

DOSSIER « TRAVAIL DEMANDÉ »

Le sujet est composé de 5 parties indépendantes :

Ce dossier comporte 7 feuilles numérotées de 1/7 à 7/7.

Il est conseillé de consacrer à chacune des parties la durée suivante :

Lecture du dossier et des documents techniques 15 min

1. Étude de la fonction technique FT 23 : « Transmettre l'énergie mécanique au but »45 min

- 1.1. Détermination de la capacité d'enroulement du tambour du treuil
- 1.2. Détermination de la longueur de câble 2 à enrouler

2. Étude de la fonction technique FT 21 : « Fournir l'énergie mécanique »1 h 20min

- 2.1. Vérification de la vitesse de rotation du moteur électrique
- 2.2. Vérification de la puissance du moteur électrique

3. Étude de la fonction technique FT 24 : « Maintenir le but en position haute »30 min

- 3.1. Réglage de l'entrefer
- 3.2. Réglage du freinage

4. Étude de la fonction technique FT 7 : « Bloquer le câble »30 min

5. Étude de la fixation du treuil sur la structure de la salle de sport40 min

- 5.1. Conception de l'assemblage fixe
- 5.2. Élaboration du modèle volumique de la plaque intermédiaire

1. Étude de la fonction technique FT 23 :

« Transmettre l'énergie mécanique au but »

L'énergie mécanique est transmise au but par un ensemble « tambour + poulies + câble ».

Cette première partie a pour objectif de vérifier que la capacité d'enroulement du tambour est suffisante pour lever le but dans notre implantation :

- détermination de la capacité d'enroulement du tambour du treuil..... Chapitre 1.1.

- détermination de la longueur de câble 2 à enrouler Chapitre 1.2.

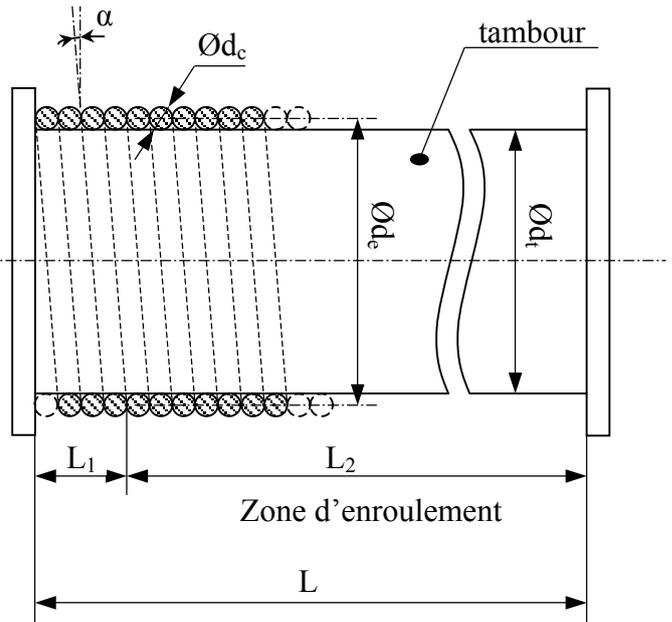
1.1. Détermination de la capacité d'enroulement du tambour du treuil

Hypothèses :

- nécessité d'un enroulement de câble minimum (non utilisable) correspondant à la distance L_1 ;
- l'inclinaison α du câble est négligée ;
- pour un tour de tambour, la longueur de câble enroulée correspond au périmètre d'un cercle de diamètre d_c (fibre neutre du câble) ;
- le câble est parfaitement juxtaposé lors de l'enroulement.

Données géométriques :

- diamètre du câble, $d_c = 6 \text{ mm}$;
- diamètre du tambour, $d_t = 70 \text{ mm}$;
- longueur du tambour, $L = 350 \text{ mm}$;
- $L_1 = 24 \text{ mm}$



Question 1. Déterminer le nombre de tours de câble n dans la zone d'enroulement (longueur L_2).

Question 2. Déterminer la longueur de câble $L_{\text{câble max}}$ que le tambour peut enrouler dans la zone d'enroulement.

1.2. Détermination de la longueur de câble 2 à enrouler

La longueur de câble à enrouler pour déplacer le but escamotable dépend :

- des positions haute et basse imposées par le cahier des charges fonctionnel (**DT 2**) ;
- du type de but de basket-ball à installer ;
- de la structure de la salle de sport.

Rappel : on note 0 l'ensemble « bâti », 1 l'ensemble « but », 2 le câble (repères sur **DR 1**).

Document **DR 1** :

Hypothèses :

- le repère (O, ξ, ψ, ζ) est un repère fixe lié au bâti ;
- le plan (O, ξ, ψ) est un plan de symétrie pour notre étude ;
- le câble est lié à l'ensemble 1 en D ;
- la liaison entre 0 et 1 est une liaison pivot d'axe (A, ζ) ;
- le câble 2 s'enroule autour du point B considéré fixe.

Question 3. Quelle est la nature du mouvement de 1 par rapport à 0, noté $mvt_{1/0}$?

Question 4. En déduire la nature de la trajectoire du point C appartenant à 1 par rapport à 0 notée $T_{C \in 1/0}$ et $T_{D \in 1/0}$.

Tracer et nommer ces deux trajectoires sur le document réponse **DR 1**.

Le document réponse **DR 1** représente le panneau en position basse ($y_c = 2,9$ m).

D_b : point D en position basse.

C_b : point C en position basse.

Les positions haute et basse du but sont définies par l'altitude du point C du panneau (**DT 2**).

Question 5. Sur le document réponse **DR 1** :

En indiquant l'altitude du point C_h par une cote chiffrée par rapport au sol, déterminer la position du point C en position haute, C_h .

Question 6. Sur le document réponse **DR 1** :

Déterminer la position du point D en position haute D_h .

Tracer le câble **2** dans la position haute.

Question 7. Déterminer graphiquement la longueur de câble $L_{\text{câble}}$ qu'il faut enrouler pour passer de la position basse à la position haute en justifiant votre démarche.

Question 8. La capacité d'enroulement du tambour est-elle adaptée à notre implantation.

2. Étude de la fonction technique FT 21 : « Fournir l'énergie mécanique »

Le cahier des charges fonctionnel (**DT 2**) impose les temps de levage et de descente du but.

Cette deuxième partie a pour objectif de vérifier que les caractéristiques du moteur électrique sont en accord avec la condition de temps de levage imposée :

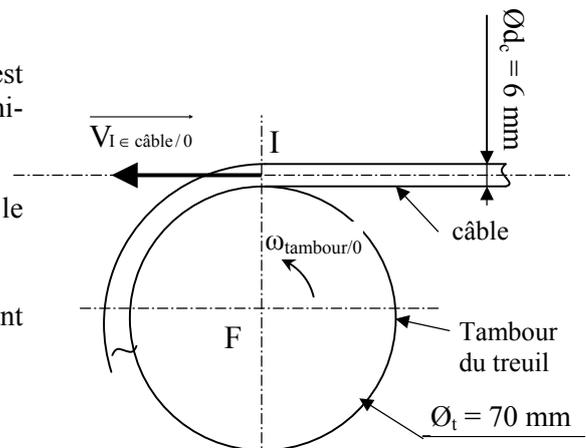
- Vérification de la vitesse de rotation du moteur électrique Chapitre 2.1.

- Vérification de la puissance du moteur électrique Chapitre 2.2.

2.1. Vérification de la vitesse de rotation du moteur électrique

Hypothèses :

- la fréquence de rotation du moteur électrique est constante et égale à la fréquence de rotation nominale, $N_{m/0} = 1000$ tr/min ;
 - le point I est sur la fibre neutre du câble ;
 - le point I est un point coïncident pour le câble et le tambour donc $\vec{V}_{I \in \text{câble}/0} = \vec{V}_{I \in \text{tambour}/0}$;
- nota : $\vec{V}_{I \in \text{câble}/0}$, vitesse du point I appartenant au câble par rapport à **0**.
- la longueur de câble à enrouler est : $L_{\text{câble}} = 5,2$ m.



Question 9. Déterminer le rapport de réduction R_{red} entre le moteur et le tambour (voir caractéristiques de la chaîne d'énergie **DT 3**).

Question 10. Calculer la vitesse de rotation du tambour $\omega_{\text{tambour}/0}$.

Question 11. Déterminer la norme de $\vec{V}_{I \in \text{tambour}/0}$.

Pour la suite de cette étude, on prendra $\|\vec{V}_{I \in \text{câble}/0}\| = \|\vec{V}_{I \in \text{tambour}/0}\| = 0,13$ m/s.

Question 12. Déterminer la durée d'enroulement du câble t_c .

Question 13. La durée d'enroulement trouvée, t_c , est-elle compatible avec le temps de levage imposé par le cahier des charges fonctionnel (**DT 2**) ?

2.2. Vérification de la puissance du moteur électrique

Cette partie a pour objectif de déterminer la puissance du moteur nécessaire. Nous allons, pour une même position du but, déterminer l'action mécanique dans le câble et la vitesse au point D pour en déduire la puissance :

- Détermination de la résultante de l'action mécanique du câble 2 sur l'ensemble 1 en D ($y_C = 4,5$ m) Chapitre 2.2.1.
- Détermination de la vitesse du câble en D ($y_C = 4,5$ m) Chapitre 2.2.2.
- Détermination de la puissance du moteur nécessaire ($y_C = 4,5$ m) Chapitre 2.2.3.

2.2.1. Détermination de la résultante de l'action mécanique du câble 2 sur l'ensemble 1 en D dans une position intermédiaire ($y_C = 4,5$ m)

Document **DR 2** :

Hypothèses :

- le problème est supposé plan (O, ξ, ψ) ;
- la résultante de l'action mécanique de 2 sur 1 a pour support la direction du câble au point D, c'est-à-dire la droite (BD) ;
- la masse de l'ensemble 1 est $m_1 = 200$ kg ;
- seul le poids de l'ensemble 1 n'est pas négligeable devant les actions mécaniques en présence. Le centre de gravité de cet ensemble 1 est situé en G ;
- on prendra l'accélération de la pesanteur : $g = 10$ m/s² ;
- les actions mécaniques dans les articulations seront modélisées par des glisseurs.

Question 14. On isole l'ensemble 1 (voir **DR 2**).

Déterminer, en utilisant le modèle de tableau donné ci-dessous, le bilan des actions mécaniques extérieures appliquées à 1.

Énoncer le théorème utilisé pour résoudre le problème.

Déterminer la norme de la résultante de l'action mécanique $\overrightarrow{D_{2 \rightarrow 1}}$.

La méthode de résolution graphique est recommandée et sera effectuée sur le document **DR 2**.

Nom de la résultante	Point du support	support	Norme en Newton

2.2.2. Détermination de la vitesse du câble 2 en D ($y_C = 4,5$ m)

Document **DR 3** :

Hypothèses :

- $\overrightarrow{V_{B \in 2/0}}$: vitesse de défilement du câble qui a pour direction la droite (BD), $\|\overrightarrow{V_{B \in 2/0}}\| = 0,13$ m/s .
- D est un point coïncident pour 2 et 1.

Question 15. Connaissant le mouvement de 1 par rapport à 0 (voir **Question 3**), tracer sur **DR 3** la direction de la vitesse du point D, $\overrightarrow{V_{D \in 1/0}}$ notée $\Delta(\overrightarrow{V_{D \in 1/0}})$.

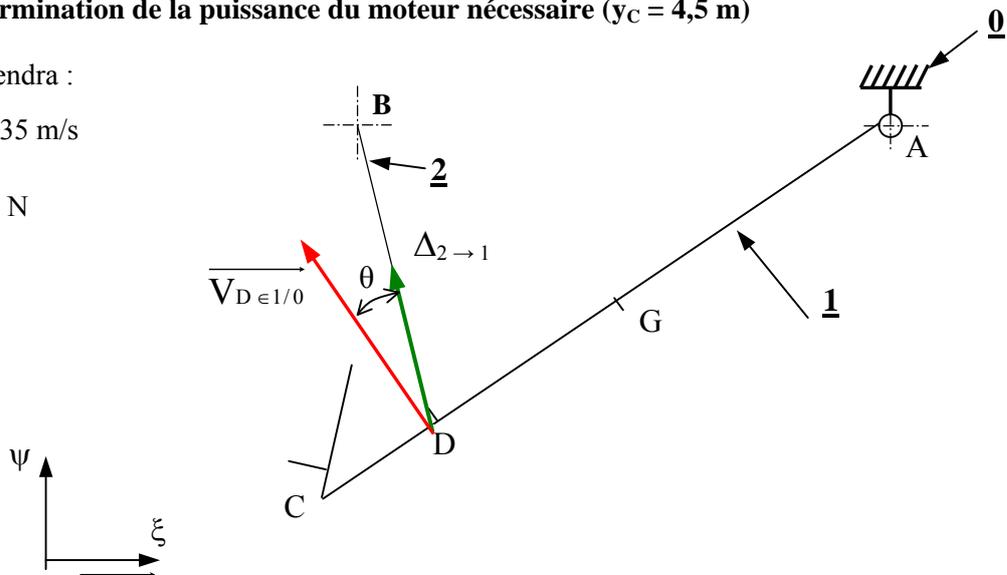
Question 16. Justifier que $\overrightarrow{V_{D \in 2/0}} = \overrightarrow{V_{D \in 1/0}}$.

Question 17. Connaissant $\overrightarrow{V_{B \in 2/0}}$ et la direction de $\overrightarrow{V_{D \in 2/0}}$, déterminer par la méthode de votre choix (équiprojectivité recommandée) la norme de $\overrightarrow{V_{D \in 2/0}}$ sur **DR 3**.

2.2.3. Détermination de la puissance du moteur nécessaire ($y_C = 4,5$ m)

Pour la suite, on prendra :

- $\|\vec{V}_{D \in 1/0}\| = 0,135$ m/s
- $\|\vec{D}_{2 \rightarrow 1}\| = 1100$ N
- $\theta = 22^\circ$.



Calcul de la puissance de $D_{2 \rightarrow 1}$:

$$P_{\text{câble}} = \vec{D}_{2 \rightarrow 1} \cdot \vec{V}_{D \in 1/0} = \|\vec{D}_{2 \rightarrow 1}\| \times \|\vec{V}_{D \in 1/0}\| \times \cos \theta$$

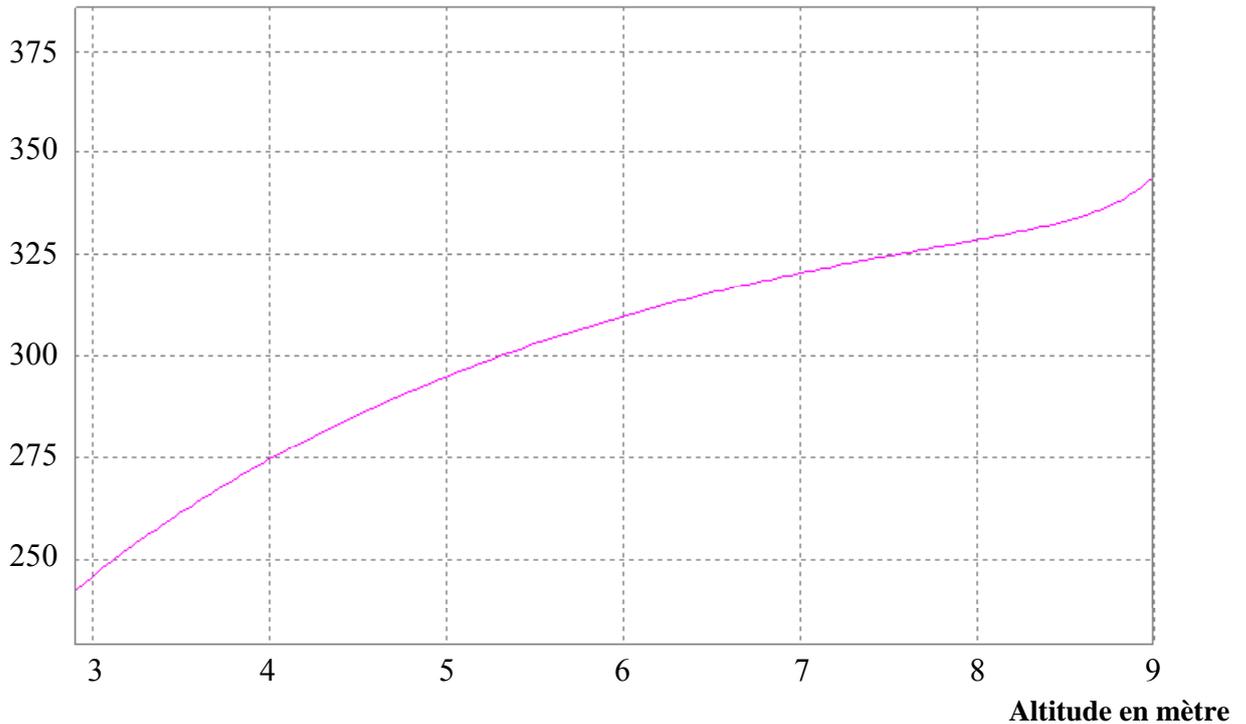
avec θ , angle formé par les vecteurs $\vec{D}_{2 \rightarrow 1}$ et $\vec{V}_{D \in 1/0}$.

- Question 18.** Déterminer la puissance développée par le câble en D, $P_{\text{câble}}$.
- Question 19.** Déterminer le rendement global η_g de l'ensemble de la transmission de mouvement (voir caractéristiques de la chaîne d'énergie DT 3).
- Question 20.** La puissance $P_{\text{câble}}$ étant la puissance de sortie de la chaîne d'énergie, déterminer la puissance du moteur nécessaire, P_{moteur} .

Une simulation informatique sur un logiciel de mécanique nous permet d'obtenir la courbe de la puissance du moteur en fonction de l'altitude du point C :

Puissance du moteur (P_{moteur}) en fonction de l'altitude du point C (y_C)

Puissance en Watt



Question 21. Trouver, à partir de cette courbe, la puissance maximum que le moteur doit fournir, $P_{\text{moteur max}}$.
La puissance du moteur (chaîne d'énergie **DT 3**) est-elle suffisante pour notre implantation ?

3. Étude de la fonction FT 24 : « Maintenir le but en position haute »

Le maintien du but en position haute est réalisé, au niveau du moteur électrique, par un frein à manque de courant. Voir **DT 6** et **DT 7**.

Freinage :

Le moteur électrique n'est pas alimenté.

Le ressort **3**, en appui sur l'arbre du rotor **37**, exerce un effort axial sur l'arbre **6** (par l'intermédiaire de la rondelle **4** et de l'écrou **5**).

L'arbre **6** et la goupille **17** transmettent l'effort axial à l'ensemble $\{15 + 12\}$ qui freine sur **16** (fixe).

L'arbre du rotor **37**, en liaison glissière avec la pièce **15** (réalisée par l'intermédiaire des cannelures) est alors freiné.

Rotation libre :

Le moteur électrique est alimenté.

Le stator crée un champ magnétique qui plaque la pièce **15** sur le noyau **36** (entrefer nul).

La garniture de frein **12** n'est plus en appui sur **16**.

3.1. Réglage de l'entrefer

Le réglage de l'entrefer revient à translater l'ensemble $\{\text{rotor}\} = \{1, 2, 32, 33, 34, 36\}$ suivant son axe de rotation en déplaçant les butées axiales (**14** et **10**) de la bague extérieure du roulement **1**.

Pour réaliser avec précision le réglage, on se sert notamment de la bague fileté **10** (voir forme sur perspective **DT 7**).

Le pas du filetage nous donne la relation : 30° de rotation = 0,12 mm de déplacement axial.

Question 22. L'entrefer est mesuré à 0,84 mm. Sur votre copie, décrire l'ensemble des opérations intermédiaires pour régler l'entrefer à son minimum de 0,6 mm :

Préciser l'angle de rotation de la pièce **10**.

- 1 - Enlever le capot **8**
- 2 - Enlever l'hélice **9**
- 3 -
- .. -

- n - Remettre le capot **8** (dernière étape)

3.2. Réglage du freinage

Question 23. Décrire par étapes, comme précédemment, l'ensemble des opérations de réglage pour augmenter l'intensité du freinage (réglage de la précontrainte du ressort **3**).

4. Étude de la fonction FT 7 : « Bloquer le câble »

Cette partie a pour objectif de vérifier que la longueur de déroulement du câble du « stop chute » en cas de rupture du câble de levage ne dépasse pas la valeur de 0,6 m imposée par le cahier des charges fonctionnel (**DT 2**).

La description du fonctionnement du « stop chute » est faite sur le document **DT 4**.

Hypothèses :

- le câble du stop chute a une vitesse nulle lors de la rupture du câble de levage ;
- le câble du stop chute accélère de manière uniforme jusqu'au début du freinage ;
- la vitesse du câble du stop chute lors de l'enclenchement est $v = 1,2 \text{ m/s}$;
- On considère que les cliquets s'enclenchent dès la détection de la survitesse ;
- le couple de freinage du stop chute est constant, il engendre une décélération constante du câble du stop chute, $a = -2 \text{ m/s}^2$.

Le déroulement du câble du stop chute se fait alors en 2 phases :

Phase 1 : accélération jusqu'à la vitesse d'enclenchement du frein

Phase 2 : décélération jusqu'à l'arrêt

Notations utilisées dans les équations de mouvement :

- temps t [s] ;
- distance parcourue x [m] ;
- vitesse v [m/s] ;
- accélération a [m/s²].

Phase 1 : accélération jusqu'à la vitesse de déclenchement du frein (de $t_0 = 0\text{s}$ à $t_1 = 0,1 \text{ s}$)

Équations du mouvement :

$$\begin{aligned} a(t) &= 12 \\ v(t) &= 12.t \\ x(t) &= 6.t^2 \end{aligned}$$

Les graphes du mouvement de cette phase sont représentés sur **DR 4**.

Phase 2 : décélération jusqu'à l'arrêt du câble (de $t_1 = 0,1 \text{ s}$ à t_2)

La décélération du câble est telle que : $a = -2 \text{ m/s}^2$.

Les conditions initiales nécessaires sont à relever sur **DR 4**.

Question 24. Déterminer les équations de mouvement de la phase 2.
Déterminer les conditions finales de la phase 2 : t_2 , x_2 , v_2 .
Compléter les graphes du mouvement de la phase 2 sur le document **DR 4**.

Question 25. Quelle est la longueur totale de câble déroulée pour stopper la chute, L_{sc} .
La longueur trouvée est-elle en accord avec la valeur imposée par le cahier des charges fonctionnel (**DT 2**).

5. Étude de la fixation du treuil sur la structure de la salle de sport

Cette cinquième partie a pour objectif de concevoir un assemblage fixe démontable par adhérence.

Pour réaliser cette solution, le châssis du treuil sera fixé sur une plaque intermédiaire. Cette plaque sera ensuite fixée sur la structure en fer H (solution par pincement).

- Conception de l'assemblage fixe Chapitre 5.1.
- Elaboration du modèle volumique de la plaque intermédiaire Chapitre 5.2.

5.1. Conception de l'assemblage fixe

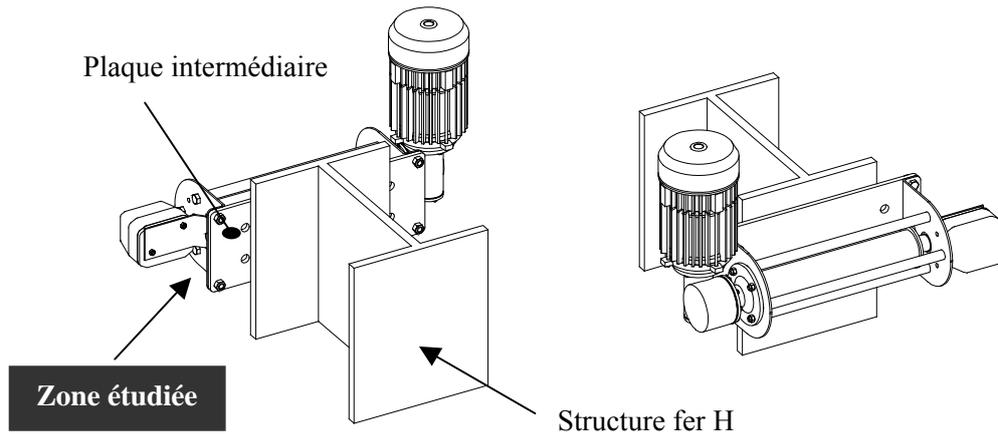
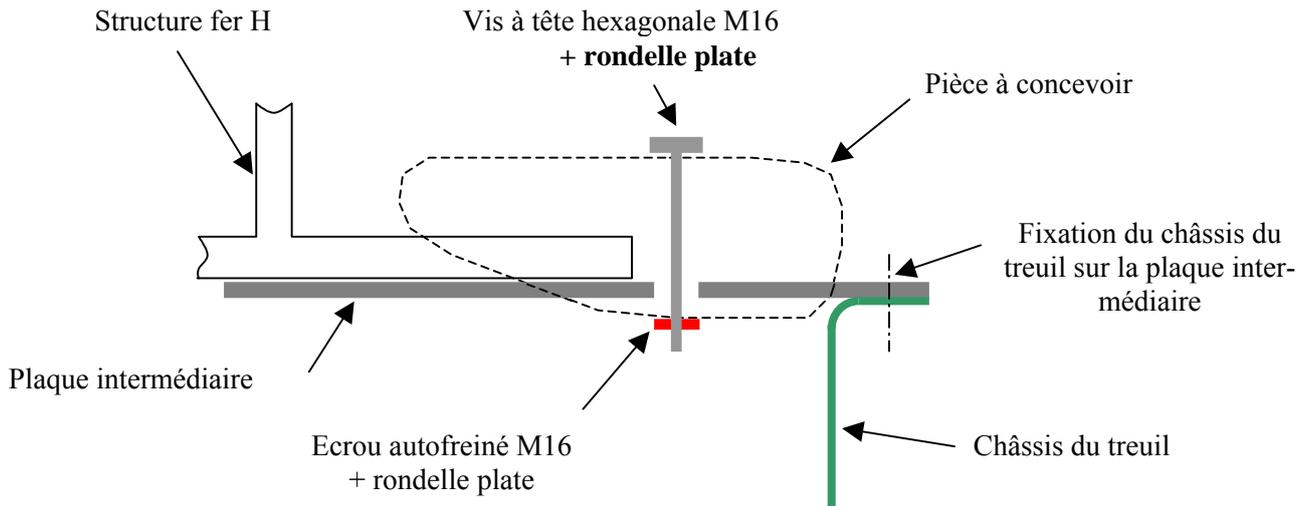


Schéma technologique d'une fixation :



Question 26. En s'inspirant du schéma technologique ci-avant, définir l'assemblage fixe sans percer la structure fer H (fonction FC4 sur **DT 2**).

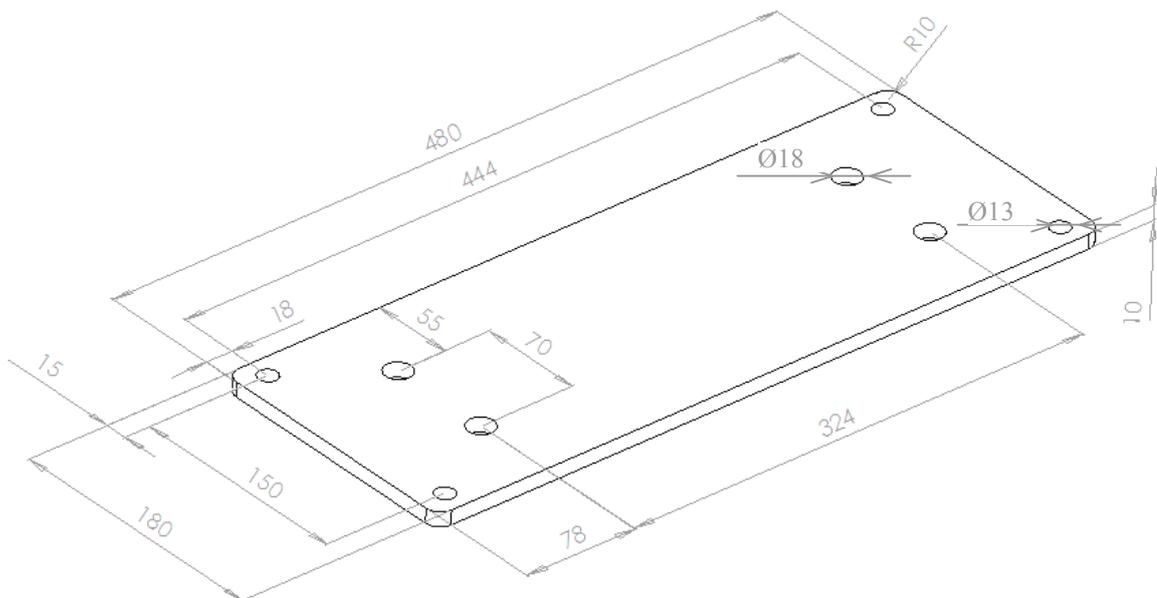
- **SOIT** par un dessin en perspective éclatée, à main levée en respectant les proportions, sur le document **DR 5** ;
- **SOIT** par un dessin 2D en 2 vues sur le document **DR 6**.

Dans les deux cas, représenter les arêtes cachées que vous jugerez nécessaires à la compréhension.

Les boulons et rondelles nécessaires vous sont donnés sur les documents réponses.

5.2. Élaboration du modèle volumique de la plaque intermédiaire

L'objectif est de réaliser sur un modèleur volumique la plaque intermédiaire ci-dessous en vue de sa fabrication assistée par ordinateur.



Plaque intermédiaire

Question 27. En vous aidant du document ressource **DT 8** et de la perspective cotée ci-dessus de la plaque intermédiaire, compléter les trois étapes du document réponse **DR 7** en indiquant :

- dans la première colonne : les valeurs des côtes de construction ou les arêtes à sélectionner.
- dans la deuxième colonne : la fonction à appliquer.