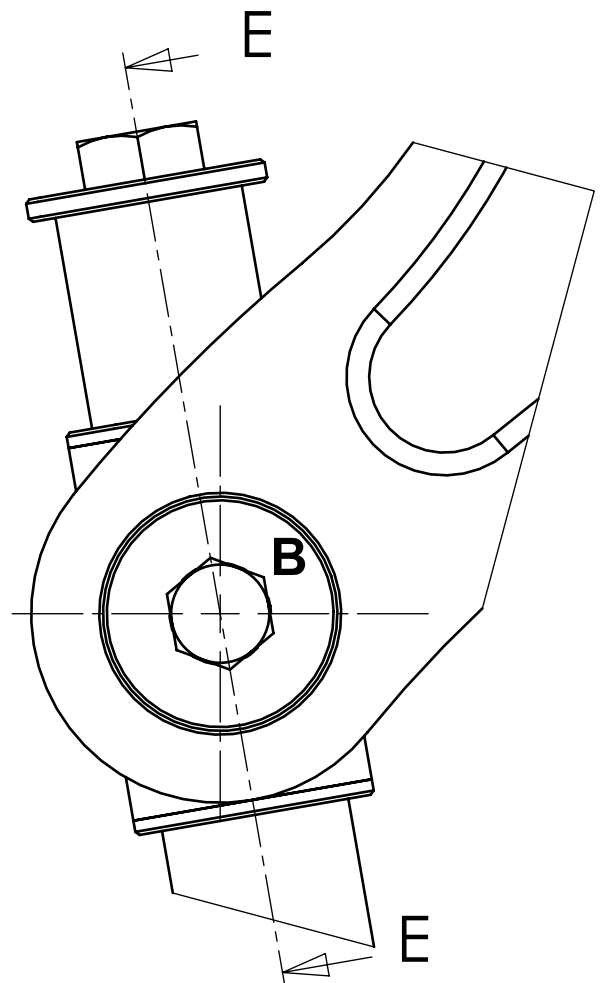
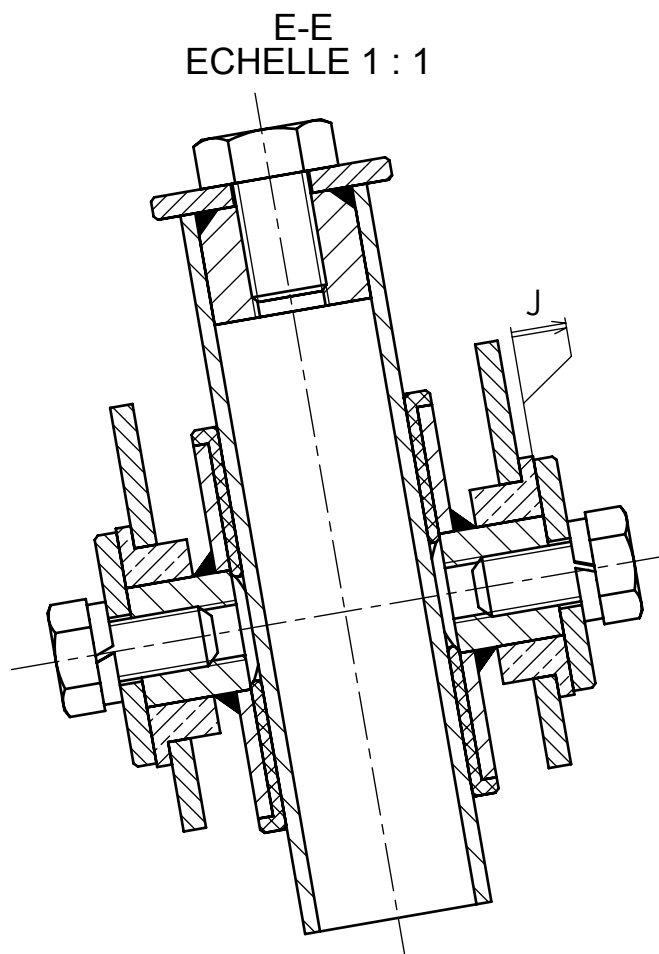
PRESSE DE MUSCULATION

Détails liaison S3G / S4

Liaison S3G / S4 en "Tirage nuque"

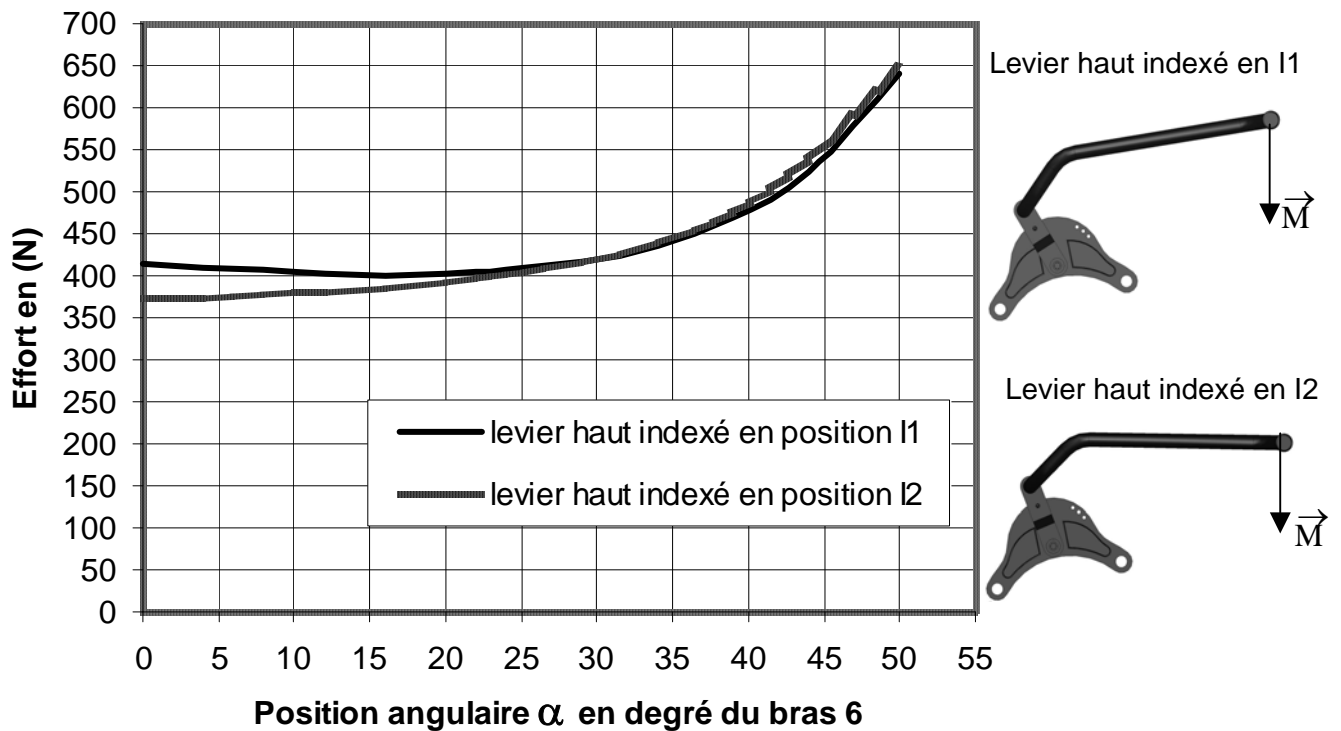


Liaison S3G / S4 en "Développé épaule"



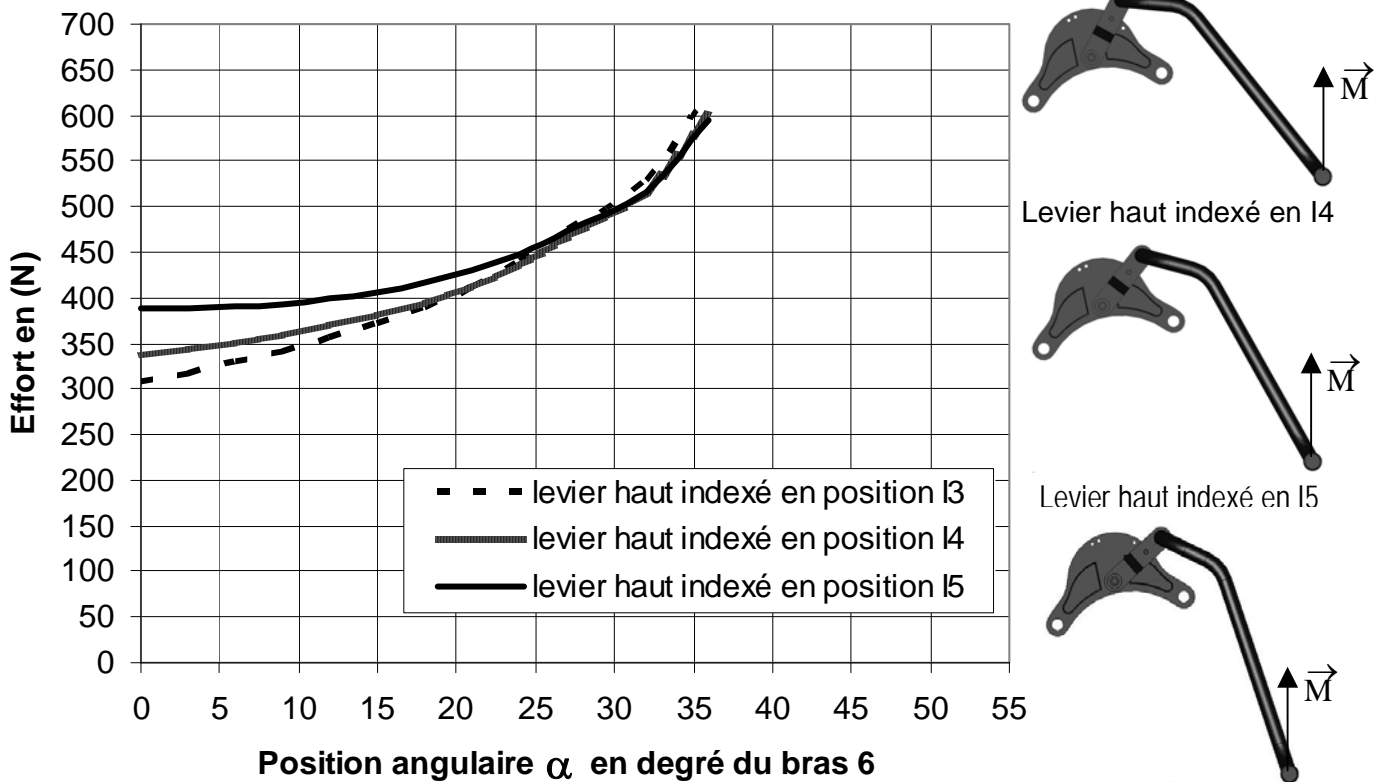
42	1	Tige de sélection des charges		
41	2	Rondelle plate N 8		
40	1	Entretoise 20x25x50		
39	1	Vis H M10 x 70		NF EN ISO 4017
38	4	Rondelle plate N 10		NF EN ISO 10673
37	2	Vis épaulée M10		
36	1	Butée		
35	2	Ecrou borgne M8		NF EN 27-453
34	2	Ecrou H M10		NF EN ISO 4032
33	1	Vis H M10x70		NF EN ISO 4017
32	1	Vis CHc M 5x16		
31	1	Boule		
30	2	Entretoise 10x14x44		
29	2	Poulie de renvoi		
28	6	Coussinet à collerette fritté 14x20x18		NF EN 22-510
27	2	Rondelle plate d10 D32 ep3		
26	2	Vis H M 10 x16		NF EN ISO 4017
25	4	Coussinet à collerette d25		
24	4	Coussinet à collerette d25		
23	2	Rondelle plate d8 D31 ep3		
22	2	Rondelle plate d8 D20 ep2		
21	8	Rondelle – W 8		NF EN 25-515
20	8	Vis H M 8 x16		NF EN ISO 4017
19	6	Coussinet à collerette PTFE 15x17x12		
18	1	Axe de basculeur		
17	1	Ressort cylindrique de compression		
16	1	Goupille élastique 4x12		NF EN 28752
15	1	Bague d'arrêt		
14	1	Axe d'indexeur		
13	1	Poignée		
12	1	Ecrou		
11	1	Corps de l'indexeur		
10	1	Basculeur	S235	Mécano soudé
9	1	Câble		
8	10	Masse 5 kg		
7	5	Poulie		
6	1	Bras	S235	Mécano soudé
5	1	Biellette longue	S235	Mécano soudé
4	1	Biellette courte	S235	Mécano soudé
3	2	Croisillon (3G et 3D)	S235	Mécano soudé
2	1	Bras haut	S235	Mécano soudé
1	1	Armature du bâti	S235	Mécano soudé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Référence
Nomenclature partielle - PRESSE DE MUSCULATION				

Effort de l'utilisateur sur le levier haut en mode "tirage nuque"



$\alpha = 0^\circ$ correspond au début du mouvement

Effort de l'utilisateur sur le levier haut en mode "développé épaule"



Extraits de norme

Vis à tête hexagonale

Partiellement fileté : NF EN ISO 4014

Entièrement fileté : NF EN ISO 4017

d	Pas	s	k	d	Pas	s	k	d	Pas	s	k
M3	0,5	5,5	2	M6	1	10	4	M12	1,75	18	7,5
M4	0,7	7	2,8	M8	1,25	13	5,3	M16	2	24	10
M5	0,8	8	3,5	M10	1,50	16	6,4	M20	2,5	30	12,5

Longueurs l et longueurs filetées x

d	Longueurs l																											
	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	180	200	
3						12	12	12																				
4							14	14	14	14																		
5							16	16	16	16	16	16																
6							18	18	18	18	18	18	18	18														
8							22	22	22	22	22	22	22	22	22	22												
10							26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26										
12							30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30								
(14)							34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	
16							38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	
20							46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	

Ecrous hexagonaux

Écrous hexagonaux
Écrous bas hexagonaux

NF EN ISO 4032
NF EN ISO 4035

	d	a	b ₁	b ₂	e	f	g	i	j	k	R	u
M1,6	3,2	1,3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M2	4	1,6	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M2,5	5	2	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M3	5,5	2,4	1,8	2,4	5,1	-	-	-	-	-	-	-
M4	7	3,2	2,2	3,2	6,7	-	-	-	-	-	-	-
M5	8	4,7	2,7	4	8	11,8	5	15	9,25	7	2,5	
M6	10	5,2	3,2	5	10	14,2	8	17	11	14	4	
M8	13	6,8	4	6,5	13	17,9	11	23	24,5	14	5	
M10	16	8,4	5	8	16,5	21,8	13	28	18,5	22	5	
M12	18	10,8	6	10	19,5	26	15	35	20	22	6	
M16	24	14,8	8	13	25	34,5	21	45	26	30	7	

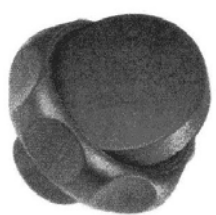
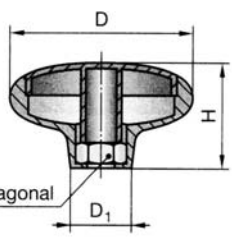
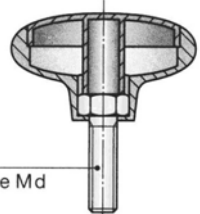
Ecrous autofreinés

Acier classe 8 – 5086 – Cu Zn 40
Acier classe 10 – 2017 – X5 Cr Ni 18-10

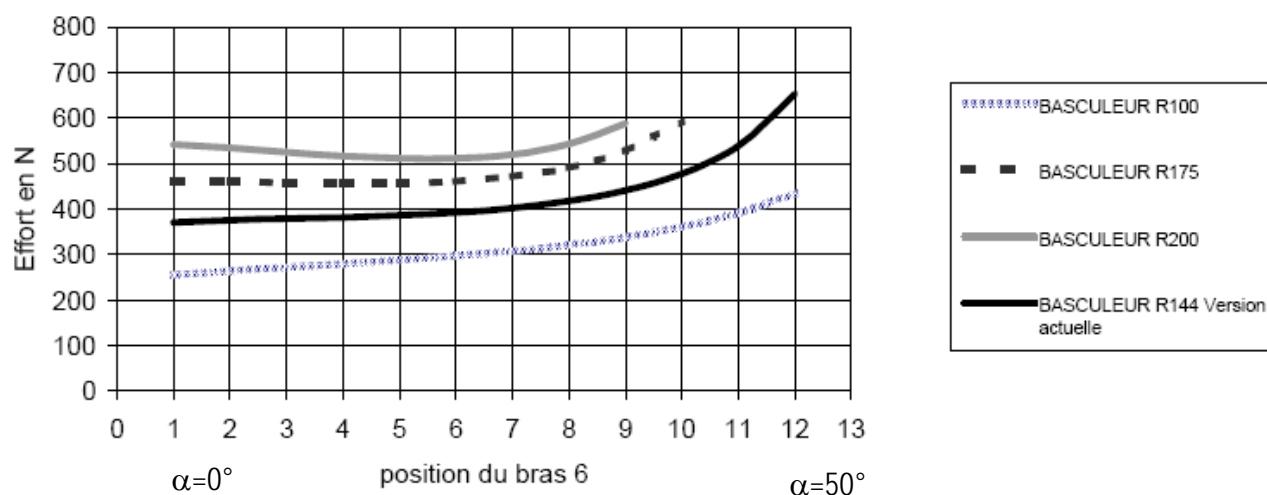
Écrous autofreinés **NF EN ISO 7040**

d	Pas	a	h	d	Pas	a	h	d	Pas	a	h
2,5	0,45	5	4,3	8	1,25	13	10,8	20	2,5	30	22,7
3	0,5	5,5	4,5	10	1,5	16	12,4	24	3	36	28,4
4	0,7	7	5,7	12	1,75	18	14,2	30	3,5	46	33,6
5	0,8	8	6,3	(14)	2	21	16,6	36	4	55	40,5
6	1	10	8	16	2	24	18,8	42	4,5	65	47,1

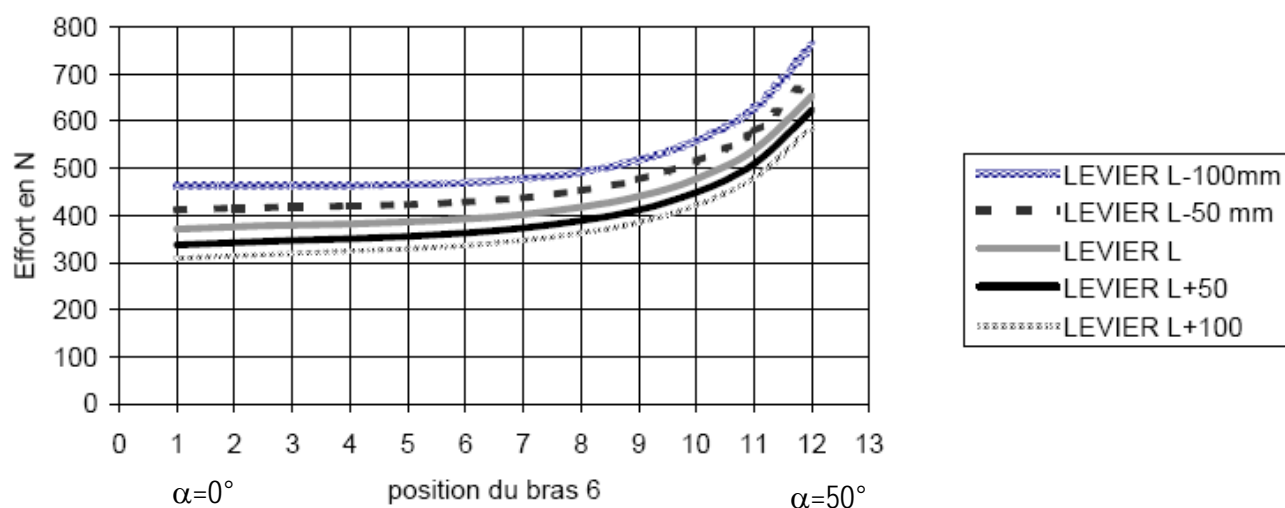
Bouton "Alsace"

						Vis à tête hexagonale Md	
Md	D	D ₁	H	Md	D	D ₁	H
M6	32	18	18	M6	42	21	28
M8	32	18	18	M8	42	21	28
M6	42	21	28	M8	62	21	34
M8	42	21	28	M10	62	21	34

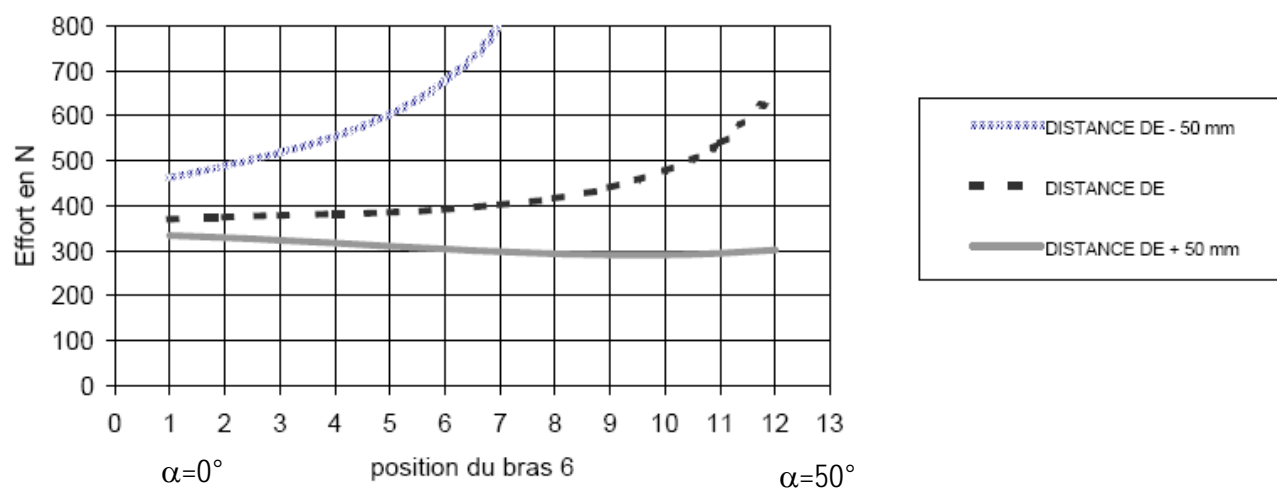
Evolution de l'effort de l'utilisateur
en fonction du rayon du basculeur



Evolution de l'effort de l'utilisateur
en fonction du rayon du levier



Evolution de l'effort de l'utilisateur
en fonction de la distance DE suivant x



DOSSIER DOCUMENTS TRAVAIL

Ce dossier comporte 10 pages numérotées de TD1 à TD10

A - Analyse et compréhension du système

- 1 - Etude de la fonction FT3 : Soulever la charge TD 1/10
- 2 - Etude de la fonction FT1 : Positionner le levier haut en position « tirage
nuque » ou « développé épaule » TD 2/10

B - Validation des performances énergétique et ergonomique du système

- 1 - Vérification du critère d'énergie dépensée par l'utilisateur TD 2/10 et TD3/10
et TD4/10
- 2 - Vérification du critère de débattement des poignées TD 5/10

C - Etude du dimensionnement du levier haut

- 1 - Recherche de l'effort maximal exercé par l'utilisateur sur le levier TD 6/10 et TD7/10
- 2 - Choix de l'épaisseur du tube TD 8/10

D - Modification du système de tension du câble

- 1- Analyse et critique du système actuel de réglage de tension du câble TD 9/10
- 2 - Représentation de la nouvelle solution constructive TD 10/10

A - Analyse et compréhension du système

Dans cette partie, il s'agit de définir la structure du mécanisme ainsi que les solutions technologiques retenues par le constructeur pour satisfaire les fonctions techniques FT1 : positionner le levier haut en mode "tirage nuque" ou "développé épaule" et FT3 : soulever la charge.

1- Etude de la fonction technique FT3 : soulever la charge

Répondre sur copie et le document réponse DR1

Identification des blocs cinématiquement équivalents

Remarque : les blocs cinématiquement équivalents sont repérés par la lettre **S** suivie du numéro de la pièce principale composant le bloc.

Question A.1.1

En vous aidant des **documents techniques DT3 et DT4**, indiquer sur le schéma cinématique en mode "Tirage nuque", les repères des blocs cinématiquement équivalents.

Question A.1.2

En vous aidant des **documents techniques DT6 et DT8**, indiquer les repères des pièces constituant le bloc cinématiquement équivalent S3G.

Étude de la liaison entre les blocs cinématiquement équivalents S3G et S4 en mode "Tirage nuque"

Question A.1.3 (sur copie)

Nommer la liaison entre les blocs cinématiquement équivalents **S3G** et **S4** en précisant les éléments remarquables (centre, axe, ...). On notera cette liaison LS3G/S4.

Question A.1.4 (sur copie)

En vous aidant du **document technique DT8**, décrire la solution technologique adoptée pour réaliser cette liaison.

Étude de la liaison entre les blocs cinématiquement équivalents S3D et S5 en mode "Tirage nuque"

Question A.1.5 (sur copie)

Nommer la liaison entre les blocs cinématiquement équivalents **S3D** et **S5** en précisant les éléments remarquables (centre, axe, ...). On notera cette liaison LS3D/S5.

Question A.1.6 (sur copie)

En vous aidant des **documents techniques DT3 et DT8**, décrire la solution technologique adoptée pour réaliser cette liaison.

Représentation du schéma cinématique en mode "Développé épaule"

Question A.1.7

En vous aidant du **document technique DT3**, compléter le schéma cinématique plan en mode "Développé épaule" en représentant les liaisons LS3G/S4 et LS3D/S5.

Question A.1.8

Compléter la chaîne de transmission de puissance en mode "Développé épaule".

2- Etude de la fonction technique FT1 : positionner le levier haut en position "Tirage nuque" ou "Développé épaule"

Répondre sur copie

Question A.2.1

En vous aidant des **documents techniques DT2** et **DT7**, décrire la solution technologique adoptée pour lier complètement le levier haut (2) au basculeur (10).

Question A.2.2

Décrire, en quelques phrases concises la procédure pour passer du mode "Tirage nuque, indexeur en position I1" au mode "Développé épaule, indexeur en position I5".

Question A.2.3

En vous aidant du **document technique DT6**, justifier la fonction des perçages (I2, I3, I4) réalisés sur le basculeur (10), relativement à l'ergonomie de la presse.

B - Validation des performances énergétique et ergonomique du système

Dans cette partie, nous allons vérifier les critères de performance du cahier des charges :

- *l'énergie maximale dépensée par l'utilisateur est au moins de 450 Joules en "Tirage nuque".*
- *sur le plan ergonomique, la taille de la presse de la musculation permet un déplacement des poignées du levier haut, de 650 mm en "Tirage nuque".*

1- Vérification du critère d'énergie dépensée par l'utilisateur

1-1 Evaluation de l'énergie dépensée par l'utilisateur en "Tirage nuque":

L'énergie dépensée par l'utilisateur peut s'évaluer à partir du déplacement de la charge (le rendement de la chaîne d'énergie est supposé égal à 1).

La charge est composée de 10 masses de 5 kg.

En "Tirage nuque", le déplacement de la charge est limité par le mouvement du **bras 6**, qui possède une butée basse (voir **fig1** du **document DT3**), et une butée haute (voir **fig3** du **document DT3**).

Donc l'énergie maximale est dépensée lorsque le **bras 6** se déplace de sa position de butée basse, à sa position de butée haute.

Soit **G'**, la position du **point G**, lorsque le **bras 6** est en position de butée haute.

Répondre sur copie et sur le document réponse DR2

(Consulter les documents techniques DT 6 et DR1)

Question B.1.1-1 (sur copie)

Préciser la nature du mouvement (mouvement et axe) du **bras 6**, par rapport à l'**armature 1**.

Question B.1.1-2 (sur copie et DR2)

Définir et tracer la trajectoire $T_{G \in 6/1}$.

Question B.1.1-3

Sur le document DR2, placer le **point G'**, tel que le segment $[GG'] = 228 \text{ mm}$.

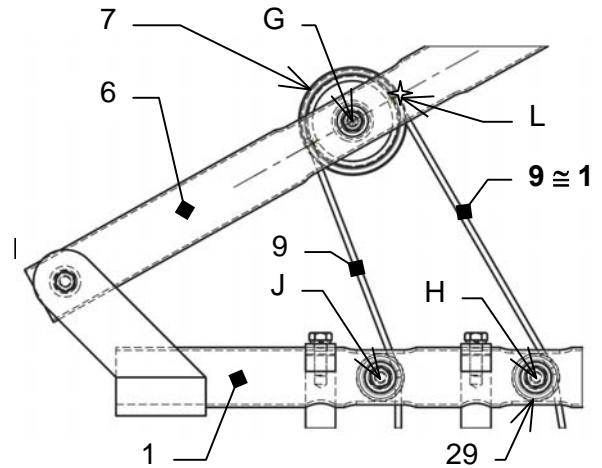
Relation entre le déplacement du point G et le déplacement de la charge :

Répondre sur copie et sur le document réponse DR3

(Consulter le document technique DT5 et DT6)

➤ Données et hypothèses :

1. Le **câble 9** est attaché sur le **Leg** (fixe en "Tirage nuque"), et de plus les oscillations de la partie du câble située entre le **galet 29** (axe Hz) et la **poulie 7**, sont négligeables \Rightarrow On assimilera, uniquement cette partie du **câble 9**, au **bâti 1**.
2. On admettra, qu'à chaque instant, la **poulie 7** roule sans glisser sur le **câble 9**.
3. Le **câble 9** est supposé inextensible.
4. Pour cette étude, on prendra pour le **point G**, une vitesse de déplacement arbitraire, dirigée vers le haut et telle que $\|\vec{V}_{G \in 7/1}\| = 4 \text{ cm/s}$.



Question B.1.1-4 (sur copie)

D'après l'hypothèse (2), **L** est le **Centre Instantané de Rotation** du mouvement de **7/1**. Préciser la nature du mouvement (mouvement et axe) de la **poulie 7**, par rapport au **câble 1** (voir hypothèse 1). En déduire la direction du vecteur vitesse $\vec{V}_{G \in 7/1}$.

Question B.1.1-5

Sur la **figure 1** du **document DR3**, tracer $\vec{V}_{G \in 7/1}$.

Question B.1.1-6

Déterminer graphiquement $\vec{V}_{N \in 7/1}$. Indiquer sa valeur sur le **document DR3**.

En déduire la relation entre les vitesses $\vec{V}_{N \in 7/1}$ et $\vec{V}_{G \in 7/1}$ (barrer les relations fausses sur le **tableau 3** du **document DR3**).

Question B.1.1-7 (sur copie)

La vitesse de montée de la charge ($\vec{V}_{N \in 9/1}$) est telle que $\vec{V}_{N \in 9/1} = \vec{V}_{N \in 7/1}$. Justifier cette égalité.

Question B.1.1-8 (sur copie)

On considèrera que **la relation entre** le déplacement $\Delta(\text{Ch})$ de la charge **et** le déplacement **GG'** du point G, **est la même que la relation entre** les vitesses $\vec{V}_{N \in 7/1}$ **et** $\vec{V}_{G \in 7/1}$ (question B.1.1-6) . Cette approximation est correcte et de précision suffisante pour la suite de l'étude.

Calculer la valeur du déplacement $\Delta(\text{Ch})$ de la charge, pour le mode étudié "Tirage nuque".

Evaluation de l'énergie dépensée par l'utilisateur en "Tirage nuque":

➤ Données et hypothèses :

1. La charge sélectionnée est de **50 kg** (charge maxi).
2. On se placera dans le cas de l'exercice de musculation du type "Tirage nuque".
3. Une répétition est une montée et une descente de la charge (la charge doit être retenue). On admettra que la dépense d'énergie est la même, en montée et en descente de charge.
4. Pour l'accélération de la pesanteur, on prendra **$g = 10 \text{ m/s}^2$** .
5. **L'énergie (W en Joules)** dépensée pour déplacer une **charge (m en kg)**, sur une **distance (h en m)** se calcule avec la formule : **$W = m \times g \times h$**
6. Quel que soit le résultat trouvé précédemment, **on prendra pour le déplacement de la charge : $\Delta(\text{Ch}) = 456 \text{ mm}$** .

Question B.1.1-10 (sur copie)

Calculer la valeur de l'énergie dépensée par l'utilisateur en "Tirage nuque", pour une répétition (un aller-retour de la charge).

Question B.1.1-11 (sur copie)

Comparer la valeur de l'énergie dépensée par l'utilisateur en "Tirage nuque", avec celle du cahier des charges et conclure.

1-2 Evaluation de l'énergie dépensée par l'utilisateur en "Développé épaule":

➤ Données et hypothèses :

1. La charge sélectionnée est de **50 kg** (charge maxi).
2. Pour l'accélération de la pesanteur, on prendra **$g = 10 \text{ m/s}^2$** .
3. **L'énergie (W en Joules)** dépensée pour déplacer une **charge (m en kg)**, sur une **distance (h en m)** se calcule avec la formule : **$W = m \times g \times h$**

Question B.1.2-1 (sur copie)

En vous aidant du **tableau des déplacements de la charge (tableau 1 du document DR3)**, calculer la valeur de l'énergie dépensée par l'utilisateur en " Développé épaule ".

Question B.1.2-2 (sur copie)

Comparer cette valeur d'énergie avec la valeur de l'énergie dépensée par l'utilisateur en "Tirage nuque", Justifier cette différence de valeurs.

1-3 Estimation des calories dépensées par l'utilisateur pour une séance type:

Les séances de musculation d'entraînement varient selon le but recherché, en temps de repos, en charge, en nombre de séries, et en nombre de répétitions.

On appelle répétition, l'exécution complète d'un mouvement comprenant sa phase "aller" et sa phase "retour" (la charge doit être retenue). Une série est une suite de répétitions sans pause entre elles.

Soit une séance type de 4 exercices comprenant, chacun, 6 séries de 10 répétitions (voir tableau 2 du document DR3).

Question B.1.3-1

Compléter le tableau 2 du document DR3 (effectuer les calculs sur la copie). En déduire la valeur de l'énergie totale dépensée par l'utilisateur pour une séance type.

Question B.1.3-2 *(sur copie)*

En déduire le nombre de calories (**Ncal**) dépensées par l'utilisateur pour une séance type (Rappel **1cal = 4,18 joules**).

Question B.1.3-3 *(sur copie)*

Pour se désaltérer, l'utilisateur consomme une boisson gazeuse courante, qui lui apporte une valeur énergétique moyenne de **40 Kcal pour 100 ml**. Calculer le volume qu'il peut boire, pour récupérer l'énergie qu'il vient de dépenser.

2- Vérification du critère de débattement des poignées du levier haut

Pour utiliser la presse au maximum de ses possibilités, et donc dépenser l'énergie maximale, l'utilisateur doit déplacer le **levier haut 2**, de manière à ce que le **bras 6** se déplace de sa position de butée basse à sa position de butée haute.

Sur le plan ergonomique, le débattement des poignées du **levier haut 2** doit être compatible avec l'amplitude de déplacement des mains de l'utilisateur.

Le constructeur garantit en "Tirage nuque", un **débattement des poignées d'au moins 650 mm**, que nous allons vérifier.

Rappel : **G'**, est la position du **point G**, lorsque le **bras 6** est en butée haute.

Répondre sur copie et sur le document réponse DR2

(Consulter le document technique **DT5**)

Question B.2.1 *(sur copie et DR2)*

D'après la question B.1.1-1, définir et tracer la trajectoire $T_{E \in 6/1}$.

Question B.2.2 *(sur copie)*

Préciser la nature du mouvement (mouvement et axe) du **bloc "levier haut" S2**, par rapport à l'**armature 1**.

Question B.2.3 *(sur copie et DR2)*

Définir et tracer les trajectoires $T_{B \in S2/1}$ et $T_{M \in S2/1}$.

Question B.2.4 *(sur DR2)*

Déterminer par le tracé, la nouvelle position des **points E, B M**, (notées : **E', B' M'**), correspondant au **point G'**. [laisser les tracés justificatifs de ces nouvelles positions]

Question B.2.5

Sur le document DR2, mesurer et indiquer la valeur du segment [**MM'**] correspondant au déplacement des poignées.

Question B.2.6 *(sur copie)*

Comparer cette valeur avec celle du cahier des charges et conclure.

C - Dimensionnement du levier haut

Le constructeur a choisi de réaliser le levier haut à partir d'un tube plié sur une presse plieuse trois axes. L'objectif de cette troisième partie est d'évaluer dans un premier temps, la valeur maximale de l'effort exercé par l'utilisateur sur le levier haut. Dans un deuxième temps, il s'agira d'exploiter les résultats de la simulation informatique de comportement en charge du levier haut réalisée avec un logiciel de calcul par éléments finis pour choisir le tube.

1- Détermination de l'effort maximal exercé par l'utilisateur sur le levier

Remarque : l'étude se fera pour la position du mécanisme définie par les documents DR4 et DR5 dans le mode "Tirage nuque" (indexeur en position I2, $\alpha = 0^\circ$ bras 6 horizontal).

Hypothèses :

- Le problème est considéré comme un problème admettant pour plan de symétrie le plan (O, \vec{x}, \vec{y}) .
- Les actions mécaniques dans les liaisons sont modélisées par des glisseurs appartenant au plan (O, \vec{x}, \vec{y}) .
- Les liaisons sont considérées parfaites (sans frottement).
- Les poids des différentes pièces sont négligés devant les autres actions mécaniques.
- Les solides sont considérés comme indéformables.

Répondre sur copie et le document réponse DR4

Étude de l'équilibre des blocs (S3G et S4)

Question C.1.1

En étudiant l'équilibre des blocs (S3G et S4), déterminer et tracer le support de l'action mécanique $\overrightarrow{E_{S6 \rightarrow S4}}$.

Étude de l'équilibre de S6

- L'action mécanique de S5 sur S6 en F, est négligée en "Tirage nuque".
- Une étude mécanique préliminaire a permis de déterminer l'action mécanique $\overrightarrow{G_{S7 \rightarrow S6}}$ définie par :

$$\left\{ \begin{array}{c} \tau_{S7 \rightarrow S6} \\ G \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{cc} 530 & 0 \\ -848 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})} \quad \text{avec } \|\overrightarrow{G_{S7 \rightarrow S6}}\| = 1000 \text{ N}$$

Question C.1.2 (sur copie et DR4)

En étudiant l'équilibre du bloc S6, déterminer graphiquement l'action mécanique $\overrightarrow{E_{S4 \rightarrow S6}}$.

Question C.1.3 (sur copie)

En déduire le module de l'action mécanique $\|\overrightarrow{B_{S2 \rightarrow S3G}}\|$ (voir question C.1.1).

Étude de l'équilibre de S2

L'effort de l'utilisateur sur le levier haut est modélisé par un glisseur dont la résultante $\overrightarrow{M_{\text{main} \rightarrow S2}}$ est appliquée au point M.

$$\{ \tau_{\text{main} \rightarrow S2} \} =$$

Quels que soient les résultats obtenus à la question précédente, on admettra que :

$$\{ \tau_{S3G \rightarrow S2} \} = \begin{Bmatrix} 545 & 0 \\ -1120 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}_B (A, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z}) \quad ||\overrightarrow{B_{S3G \rightarrow S2}}|| = 1246 \text{ N}$$

Répondre sur copie et le document réponse DR5

Question C.1.4

Représenter en sens, direction et norme, l'action mécanique $\overrightarrow{B_{S3G \rightarrow S2}}$.

Question C.1.5

Tracer les deux distances, respectivement $d1$ et $d2$, perpendiculaires aux directions des actions mécaniques $\overrightarrow{M_{\text{main} \rightarrow S2}}$ et $\overrightarrow{B_{S3G \rightarrow S2}}$ passant par le point A (appelées communément "bras de levier"). Mesurer et préciser la valeur des distances $d1$ et $d2$. (Attention à l'échelle du dessin).

Question C.1.6 (sur copie)

Ecrire sous forme vectorielle, l'expression du principe fondamental de la statique appliqué à S2 au point A. En exploitant uniquement le théorème du moment résultant en projection sur z , déterminer $||\overrightarrow{M_{\text{main} \rightarrow S2}}||$.

Question C.1.7 (sur copie)

Une simulation informatique de l'effort de l'utilisateur sur le levier haut (2) en fonction de la position angulaire du bras (6) en mode "Tirage nuque" et "Développé épaule" a permis d'obtenir les courbes présentées dans le document technique DT10.

Relever sur ce document, la valeur de l'effort appliqué par l'utilisateur sur le levier haut pour la position de l'étude statique précédente (Tirage nuque, $\alpha = 0^\circ$, indexeur en position I2).

Question C.1.8 (sur copie)

Comparer cette valeur avec le résultat de la question précédente et conclure.

Question C.1.9 (sur copie)

Relever pour chacun des deux modes, l'effort maximal appliqué par l'utilisateur sur le levier haut.

Question C.1.10 (sur copie)

Quel est le mode le plus contraignant pour le levier haut ? Conclure quant au choix de la valeur de l'effort de l'utilisateur à prendre en compte pour réaliser la simulation informatique du comportement sous charge du levier.

2 - Choix de l'épaisseur du tube

L'utilisation d'un logiciel de calcul par éléments finis a permis à partir de l'effort maximal exercé par l'utilisateur sur le levier haut, de simuler et d'établir pour différentes épaisseurs du tube, une image de l'état de contrainte en tout point de ce levier (voir document réponse DR6).

Donnée: Matériau du levier de manœuvre: S 235

Résistance élastique $R_e = 235 \text{ Mpa}$

Coefficient de sécurité : $s = 2$

Répondre sur copie et le document réponse DR6

Question C.2.1 (*sur copie*)

Préciser la famille du matériau utilisé pour le levier de manœuvre.

Question C.2.2

Entourer la zone pour laquelle la contrainte est maximale.

Question C.2.3

Pour chacune des épaisseurs du tube, préciser dans le tableau, la valeur de la contrainte maximale en Mpa.

Question C.2.4 (*sur copie*)

Ecrire la condition de résistance. En déduire l'épaisseur du tube qui convient.

D - Modification du système de tension du câble

Pour faciliter son installation, le câble permettant de déplacer la charge, doit avoir une longueur réelle supérieure à la longueur théorique déterminée par le dessin.

Le fonctionnement optimal de la presse de musculation nécessite un réglage de la tension de ce câble, pour les raisons suivantes :

- Assurer le repos de la charge sur leurs appuis, afin de pouvoir dégager la goupille de sélection des charges.
- Assurer une tension optimale du câble, afin d'obtenir un déplacement immédiat des charges et donc de limiter la perte d'effort lors de la mise en tension du câble.
- Compenser l'allongement du câble dû au phénomène de fatigue.

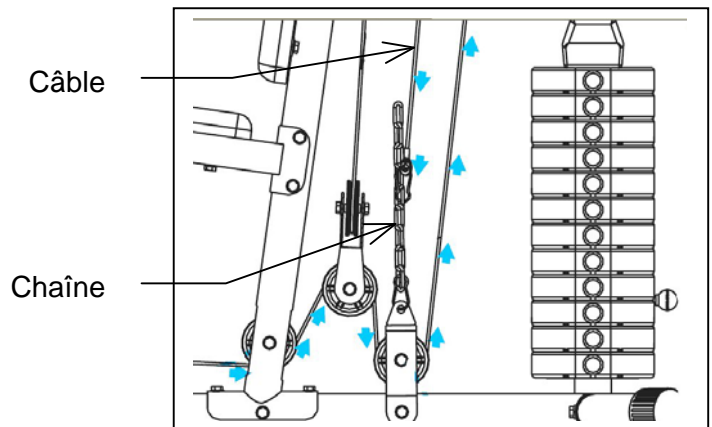
1- Analyse et critique du système actuel de réglage de tension du câble

Historique des systèmes de réglage de tension du câble :

Sur les presses de musculation de notre constructeur, le système de réglage de tension du câble, était généralement constitué d'un **morceau de chaîne**, sur lequel était accroché le **câble**, à l'aide d'un mousqueton (figure ci-contre).

Le pas de réglage, était d'un maillon.

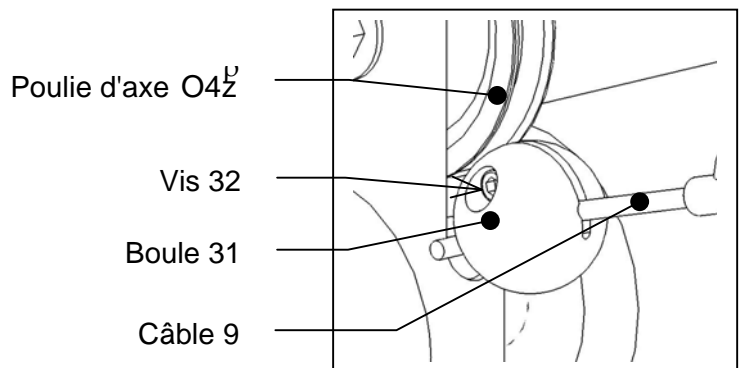
Le réglage était donc discontinu et très difficile, à cause de la tension du câble et des carters de protection.



Critique du système actuel de réglage de tension du câble :

Les remarques rapportées par la clientèle, précise que le système de réglage actuel de tension (représenté ci-contre), est peu pratique et manque de précision.

De plus, le réglage est rendu difficile par la gaine du câble qui se détériore.



Question D.1 (sur copie)

Décrire la solution technologique adoptée pour réaliser la liaison encastrement entre la **boule 31** et le **câble 9**

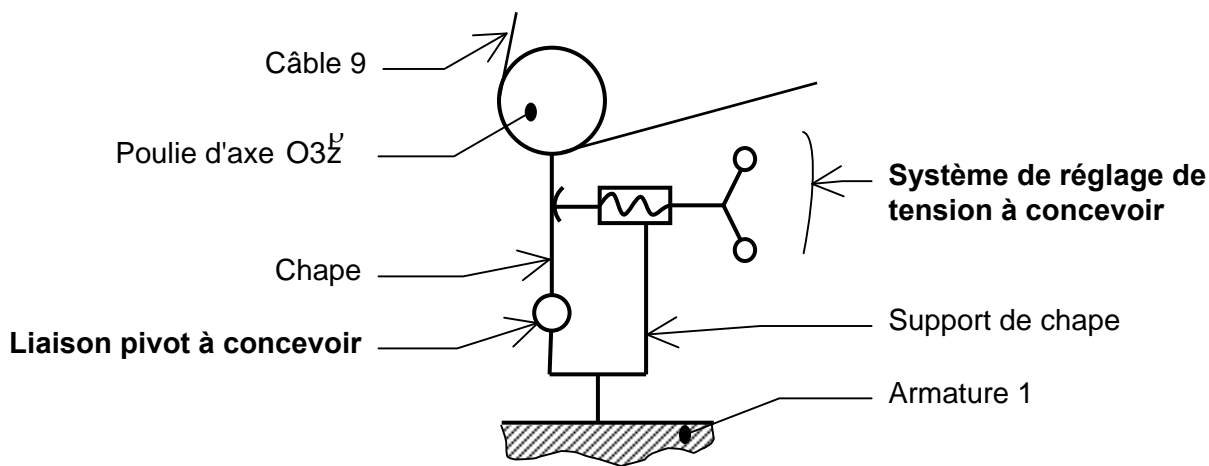
2- Représentation de la nouvelle solution constructive

Répondre sur les document réponse DR6 et DR7

Choix d'une nouvelle solution :

Afin de rendre le réglage plus facile, et plus accessible à une clientèle féminine de plus en plus nombreuse, il a été décidé d'effectuer ce réglage à l'aide de la **poulie d'axe O3Z** (voir document technique DT5) de la manière suivante (voir schéma cinématique ci-dessous) :

- la **chape** supportant la **poulie d'axe O3Z**, sera mise en liaison pivot par rapport au **support de chape (armature 1)**.
- le système de réglage de tension sera constitué d'une vis munie d'un bouton de manœuvre, et exerçant un effort sur la chape.



Représentation du nouveau système de réglage de tension du câble :

➤ Cahier des charges de la conception :

- La **liaison pivot de la chape** par rapport au support de chape, sera réalisée par un boulon constitué d'une **vis à tête hexagonale** et d'un **écrou autofreiné**. Pour éviter le pincement de la chape, on placera une **entretoise** à l'intérieur du support de chape (on pourra s'inspirer de la liaison d'axe DZ du **document technique DT6**).
- Le **système de réglage de tension** du câble sera réalisé par une **vis à tête hexagonale munie d'un bouton de manœuvre du type "Alsace"**. Cette vis traversera un **écrou hexagonal soudé** à l'intérieur du support de chape.

Question D.2.1

Sur le document DR7, compléter les vues proposées, en vous inspirant du schéma précédent, et en définissant particulièrement :

- la **liaison pivot de la chape** par rapport à l'**armature 1**.
- le **système de réglage de tension du câble 9**.

Ne pas hésiter à ajouter toute vue jugée nécessaire à la compréhension du dessin.

Sur ce document, on veillera à respecter toutes les règles de dessin technique, afin d'éviter toute ambiguïté de lecture.

Question D.2.2

Sur le document DR6, représenter à main levée, en perspective, la chape conçue à la question précédente. (Respecter les formes et les proportions).

DOSSIER DOCUMENTS REPONSES

Ce dossier comporte 10 documents numérotés de DR1 à DR10

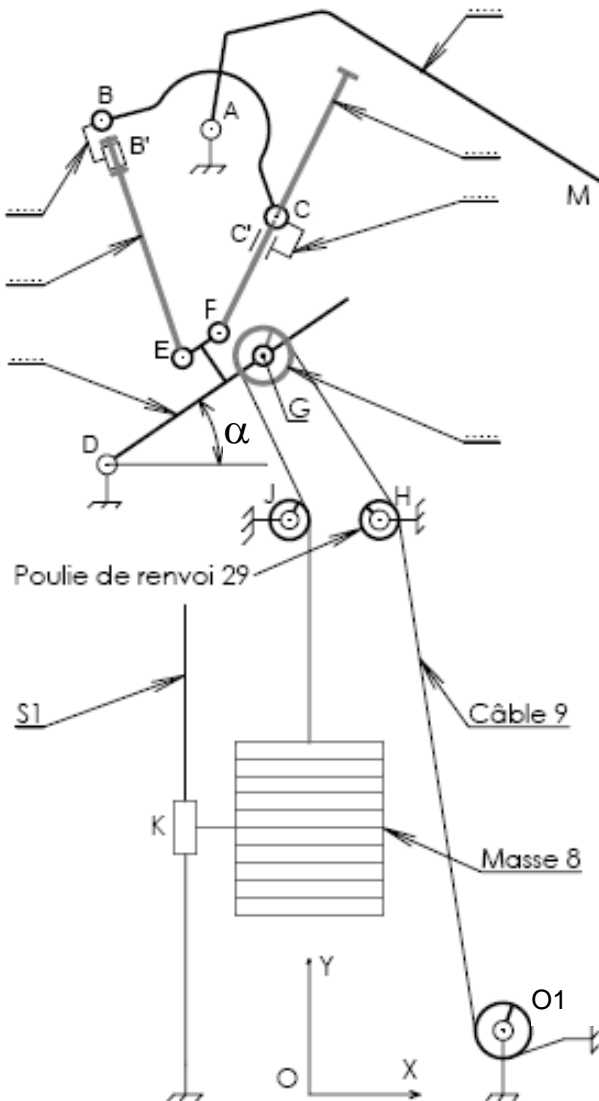
- DR1 : Analyse et compréhension du système
- DR2 : Déplacement de la charge / calcul de l'énergie dépensée par l'utilisateur
- DR3 : Débattement des poignées du levier haut
- DR4 : Etude de l'équilibre des blocs S3G et S4
- DR5: Etude de l'équilibre du bloc S2
- DR6 : Choix de l'épaisseur du tube / perspective de la chape
- DR7 : Représentation de la nouvelle solution constructive

**Tous ces documents, même non remplis, sont à joindre à
la copie en fin d'épreuve**

A - Analyse et compréhension du système

Question A.1.1 :

Schéma cinématique en mode "Tirage nuque" en position intermédiaire $\alpha=35^\circ$, indexeur en position I1.

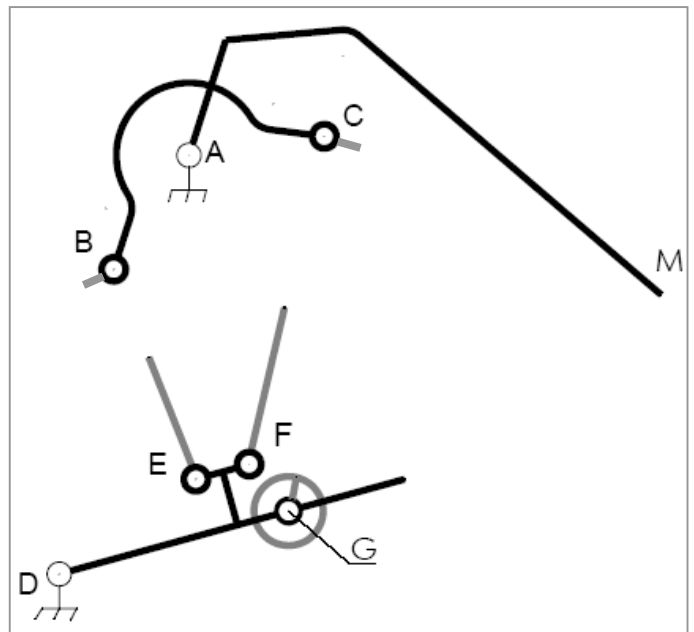


Question A.1.2 : Composition des blocs

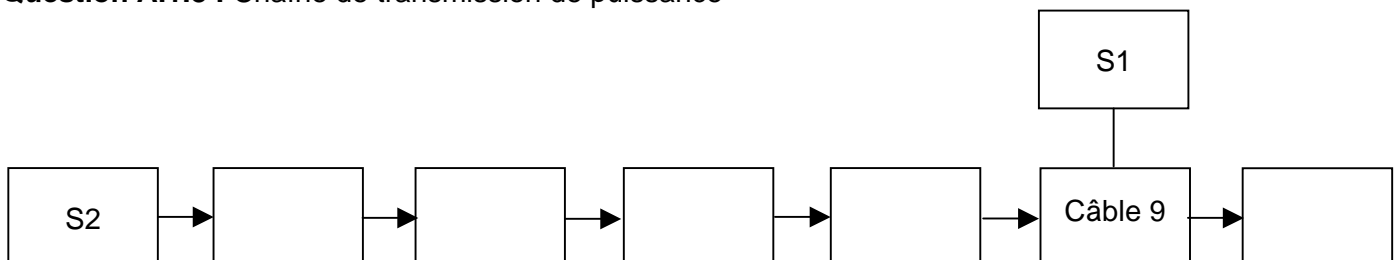
$S1 = \{1, 18, 20, 21, 22, 25, 28, 40, 33, 34\}$
$S2 = \{2, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 25\}$
$S3G \text{ ou } S3D = \{$
$S4 = \{4, 26, 27, 28\}$
$S5 = \{5, 26, 27, 28\}$
$S6 = \{6, 30, 39, 34, 35, 36, 37, 38, 41\}$
$S7 = \{7\}$

Question A.1.7 :

Schéma cinématique en mode "Développé épaule" en position intermédiaire $\alpha=15^\circ$, indexeur en position I5.



Question A.1.8 : Chaîne de transmission de puissance



Le **levier haut 2** est représenté dans le mode "Tirage nuque" en position **(I1)** de l'indexeur.

B - Validation des performances énergétique et ergonomique du système

Relation entre le déplacement du point G et le déplacement de la charge :

Question B.1.1-6 : Déterminer graphiquement $\vec{V}_{N \in 7/1}$.

Figure 1

Echelle des vitesses :
1 cm pour 1 cm/s

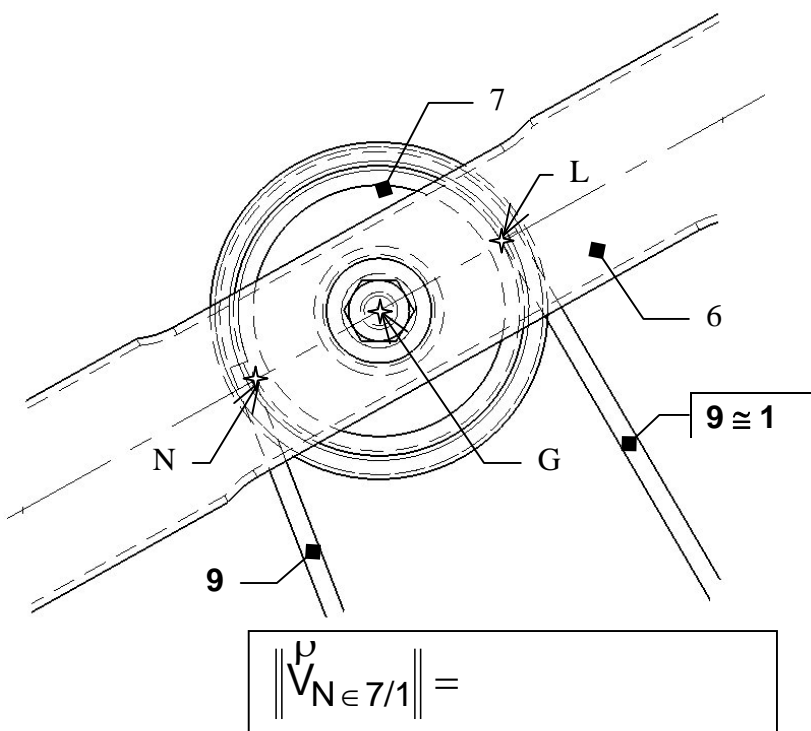


Tableau (3) : Relation existant entre les vitesses des points **G** et **N** de 7/1

$\vec{V}_{N \in 7/1} = \vec{V}_{G \in 7/1}$
$\vec{V}_{N \in 7/1} = 2 \times \vec{V}_{G \in 7/1}$
$\vec{V}_{N \in 7/1} = 3 \times \vec{V}_{G \in 7/1}$

Question B.1.2-1 : (pour consultation)





Tableau (1) des déplacements de la charge

Modes	Déplacement (ΔCh) de la charge (en mm)
Tirage nuque	456
Développé épaule	322
Peck-Deck	309
Leg	570

Evaluation de l'énergie dépensée par l'utilisateur en "Développé épaule":

Question B.1.3-1 Valeur de l'énergie dépensée par l'utilisateur pour une séance type.

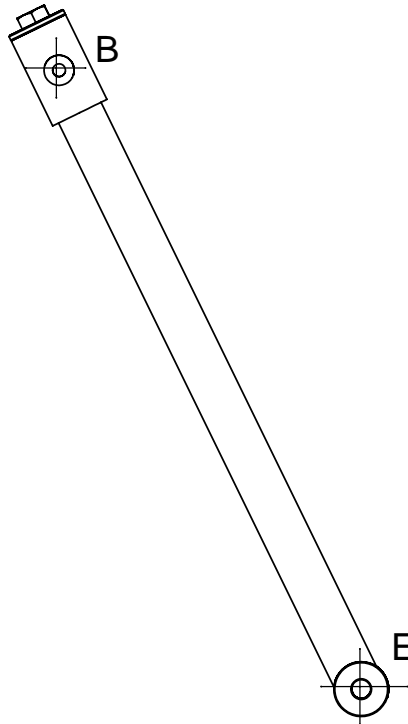
Tableau (2) des énergies

SEANCE Charge : 50 kg Exercice	6 séries de 10 répétitions Tirage nuque	6 séries de 10 répétitions Développé épaule	6 séries de 10 répétitions Développé assis	6 séries de 10 répétitions Extension des jambes
				
Déplacement de la charge (en m)	0.456	0.322	0.309	0.570
Energie dépensée (en Joules)			18540	34200

C - Dimensionnement du levier haut

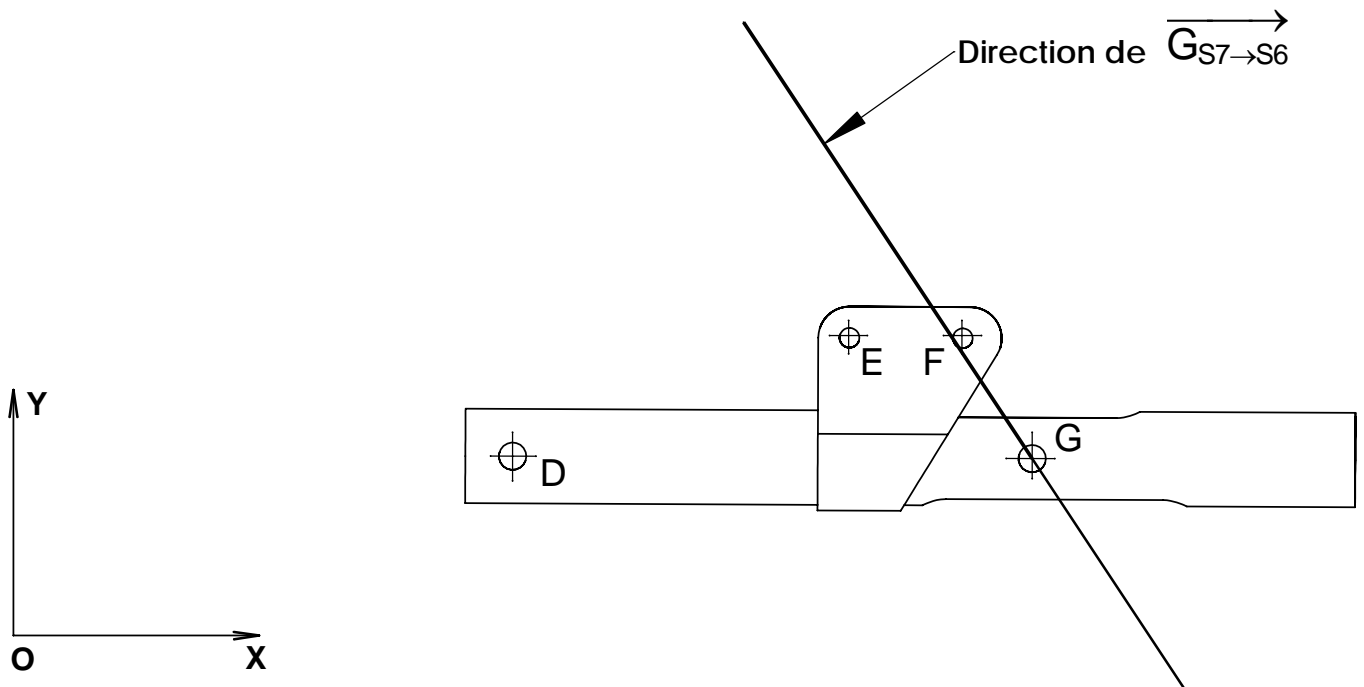
Question C.1.1

Etude de l'équilibre des blocs (S3G et S4)



Question C.1.2

Étude de l'équilibre du bloc S6



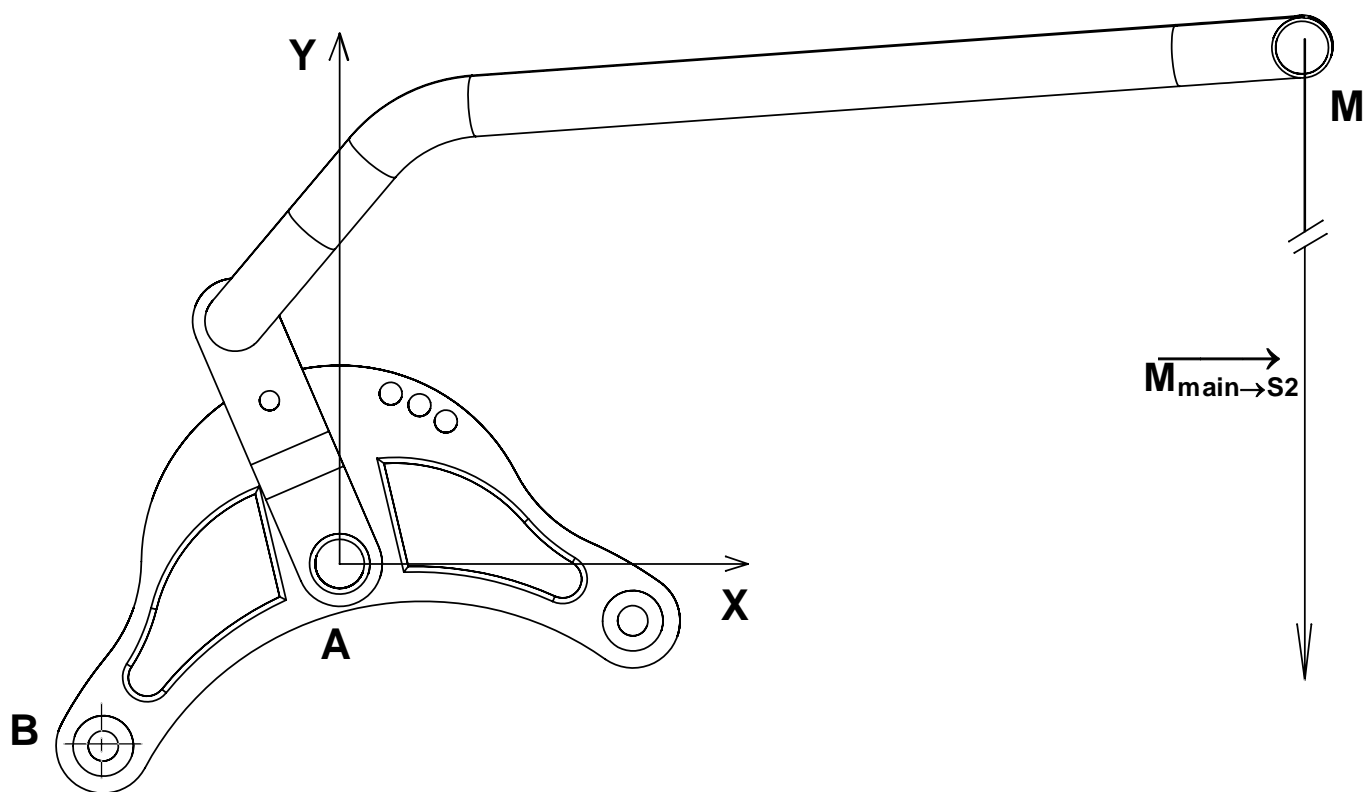
Echelle de représentation 1:4

Echelle des forces : 1mm pour 10 N

C - Dimensionnement du levier haut

Questions C.1.4 et C.1.5

Etude de l'équilibre du bloc S2



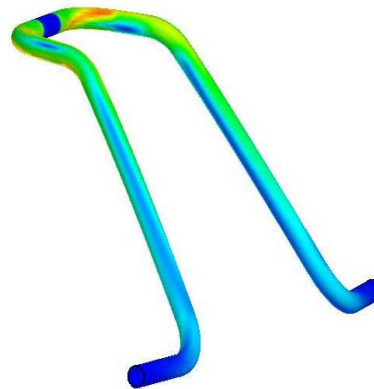
Echelle de représentation 1: 4

Echelle des forces : 1mm pour 10 N

Document réponse DR5

C - Dimensionnement du levier haut

Question C.2.2 : Zone de contrainte maximale



Question C.2.3 : Valeur de la contrainte

	Tube acier $D_{\text{extérieur}} = 32 \text{ mm}$			
Epaisseur	Ep 1.5	Ep 2	Ep2.2	Ep2.5
Etat de Contrainte dans le levier en pa			<div> 1.129e+008 1.035e+008 9.407e+007 8.467e+007 7.526e+007 6.585e+007 5.645e+007 4.704e+007 3.763e+007 2.823e+007 1.882e+007 9.413e+006 6.817e+003 </div>	
$ \sigma_{\text{maxi}} $ en Mpa				

D - Modification du système de tension du câble

Question D.2.2 : Perspective de la chape

