**BACCALAURéAT PROFESSIONNEL**

**étude et Définition de Produits Industriels**

épreuve E1 - Unité U 11

**étude du comportement mécanique d'un système technique**

Durée : 3 heures Coefficient : 3

Compétences et connaissances technologiques associées sur lesquelles porte l'épreuve :

**C 12 : Analyser un produit**

**C 13 : Analyser une pièce**

**C 21 : Organiser son travail**

**C 22 : étudier et choisir une solution**

S 1 : Analyse fonctionnelle et structurelle

S 2 : La compétitivité des produits industriels

S 3 : représentation d'un produit technique

**S 4 : Comportement des systèmes mécaniques – Vérification**

**et dimensionnement**

S 5 : Solutions constructives – Procédés – Matériaux

S 6 : Ergonomie – Sécurité

Ce sujet comporte :

- Dossier de présentation page 2/16 à 4/16

- Dossier technique page 5/16 à 9/16

- Dossier travail page 10/16 à 16/16

Documents à rendre par le candidat :

- Pages 11/16 à 16/16

**Ces documents ne porteront pas l'identité du candidat,**

**ils seront agrafés à une copie d'examen par le surveillant**

Calculatrice et documents personnels autorisés.

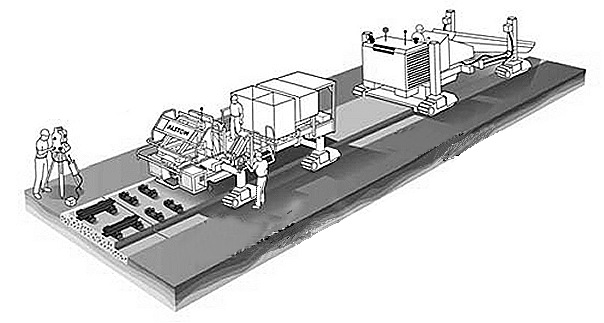
**DOSSIER**

**DE**

**PRESENTATION**

**PRESENTATION GENERALE DE L’APPITRACK**

Le système APPITRACK, pour Automatic Plate and Pin Inserter for Trackwork soit en français : machine d’insertion de traverses et de tire-fonds pour voies ferrées, est un nouveau procédé automatisé de pose de voies de tramways, métro, grandes lignes . APPITRACK est constituée d’un couple de véhicules qui fonctionnent en tandem. La première machine a pour vocation de couler une dalle de béton qui suit un alignement de voie prédéfini (coffrage glissant). La seconde machine suit la première, quelques mètres derrière et insère avec une grande précision les systèmes de fixation des rails dans le béton frais.



Sens de déplacement

Système de guidage

Véhicule automatisé pour

la coulée d’une dalle béton par coffrage glissant

Dalle béton

Véhicule automatisé pour l’insertion des systèmes de fixation des rails dans le béton frais

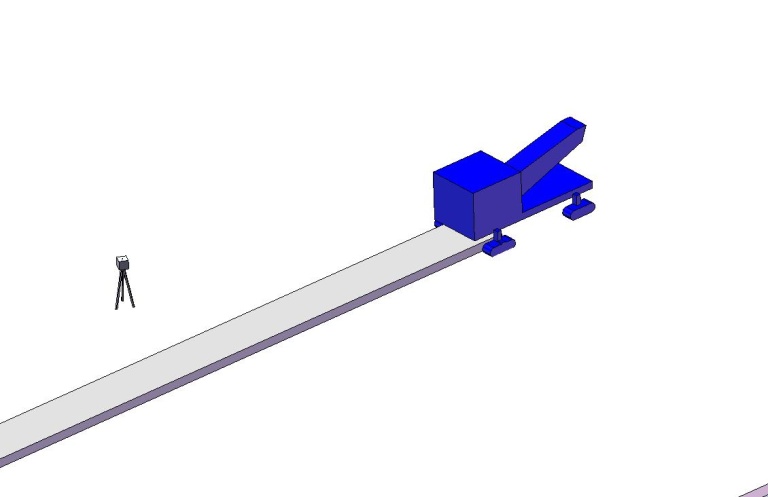
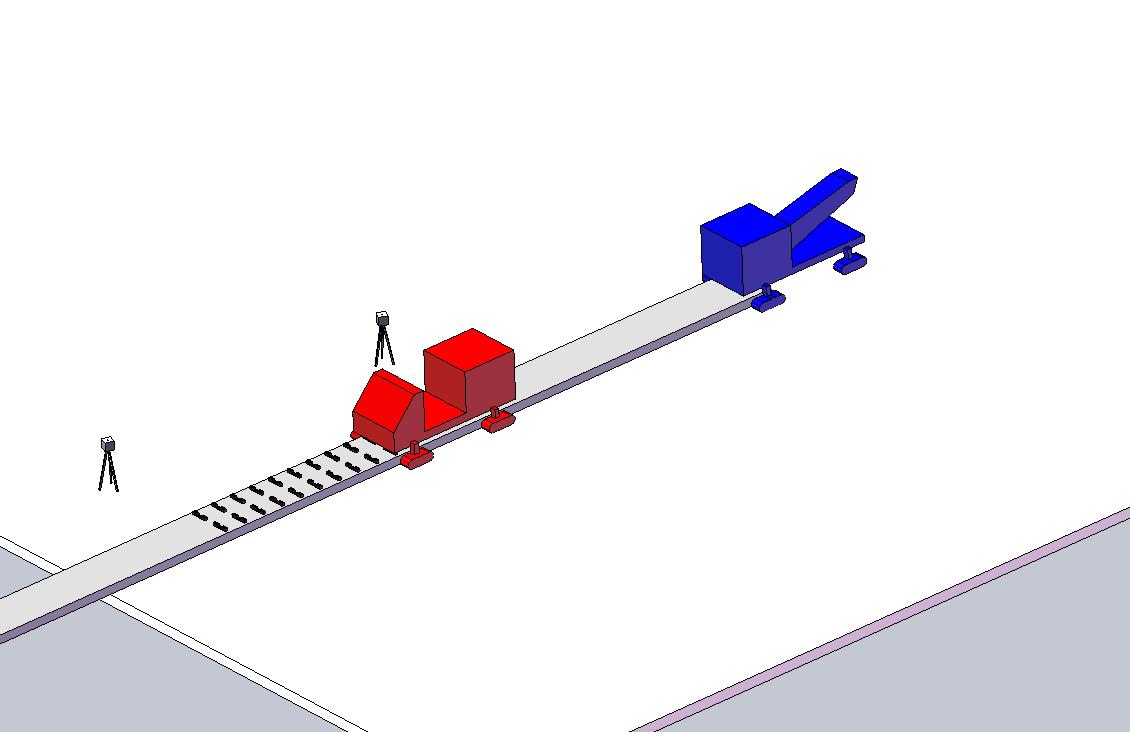
Rails



Systèmes de fixation des rails



La deuxième machine insère les systèmes de fixation des rails dans le béton frais. Elle est guidée par un second système de guidage à laser.



La première machine coule une dalle de béton qui suit un alignement donné par un système de guidage à laser.

**PRESENTATION DU SOUS SYSTEME ETUDIE**

**L’étude est à réaliser sur le deuxième véhicule, véhicule automatisé pour l’insertion des systèmes de fixation des rails dans le béton frais.**

**FONCTION GLOBALE DU SOUS SYSTEME**



Véhicule automatisé pour l’insertion des systèmes de fixation de rail dans le béton frais

Systèmes de fixation

Dalle de béton frais

Dalle avec systèmes de fixation des rails

Système de guidage à laser

Programme

TSX 57

Informations

Électricité : 400 V ~triphasé

Pneumatique : 6 bars

Hydraulique : 138 bars

Dialogue homme / machine

Dialogue inter machine

**A 2**

**Positionner et poser des systèmes de fixation de rail sur la dalle.**

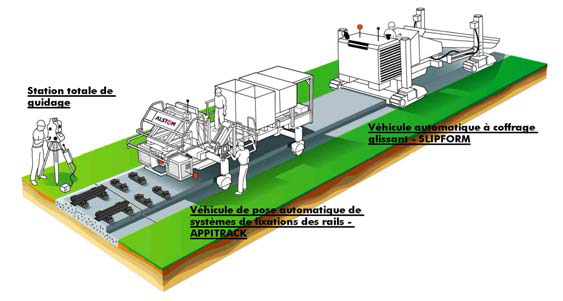
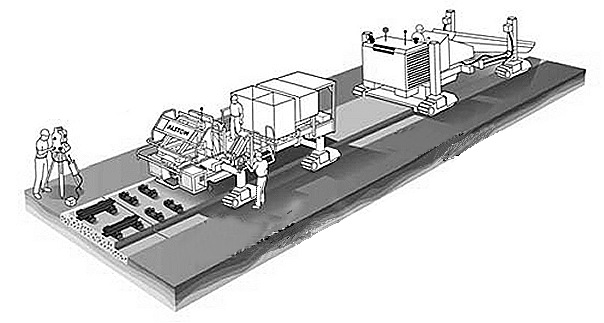


**PROBLEMATIQUE GENERALE**

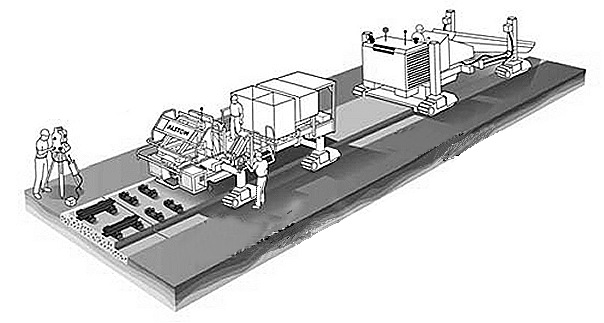
Dans le cadre de l’amélioration du véhicule automatisé pour l’insertion des systèmes de fixation de rail, les roues initialement installées, sont remplacées par des chenillettes. Pour assurer ce changement, il est demandé au candidat :

1 - Le remplacement des roues par des chenilles exige des vérifications : La compatibilité du nouveau vérin (axe d’articulation, indice de vitesse,…)

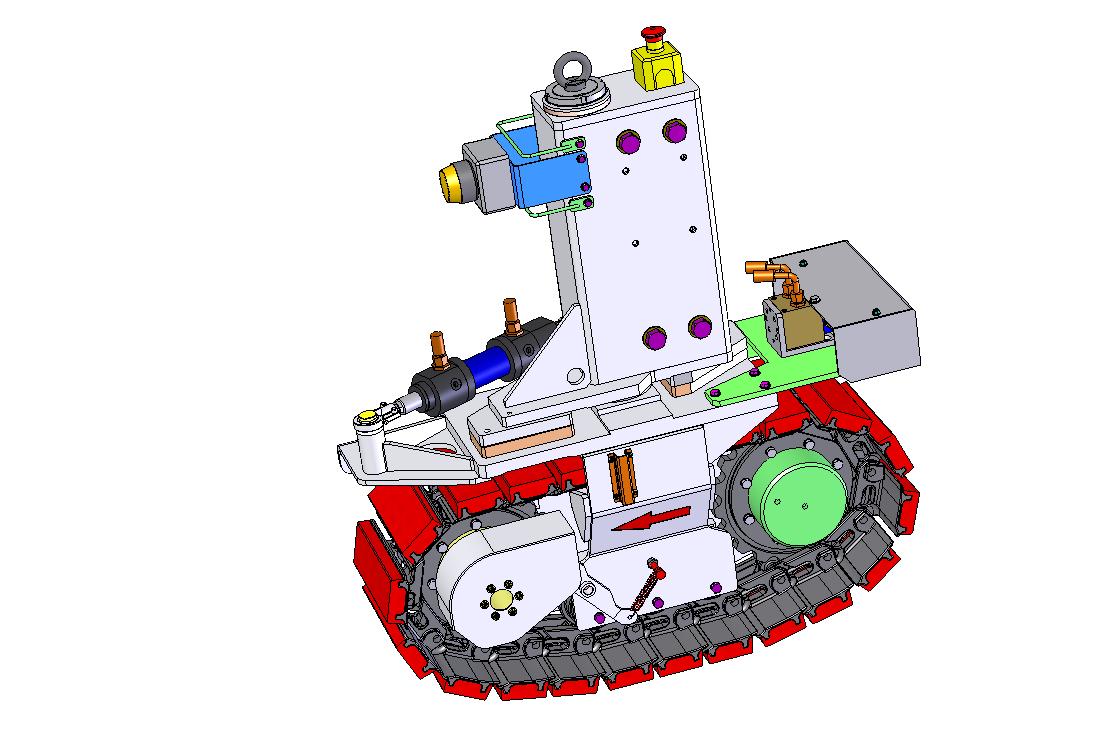
2 – Après modification, un dysfonctionnement apparait lors de l’essai de la machine : Les testeurs constatent un entraxe irrégulier entre les systèmes de fixation posés, le résultat du diagnostic détermine un mauvais contact entre la roue codeuse et le galet.



Roues remplacées par des chenillettes

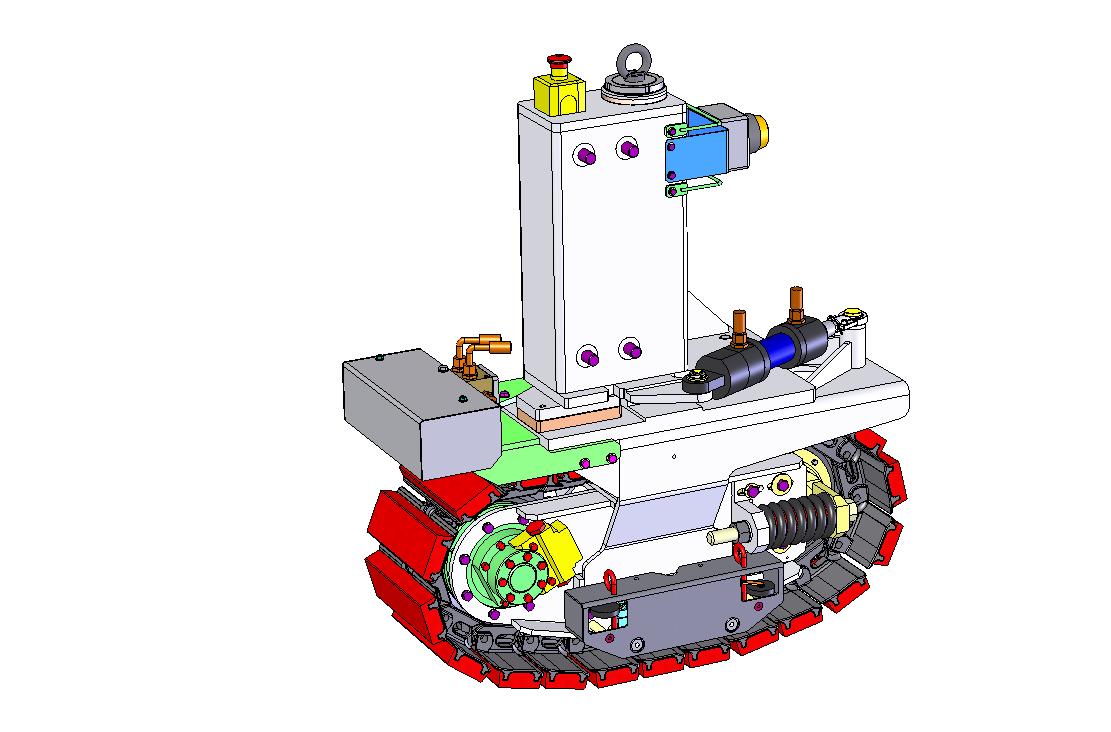


Pour son déplacement, ce véhicule est équipé de quatre chenillettes motrices et directrices.



La partie supérieure de l’ensemble chenillette, est fixée au châssis du véhicule.

Arrêt d’urgence



Le vérin hydraulique modifie l’orientation de la partie inférieure et permet ainsi de diriger ce véhicule.

Lampe flash.

**Chenillette vue de l’intérieur**

Vérin hydraulique de direction.

Sous-ensemble de réglage de la tension de la Chenillette.

Moteur hydraulique

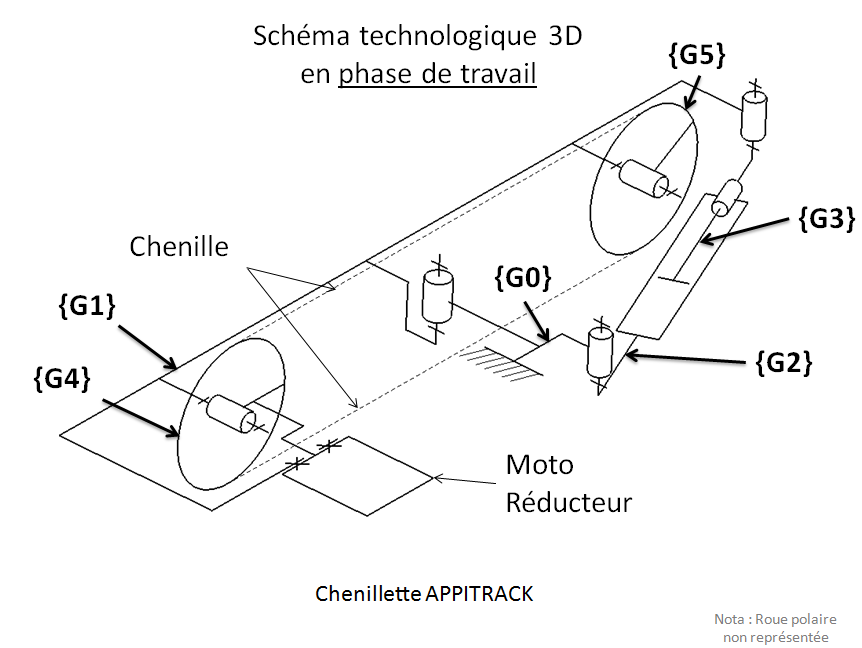
**Chenillette vue de l’extérieur**

Partie inférieure.

Le moteur hydraulique équipé d’un pignon (Barbotin) entraine la chenillette et permet ainsi de déplacer le véhicule.

**DOSSIER**

**TECHNIQUE**



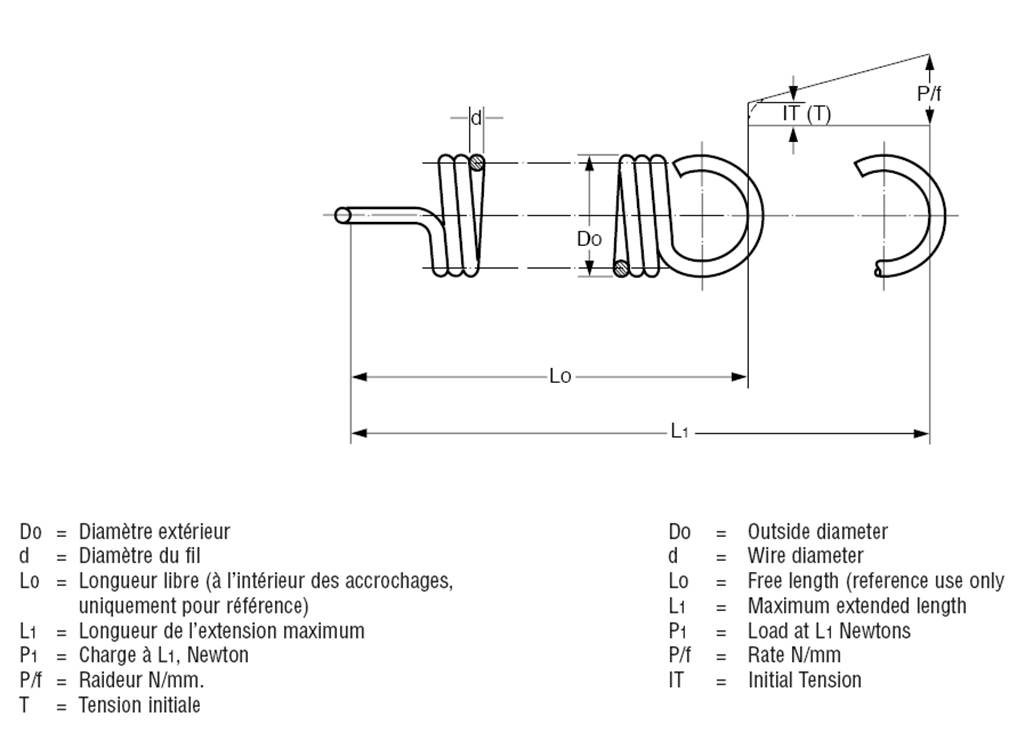
Nota : Système de mesure de distance non représenté

Vérin de direction

X

Y

Z



LTv = Longueur en position travail

Def = Déflexion (LTv – Lo)

P = Charge ressort (N)

|  |  |
| --- | --- |
| Do | = Diamètre extérieur |
| d | = Diamètre du fil |
| Lo | = Longueur libre (à l'intérieur des accrochages, |
|  | uniquement pour référence) |
| L1 | = Longueur de l'extension maximum |
| P1 | = Charge à L1, Newton |
| P/f | = Raideur N/mm. |
| T | = Tension initiale |

P = T + [(P/f) x Def]

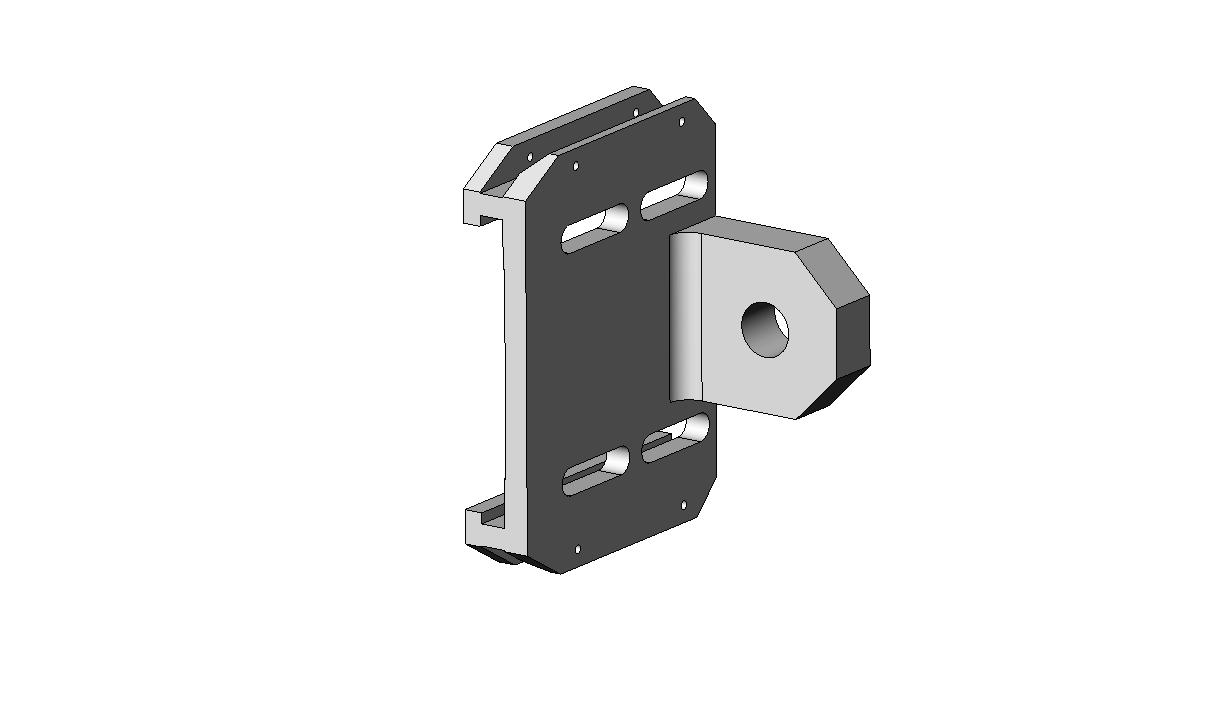
**DOCUMENT CONSTRUCTEUR**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **LA CORDE A PIANO DIN 17223** | | | | | |
| **Do**  Ø ext. | **d**  Ø de fil | **Lo L1**  Lo libre Lo en ch. | **T**  tens. init | **Pi P/f**  charge Raid. | Référence |
| mm | mm | mm mm | N | N N/mm |  |
|  |  | 46.00 87.90 |  | 1.78 | **T32250** |
|  |  | 56.80 123.80 |  | 1.11 | **T32260** |
| 20.00 | 1.80 | 73.00 178.00 | 13.05 | 87.00 0.71 | **T32270** |
|  |  | 100.00 267.00 |  | 0.44 | **T32280** |
|  |  | 136.00 387.00 |  | 0.29 | **T32290** |
|  |  | 31.60 37.46 |  | 31.80 | **T32300** |
| 10.00 |  | 43.60 52.98 | 32.94 | 220.00 19.90 | **T32310** |
|  |  | 61.60 76.30 |  | 12.80 | **T32320** |
|  |  | 38.00 52.70 |  | 9.42 | **T32330** |
| 14.00 |  | 50.00 73.60 | 25.25 | 164.00 5.88 | **T32340** |
|  | 2.00 | 68.00 104.90 |  | 3.77 | **T32350** |
|  |  | 98.00 157.00 |  | 2.35 | **T32360** |
|  |  | 50.80 95.50 |  | 2.03 | **T32370** |
|  |  | 62.80 134.30 |  | 1.27 | **T32380** |
| 22.00 |  | 80.80 192.80 | 16.11 | 107.00 0.81 | **T32390** |
|  |  | 111.00 290.00 |  | 0.51 | **T32400** |
|  |  | 151.00 419.00 |  | 0.34 | **T32410** |
|  |  | 64.30 119.90 |  | 2.39 | **T32610** |
|  |  | 79.30 168.20 |  | 1.50 | **T32620** |
| 28.00 | 2.50 | 102.00 241.00 | 23.79 | 157.00 0.96 | **T32630** |
|  |  | 139.00 361.00 |  | 0.60 | **T32640** |
|  |  | 189.00 522.00 |  | 0.40 | **T32650** |

AA

108

107



Dimensions hors tout : L = 965mm, l = 331mm, H=1110 mm

127

125

126

122

122

121

120

119

117

116

102

GG

G

G

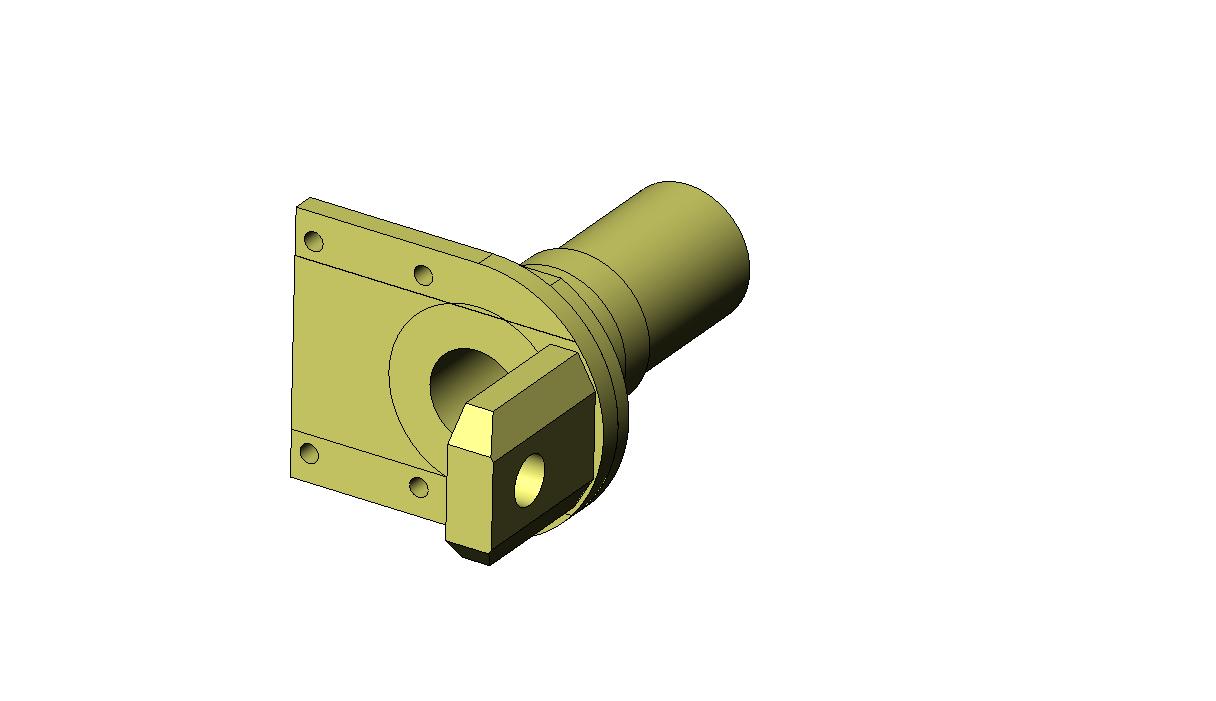
11

30

30

11

23

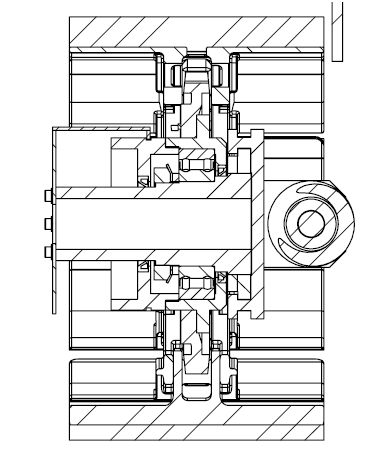


21

20

8

Echelle supérieure aux autres vues



Echelle supérieure aux autres vues

14

13

15

11

10

10

9

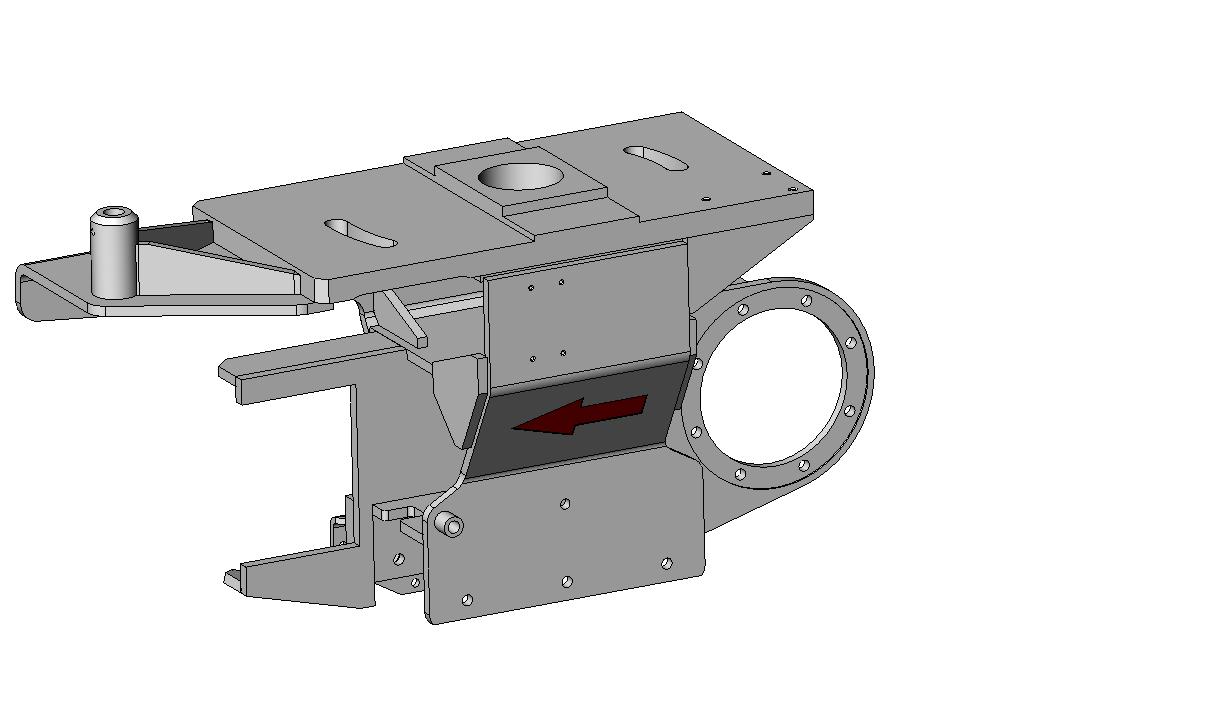
9

FF

F

F

7

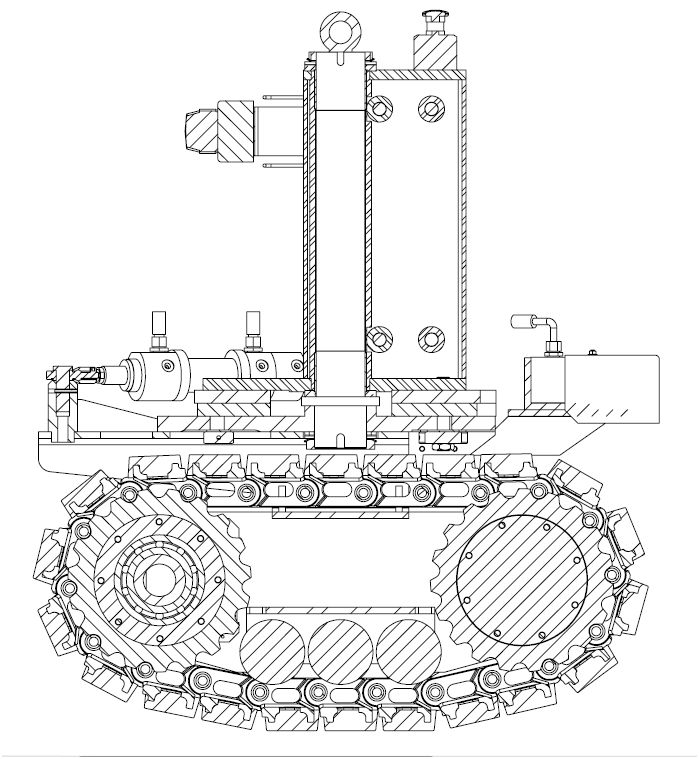
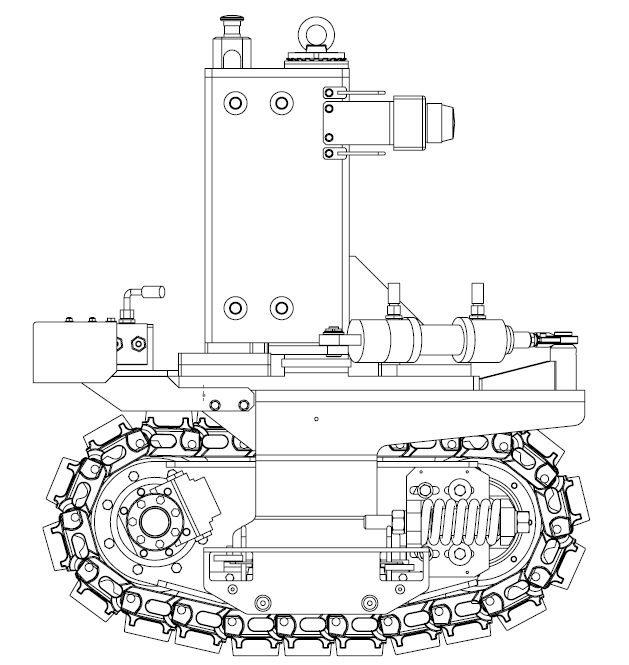
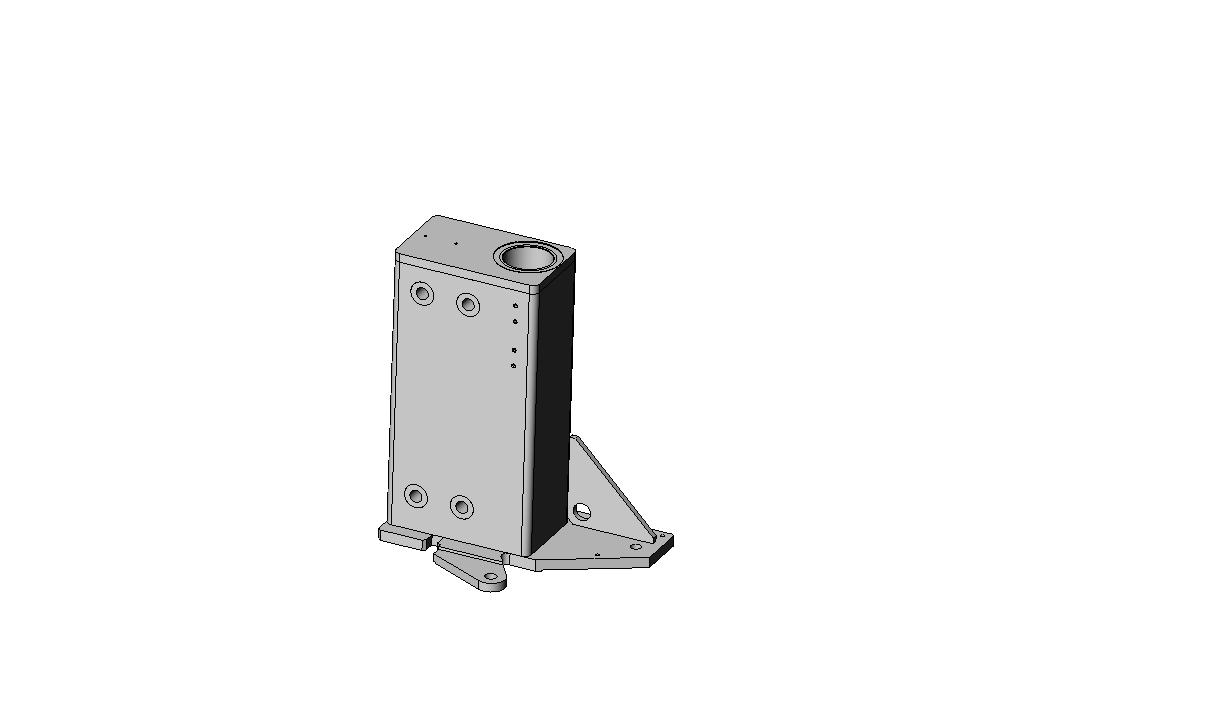
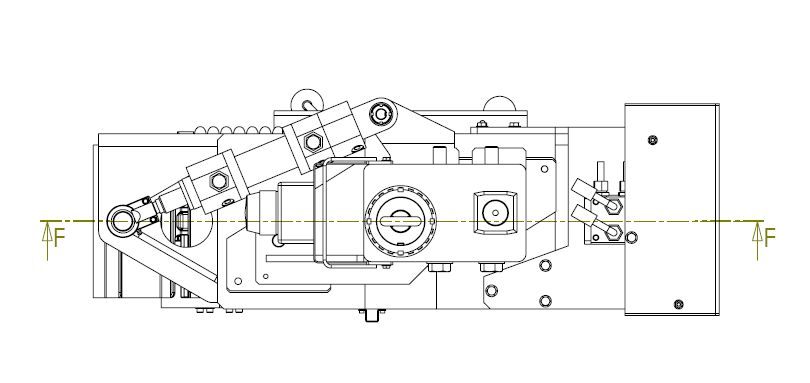
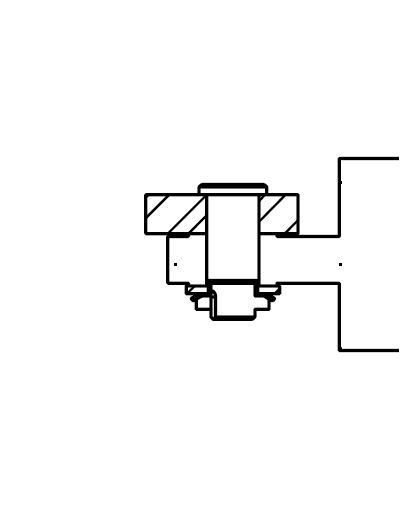


6

6

A

A



118

Echelle : 1/7

107

34

H

Vue suivant H

115

Nomenclature partielle (DT 8/16 et 9/16)

10

127

102

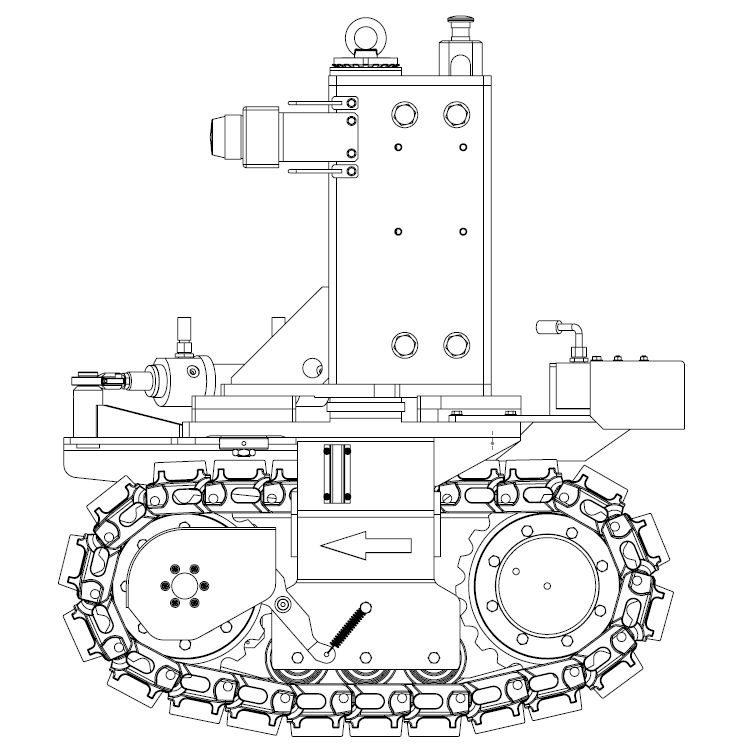
8

25

25

24

24



9

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 127 | 16 | Vis à tête hexagonale ISO 4014 – M10 x 35 – 8.8 |  |  |
| 126 | 1 | Joint …………………… |  |  |
| 125 | 1 | Joint……………………. |  |  |
| 122 | 2 | Barbotin |  |  |
| 121 | 1 | Rondelle frein ISO 2982 - Type MB – 16 – S 235 |  |  |
| 120 | 1 | Ecrou à encoches ISO 2982 - KM 16 – S 235 |  |  |
| 119 | 1 | Rondelle SKF MB15 |  |  |
| 118 | 1 | Ecrou SKF KM15 |  |  |
| 117 | 1 | Rondelle SKF MB3 |  |  |
| 116 | 1 | Ecrou SKF KM3 |  |  |
| 115 | 1 | Ressort de traction |  |  |
| 108 | 1 | Tige de vérin |  |  |
| 107 | 1 | Corps de vérin |  |  |
| 102 | 1 | Réducteur Roue Hydraulique MG 100 Bonfiglioli |  |  |
| 034 | 1 | Rotule |  |  |
| 030 | 1 | Support système de tension |  |  |
| 025 | 2 | Pavé de friction |  |  |
| 024 | 2 | Pavé d’appui |  |  |
| 023 | 1 | Entretoise roulement |  |  |
| 021 | 1 | Flasque 2 roulement |  |  |
| 020 | 1 | Flasque roulement |  |  |
| 015 | 1 | Arbre de direction L=37 |  |  |
| 014 | 1 | Arbre de direction L=68 |  |  |
| 013 | 2 | Rondelle Ø80 |  |  |
| 012 | 1 | Rondelle Ø75 |  |  |
| 011 | 1 | Système de tension |  |  |
| 010 | 2 | Rondelle Bronze Ø110-Ø76 |  |  |
| 009 | 1 | Arbre chenille |  |  |
| 008 | 1 | Protection codeur |  |  |
| 007 | 1 | Tôle support chenille |  |  |
| 006 | 1 | support chenille |  |  |
| **Rep** | **Nb** | **Désignation** | **Matière** | **Observation** |
| CHENILLETTE MOTRICE ET DIRECTRICE | | | | |

Echelle : 1/7

**DOSSIER**

**DE**

**TRAVAIL**

**1 - Analyse Structurelle du système**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Q1 | Analyse Structurelle du système | DT 6/16, 8/16, 9/16 | Temps conseillé :  20 min |  |

Q1.1 : En utilisant les pages 6, 8, 9 du dossier technique, colorier les différentes classes d’équivalences en repassant sur les traits existants.

Utiliser les couleurs suivantes : {G0} en noir, {G1} en bleu, {G2} en rouge et {G3} en vert.

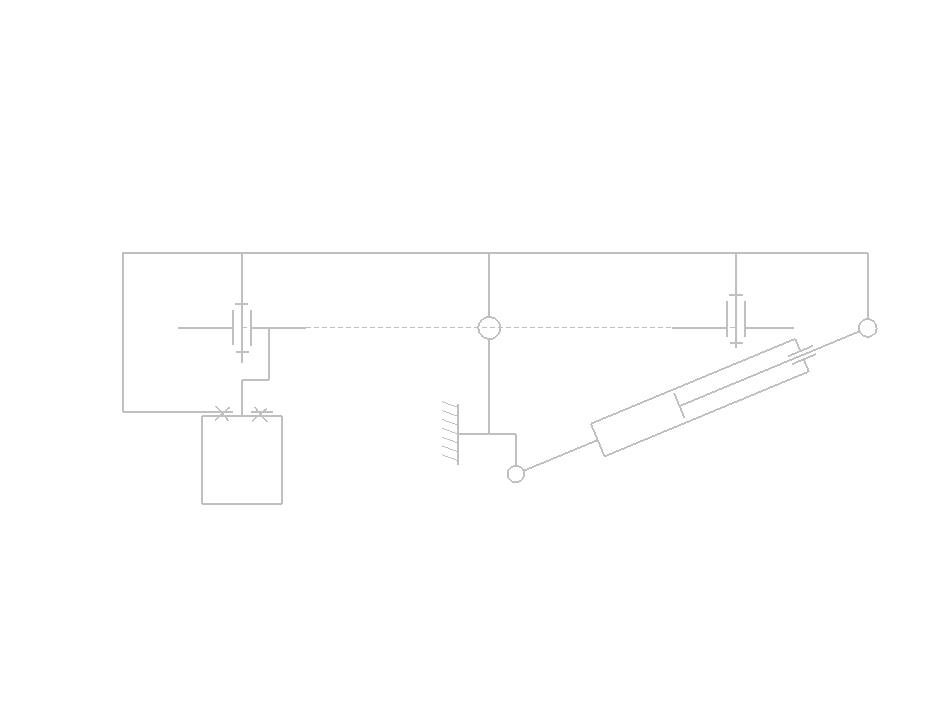
Z

X

Y

Y

X



Q1.2 : Donner le nom de chaque groupe cinématique :

Z

X

Y

Z

X

Y

{…...} : {7, 8, 9, 11,12, 13, 14, 23, 25, 30, 102(pf), 118, 119, 120,121}

{G0} : {6, 10, 15, 24, 109, 116, 117}

{…..} : {107}

{…..} : {102(pm), 122b, 127b,}

{G3} : {34, 108}

{…..} : {20, 21,122a, 125, 126, 127a,} (pf): partie fixe, (pm): partie mobile.

Il est à noter que devant le nombre important de composants, les groupes cinématiques sont composés seulement des principales pièces. La **chenille est exclue**.

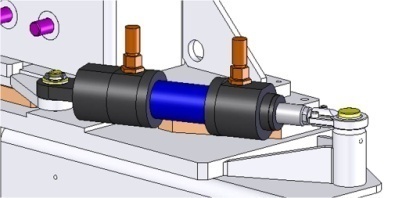
Q1.3 : Compléter les tableaux des liaisons cinématiques (écrire 1 lorsque le mouvement est possible, 0 lorsqu’il est impossible).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Liaison entre {G0} et {G1}** | | | |
| Tx |  | Rx |  |
| Ty |  | Ry |  |
| Tz |  | Rz |  |
| Nom liaison : | | | |
| Symboles plan : | | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Liaison entre {G1} et {G3}** | | | |
| Tx |  | Rx |  |
| Ty |  | Ry |  |
| Tz |  | Rz |  |
| Nom liaison : | | | |
| Symboles plan : | | | |

**2 - Le remplacement des roues par des chenilles exige des vérifications :** La compatibilité du nouveau vérin (entraxe, axe d’articulation, indice de vitesse, il a été décidé également d’accroître l’angle de braquage qui passe de ± 7° à ± 10°…)

Nouveau vérin de direction



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Q2  **A**  10 °  10 °  **Echelle : 1/5**  **C** | Validation du nouveau vérin | DT 6/16,8/16 9/16 | Temps conseillé :  80 min |  |

**Q2.1 : Validation de la compatibilité dimensionnelle du vérin.**

Entraxe nominal

Q2.1.1 : Ci-dessus, déterminer graphiquement les positions extrêmes du point A. Nommer les Amax et Amin.

Q2.1.2 : En déduire les entraxes maximal et minimal du vérin :

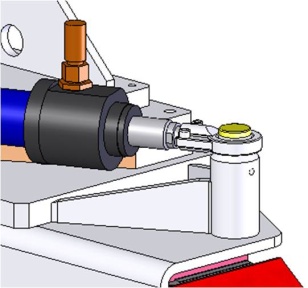
Coter à l’échelle 1 :1, C Amini et C Amaxi sur le schéma ci-dessus.

(Travailler avec les valeurs mesurées suivantes : C Amini = 80 mm et C Amaxi = 92 mm)

Entraxe maximal :   ; Entraxe minimal :

Q2.1.3 : Sachant que le vérin actuel a un entraxe minimum de 400 mm et une course de 60 mm, est-ce que ce nouveau composant permettra d’obtenir l’angle de braquage voulu.

**Q2.2 : Vérification de la résistance mécanique de l’arbre d’articulation 14.**



Données :

Rappel : 1 MPa = 1 N/mm2

1 bar = 0.1 N/mm2

1 bar = 1 daN/cm2

P = F/S

* ∅ intérieur vérin  : 40 mm
* ∅ tige vérin : 28 mm
* ∅ arbre 14 : 20 mm
* Pression de service : 100 bars
* Matière arbre 14 : S355 (acier mi-durs avec Reg = 0.7xRe)

s

* Coefficient de sécurité  : = 5

Q2.2.1 : Calculer la section S du piston sollicitée lorsque le vérin sort.

S =

Q2.2.2 : Déterminer l’effort maxi du vérin avec la pression de service.

F =

Q2.2.3 : Donner le type de sollicitation que supporte l’arbre 14. Entourer la bonne réponse.

Traction Compression Cisaillement

Re =

Q2.2.4 : Donner la valeur de la limite élastique Re pour l’arbre 14. Préciser l’unité.

Q2.2.5 : Calculer Reg (résistance élastique au cisaillement)

Reg =

Q2.2.6 : Calculer Rpg (résistance pratique au cisaillement).

Rpg =

Q2.2.7 : Écrire la condition de résistance.

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

Q2.2.8 : Calculer la section Sarbre qui permet d’avoir cette condition : =T/S. (prendre T=12560N et Rpg=50 MPa).



Sarbre =

Q2.2.9 : Déterminer le diamètre mini d de l’arbre 14. (Prendre s=251 mm2)

d =

Q2.2.10 : L’arbre 14 est-il conforme, justifier.

Le bureau d’études sait par expérience, que pour qu’il y ait de bonnes conditions de glissement entre les patins et le sol lors d’une rotation de la chenillette, la condition suivante doit être respectée :

॥VB1/0॥ ≤ 25 mm/s

- B étant le point le plus éloigné de l’axe de rotation. Connaissant la vitesse de sortie de tige du vérin ॥VA3/2॥, nous vous proposons de vérifier cette condition.

**Q2.3 : Vérification des conditions de glissement des patins lors de la rotation de chenillette.**

**Donnée :**

॥**VA3/2॥ = 10 mm/s**

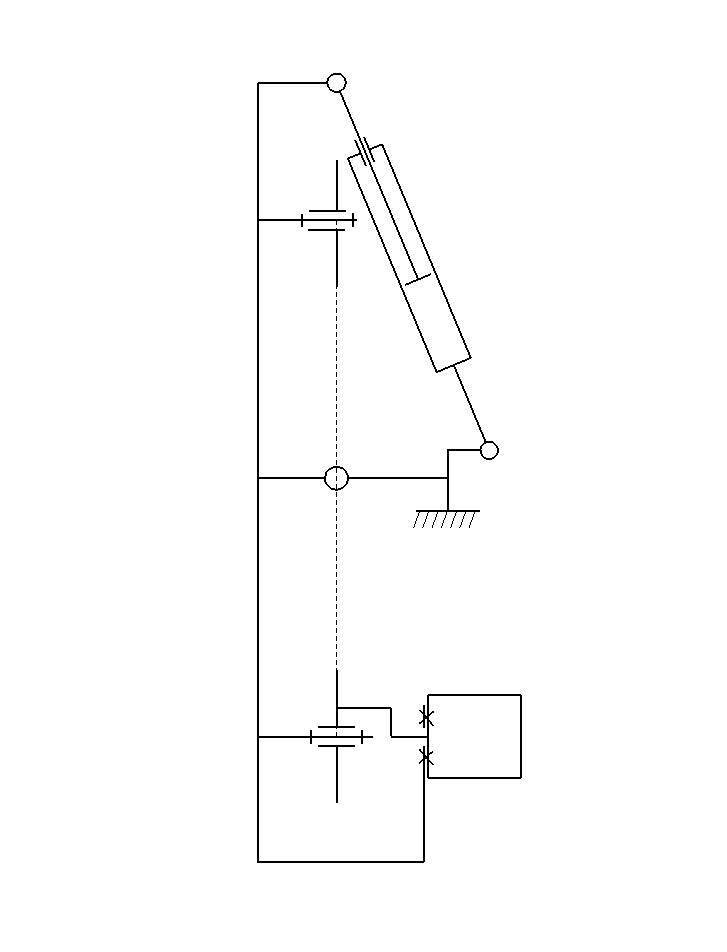
**B**

**{5}**

**{1}**

**C**

**{3}**



**{2}**

**A**

**Echelle des vitesses :**

**3 mm  1 mm/s**

Y

**^**

**=**

X

**{0}**

**D**

Q2.3.1 : Tracer sur le schéma précédent la trajectoire du point A appartenant à 3 par rapport à 2. Nommer la TA3/2.

Q2.3.2 : Tracer VA3/2 (tige de vérin sortante) en tenant compte de l’échelle des vitesses.

Q2.3.3 : Tracer et identifier la trajectoire TA3/0.

Q2.3.4 : Tracer la droite d’action (direction) de VA3/0.

Q2.3.5 : Tracer et identifier la trajectoire TA2/0.

Q2.3.6 : Tracer la droite d’action de VA2/0.

Q2.3.7 : En s’appuyant sur la somme vectorielle VA3/2 + VA2/0 = VA3/0, tracer VA2/0 et VA3/0.

Q2.3.8 : Déterminer graphiquement ॥VA3/0॥.

॥VA3/0॥ =

॥VA1/0॥ =

Q2.3.9 : Pouvez-vous en déduire॥VA1/0॥. Prendre॥VA3/0॥= 26mm/s

Q2.3.10 : Déterminer graphiquement ॥VB1/0॥ à l’aide du triangle de proportionnalité (champ de vitesses)

॥VB1/0॥ =

Q2.3.11 : A la vue du résultat trouvé précédemment, conclure sur le respect de la condition de glissement entre les patins et le sol.

Rappel : 1 tr/mn = 2 π/60 rd/s

1 km/h = 106/3600 mm/s

**3 – Vérification de la vitesse de déplacement du véhicule**.

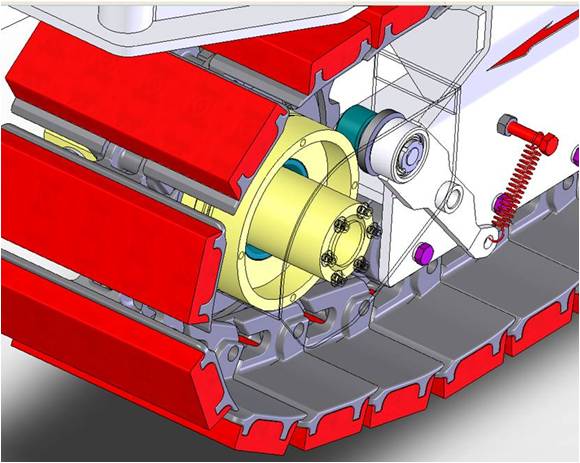
L’entrainement des chenilles est obtenu par un motoréducteur hydraulique (repère 102) appelé : ‘Réducteur Roue Hydraulique MG 100 Bonfiglioli’ dans la nomenclature. Ses caractéristiques lui permettent une vitesse de rotation de 65 tr/mn. Le diamètre nominal du Barbotin est de 280 mm, l’épaisseur de la chenille de 63 mm.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Q3 | Vérification de la vitesse de déplacement | DT 6/16, 8/16 et 9/16 | Temps conseillé :  20 min |  |

Q 3 : Vérifier par le calcul, que la vitesse de déplacement du véhicule ne dépassera pas 5 km/h.

**4 – Après modification, un dysfonctionnement apparait lors de l’essai de la machine :**

Les testeurs constatent un entraxe



non constant entre les systèmes de fixation posés,

le résultat du diagnostic détermine un mauvais

roue codeuse 4

contact entre la roue codeuse et le galet.

Flasque 20

Ressort

115

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Q4 | Modification du ressort de tension | DT 7/16, 8/16 et 9/16 | Temps conseillé :  60 min |  |

Hypothèses : Données :

* Mécanisme assimilé à un système plan. - Effort de contact : ॥F20**→**4+5॥ = 100 N.
* Le poids des pièces est négligé. - Droite d’action (direction) et sens de F20**→**4+5.
* Liaisons considérées comme parfaites et frottements négligés.

On isole le ressort de traction 115. Sur le dessin ci-dessous, on vous demande :

Q4.1 : Entourer les lettres des points d’application des actions qui vont s’exercer sur le ressort.

Vis d’articulation épaulée

7

II**F20→4+5**II= **100 N N**

Vis 227

**Echelle graphique : 1/2**

92

Ressort

115

**A**

Ss ensemble

Bras codeur {4+5}

Flasque 20

Droite d’action

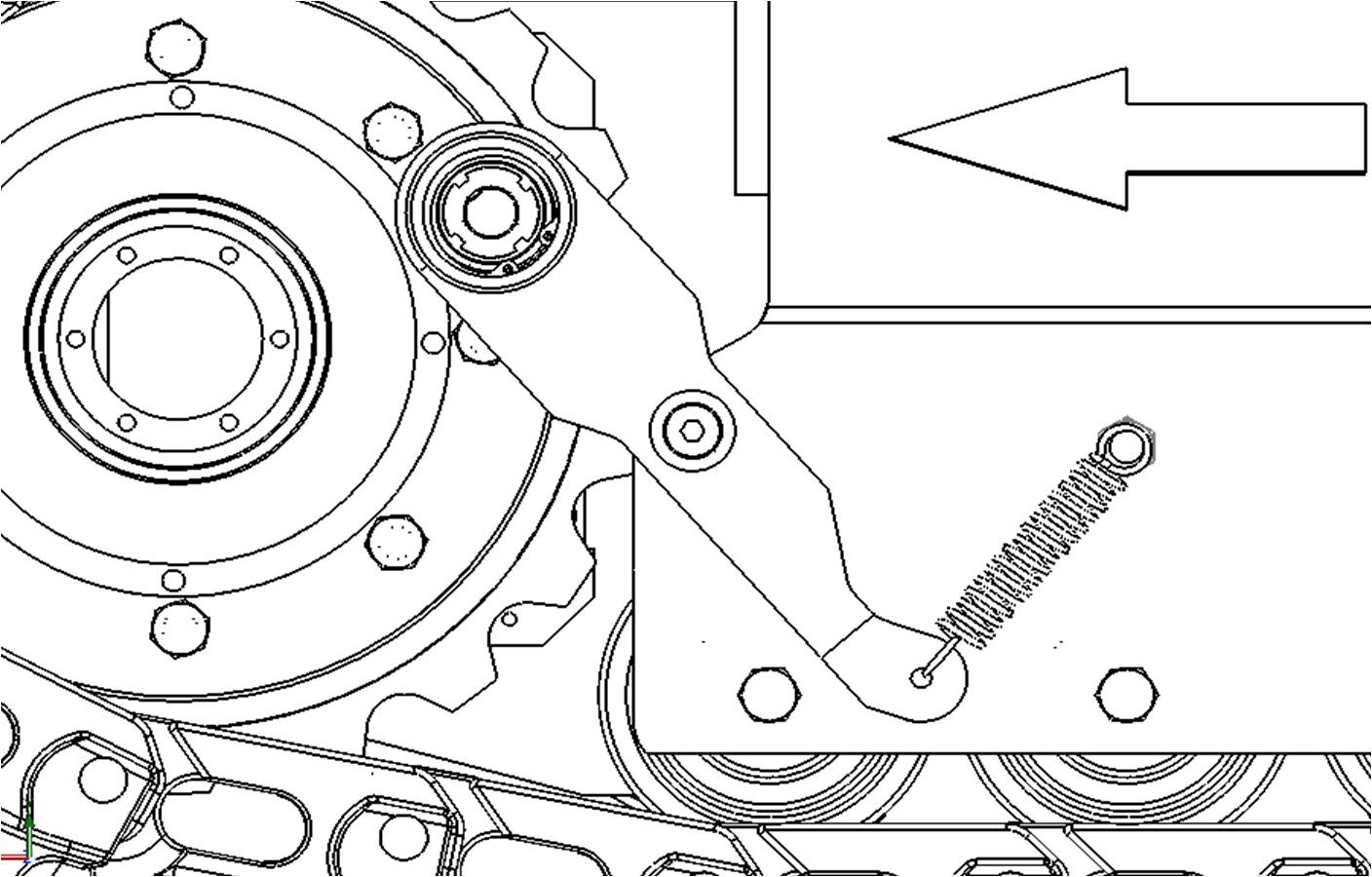
de **F20→4+5**

**C**

**B**

**E**

**D**



Q4.2 : Tracer en vert sur le schéma ci-dessous la droite d’action (direction) des actions

mécaniques qui sont appliquées au ressort 115.



**E**

**D**

Q4.3 : Compléter le tableau pour les actions qui s’appliquent au ressort. Mettre un point d’interrogation pour chaque inconnue.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Force  (Action mécanique) | Point d’application | Direction  (droite d’action) | Sens | Intensité |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

Afin de déterminer l’intensité de la force résultante du ressort, on isole le sous ensemble bras codeur {4+5} qui est soumis à trois actions mécaniques de contact.

Q4.4 : Compléter le tableau pour les actions de contact qui s’appliquent au bras codeur {4+5}. Mettre un point d’interrogation pour chaque inconnue.

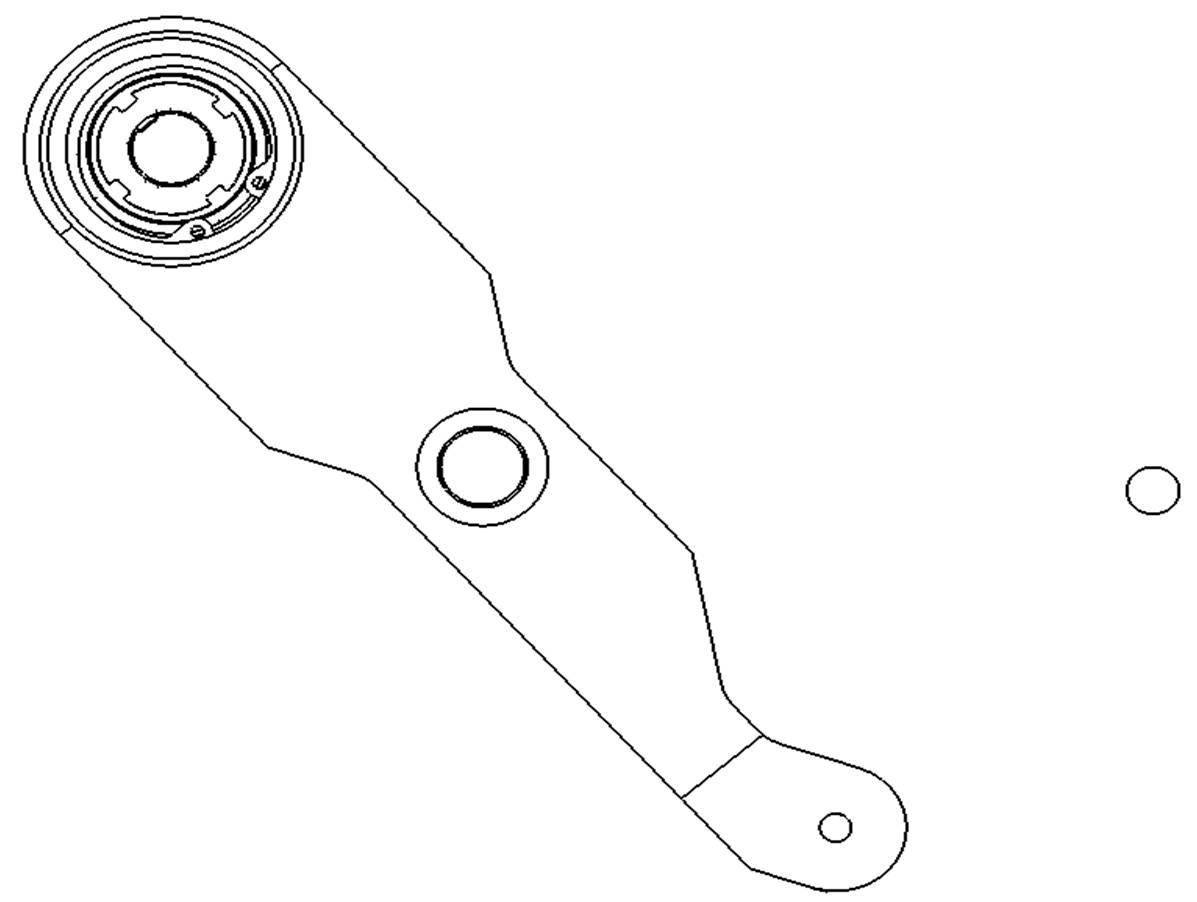
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Action de contact  (Forces) | Point d’application | Droite d’action  ( Direction) | Sens | Intensité |
| **F20→4+5** |  |  |  | **100 N** |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

Q4.5 Tracer les droites d’actions (direction) des forces.

Droite d’action

de **F20→4+5**

**F20→4+5**



**Echelle des forces :**

**1 mm  2 N**

**=**

**^**

**A**

**C**

**E**

Q4.6 Déterminer graphiquement ci-dessous,

**D**

à l’aide du dynamique des forces,

l’intensité des efforts qui s’exercent

sur le bras codeur {4+5}.

**F20→4+5**

Origine du dynamique

Q4.7 : Compléter les intensités des forces trouvées à partir de votre dynamique.

II**F7→4+5**II = …….. N

II**F115→4+5**II = …….. N

Avant de déterminer le nouveau ressort qui permettra d’obtenir la charge souhaitée, vous allez calculer la charge délivrée par le ressort actuel dans sa position de travail. Vous travaillerez avec sa référence et la documentation constructeur disponible DT 7/16***.***

Q4.8 : Déterminer par le calcul la charge du ressort 115 actuel sachant que sa longueur de travail LTv = 92 mm et que sa référence est : T 32260. Utiliser la formule fournie sur le document constructeur.

Charge ressort actuel = …… N

Q4.9 : Déterminer maintenant le ressort modifié permettant de s’approcher au mieux de la charge souhaitée. Pour cela, on admettra que cette charge IIF115→4+5II = 86 N. Choisir tout d’abord les ressorts compatibles avec la longueur de travail LTV au moins égale à 92mm, soit L1 supérieure à 92 mm et une longueur libre L0 inférieure à 92 mm, puis calculer pour chacun d’eux la ‘charge ressort’.

Données :

* IIF115→4+5II = 86 N
* documentation constructeur DT 8/17
* Longueur de travail LTv : 92 mm

|  |  |
| --- | --- |
| **Référence des ressorts compatibles dimensionnellement :** | **Charge délivrée à LTv : 92 mm** |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Q4.10 : Justifier le choix.