

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

**SESSION 2008**

**EPREUVE : ETUDE DES CONSTRUCTIONS**

Durée : 6 Heures

Coefficient : 8

**REQUILLEUR DE BOWLING**

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 :

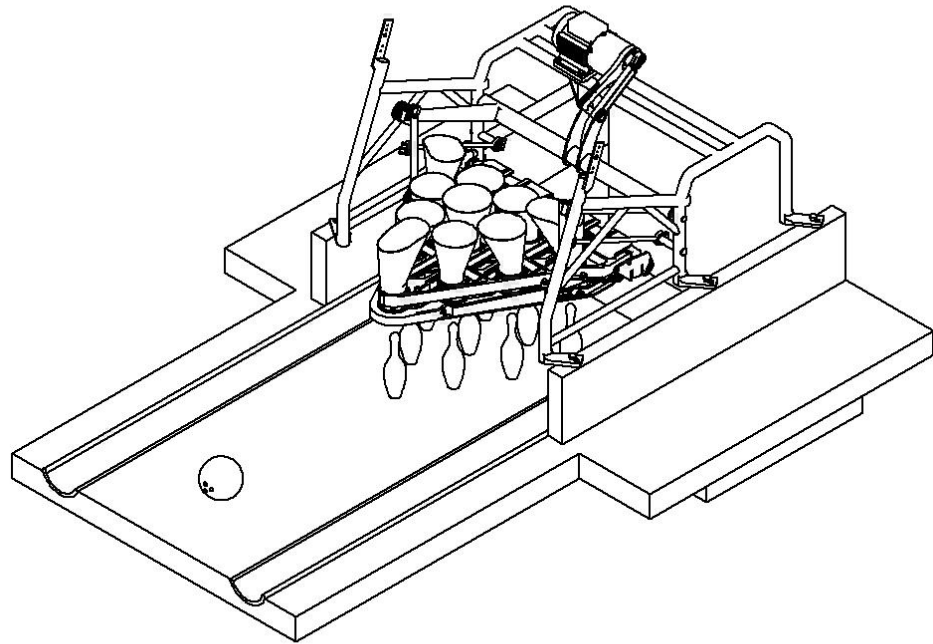
- **Dossier Technique (DT1/11 à DT11/11) ..... jaune**
- **Dossier Travail Demandé (TD1/7 à TD7/7) ..... vert**
- **Dossier Documents Réponses (DR1/9 à DR9/9) ..... blanc**

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 REPONSES. MEME VIERGES. SONT A  
REMETTRE EN FIN D'EPREUVE.**

# **DOSSIER TECHNIQUE (NOTE DT)**

## **REQUILLEUR DE BOWLING**



Ce dossier comporte 11 documents numérotés de DT1 à DT11 :

DT1 : Mise en situation

DT2 : Présentation du mécanisme

DT3 Positions des ponts et leurs fonctions

DT4 : GRAFCET de description du tour de jeu

DT5 : Plan d'ensemble (A3)

DT6 : Principaux regroupements de pièces (A3)

DT7 : Présentation de la problématique B : reconception du crochet long (A3)

DT8 : Nomenclature et procédure de réglage de l'entraxe du long crochet

DT9 , DT10 et DT11 : Documentation constructeur roulements, écrous,  
rondelles, anneaux élastiques

# REQUILLEUR DE BOWLING

## MISE EN SITUATION

### Introduction

Le bowling est arrivé en France à la fin des années 1950.

En 1972, il existait 35 bowlings dans l'hexagone et la fédération FFBSQ (Fédération Française de Bowling et de Sport de Quilles) regroupait près de 4000 licenciés.

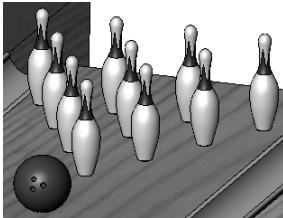
Aujourd'hui, elle dénombre plus de 170 bowlings homologués, chiffre en constante progression et plus de 14000 licenciés.

Des installations fiables, de haute technicité, autorisent une exploitation optimale. Les pistes sont implantées par paire, pour un équipement variant de 4 à 32 pistes par bowling.

### Principe

Le bowling est un jeu sportif d'adresse qui consiste à renverser 10 quilles de 1,5kg en faisant rouler une boule d'une masse de 2,7 à 7kg sur une piste de presque 20 mètres de long.

Chaque partie comprend 10 reprises ou séquences.



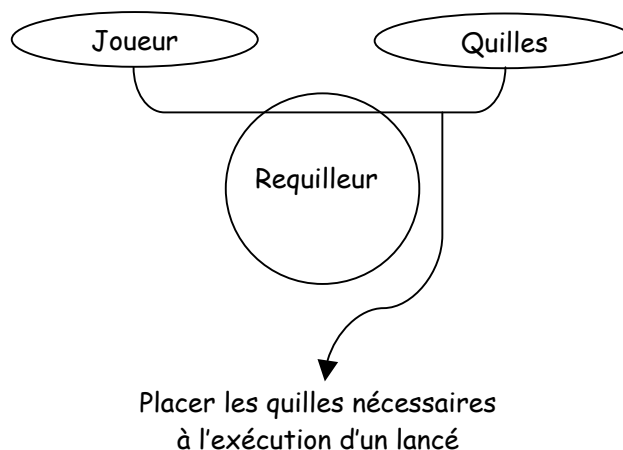
Pour chaque séquence, le joueur dispose d'un maximum de 2 boules\* pour renverser la totalité des quilles.

S'il renverse les 10 quilles à sa première tentative, c'est un "Strike" et il n'y a pas de deuxième lancer.

Au cas où des quilles resteraient en place sur la piste, le joueur lance sa deuxième boule, afin de les faire tomber. En cas de succès, c'est un "Spare", en cas d'échec, c'est un "Trou", même s'il n'en reste qu'une...

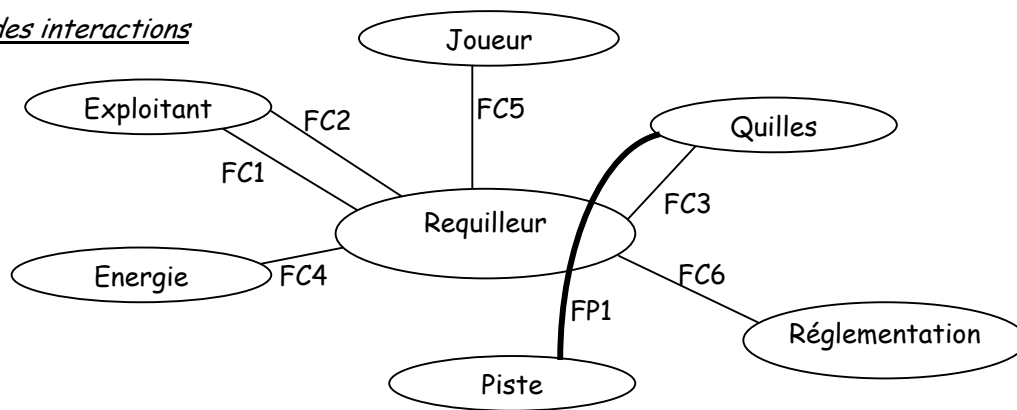
### Expression du besoin

La mise en place des quilles sur la piste avant chaque lancer et leur détection pour la gestion des scores après chaque lancer se font automatiquement par une machine à requiller, nommée requilleur (voir DT 5 et 6), objet de notre étude.



\* A la dixième séquence, possibilité d'une troisième boule.

## Diagramme des interactions



Les attentes des acquéreurs d'équipements de bowling sont fortes en terme d'action et de service, ainsi que le précisent les contraintes suivantes :

FP1 : Placer, et récupérer les quilles sur la piste en fonction de l'avancement du jeu

- *Rentabilité*

FC1 : Minimiser le temps de rechargement en quilles entre chaque lancer.

FC2 : Avoir une grande fiabilité, le minimum d'arrêts possible et d'appels pour interventions (3000 reprises sans arrêt) et peu de remplacement de pièces d'usure.

FC3 : Eviter la dégradation des quilles et des boules.

FC4 : Limiter la consommation d'énergie particulièrement en attente de jeu.

- *Souci d'information et de satisfaction de l'utilisateur :*

FC5 : Ne pas commettre d'erreur de détection de quilles et ce, même sous un éclairage en lumière noire.

FC6 : Respecter le règlement des fédérations de bowling pour permettre les compétitions (comme la précision du positionnement des quilles).

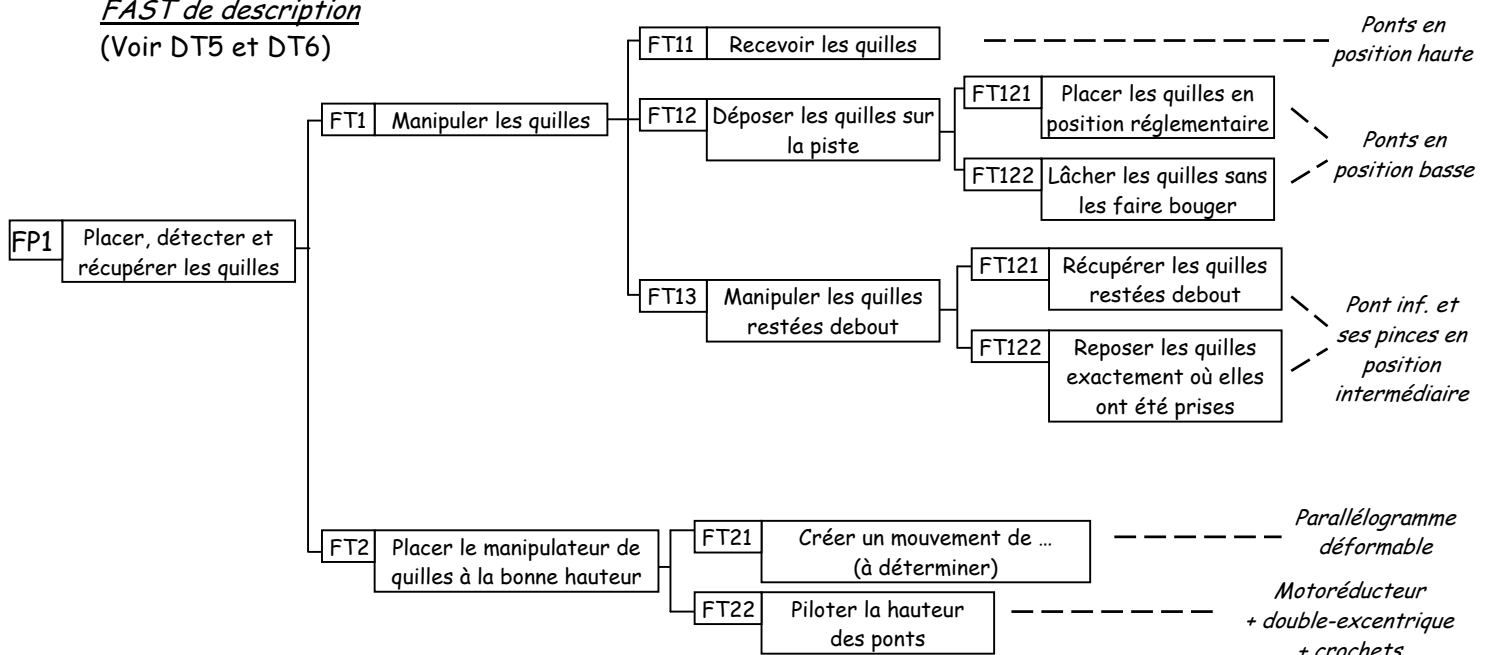
## Objet de l'étude

Les études menées dans la suite du sujet portent sur les contraintes FC6 et FC3.

## PRESENTATION DU MECANISME

### FAST de description

(Voir DT5 et DT6)

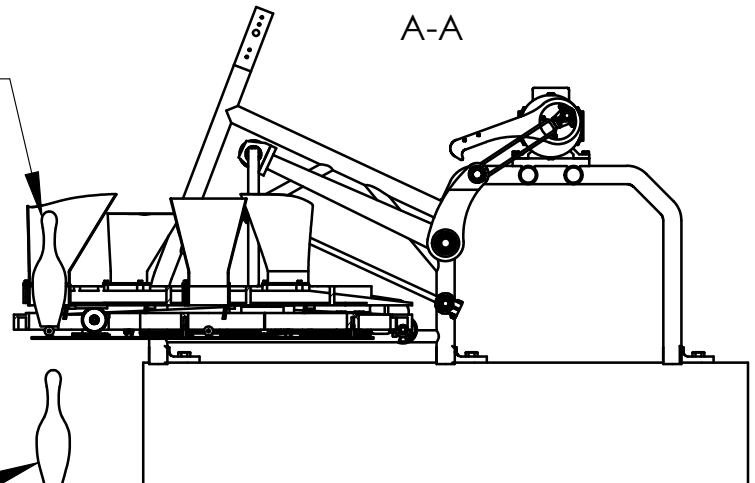


# Les positions des ponts et leurs fonctions

## Position haute :

- attente départ
- attente arrivée des 10 quilles
- attente tir joueur
- attente racleur passé

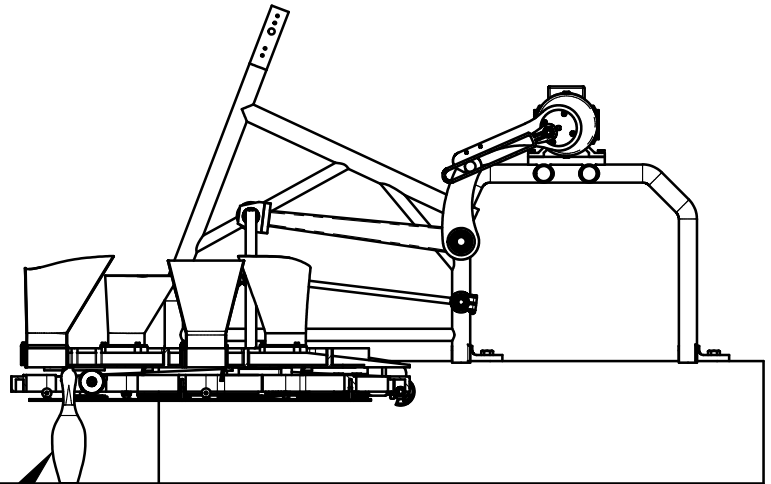
Quille arrivée par gravité



Quille au sol qui attend tir joueur

## Position intermédiaire :

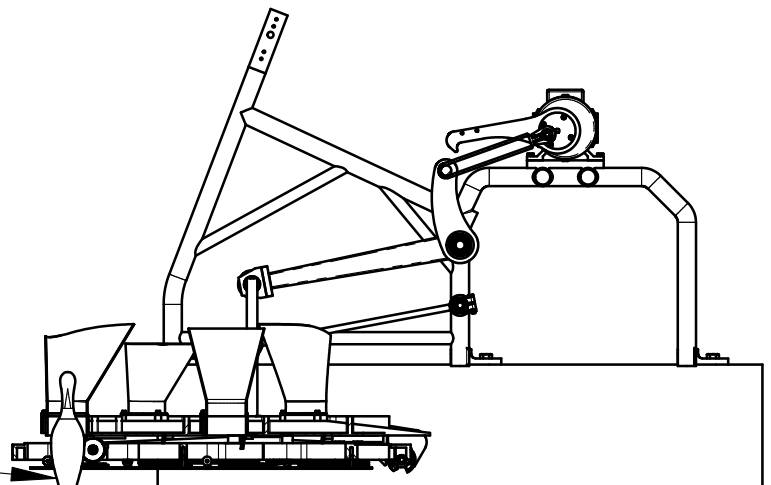
- détection quille(s) debout
- préhension quilles restées debout
- dépose des quilles soulevées



Quille restée debout,  
prise ou redéposée

## Position basse :

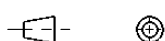
- dépose des quilles en position réglementaire



Quille déposée en  
position réglementaire

Licence d'éducation SolidWorks  
A titre éducatif uniquement

Echelle 1:25 sur A4



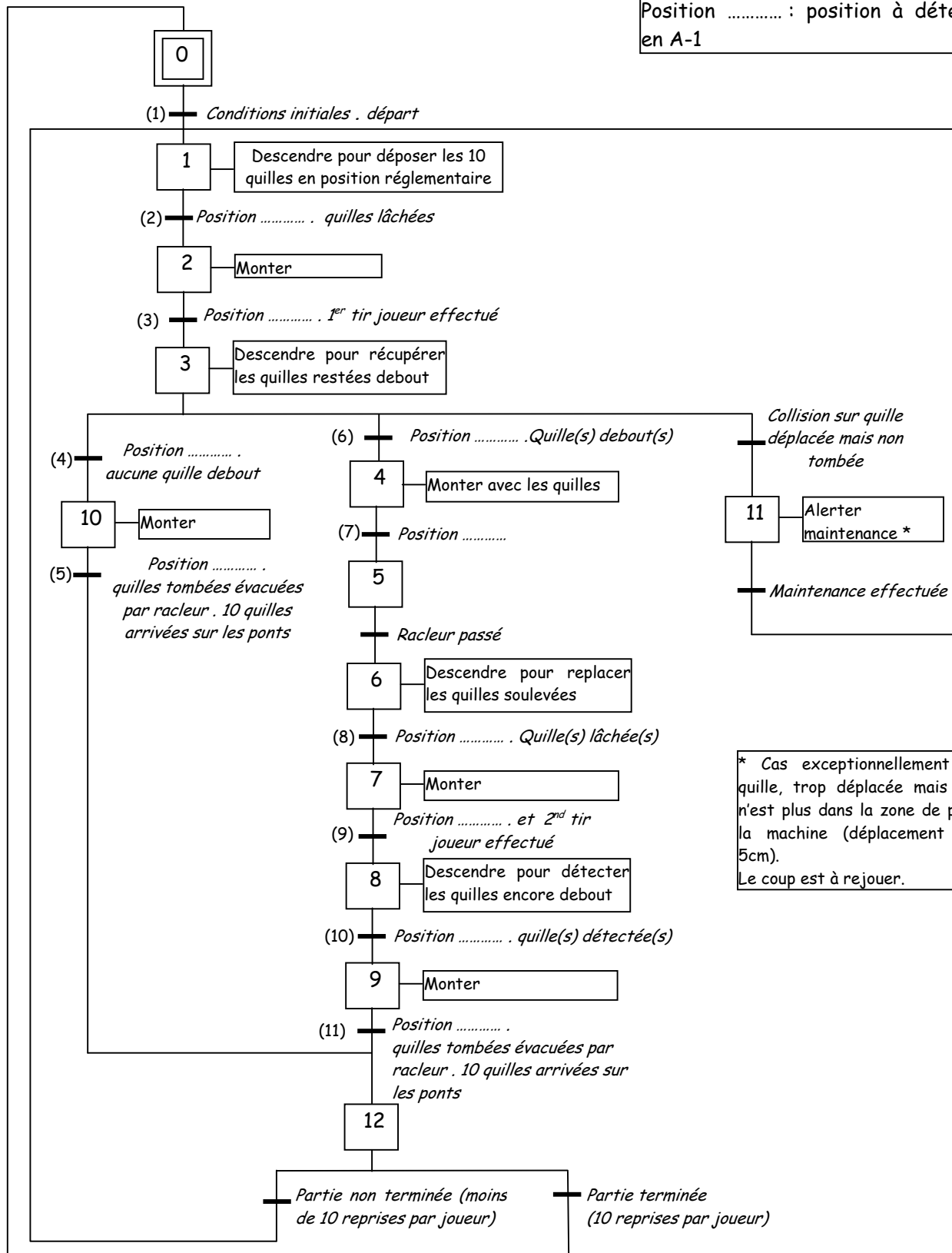
## DT3

## Positions des ponts

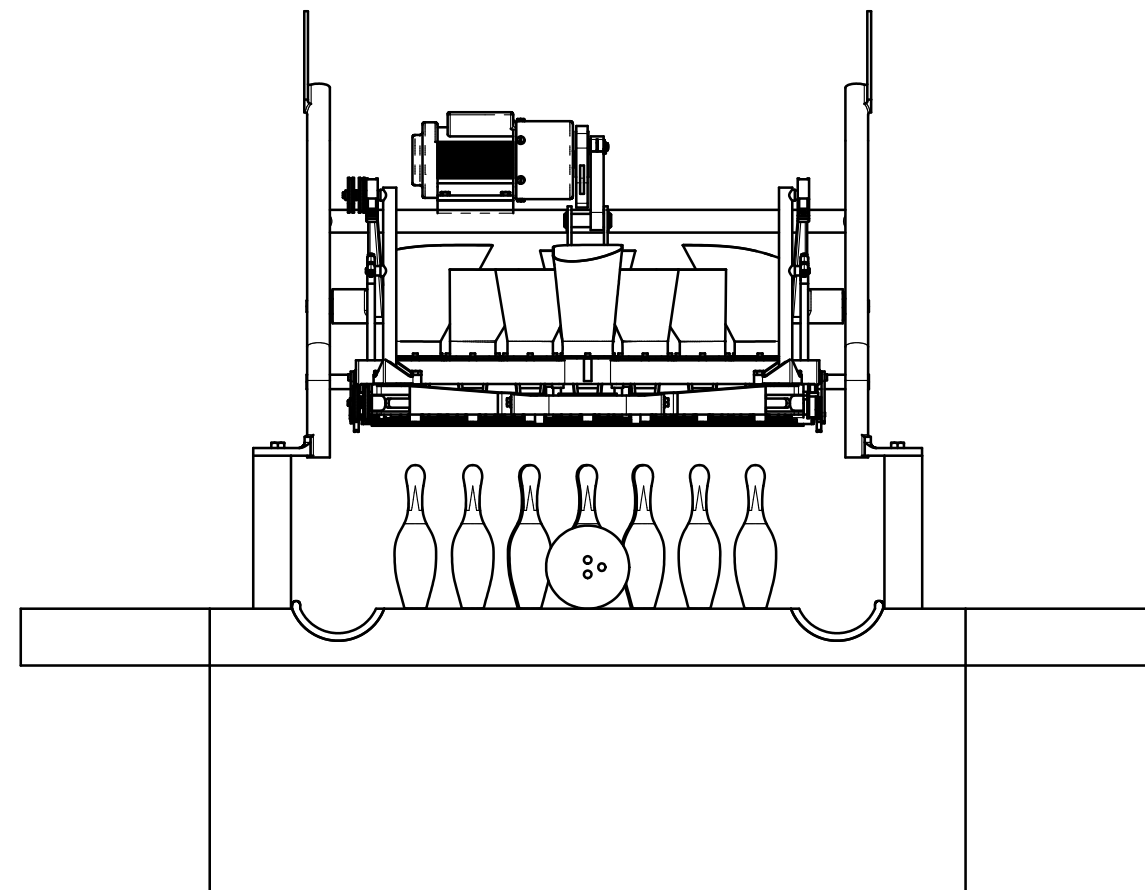
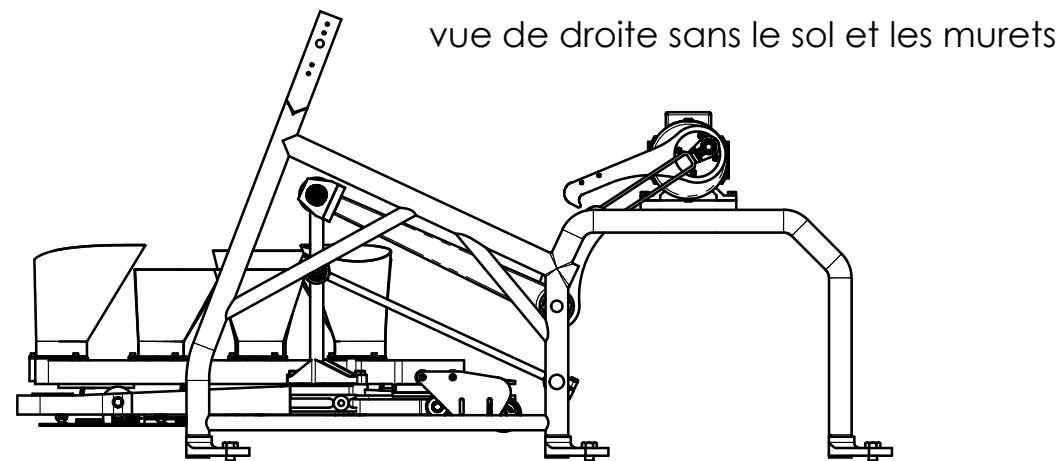
# GRAFSET DE DESCRIPTION DU TOUR DE JEU

## POINT DE VUE OPERATIONNEL

Position ..... : position à déterminer en A-1



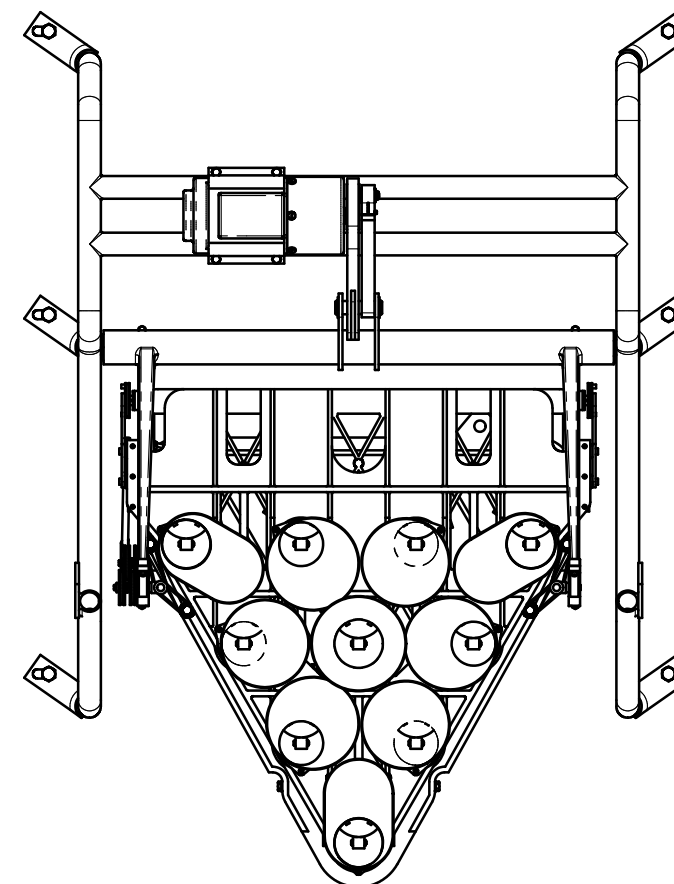
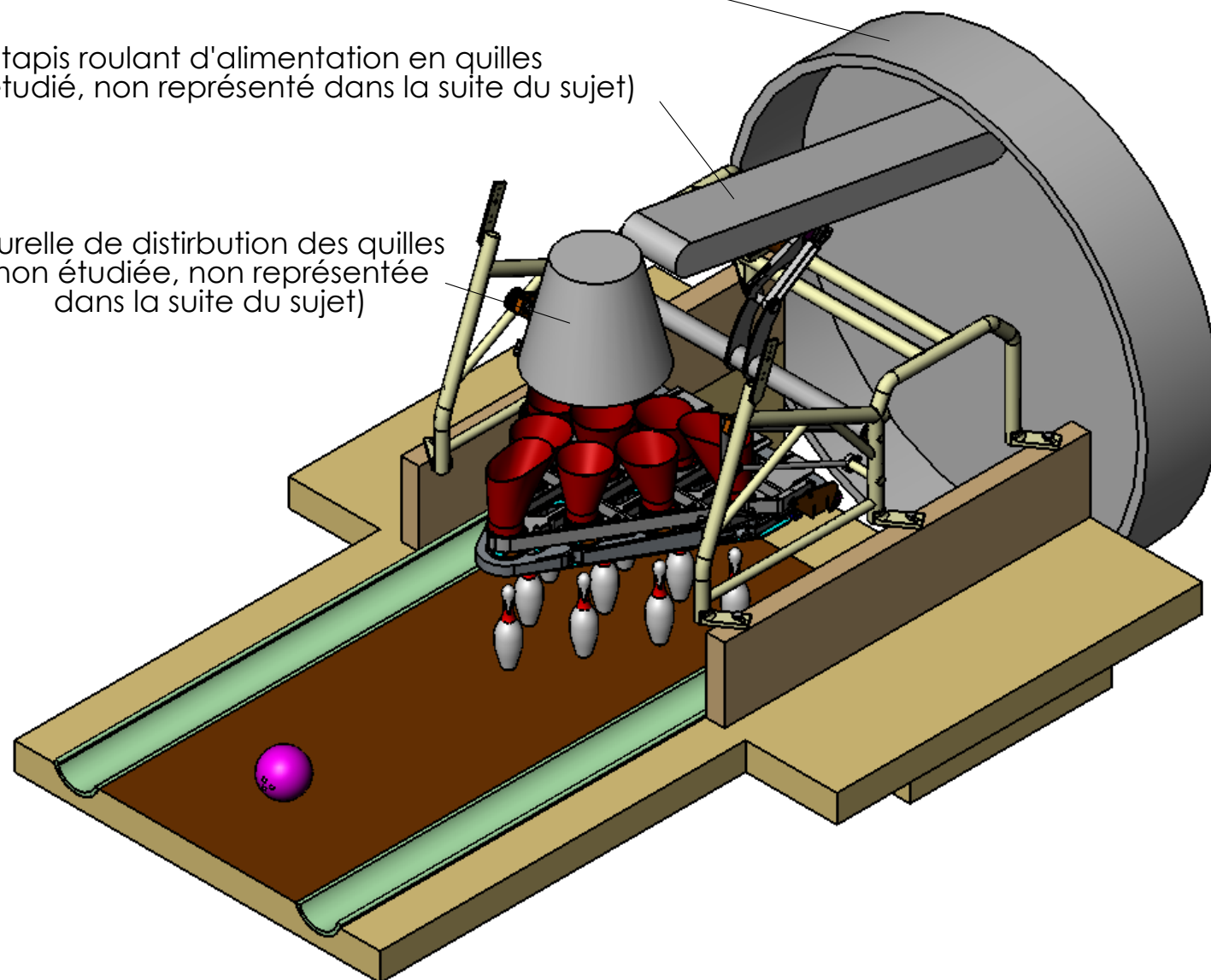
\* Cas exceptionnellement rare où la quille, trop déplacée mais non tombée, n'est plus dans la zone de préhension de la machine (déplacement supérieur à 5cm).  
Le coup est à rejouer.



roue de récupération des quilles  
(non étudiée, non représentée dans la suite du sujet)

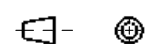
tapis roulant d'alimentation en quilles  
(non étudié, non représenté dans la suite du sujet)

tourelle de distirbution des quilles  
(non étudiée, non représentée  
dans la suite du sujet)



vue de dessus sans le sol et les murets

Echelle 1:20



A3

**DT5**

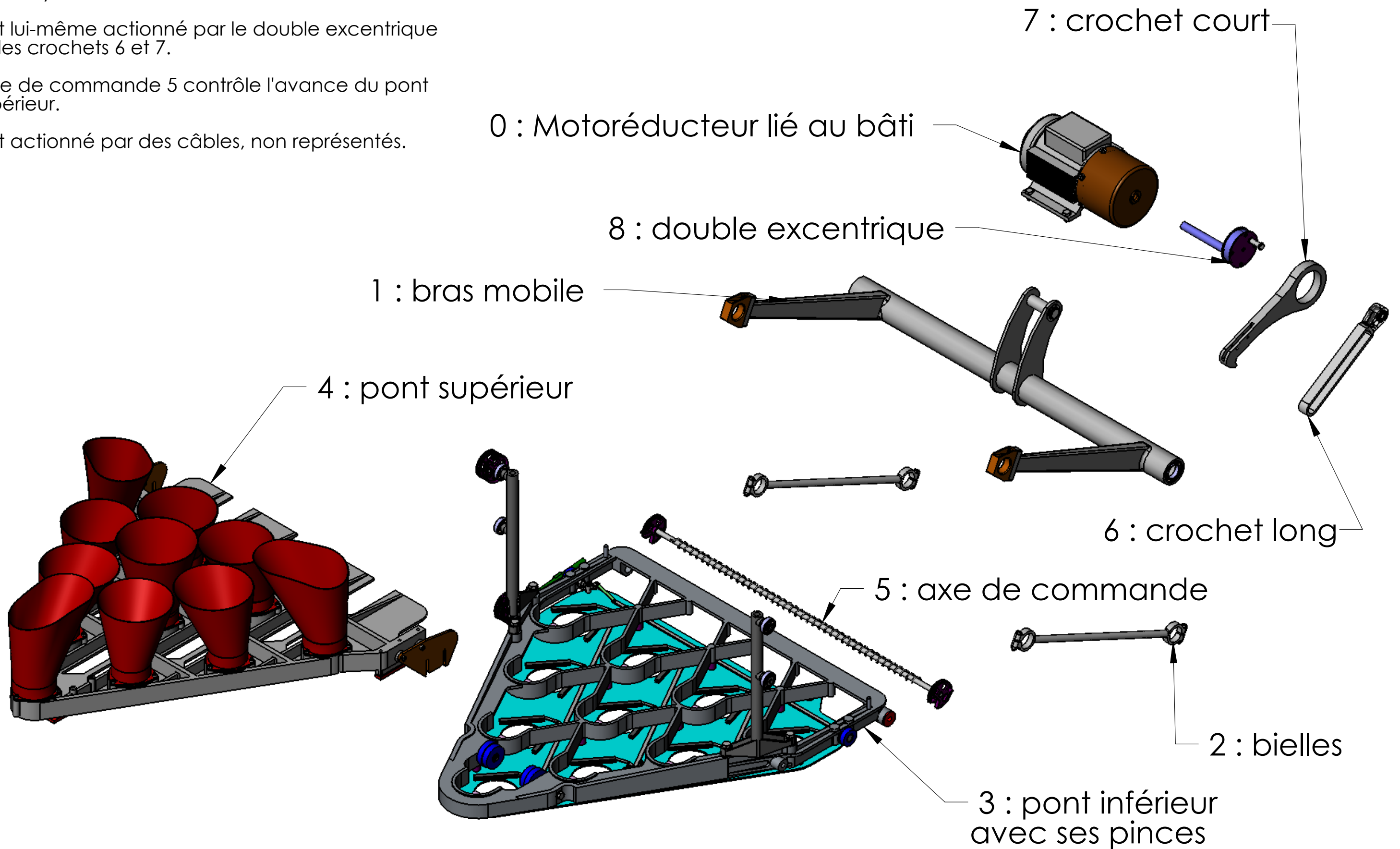
Requilleur de bowling(position haute)

Le bras mobile 1 contrôle la hauteur des ponts (voir DT3).

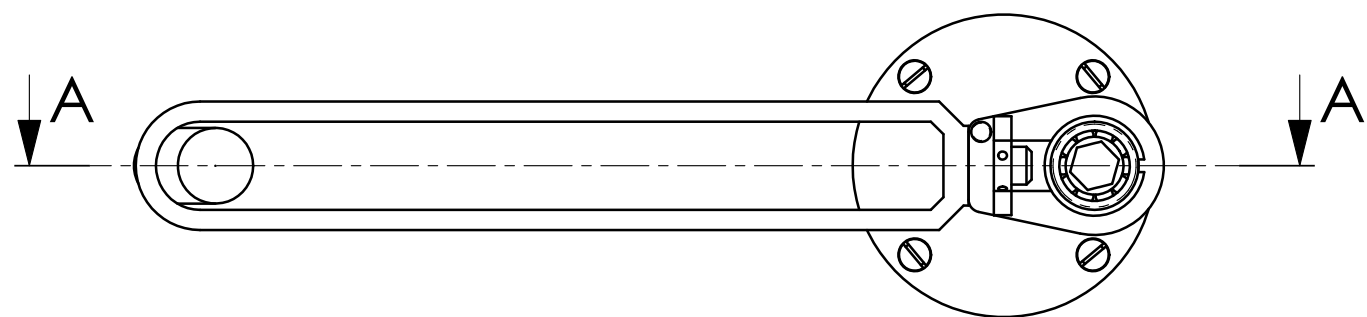
Il est lui-même actionné par le double excentrique via les crochets 6 et 7.

L'axe de commande 5 contrôle l'avance du pont supérieur.

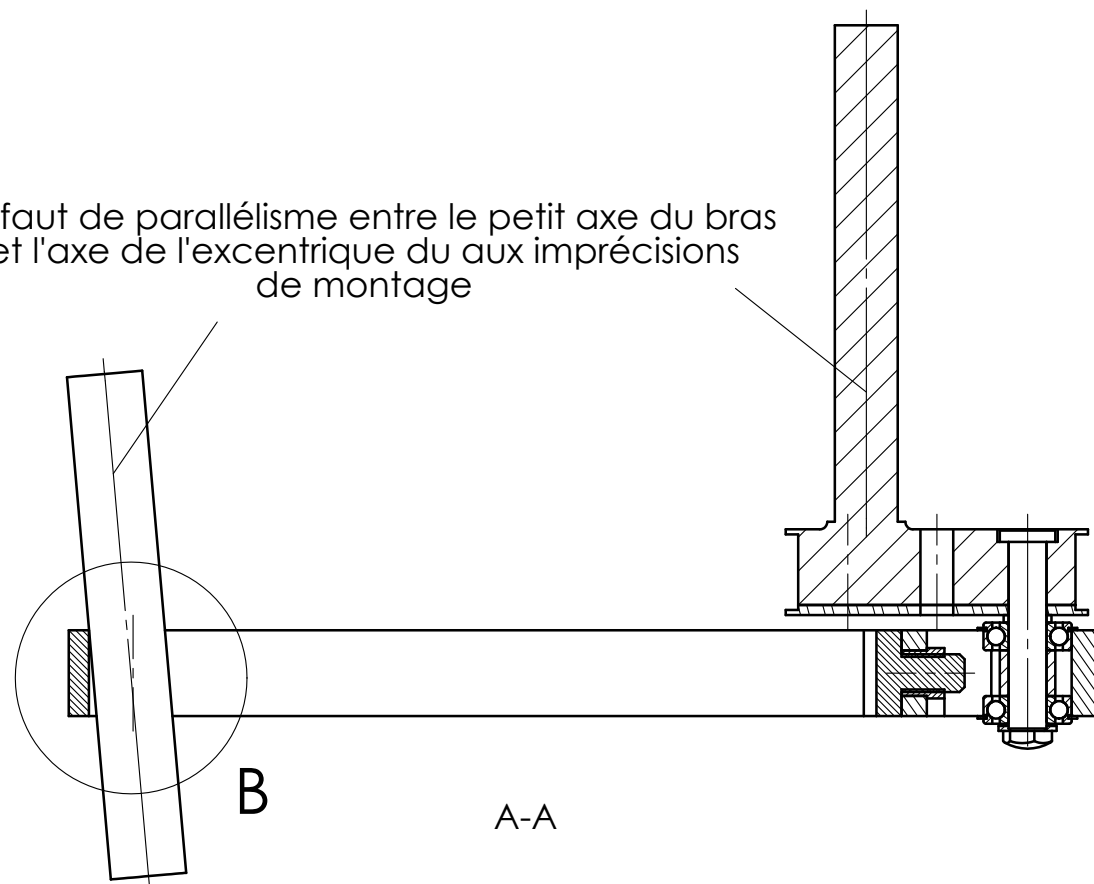
Il est actionné par des câbles, non représentés.





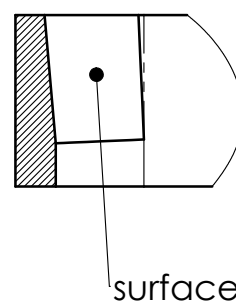
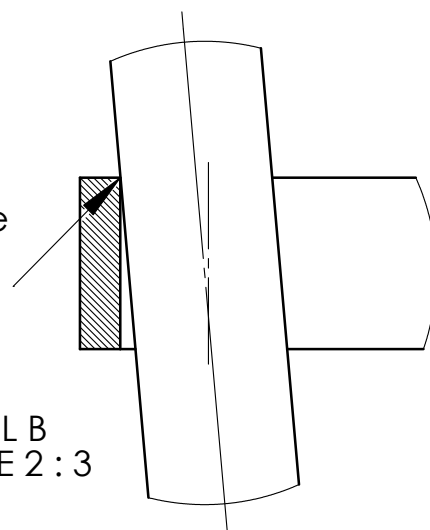


Défaut de parallélisme entre le petit axe du bras  
et l'axe de l'excentrique du aux imprécisions  
de montage

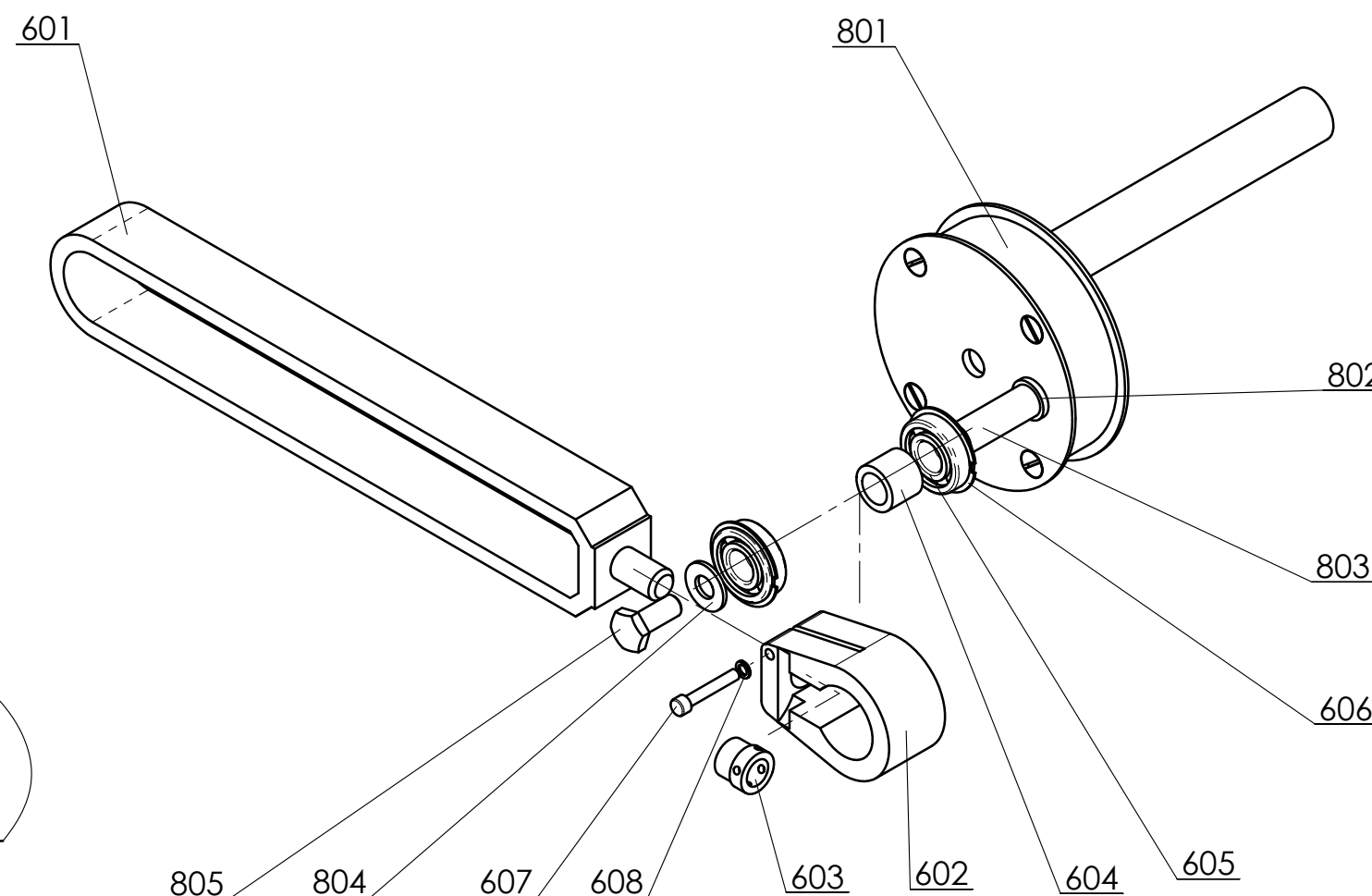
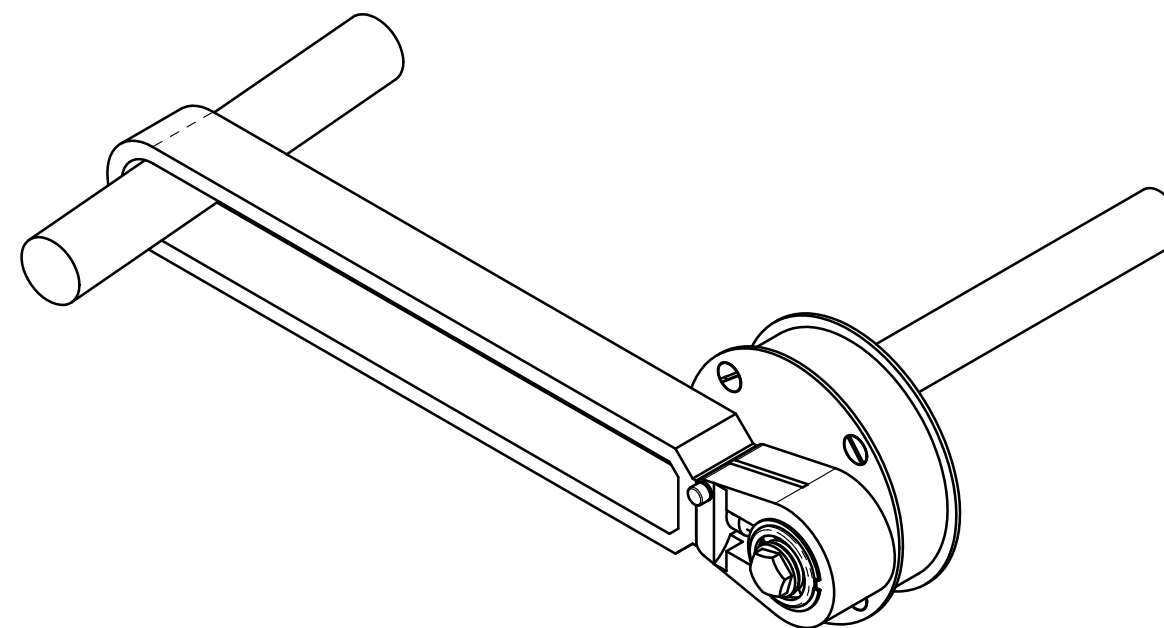


la surface de contact ne peut plus être  
considérée comme une portion de  
cylindre mais comme un point

DÉTAIL B  
ECHELLE 2 : 3



surface d'usure



Echelle: 1:3

A3

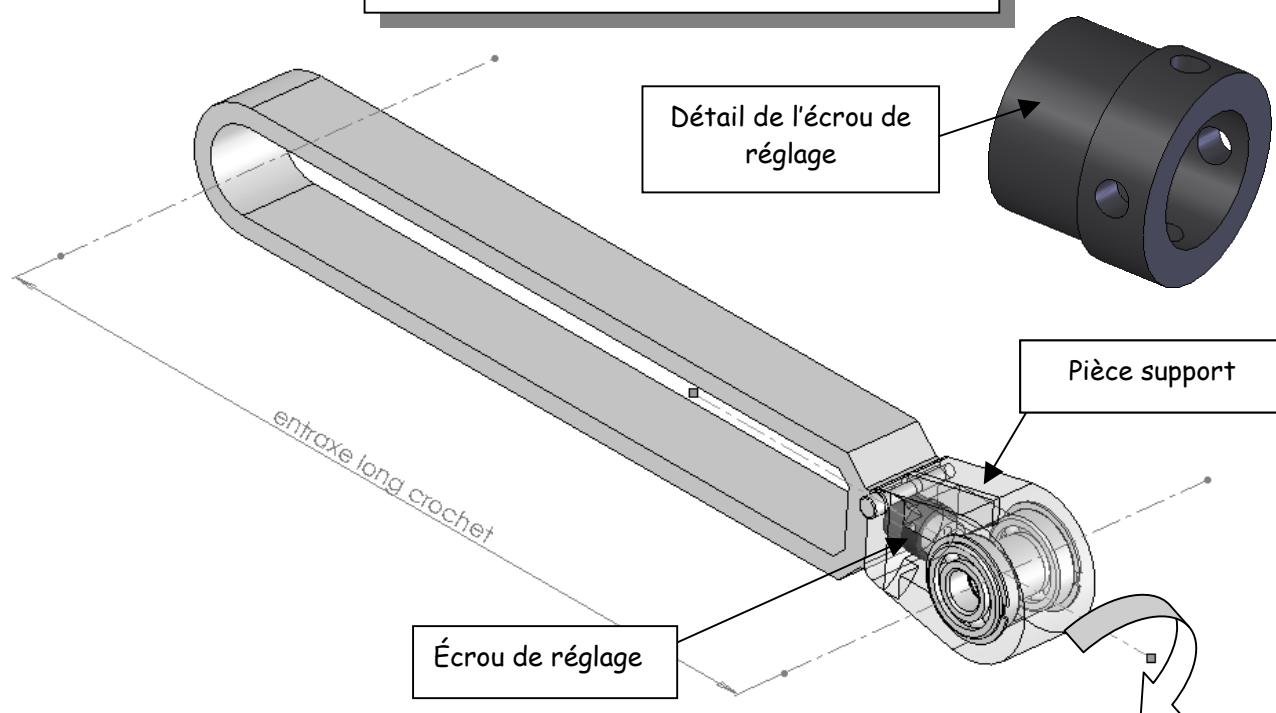
**DT7**

Problématique C

## Nomenclature excentrique crochets (voir DT7/11)

| 805 | 1  | Vis                  |         |                   |
|-----|----|----------------------|---------|-------------------|
| 804 | 1  | Rondelle             |         |                   |
| 803 | 1  | Axe excentrique      |         | Pour long crochet |
| 802 | 1  | Entretoise           |         |                   |
| 801 | 1  | Double excentrique   |         |                   |
| 608 | 1  | Rondelle fendue      |         |                   |
| 607 | 1  | Vis CHC M5           |         | Vis de bridage    |
| 606 | 2  | Anneau élastique     |         |                   |
| 605 | 2  | Roulement à bille    |         |                   |
| 604 | 1  | Entretoise           |         |                   |
| 603 | 1  | Ecrou de réglage     |         |                   |
| 602 | 1  | Support long crochet |         |                   |
| 601 | 1  | Long crochet         |         |                   |
| N°  | Nb | Désignation          | Matière | Observations      |

Méthodologie pour le réglage de l'entraxe du long crochet (voir DT7/11 pour plus de détails)



Lors du montage, pour positionner le pont en position basse correctement, il est nécessaire de pouvoir régler l'entraxe du long crochet. Pour cela il faut :

- Dévisser la vis de bridage.
- À l'aide d'une petite tige ( $\varnothing$  4mm) tourner l'écrou de réglage dans le sens souhaité.
- Serrer la vis de bridage.

Cette solution pour le réglage de l'entraxe impose que la « pièce support » ait des formes et des usinages complexes (il faut un écrou de réglage et un dispositif de bridage de la position). De plus, cette opération n'est réalisée que lors du montage du requilleur.

# Eléments de fixation

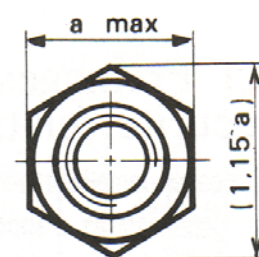
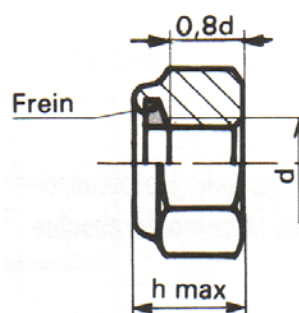
## ÉCROUS AUTO-FREINÉS \*\*

NF E 25-409

| 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 |

Le dispositif de freinage se compose d'une bague non filetée en polyamide (nylon).  
Le freinage est réalisé :

- par la force axiale qui se produit dès que la vis entre en contact avec la bague,
- par l'action radiale du frein due à sa compression.

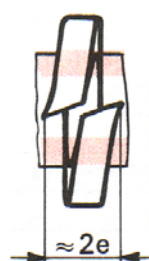


Symbole H FR

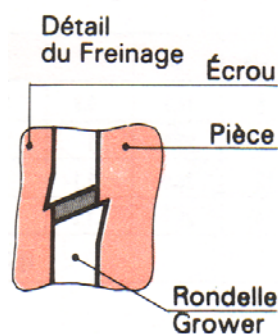
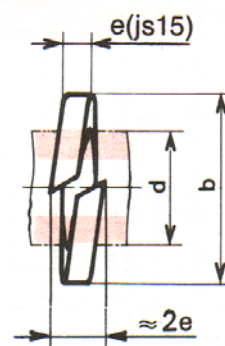
## RONDELLES GROWER

| Série | Réduite<br>symbole WZ<br>NFE 25-516 |     | Courante<br>symbole W<br>NFE 25-515 |     | Forte<br>symbole WL<br>NFE 25-517 |     |
|-------|-------------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| d     | b                                   | e   | b                                   | e   | b                                 | e   |
| 3     | 5,2                                 | 0,6 | 5,2                                 | 1   | 6,2                               | 1   |
| 4     | 7,3                                 | 1   | 7,3                                 | 1,5 | 8,3                               | 1,2 |
| 5     | 8,3                                 | 1   | 8,3                                 | 1,5 | 10,3                              | 1,5 |
| 6     | 10,4                                | 1,2 | 10,4                                | 2   | 12,4                              | 1,8 |
| 8     | 13,4                                | 1,5 | 13,4                                | 2,5 | 15,4                              | 2   |
| 10    | 16,5                                | 1,8 | 16,5                                | 3   | 18,5                              | 2,5 |
| 12    | 20                                  | 2   | 20                                  | 3,5 | 23                                | 3   |
| (14)  | 23                                  | 2,5 | 23                                  | 4   | 25                                | 3   |
| 16    | 25                                  | 2,5 | 25                                  | 4   | 29                                | 3,5 |
| 20    | 31                                  | 3   | 31                                  | 5   | 35                                | 4,5 |
| 24    | 37                                  | 3,5 | 37                                  | 6   | 39                                | 4,5 |
| 30    | 45                                  | 4,5 | 45                                  | 7   | —                                 | —   |
| 36    | —                                   | —   | 53                                  | 8   | —                                 | —   |
| 42    | —                                   | —   | 61                                  | 9   | —                                 | —   |
| 48    | —                                   | —   | 69                                  | 10  | —                                 | —   |

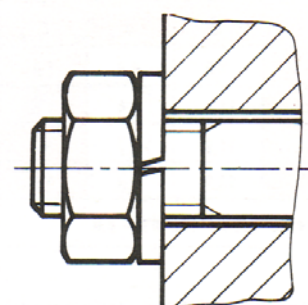
Avec becs



Sans bec



Ensemble monté

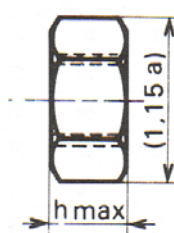


Le freinage est obtenu grâce à l'élasticité de la rondelle. L'efficacité est augmentée du fait de l'incrustation des bords dans l'écrou (ou la tête de la vis) et dans la pièce.

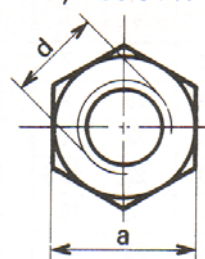
## ÉCROUS HEXAGONAUX

NF E 25-401

| d    | Pas  | a   | h   | d     | Pas  | a  | h    | d   | Pas | a  | h    |
|------|------|-----|-----|-------|------|----|------|-----|-----|----|------|
| M1,6 | 0,35 | 3,2 | 1,3 | M 6   | 1    | 10 | 5,2  | M20 | 2,5 | 30 | 18   |
| M2   | 0,4  | 4   | 1,6 | M 8   | 1,25 | 13 | 6,8  | M24 | 3   | 36 | 21,5 |
| M2,5 | 0,45 | 5   | 2   | M10   | 1,5  | 16 | 8,4  | M30 | 3,5 | 46 | 25,6 |
| M3   | 0,5  | 5,5 | 2,4 | M12   | 1,75 | 18 | 10,8 | M36 | 4   | 55 | 31   |
| M4   | 0,7  | 7   | 3,2 | (M14) | 2    | 21 | 12,8 | M42 | 4,5 | 65 | 34   |
| M5   | 0,8  | 8   | 4,7 | M16   | 2    | 24 | 14,8 | M48 | 5   | 75 | 38   |



Symbole : H

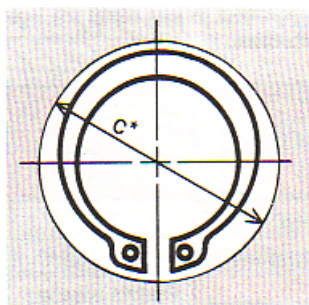
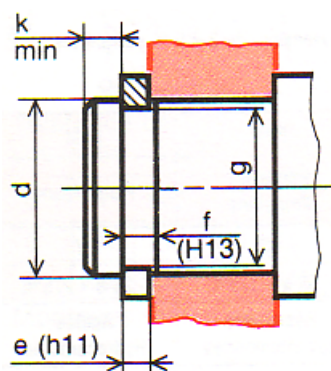


- C'est le type d'écrou le plus utilisé.
- Il convient pour la majorité des applications.



# Anneaux élastiques

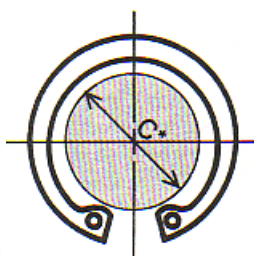
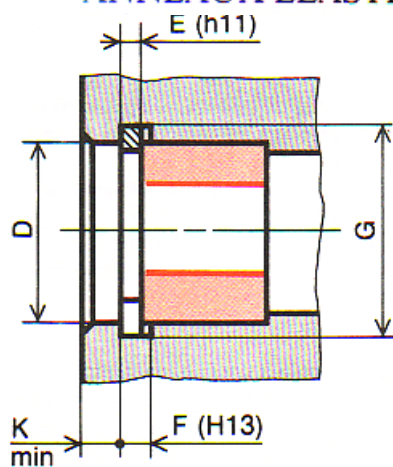
## ANNEAUX ÉLASTIQUES POUR ARBRES



\* c : espace libre nécessaire au montage

| d  | e   | c    | f   | g    | Tol. g       | k    | Fa*  |
|----|-----|------|-----|------|--------------|------|------|
| 3  | 0,4 | 6,8  | 0,5 | 2,8  | 0 - 0,04     | 0,3  | 0,47 |
| 4  | 0,4 | 8,4  | 0,5 | 3,8  | 0            | 0,3  | 0,60 |
| 5  | 0,6 | 10,7 | 0,7 | 4,8  | - 0,048      | 0,3  | 1    |
| 6  | 0,7 | 12,2 | 0,8 | 5,7  | 0<br>- 0,058 | 0,45 | 1,45 |
| 7  | 0,8 | 13,2 | 0,9 | 6,7  |              | 0,45 | 2,6  |
| 8  | 0,8 | 15,2 | 0,9 | 7,6  |              | 0,6  | 3    |
| 9  | 1   | 15,4 | 1,1 | 8,6  |              | 0,6  | 3,5  |
| 10 | 1   | 17,6 | 1,1 | 9,6  | 0<br>- 0,11  | 0,6  | 4    |
| 12 | 1   | 19,6 | 1,1 | 11,5 |              | 0,75 | 5    |
| 14 | 1   | 22   | 1,1 | 13,4 |              | 0,9  | 6,4  |
| 15 | 1   | 23,2 | 1,1 | 14,3 |              | 1,05 | 6,9  |
| 17 | 1   | 25,6 | 1,1 | 16,2 | 0 - 0,13     | 1,2  | 8    |
| 20 | 1,2 | 29   | 1,3 | 19   |              | 1,5  | 17,1 |

## ANNEAUX ÉLASTIQUES POUR ALÉSAGES



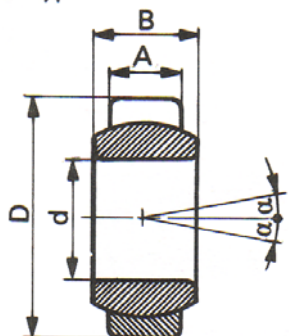
C : espace libre nécessaire au montage

| D  | E    | C    | F    | G    | Tol. G      | K    | Fa*  |
|----|------|------|------|------|-------------|------|------|
| 8  | 0,8  | 3,2  | 0,9  | 8,4  | + 0,09      | 0,6  | 2    |
| 9  | 0,8  | 4    | 0,9  | 9,4  | 0           | 0,6  | 2    |
| 10 | 1    | 3,7  | 1,1  | 10,4 | + 0,11<br>0 | 0,6  | 4    |
| 12 | 1    | 4,7  | 1,1  | 12,5 |             | 0,75 | 4    |
| 15 | 1    | 7    | 1,1  | 15,7 |             | 1,05 | 5    |
| 17 | 1    | 8,4  | 1,1  | 17,8 |             | 1,2  | 6    |
| 20 | 1    | 10,6 | 1,1  | 21   | 0 + 0,13    | 1,5  | 7,2  |
| 22 | 1    | 13,6 | 1,1  | 23   | + 0,21<br>0 | 1,5  | 8    |
| 25 | 1,2  | 15   | 1,3  | 26,2 |             | 1,8  | 14,6 |
| 28 | 1,2  | 18,4 | 1,3  | 29,4 |             | 2,1  | 13,3 |
| 30 | 1,2  | 19,4 | 1,3  | 31,4 | + 0,25<br>0 | 2,1  | 13,7 |
| 32 | 1,2  | 20,2 | 1,3  | 33,7 |             | 2,55 | 13,8 |
| 35 | 1,5  | 23,2 | 1,6  | 37   |             | 3    | 26,9 |
| 40 | 1,75 | 27,4 | 1,85 | 42,5 |             | 3,75 | 44,6 |

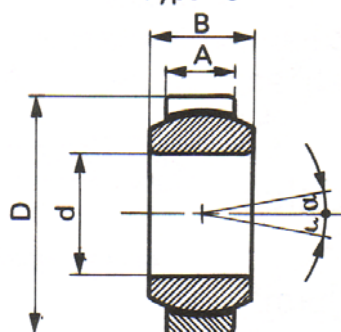
# Rotules

ROTULES ACIER/ACIER ROTULES AUTOLUBRIFIANTES

Type E



Type C



$C$  = charge dynamique de base en kilonewtons.

$C_o$  = charge statique de base en kilonewtons.

## TOLÉRANCES DE MONTAGE

| Charges                | Arbre | Logement |
|------------------------|-------|----------|
| Modérées*              | m 6   | H 7      |
| Élevées                | m 6   | M 7      |
| Logement alliage léger | m 6   | N 7      |

\* La bague extérieure peut se déplacer axialement.

## DOMAINE D'APPLICATION

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Rotules acier sur acier   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Charges élevées discontinues.</li> <li>Chocs importants.</li> <li>Fortes charges statiques.</li> <li>Grande oscillation.</li> <li>Températures d'emploi de <math>-200^{\circ}\text{C}</math> à <math>+400^{\circ}\text{C}</math>.</li> </ul> |
| Rotules auto-lubrifiantes | <ul style="list-style-type: none"> <li>Charges élevées continues</li> <li>Faible frottement.</li> <li>Longue durée de service sans entretien.</li> <li>Température d'emploi de <math>-55^{\circ}\text{C}</math> à <math>+180^{\circ}\text{C}</math>.</li> </ul>                     |

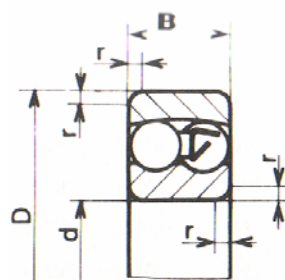
| Désignation* | d  | D  | A  | B  | $\alpha^{\circ}$ | $\alpha_1^{\circ}$ | $C^{**}$ | $C_o^{**}$ |
|--------------|----|----|----|----|------------------|--------------------|----------|------------|
| GE 4...      | 4  | 12 | 3  | 5  | 16               | —                  | 0,6      | 14         |
| GE 5...      | 5  | 14 | 4  | 6  | 13               | —                  | 0,93     | 23         |
| GE 6...      | 6  | 14 | 4  | 6  | 13               | —                  | 0,93     | 23         |
| GE 8...      | 8  | 16 | 5  | 8  | 15               | —                  | 1,53     | 38         |
| GE 10...     | 10 | 19 | 6  | 9  | 12               | —                  | 2,16     | 56         |
| GE 12...     | 12 | 22 | 7  | 10 | 11               | —                  | 2,9      | 73,5       |
| GE 15...     | 15 | 25 | 9  | 12 | 8                | 5                  | 4,65     | 116        |
| GE 17...     | 17 | 30 | 10 | 14 | 10               | 7                  | 5,85     | 146        |
| GE 20...     | 20 | 35 | 12 | 16 | 9                | 6                  | 8,15     | 204        |
| GE 25...     | 25 | 42 | 16 | 20 | 7                | 4                  | 13,4     | 335        |

## Roulements à deux rangées de billes, à rotule dans la bague extérieure

$C$  = charge dynamique de base en kilonewtons.

$C_o$  = charge statique de base en kilonewtons.

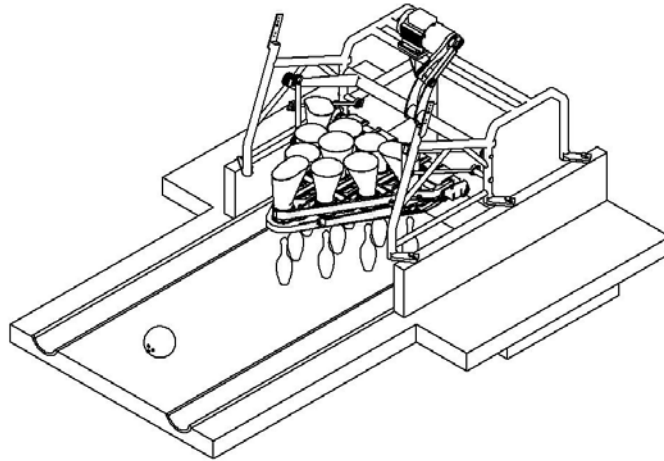
Angle de déversement (rotulage) de  $2^{\circ}$  à  $4^{\circ}$



| d  | Série de dimensions 02 |    |     |           |       |               | Série de dimensions 22 |    |     |           |       |               | Série de dimensions 03 |    |     |           |       |               |
|----|------------------------|----|-----|-----------|-------|---------------|------------------------|----|-----|-----------|-------|---------------|------------------------|----|-----|-----------|-------|---------------|
|    | D                      | B  | r   | $C_o$ daN | C daN | n max* tr/min | D                      | B  | r   | $C_o$ daN | C daN | n max* tr/min | D                      | B  | r   | $C_o$ daN | C daN | n max* tr/min |
| 6  | 19                     | 6  | 0,3 | 53        | 215   | 38 000        |                        |    |     |           |       |               |                        |    |     |           |       |               |
| 7  | 22                     | 7  | 0,3 | 65,5      | 265   | 36 000        |                        |    |     |           |       |               |                        |    |     |           |       |               |
| 9  | 26                     | 8  | 0,6 | 93        | 390   | 32 000        |                        |    |     |           |       |               |                        |    |     |           |       |               |
| 10 | 30                     | 9  | 0,6 | 134       | 553   | 30 000        | 30                     | 14 | 0,6 | 170       | 728   | 28 000        |                        |    |     |           |       |               |
| 12 | 32                     | 10 | 0,6 | 146       | 559   | 28 000        | 32                     | 14 | 0,6 | 193       | 761   | 26 000        | 37                     | 12 | 1   | 236       | 936   | 22 000        |
| 15 | 35                     | 11 | 0,6 | 200       | 741   | 24 000        | 35                     | 14 | 0,6 | 216       | 761   | 22 000        | 42                     | 13 | 1   | 265       | 956   | 20 000        |
| 17 | 40                     | 12 | 0,6 | 245       | 793   | 22 000        | 40                     | 16 | 0,6 | 280       | 975   | 20 000        | 47                     | 14 | 1   | 365       | 1250  | 17 000        |
| 20 | 47                     | 14 | 1   | 320       | 995   | 18 000        | 47                     | 18 | 1   | 390       | 1250  | 17 000        | 52                     | 15 | 1,1 | 400       | 1240  | 15 000        |
| 25 | 52                     | 15 | 1   | 405       | 1210  | 16 000        | 52                     | 18 | 1   | 425       | 1240  | 14 000        | 62                     | 17 | 1,1 | 600       | 1780  | 12 000        |

# **DOSSIER TRAVAIL DEMANDE (NOTE TD)**

## **REQUILLEUR DE BOWLING**



Ce dossier comporte 7 pages numérotées de TD1 à TD7.

|  | Temps conseillé |        |
|--|-----------------|--------|
| Lecture du sujet   |                 | 30 min |
| A/ Compréhension du mécanisme                                    |                 |        |
| A-1/ Comprendre le cycle de jeu et les différentes positions     | TD1/7           | 20 min |
| A-2/ Etude de la fonction FT21 : Créer un mouvement de ...       | TD1/7           | 30 min |
| A-3/ Etude de la fonction FT22 : Piloter la hauteur des ponts    | TD2/7           | 20 min |
| B/ Détermination vitesse d'impact sur quille                     | TD3/7           | 1 h 15 |
| C/ Reconception du crochet long                                  |                 |        |
| Mise en situation  | TD4/7           |        |
| C-1/ Calcul de l'effort maximum encaissé par le crochet <b>8</b> | TD 5/7          | 1 h 15 |
| C-2/ Calcul du diamètre du nouveau crochet                       | TD 6/7          | 20 min |
| C-3/ Reconception du long crochet                                | TD 7/7          | 1 h 30 |

Toutes les parties ainsi que les sous parties sont indépendantes. Toutefois, il est conseillé de commencer par la première partie.



## **PARTIE A : COMPREHENSION DU MECANISME**

### **DEMARCHE A SUIVRE :**

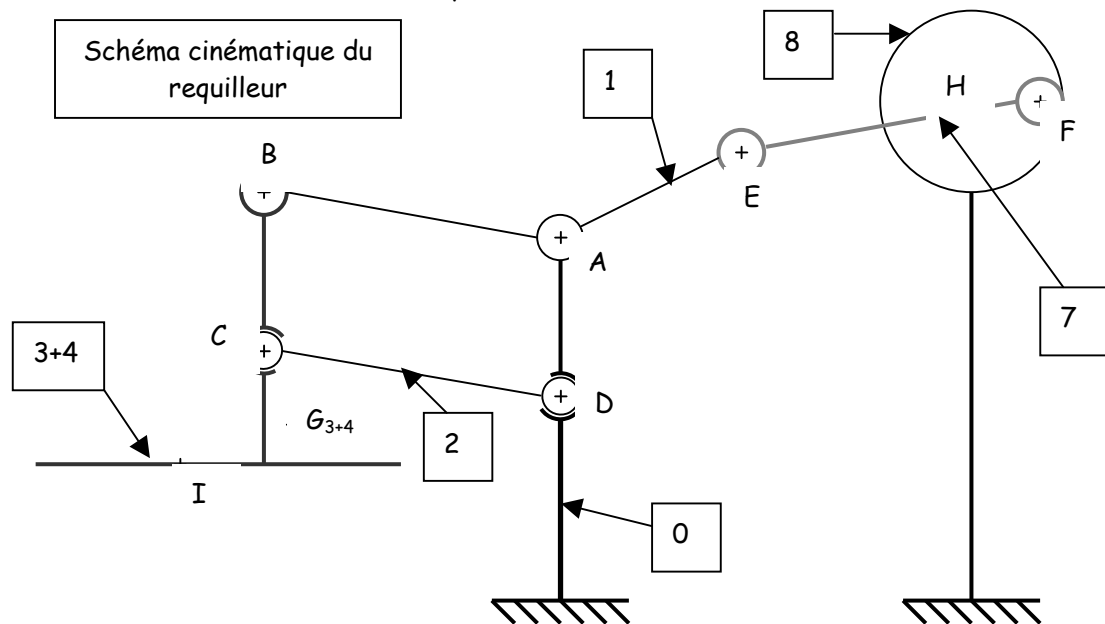
- Comprendre le cycle de jeu et les différentes positions du mécanisme
- Etude de la fonction FT21 : créer un mouvement de ..... (que l'on va déterminer au A-2.)
- Etude de la fonction FT22 : Piloter la hauteur des ponts

### **A-1- COMPRENDRE LE CYCLE DE JEU ET LES DIFFERENTES POSITIONS DU MECANISME**

A-1-1/ Sur **DR1**, pour chacune des transitions numérotées du grafcet (**DT4**), associer une des 3 positions du mécanisme (**DT3**).

### **A-2 - ETUDE DE LA FONCTION FT21 : CREER UN MOUVEMENT DE .....**

En cours de fonctionnement, le mécanisme peut être modélisé comme ci-dessous :



Le document **DR2**, montre le mécanisme en position haute ( $0^\circ$ ).

Le but de cette étude est de comprendre les différents mouvements du mécanisme et d'en déduire le mouvement réalisé par l'ensemble ponts **3+4**.

Pour cela, nous allons représenter le mécanisme dans 2 autres positions.

A-2-1/ Déterminer le mouvement du bras **1** par rapport au sol **0**,  $M_{1/0}^{vt}$  et tracer (sur **DR2**) la trajectoire de B appartenant à **1** par rapport à **0**,  $T_{B,1/0}$ . Comparer  $T_{B,1/0}$  et  $T_{B,4+3/0}$ .

A-2-2/ Déterminer le mouvement de la bielle **2** par rapport au sol **0**,  $M_{2/0}^{vt}$  et tracer la trajectoire de C appartenant à **2** par rapport à **0**,  $T_{C,2/0}$ . Comparer  $T_{C,2/0}$  et  $T_{C,4+3/0}$ .

A-2-3/ Tracer le pont **3+4** pour les deux positions demandées (position du bras à  $10^\circ$  et à  $30^\circ$ , voir **DR2**).

A-2-4/ En déduire la nature du mouvement du pont **3+4** par rapport au sol **0**,  $M_{4+3/0}^{vt}$ .  
Quelle particularité du parallélogramme permet d'obtenir ce mouvement ?

A-2-5/ Quel est l'intérêt pour les quilles d'un tel système ?

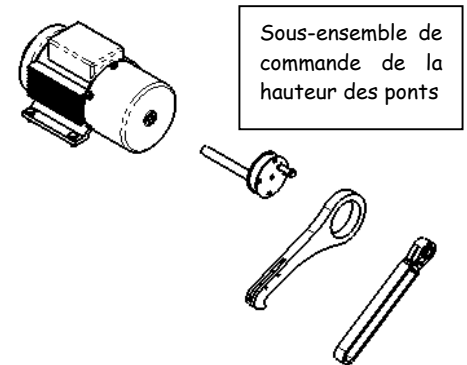
### A - 3 - ETUDE DE LA FONCTION FT22 : PILOTER LA HAUTEUR DES PONTS

Les différentes positions des ponts sont obtenues grâce à l'ensemble constitué du motoréducteur, du double excentrique 8, et des crochets 6 et 7, voir DT6.

Le document DR3, présente, sur la fig. 1, le montage des 2 crochets sur le double excentrique 8.

La fig. 1, représente la position des crochets qui permet d'obtenir la position haute des ponts (cette position est ramenée à l'horizontale pour le besoin de l'exercice).

Les 2 autres positions des ponts (basse et intermédiaire) sont obtenues par rotation de l'excentrique d'un demi-tour, et utilisation soit d'un crochet soit de l'autre (Le système permettant de choisir le crochet utilisé n'est pas représenté).



Le but de l'étude est de déterminer lequel des crochets permet de piloter chacune des positions.

A-3-1/ Sur la figure 2, déterminer la course  $C1$  obtenue lorsqu'on utilise le « crochet long ».

A-3-2/ Sur la figure 3, déterminer la course  $C2$  obtenue lorsqu'on utilise le « crochet court ».

A-3-3/ Justifier les noms des crochets.

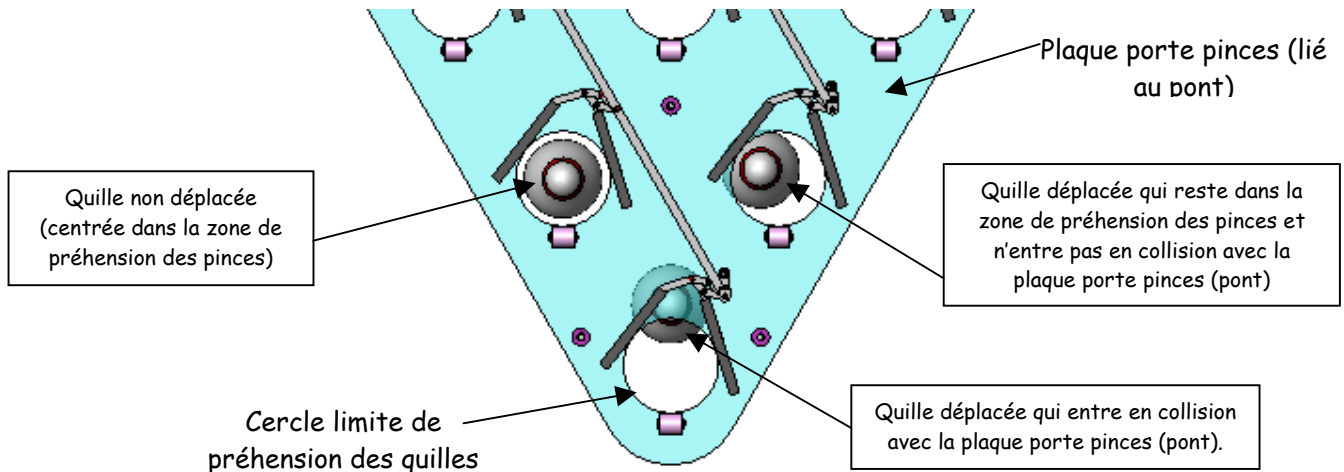
A-3-4/ Quel crochet utilise-t-on pour obtenir chacune des positions ?



## **PARTIE B : DETERMINATION VITESSE D'IMPACT SUR QUILLE**

### **MISE EN SITUATION**

Lors de la séance de jeu, la boule peut déplacer les quilles hors de la limite de préhension des quilles, sans les faire tomber. Le pont risque alors de percuter les quilles restées debout (voir DT5 position C et schéma ci dessous).



### **EXPLICATION DU PROBLEME**

Pour ne pas endommager le requilleur et la quille, il faut vérifier que la vitesse verticale d'impact du pont sur la quille soit inférieure à **0,15 m/s** (donnée du Cahier des Charges Fonctionnelles).

### **BUT DE L'ETUDE**

- Connaissant la vitesse de rotation de l'excentrique, nous allons déterminer la composante verticale de la vitesse d'impact pont quille afin de valider le CdCF.

### **DONNEES :**

Le document DR5 représente le mécanisme dans la position d'impact sur la quille déplacée.

La vitesse de rotation de l'excentrique 8 par rapport au bâti 0 est :  $N_{8/0} = 12 \text{ tr/min}$  (sens horaire).

### **B - DETERMINATION DE LA VITESSE VERTICALE D'IMPACT**

Les réponses sont à fournir sur DR4.

Les tracés sont à réaliser sur DR5.

B-1/ Déterminer le support de  $\vec{V}_{F,8/0}$ , calculer  $\|\vec{V}_{F,8/0}\|$ .

B-2/ Comparer  $\vec{V}_{F,8/0}$  et  $\vec{V}_{F,7/0}$ , tracer  $\vec{V}_{F,7/0}$ .

B-3/ Déterminer le support de  $\vec{V}_{E,1/0}$ . Montrer que  $\vec{V}_{E,1/0} = \vec{V}_{E,7/0}$ .

B-4/ Donner la nature du mouvement du crochet 7  $M_{7/0}^{vt}$ . Déterminer par la méthode de l'équiprojectivité  $\vec{V}_{E,7/0}$ .

B-5/ Déterminer par la méthode de votre choix  $\vec{V}_{B,1/0}$ . Comparer  $\vec{V}_{B,1/0}$  et  $\vec{V}_{B,4+3/0}$ .

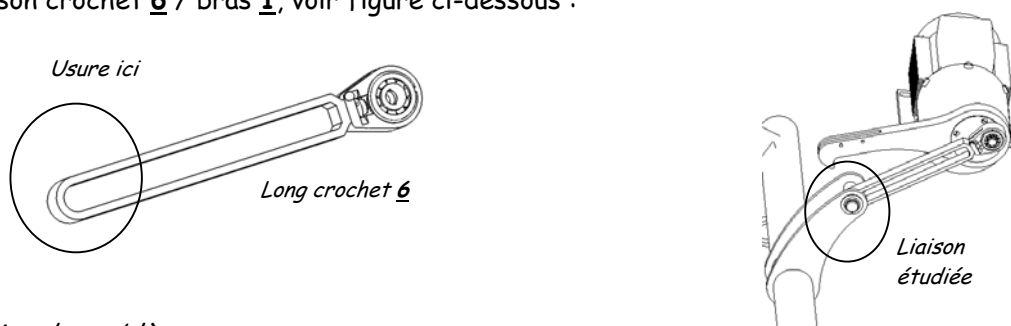
B-6/ D'après la réponse à la question A-2-4, déterminer et tracer  $\vec{V}_{I,4+3/0}$ .

B-7/ Déterminer la composante verticale de  $\vec{V}_{I,4+3/0}$ . Vérifier le respect du Cahier des Charges.

## **PARTIE C : RECONCEPTION DU CROCHET LONG**

### **MISE EN SITUATION**

Lors de l'utilisation du mécanisme, nous avons constaté une usure prématurée du crochet 6, au niveau de la liaison crochet 6 / bras 1, voir figure ci-dessous :



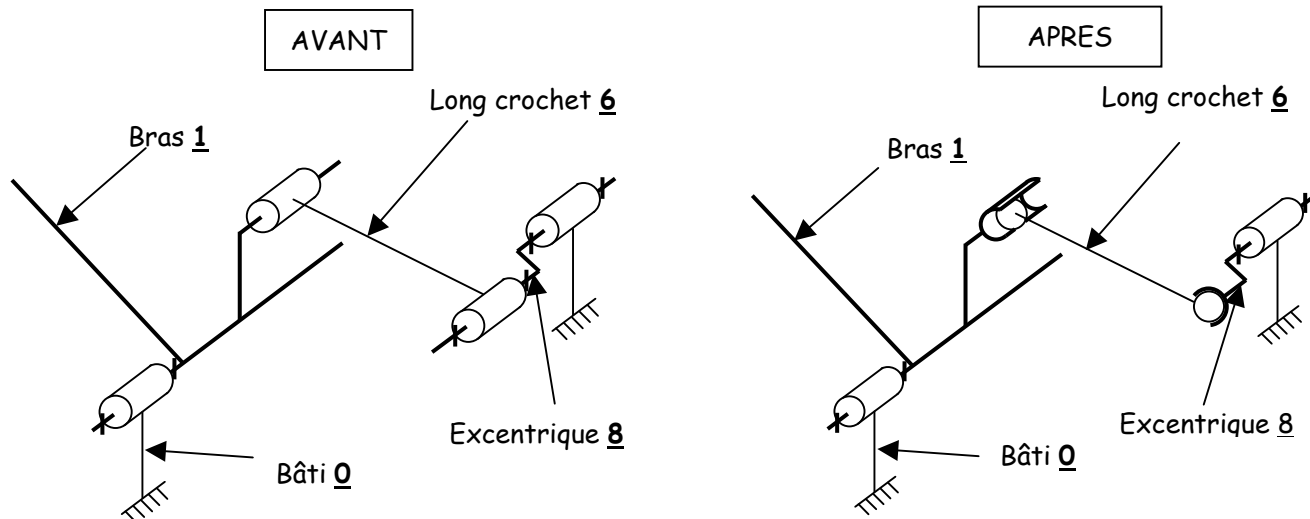
### **Explication du problème**

Le contact crochet 6 / bras 1 est censé être cylindrique. Or, les défauts de fabrication des pièces et les défauts d'alignement au montage, entraînent une modification de ce contact, diminuant la surface de contact (voir DT7).

Nous nous proposons donc de modifier la forme du crochet 6, afin d'annuler l'influence des défauts de montage.

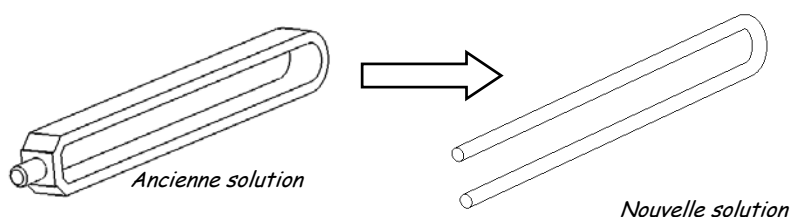
### **Choix de solution**

Voici la modélisation de la partie du système qui nous intéresse avant et après la modification :



Dans la seconde solution, un défaut de parallélisme des axes des pivots sera compensé par les liaisons rotule et linéaire annulaire, et évitera le problème montré sur DT7.

Nous allons donc nous orienter vers un crochet construit à l'aide d'une tige cintrée cylindrique, afin de modifier la nature du contact...



### DEMARCHE A SUIVRE :

- Calcul de l'effort maximum supporté par le crochet
- Dimensionnement de la nouvelle pièce
- Conception des liaisons nécessaires à la nouvelle solution

### C-1 - CALCUL DE L'EFFORT MAXIMUM SUPPORTE PAR LE CROCHET

#### Démarche à suivre :

- Etude de l'équilibre de la bielle 2
- Etude de l'équilibre de l'ensemble « ponts+quilles » 3+4, noté 3
- Etude de l'équilibre du crochet 6
- Etude de l'équilibre du bras 1

Pour les repères des  
solides étudiés, voir  
**DR8**

#### Hypothèses :

- Toutes les liaisons sont supposées parfaites.
- Les pièces sont considérées indéformables.
- Le plan (A,x,y) est le plan de symétrie de l'ensemble étudié, aussi bien pour la géométrie des liaisons que pour les actions mécaniques.
- L'ensemble bâti sera noté 0.
- Les poids des pièces sont négligés excepté celui de l'ensemble ponts+quilles 3+4, de masse égale à 135kg.
- accélération de la pesanteur  $g = 9.81\text{m/s}^2$ .
- Un logiciel informatique a donné la position pour laquelle l'effort supporté par le crochet est maximal. Le mécanisme est représenté dans cette position pour la durée de cette étude.
- Echelle des forces utilisée : **1cm représente 500N**

Les réponses sont à donner sur les documents réponses **DR6** et **DR7**.

Les tracés sont à réalisés sur le document réponses **DR8**.

#### C-1-1 Etude de l'équilibre de la bielle 2 :

Bilan des actions mécaniques extérieures :

- Torseur d'action mécanique exercée par le bâti 0 sur la bielle 2 au point D :

$$\{D_{0/2}\}_D = \left\{ \begin{array}{c} \vec{D}_{0/2} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_D = \left\{ \begin{array}{cc} X_D & 0 \\ Y_D & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{(x,y,z)_D}$$

- Torseur d'action mécanique exercée par l'ensemble ponts+quilles 3+4 sur la bielle 2 au point C :

$$\{C_{3/2}\}_C = \left\{ \begin{array}{c} \vec{C}_{3/2} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_C = \left\{ \begin{array}{cc} X_C & 0 \\ Y_C & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_{(x,y,z)_C}$$

C-1-1-1/ Justifier l'écriture de ces torseurs en tenant compte des hypothèses.

C-1-1-2/ D'après le principe fondamental de la statique, justifier que le support des actions mécaniques en C et en D est la droite (CD). La tracer.

C-1-2 Etude de l'équilibre de l'ensemble ponts+quilles 3+4, noté 3 :

C-1-2-1/ Compléter le bilan des actions mécaniques exercées sur l'ensemble ponts+quilles 3.

C-1-2-2/ Ecrire le principe fondamental de la statique (on s'oriente vers une résolution graphique)

C-1-2-3/ Déterminer graphiquement les efforts exercés en B et C.

C-1-3 Etude de l'équilibre du crochet long 6 :

C-1-3-1/ Compléter le bilan des actions mécaniques exercées sur le crochet 6.

C-1-3-2/ En déduire la direction des efforts appliqués sur le crochet. La tracer.

C-1-4 Etude de l'équilibre du bras 1 :

C-1-4-1/ Compléter le bilan des actions mécaniques exercées sur le bras 1.

C-1-4-2/ Déterminer graphiquement les efforts exercés en A et E.

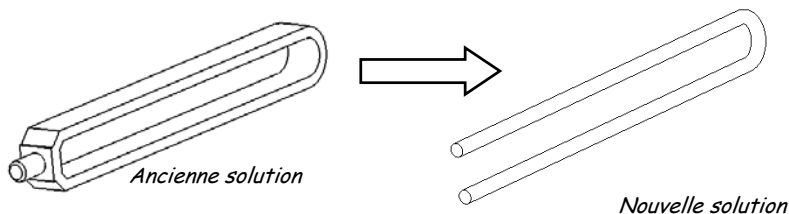
C-1-5 Conclusion :

C-1-5-1/ Donner la valeur de l'effort maximal F exercé sur le crochet long 6.

**C-2 - CALCUL DU DIAMETRE DU NOUVEAU CROCHET**

Comme expliqué précédemment, nous allons nous orienter vers une solution dans laquelle le crochet sera remplacé par une tige cintrée.

Quelques soient les résultats trouvés en C-1-5-1, on admettra que le crochet subit un effort maximal de 6500N.



Les réponses sont à donner sur **DR7**.

C-2-1/ A quel type de sollicitation est soumis le crochet ?

C-2-2/ Représenter la section totale  $S_t$  sollicitée.

C-2-3/ La tige cintrée sera en acier **A70**.

Sachant que la résistance élastique du matériau choisi est  $R_e = 365\text{N/mm}^2$ , et que l'on désire un coefficient de sécurité  $s = 6$ , déterminer la surface minimale  $S_t$  de la section.

C-2-4/ En déduire le diamètre minimal de la tige cintrée.

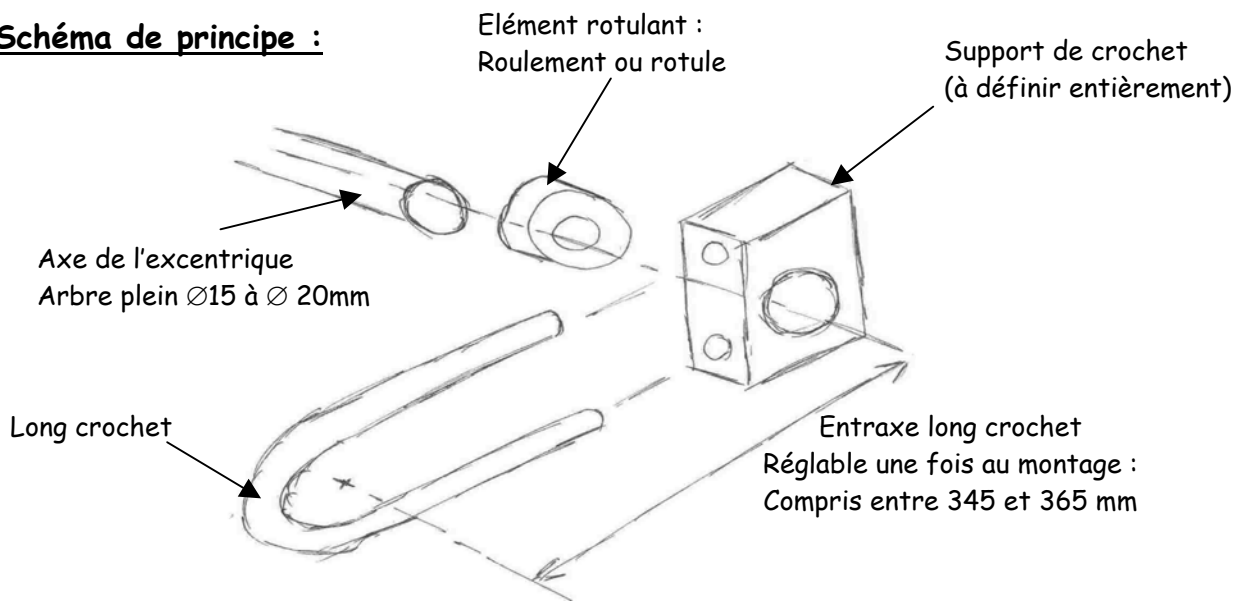
### C-3 - RECONCEPTION DU LONG CROCHET

La solution de départ a comme inconvénients :

- Système complexe et nombre de pièces importantes pour le réglage lors du montage du requilleur (voir DT8).
- Usure prématurée du long crochet du fait des défauts au montage (voir DT7).
- Système hyperstatique.

Pour palier à ces problèmes, nous nous orientons vers la solution suivante :

#### Schéma de principe :



#### TRAVAIL A FAIRE :

C-3-1/ A l'aide du document DT11, choisir l'élément rotulant permettant de répondre aux critères définis plus haut :

- Diamètre de l'arbre : 15mm mini
- Charge statique de base : 6500N mini
- Angle de rotulage mini : 2°

C-3-2/ A partir du schéma de principe ci-dessus, concevoir sur DR9 :

- La **liaison rotule** entre l'axe de l'excentrique et le support crochet par l'intermédiaire de l'élément rotulant.

- La **liaison encastrement** démontable entre le crochet long et la pièce support :

- ☐ Le long crochet est réalisé par cintrage d'une tige. La tige pourra éventuellement être usinée, mais en aucun cas, le diamètre mini de la tige ne devra être inférieur à 8mm.
- ☐ Le réglage de l'entraxe du long crochet devra permettre une plage comprise entre **345 mm** et **365 mm** (réglage exceptionnel, une fois au montage puis maintenance occasionnelle).

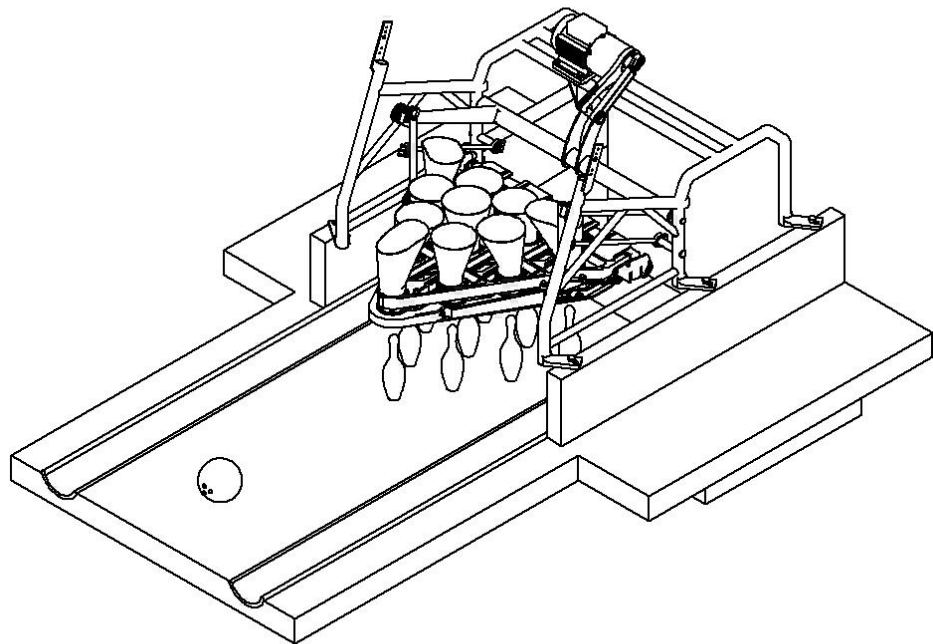
**Attention** : le système sera représenté dans la position médiane de réglage.

- ☐ La liaison entre le long crochet en U et le support crochet doit être un encastrement démontable comportant un dispositif anti-dévissement.
- ☐ Le support crochet sera une pièce réalisée par usinage.

C-3-3/ Préciser les ajustements nécessaires à votre montage (DR9).

# **DOSSIER DOCUMENTS REPONSES** **(NOTE DR)**

## **REQUILLEUR DE BOWLING**



Ce dossier comporte 9 documents numérotés de DR1 à DR9 :

- DR1 : Comprendre le cycle de jeu et les différentes positions
- DR1 et DR2 : Etude de la fonction FT21 : Créer un mouvement de ...
- DR3 : Détermination de la course des crochets
- DR4 et DR5 : Détermination vitesse d'impact sur quille
- DR6 et DR7 : Calcul de l'effort maximum encaissé par le crochet 8  
Calcul du diamètre du nouveau crochet
- DR8 : Calcul de l'effort sur crochet 8
- DR9 : Reconception long crochet

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

## **PARTIE A : COMPREHENSION DU MECANISME**

### **A-1 - COMPRENDRE LE CYCLE DE JEU ET LES DIFFERENTES POSITIONS DU MECANISME**

A-1-1/ Associer à chaque transition du grafcet une des 3 positions du mécanisme

| Transition du grafcet | Position associée | Transition du grafcet | Position associée |
|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| 1                     |                   | 7                     |                   |
| 2                     |                   | 8                     |                   |
| 3                     |                   | 9                     |                   |
| 4                     |                   | 10                    |                   |
| 5                     |                   | 11                    |                   |
| 6                     |                   |                       |                   |

### **A-2 - COMPRENDRE COMMENT EST REALISE LE DEPLACEMENT DES PONTS**

A-2-1/

$M_{1/0}^{vt}$  :

Comparaison de  $T_{B,1/0}$  et  $T_{B,4+3/0}$  :

A-2-2/

$M_{2/0}^{vt}$  :

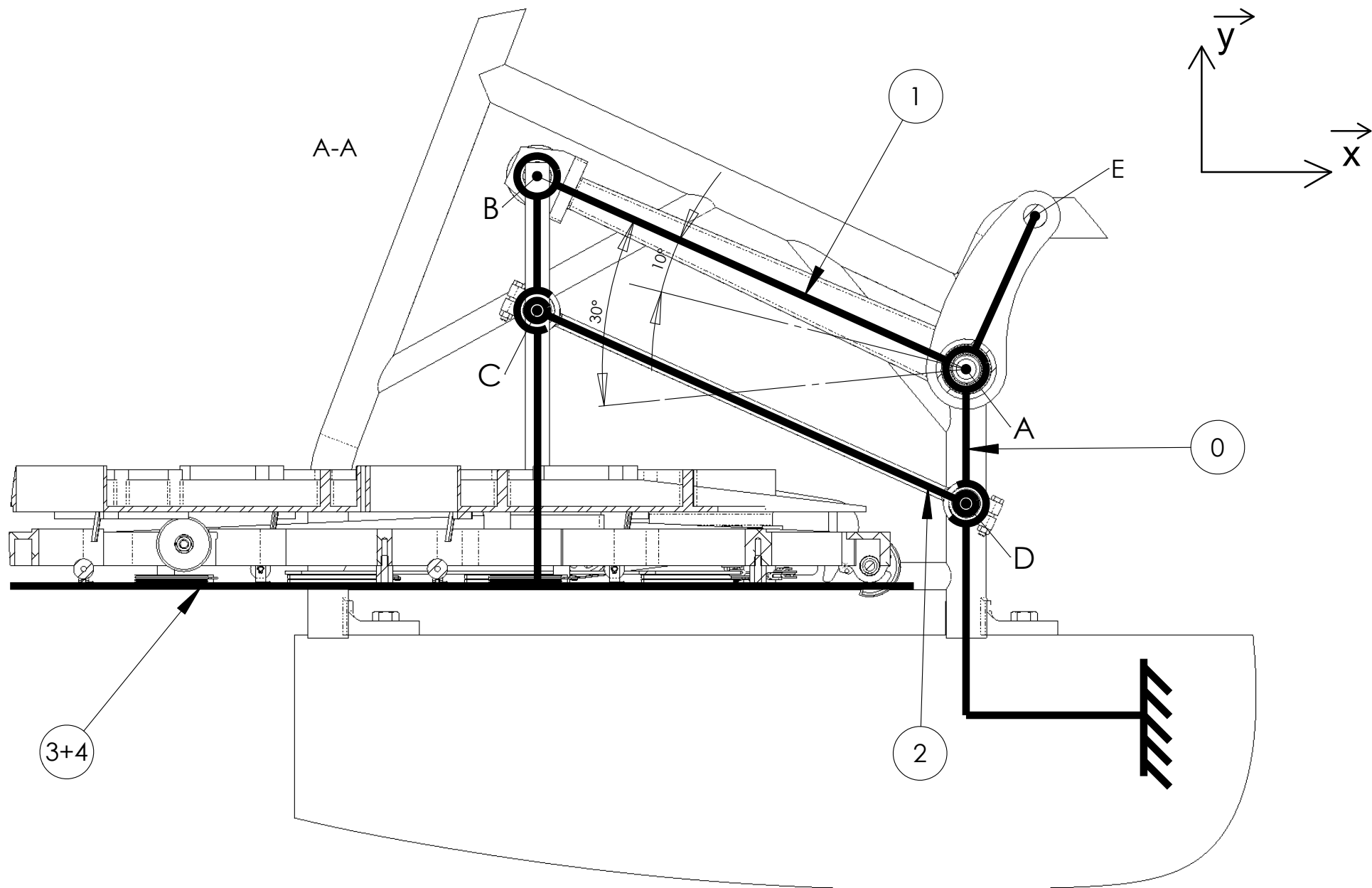
Comparaison de  $T_{C,2/0}$  et  $T_{C,4+3/0}$  :

A-2-4/

$M_{4+3/0}^{vt}$  :

Explication géométrique expliquant le mouvement obtenu :

A-2-5/ Quel est l'intérêt pour les quilles d'un tel système ?



Détermination du mouvement du pont  
DR2



FIG 1: Montage des crochets sur le motoréducteur  
 Dans cette position, les crochets sont "reculés" au maximum.  
 Cette position des crochets permet d'obtenir la position haute des ponts.  
 Les bouts des crochets sont alignés.

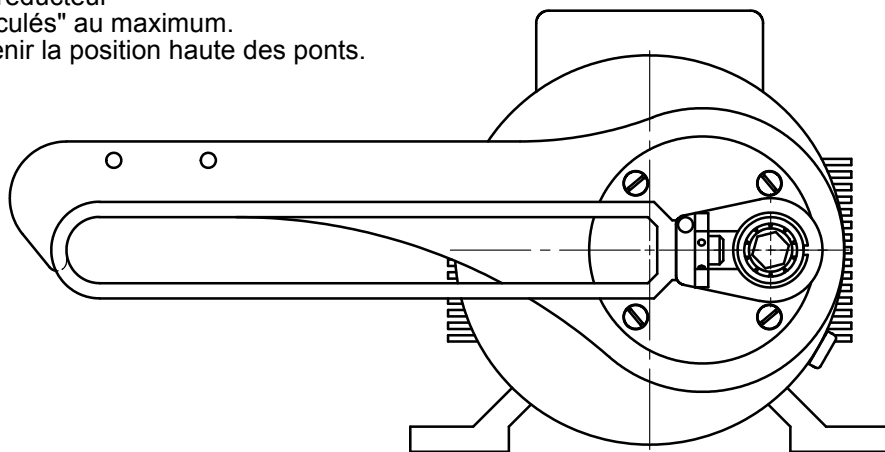
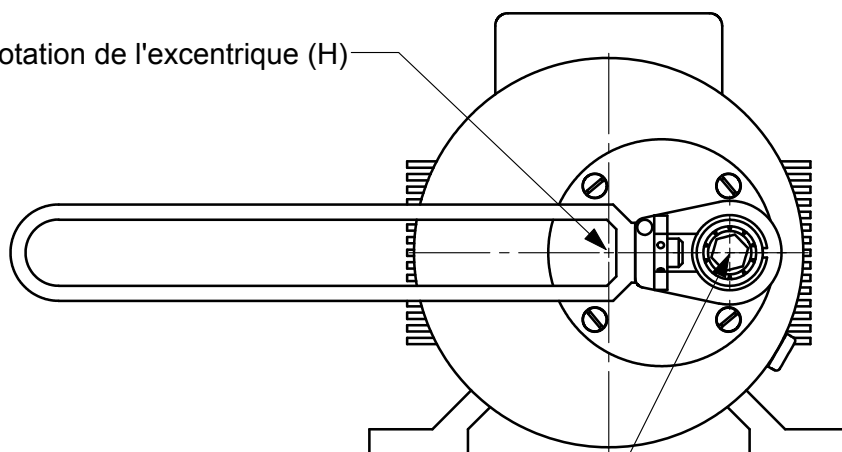


FIG 2 : Montage du "crochet long"  
 Déterminer la course de ce crochet

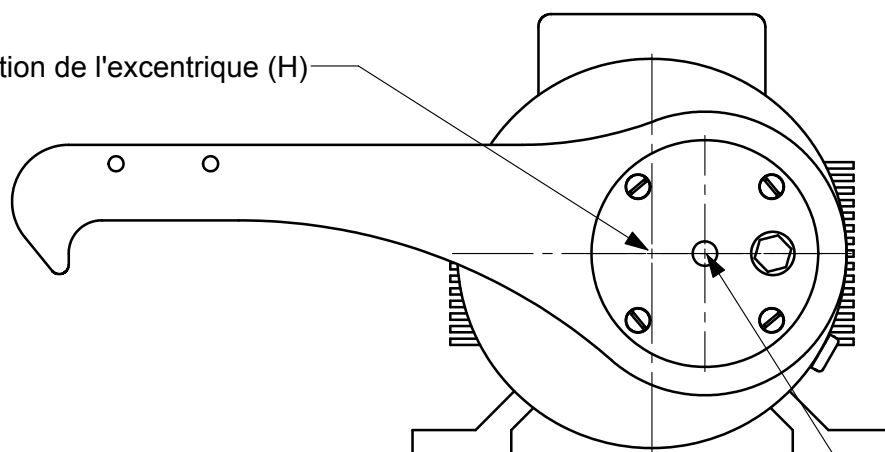
A-3-1/ Course crochet long : C1 =

Centre de rotation de l'excentrique (H)



Centre de rotation du crochet long sur l'excentrique (J)

centre de rotation de l'excentrique (H)



Centre de rotation du crochet court sur l'excentrique (F)

FIG 3: Montage du "crochet court"  
 Déterminer la course de ce crochet

A-3-2/ Course crochet court : C2 =

A-3-3/ Justifier le nom des crochets :

A-3-4/

Quel crochet est utilisé pour obtenir la position intermédiaire des ponts ?

Quel crochet est utilisé pour obtenir la position basse des ponts ?

Echelle 1/4  
 sur A4V

**DR3**

Détermination de la course des crochets

## **PARTIE B : IMPACT QUILLE**

### **B DETERMINATION DE LA VITESSE VERTICALE D'IMPACT**

B-1/ Déterminer le support de  $\overrightarrow{V_{F,8/0}}$  :

Calculer  $\left\| \overrightarrow{V_{F,8/0}} \right\|$  :

$$\left\| \overrightarrow{V_{F,8/0}} \right\| =$$

B-2/ Comparer  $\overrightarrow{V_{F,8/0}}$  et  $\overrightarrow{V_{F,7/0}}$  :

B-3/ Déterminer le support de  $\overrightarrow{V_{E,1/0}}$  :

Montrer que  $\overrightarrow{V_{E,1/0}} = \overrightarrow{V_{E,7/0}}$  :

B-4/ - Donner la nature du mouvement du crochet 7  $M_{7/0}^{vt}$  :

$$- \left\| \overrightarrow{V_{E,7/0}} \right\| =$$

$$\text{B-5/ - } \left\| \overrightarrow{V_{B,1/0}} \right\| =$$

- Comparer  $\overrightarrow{V_{B,1/0}}$  et  $\overrightarrow{V_{B,4+3/0}}$  :

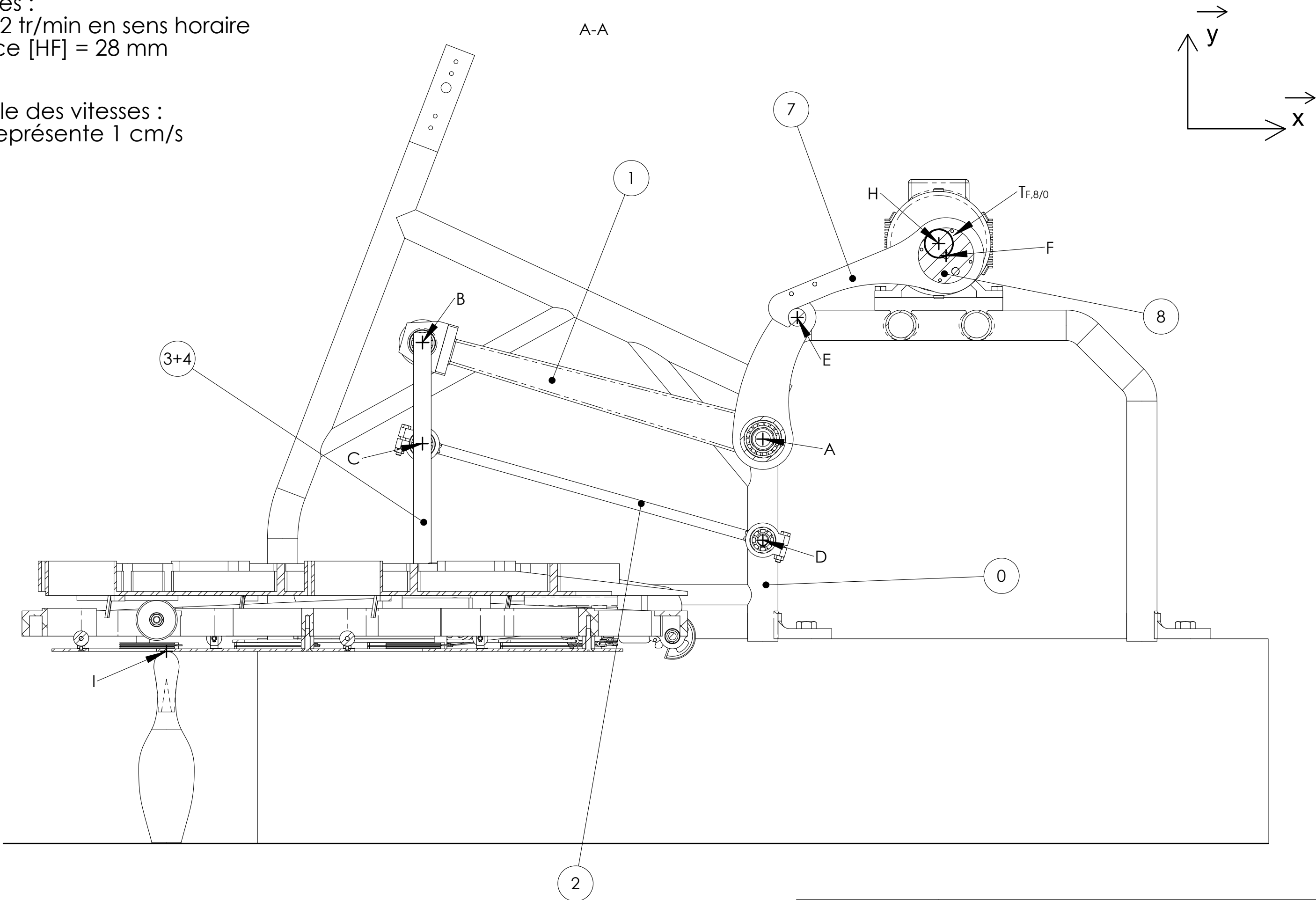
$$\text{B-6/ - } \left\| \overrightarrow{V_{I,4+3/0}} \right\| =$$

B-7/ Valeur de la composante verticale de  $\overrightarrow{V_{I,4+3/0}} =$

- Vérifier le respect du cahier des charges :

Données :  
 $N_{8/0} = 12 \text{ tr/min}$  en sens horaire  
Distance [HF] = 28 mm

Echelle des vitesses :  
4 mm représente 1 cm/s



## **PARTIE C : RECONCEPTION DU CROCHET LONG**

### **C-1 - CALCUL DE L'EFFORT MAXIMUM ENCAISSE PAR LE CROCHET**

#### **C-1-1 Etude de l'équilibre de la bielle 2 :**

Torseur d'action mécanique exercé par le bâti 0 sur la bielle 2 au point D :

$$\{D_{0/2}\}_D = \left\{ \begin{matrix} \vec{D}_{0/2} \\ \vec{0} \end{matrix} \right\}_D = \left\{ \begin{matrix} X_D & 0 \\ Y_D & 0 \\ 0 & 0 \end{matrix} \right\}_{(x,y,z)}$$

C-1-1-1/ Justification de l'écriture du torseur.

C-1-1-2/ Principe Fondamental de la Statique :

Conclusion :

#### **C-1-2 Etude de l'équilibre de l'ensemble ponts+quilles 3 :**

C-1-2-1/ Bilan des actions mécaniques exercées sur l'ensemble ponts+quilles 3.

| Action mécanique | Point d'application | Direction | Sens | Norme |
|------------------|---------------------|-----------|------|-------|
| $\vec{P}$        |                     |           |      |       |
|                  |                     |           |      |       |
|                  |                     |           |      |       |

Calcul du poids P :

Principe des actions mutuelles :

C-1-2-2/ Principe Fondamental de la statique (résolution graphique) :

C-1-3 Etude de l'équilibre du crochet long 6 :

C-1-3-1/ Bilan des actions mécaniques exercées sur le crochet 6.

| Action mécanique | Point d'application | Direction | Sens | Norme |
|------------------|---------------------|-----------|------|-------|
|                  |                     |           |      |       |
|                  |                     |           |      |       |

C-1-3-2/ Direction des efforts appliqués sur le crochet :

C-1-4 Etude de l'équilibre du bras 1 :

C-1-4-1/ Bilan des actions mécaniques exercées sur le bras 1.

| Action mécanique | Point d'application | Direction | Sens | Norme |
|------------------|---------------------|-----------|------|-------|
|                  |                     |           |      |       |
|                  |                     |           |      |       |
|                  |                     |           |      |       |

Principe des actions mutuelles :

C-1-5 Conclusion :

C-1-5-1/ Donner la valeur de l'effort maximal F exercé sur le crochet long 6.

$\| F \| =$

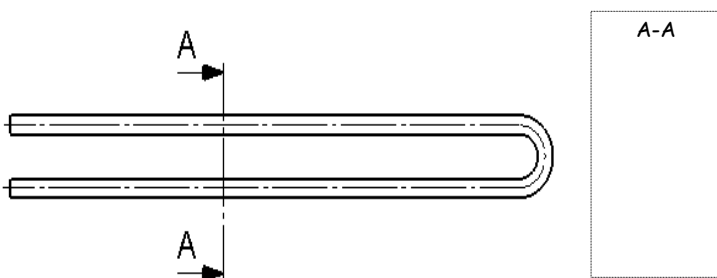
**C-2 - CALCUL DU DIAMETRE DU NOUVEAU CROCHET**

C-2-1/ Type(s) de sollicitation appliqué(s) au crochet :

- traction      - flexion      - torsion

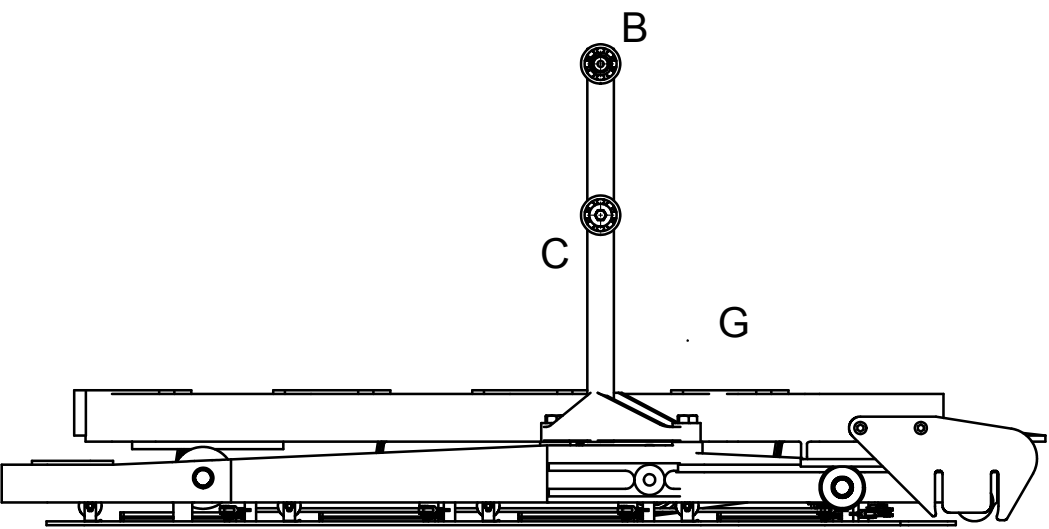
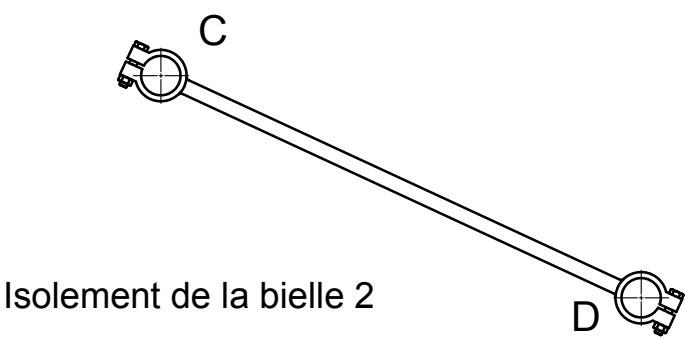
C-2-3/ Calcul de la surface totale  $S_T$  sollicitée

C-2-2/ Forme de la section sollicitée :



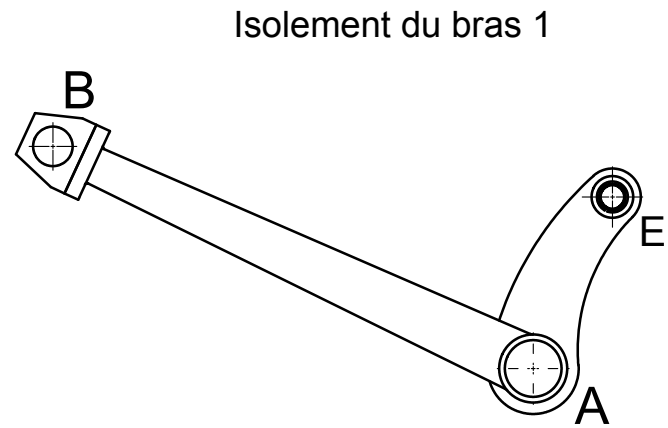
C-2-4/ Calcul du diamètre de la tige cintrée.

Echelle des forces  
1cm représente 500N

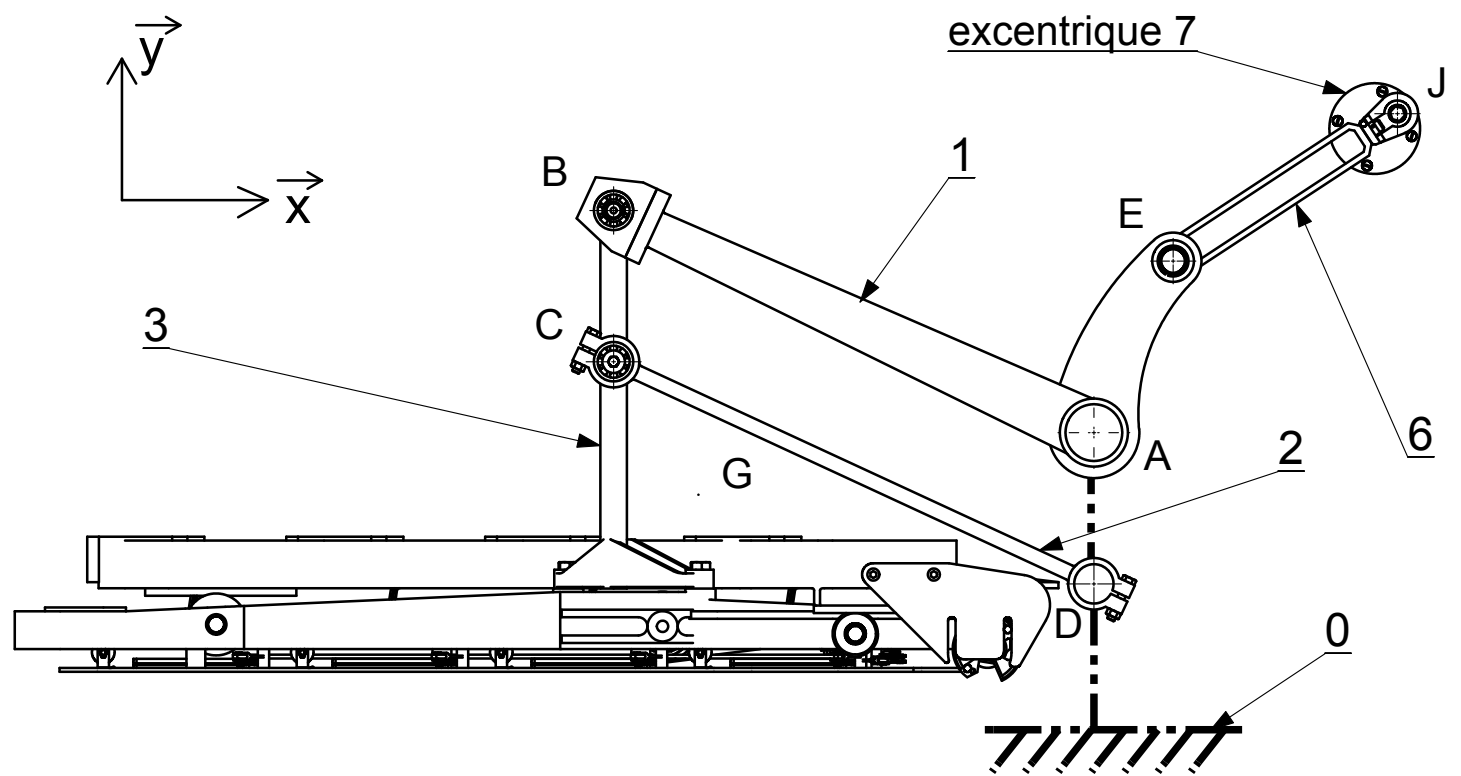


Dynamique des forces : isolement de 3

$\| \vec{B1/3} \| =$        $\| \vec{C2/3} \| =$

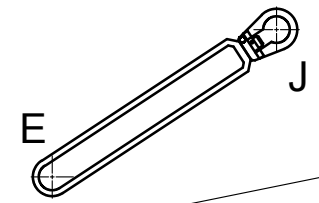


Mécanisme représenté dans la position la plus défavorable à l'échelle 1/15 sur A3



Mécanisme étudié, dans la position la plus défavorable, sans les pièces inutiles à la résolution, ni les quilles.

Isolement du crochet 6



Dynamique des forces isolement de 1

$\| \vec{E6/1} \| =$   
 $\| \vec{A0/1} \| =$

**DR8 : Calcul de l'effort sur crochet 8**  
**Résolution graphique**

