

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
"CONCEPTION DE PRODUITS INDUSTRIELS"
SESSION 2006

AVANT PROJET DE PRODUIT INDUSTRIEL

Sous épreuve U41 – Etudes et calculs d'avant-projet

Durée : 3 h 30

AUCUN DOCUMENT AUTORISÉ

Crochet de largage



Toutes les calculatrices de poche 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, sont autorisées.

Documents remis au candidat**DOSSIER SUJET**

Ce dossier comprend 8 pages :

Mise en situation – Déroulement d'un crash-test – Evolution de la position du crochet

1^{ère} partie : Approche globale des performances des moteurs linéaires

2^{ème} partie : Détermination des actions mécaniques en vue de l'optimisation du crochet de levage

3^{ème} partie : Validation du dimensionnement du crochet

4^{ème} partie : Énergie cinétique du crochet pendant la phase de largage

DOSSIER TECHNIQUE

Ce dossier comprend les documents suivants :

Fonctions de service – F.A.S.T.

Mise en situation de la zone de crash-test

Plan d'ensemble du crochet de largage

Modélisation de la pression dans un guidage cylindrique

Propriétés de masse obtenues d'un logiciel de C.A.O.

Modèle d'étude du crochet 2

Diagrammes de résistance des matériaux du crochet

Document technique 1

Document technique 2

Documents techniques 3 et 4

Documents techniques 5 et 6

Document technique 7

Document technique 8

Document technique 9

DOSSIER DOCUMENTS RÉPONSES

Ce dossier comprend les documents suivants :

Document réponse 1 : Etude des efforts

Document réponse 2 : Contraintes dans la section S_2 du crochet 2
Etude en éléments finis du crochet 2

Document réponse 3 : Détermination de la vitesse d'impact

**A l'issue de l'épreuve le candidat remettra tous les DOCUMENTS REPONSES
(y compris ceux non utilisés) dans une copie double dûment complétée.**

Temps conseillé pour traiter chaque partie du questionnement :

Lecture du sujet 15 min

1^{ère} partie 60 min

2^{ème} partie 35 min

3^{ème} partie 60 min

4^{ème} partie 40 min

DOSSIER SUJET

Ce dossier comprend les documents suivants :

Mise en situation..... Document sujet 1
Déroutement d'un Crash Test Documents sujet 2 et 3
Questionnement Documents sujet 4 à 8

1^{ère} partie : Approche globale des performances des moteurs linéaires

2^{ème} partie : Détermination des actions mécaniques en vue de l'optimisation du crochet de largage

3^{ème} partie : Validation du dimensionnement du crochet

4^{ème} partie : Énergie cinétique du crochet pendant la phase de largage

A l'issue de l'épreuve le candidat remettra tous les DOCUMENTS REPONSES (y compris ceux non utilisés) dans une copie double dûment complétée.

Sous épreuve U 41

Crochet de largage

Mise en situation

Le crochet de largage étudié se place dans le contexte d'un crash-test.

L'objectif du crash-test est de projeter une voiture équipée d'appareils de mesure sur un butoir afin de pouvoir constater les déformations du véhicule. Toutes les informations recueillies permettent aux concepteurs d'adapter le véhicule pour que la sécurité des passagers soit optimale.

Le crochet de largage est placé sur un chariot mobile situé en dessous du niveau du sol. Le crochet vient se rattacher à une sangle liée au véhicule. Un moteur embarqué permet au chariot mobile d'atteindre une certaine vitesse suivant une trajectoire rectiligne. Lorsque la voiture est au plus près du point d'impact, le crochet libère mécaniquement la sangle. Une fois libérée, la voiture va finir sa course contre le butoir, tandis que le chariot mobile passe sous la zone d'essai puis s'arrête.



Caractéristiques techniques du crash-test

- Vitesse du véhicule tracté :
Vitesse maxi : 68 km/h
Vitesse mini : 10 km/h
- Effort de traction maxi : 2000 daN
- Masse du chariot mobile : 90 kg
- Largage de la voiture au plus près du point d'impact : 1 mètre avant l'impact
- Longueur de la piste d'essai : 50 mètres (avant impact)

DEROULEMENT DU CRASH TEST

Phase initiale du test :

- le véhicule est placé en bout de piste de test ;
- la sangle est positionnée dans l'entaille du crochet 2 (voir documents techniques 3 et 4) ;
- le crochet 2 est en position de traction.

Phase d'essai :

- les moteurs linéaires embarqués sur le chariot mobile 1, entraînent le véhicule ;
- à un mètre du butoir, la sangle attachée au crochet 2 est libérée par :
 - le levier 3 qui vient en contact sur la butée avant 5 → *figure 1* ;
 - le déplacement du levier 3 déverrouille le crochet 2 puis l'entraîne en position escamotée → *figure 2*.

Phase finale du test :

- le chariot mobile est ramené au début de la piste d'essai ;
- le crochet est réarmé manuellement.

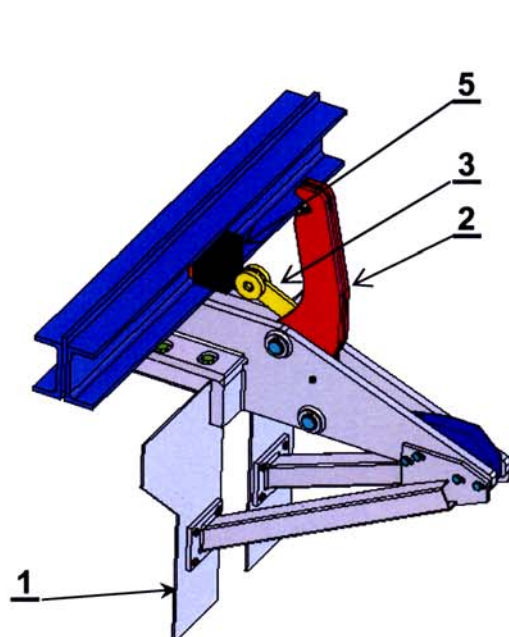


Figure 1 - Crochet en position de traction

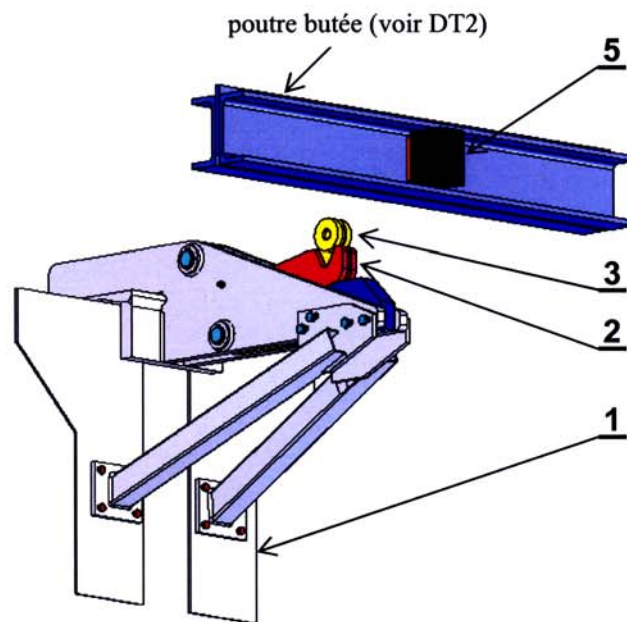
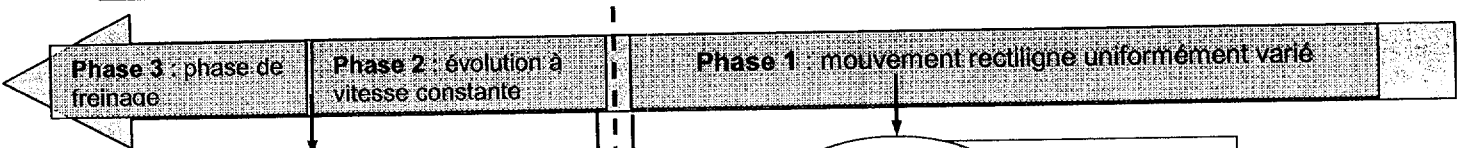


Figure 2 - Crochet en position escamotée

**EVOLUTION DE LA POSITION DU CROCHET 2 ET DU CHARIOT MOBILE
AU COURS DU TEST**

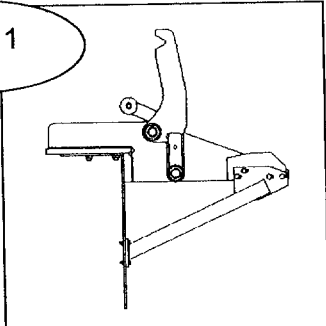


Etat 4

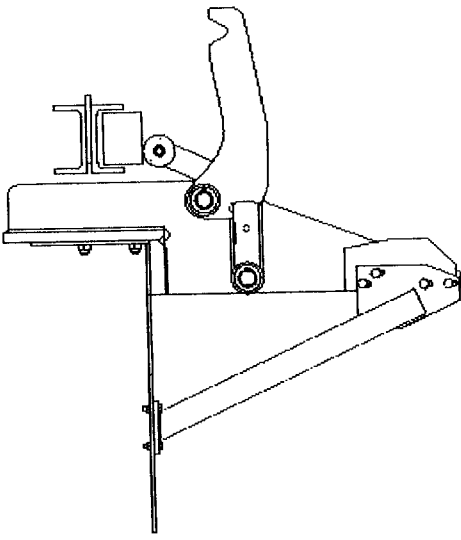
Etat 2.1
Etat 2.2

Etat 3

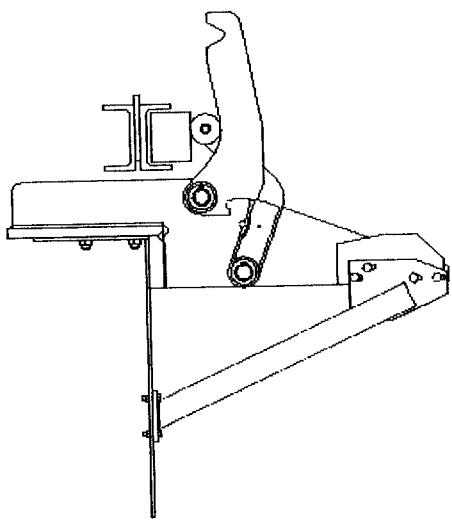
Etat 1



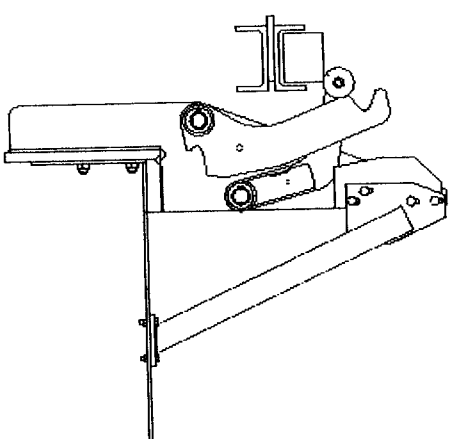
Etat 1: Phase de traction



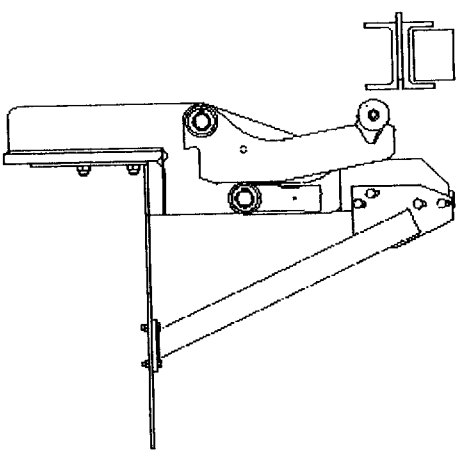
Etat 2.1 : Début du largage



Etat 2.2 : Début du contact crochet 2 – levier-came 3



Etat 3 : Fin du contact crochet 2 – levier-came 3



Etat 4 : Position escamotée

1^{ère} partie : Approche globale des performances des moteurs linéaires

OBJECTIFS :

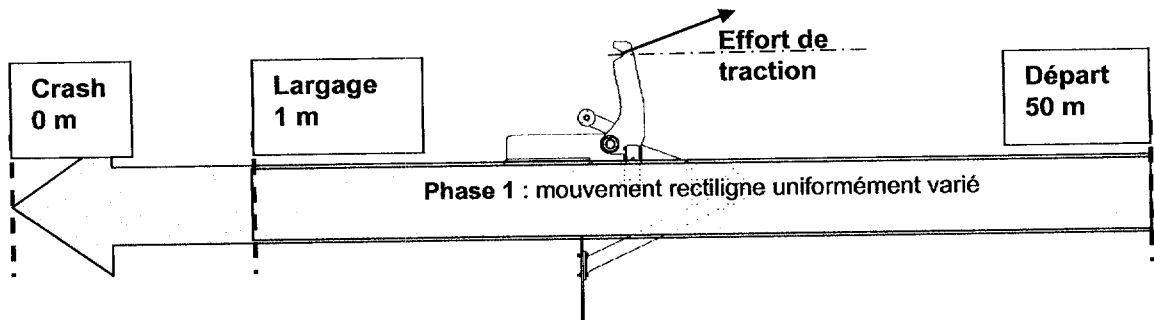
- Détermination des valeurs d'accélération à fournir par les moteurs afin de respecter le type de mouvement du chariot mobile, pour les vitesses données du cahier des charges (maxi 68 km/h ; mini 10 km/h).
- Détermination des performances du chariot :
 - masse maximale du véhicule tracté pour atteindre la vitesse maxi (68 km/h) ;
 - vitesse du véhicule tracté pour l'effort de traction maxi (2000 daN).

Description de la phase de mise en mouvement :

Dans la phase de mise en mouvement du véhicule (phase 1), le chariot mobile est animé d'un mouvement de translation rectiligne uniformément varié. Cette phase d'accélération a lieu jusqu'à ce que le crochet largue la voiture (c'est à dire un mètre avant le crash).

Hypothèses :

- longueur de la piste : 50 m ;
- la vitesse maximale est atteinte au moment du largage, c'est-à-dire un mètre avant l'impact ;
- deux moteurs de traction d'une puissance unitaire de 100 kW assurent la mise en mouvement ;
- les liaisons sont supposées parfaites sans jeu ni frottement ;
- pendant la phase 1, **la droite support de l'effort de traction est incliné de 20°** par rapport à l'horizontale ;



Questions : (répondre sur feuille de copie)

- Q.1 :** Pour cette phase 1, énoncer les lois cinématiques du mouvement du chariot mobile 1, en précisant les conditions initiales.
- Q.2 :** Déterminer les valeurs minimale et maximale de l'accélération du chariot mobile 1 pour satisfaire le Cahier des Charges Fonctionnel.

En se plaçant en fin de phase de mise en mouvement (phase 1), on va étudier les performances mécaniques du chariot mobile à puissance maximale.

- Q.3 :** Écrire l'expression littérale du Théorème de la résultante dynamique suivant l'axe du mouvement appliqué au chariot mobile 1.
- Q.4 :** Écrire l'expression littérale traduisant la puissance utile nécessaire au déplacement du véhicule.
- Q.5 :** Indiquer la valeur de la puissance développée par l'ensemble des deux moteurs de traction du chariot mobile 1.

Cas 1 : Fonctionnement à vitesse maximale (68 km/h)

Q.6 : Déterminer l'effort de traction dans ce cas de fonctionnement à vitesse maximale.

Q.7 : Déterminer la masse maximale de l'ensemble tracté.

Cas 2 : Fonctionnement à effort de traction maximal (2000 daN)

Q.8 : Déterminer la vitesse du chariot mobile **1** dans ce cas de fonctionnement à effort de traction maximal.

Q.9 : En déduire la masse maximale de l'ensemble tracté.

2^{ème} partie : Détermination des actions mécaniques exercées sur le crochet 2 en vue de son optimisation

OBJECTIF :

- Validation du dimensionnement des liaisons en fin de phase d'accélération, pour laquelle les efforts exercés sur le crochet **2** sont maximaux. ; c'est un préliminaire à l'étude de résistance des matériaux.

Ressources utiles :

- Documents techniques 3, 5 et 6.
- Document réponse 1.

Hypothèses :

- le plan (\bar{x}, \bar{y}) est un plan de symétrie matériel pour le crochet **2** et pour les actions mécaniques qui lui sont appliquées ;
- les liaisons sont supposées parfaites ;
- les effets d'inertie sont négligeables devant les autres actions mécaniques ;
- le poids est négligeable devant les autres actions mécaniques ;
- la liaison au point *I* entre le crochet **2** et le levier **3**, est assimilable à un contact linéique rectiligne, de droite de contact (I, \bar{z}) et de normale (I, \bar{y}) ;
- la liaison pivot au point *A* entre le crochet **2** et le chariot mobile **1** est réalisée par l'axe **10** avec un ajustement $\text{Ø}30 \text{ H}7/\text{g}6$.

Données : Voir document réponse 1.

- Dimensions des éléments constituant le crochet **2** : (voir document technique 3)
 - épaisseur d'une plaque : 12 mm ;
 - épaisseur de la bague de renfort : 11 mm.
- Ecart en micromètre : $\text{Ø}30 \text{ H}7 : \begin{matrix} +25 \\ 0 \end{matrix}$ en μm $\text{Ø}30 \text{ g}6 : \begin{matrix} -7 \\ -20 \end{matrix}$ en μm
- Pression de matage admissible : 100 MPa

Questions :

- Q.10 :** A partir de l'étude de l'équilibre statique du crochet **2**, déterminer les actions mécaniques de liaison (*méthode de résolution au choix*).
Sur le **document réponse 1**, représenter l'action mécanique dans la liaison pivot en *A*.
- Q.11 :** A l'aide des **documents techniques 5 et 6**, déterminer la pression maximale exercée au niveau du contact cylindrique de la liaison pivot.
- Q.12 :** Justifier l'intérêt de la bague de renfort (voir **document technique 3**).

3^{ème} partie : Validation du dimensionnement du crochet 2

OBJECTIF :

- Comparaison d'un calcul d'avant-projet avec un modèle POUTRE et des résultats obtenus par analyse sur le modèle 3D par éléments finis.
- Détermination du coefficient de sécurité du crochet 2.

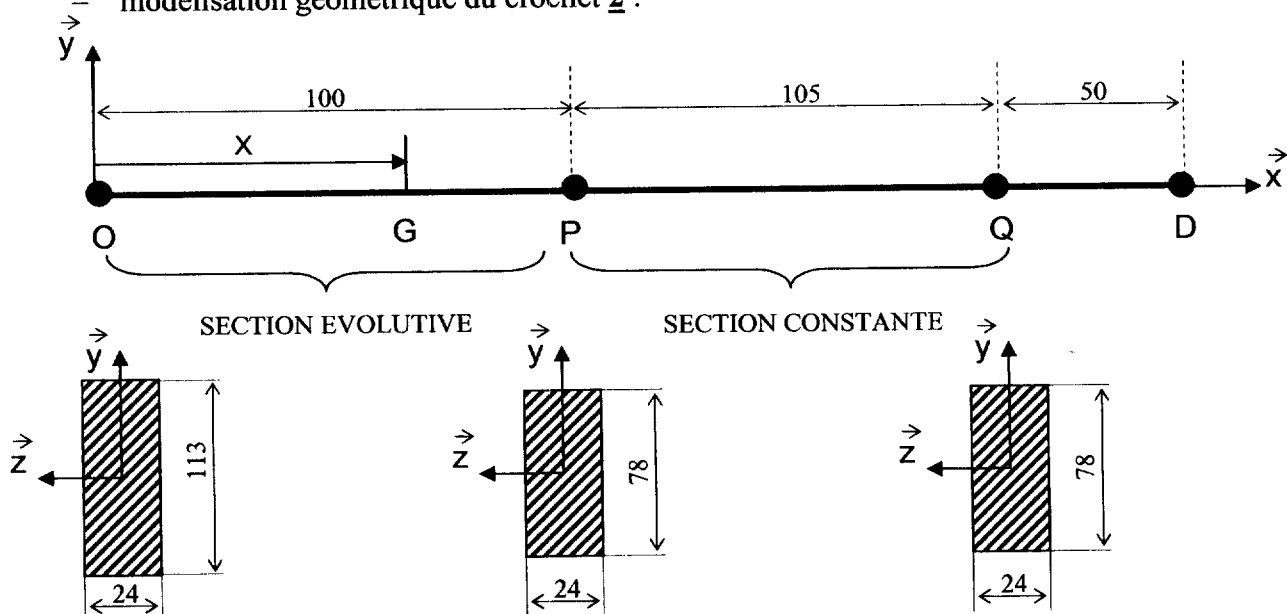
Ressources utiles :

- Documents techniques 8 et 9.
- Document réponse 2.

Hypothèses :

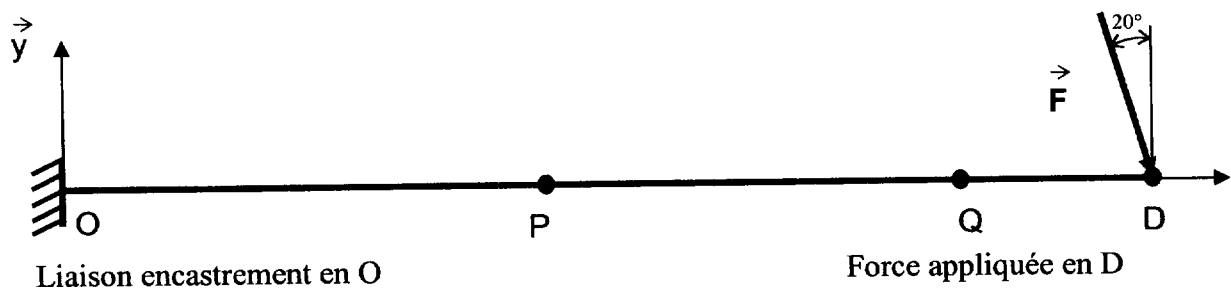
Pour l'étude de résistance des matériaux du crochet, nous adoptons la modélisation d'avant projet présentée ci-dessous :

- le plan (\vec{x}, \vec{y}) est un plan de symétrie matériel pour le crochet 2 et pour les actions mécaniques qui lui sont appliquées ;
- modélisation géométrique du crochet 2 :



Sections droite et planes

- modélisation du « chargement » du crochet 2 :



Liaison encastrement en O

Force appliquée en D

Données :

- l'effort appliqué en D est de 2000 daN ;
- le crochet 2 est réalisé en acier allié 25 Cr Mo 4, de limite élastique à l'extension $R_e = 800$ MPa.

Questions : (Répondre sur feuille de copie et sur le document réponse 2)

CALCULS D'AVANT-PROJET

- Q.13 :** Indiquer les hypothèses géométriques du modèle « POUTRE » retenues pour les calculs en résistance des matériaux et les comparer à la pièce réelle définie **document technique 8**.
- Q.14 :** Soit **G** le centre d'une surface (**S**) d'abscisse **x**. Déterminer les composantes des éléments de réduction exprimés en **G** du torseur de cohésion, pour une section droite (**S**) appartenant au tronçon [**S**₁ **S**₂].
En déduire le type de sollicitation dans le tronçon [**S**₁ **S**₂].
- Q.15 :** Calculer la valeur des composantes des éléments de réduction du torseur de cohésion aux points **O** et **P** appartenant respectivement aux sections **S**₁ et **S**₂.

ATTENTION : Pour les questions suivantes, utiliser les valeurs des diagrammes du **document technique 9**.

- Q.16 :** Pourquoi, pour cette poutre, la section droite la plus sollicitée en contrainte peut ne pas être la section d'encastrement ?
- Q.17 :** Déterminer la contrainte de flexion dans la section **S**₂ et la représenter graphiquement en rouge sur le **document réponse 2**.
- Q.18 :** Déterminer la contrainte de traction dans la section **S**₂ et la représenter en bleu sur le **document réponse 2**.
- Q.19 :** Déterminer la contrainte résultante maximale due à ces deux sollicitations et la représenter en noir sur le **document réponse 2**.
- Q.20 :** Calculer le coefficient de sécurité de la section **S**₂ en négligeant l'influence des contraintes tangentielles.

ANALYSE 3D PAR ELEMENTS FINIS

En excluant les zones de liaison et de chargement (où les résultats du calcul par éléments finis ne sont pas valables) :

Q.21 : Sur le **document réponse 2** :

- entourer la zone correspondant à la section **S**₂ (repérer cette zone par « **Q.21** ») ;
- relever la valeur de contrainte maximale présente dans la zone indiquée ;
- comparer cette valeur à la valeur de la contrainte résultante issue de l'étude de RDM trouvée à la question **Q. 19** ;
- conclure quant à la validité du modèle poutre proposé.

Q. 22 : Sur le **document réponse 2** :

- entourer la zone correspondant à la contrainte maximale sur le résultat d'analyse par éléments finis du crochet **2** (repérer cette zone par « **Q.22** ») ;
- donner la valeur de la contrainte maximale présente dans le crochet **2** ;
- calculer le coefficient de sécurité **s** correspondant.

4^{ème} partie : Energie cinétique du crochet 2 pendant la phase de largage
OBJECTIF :

- Détermination de la vitesse maximale atteinte par le crochet **2** pour évaluer l'énergie du choc (du crochet **2** sur la butée arrière **6** du chariot mobile **1**) à chaque test.

Ressources utiles :

- Document sujet 2
- Documents techniques 4 et 7
- Document réponse 3

Description de la phase de largage :

Le chariot mobile entre en phase de freinage une fois le crochet **2** escamoté.

Le mouvement du levier **3** est dû à un déplacement par came : il est en contact au niveau du point *I* sur la butée avant **5**.

Le mouvement du crochet **2** est dû à un déplacement par came : il est en effet entraîné par le levier **3** ; le contact de type came a lieu au point *J*.

Données :

- masse totale de l'ensemble {chariot mobile 1 + équipement de traction} : 90 kg ;
- masse du crochet **2** : 6,4 kg ;
- distance : $AJ = 280$ mm.

Hypothèses :

- chariot mobile en mouvement à vitesse maximale (68 km/h) jusqu'à ce que le crochet **2** soit totalement escamoté ;
- mouvement du crochet **2** généré par un contact came ;
- on néglige la variation d'énergie potentielle des pièces ;
- liaisons parfaites sans jeu ni frottement.

Questions :

Q.23 : Justifier le tracé des vecteurs vitesses $\overrightarrow{V_{A1/5}}$ et $\overrightarrow{V_{I1/5}}$

Q.24 : Déterminer graphiquement les vecteurs vitesses suivants :

- au point de contact type came en *I* : $\overrightarrow{V_{I3/5}}$ $\overrightarrow{V_{I3/1}}$
- dans le mouvement du levier 3/1 : $\overrightarrow{V_{J3/1}}$
- au point de contact type came en *J* : $\overrightarrow{V_{J3/2}}$ $\overrightarrow{V_{J2/1}}$

Vous justifierez succinctement vos résultats en indiquant les mouvements des solides, les relations utilisées, etc...

Q.25 : Déduire des résultats précédents la vitesse angulaire de rotation du crochet **2** : $\omega_{2/1}$.

Q.26 : Déterminer le moment d'inertie $I_{(A,\bar{z})}$ du crochet **2** à partir des indications fournies dans le **document technique 7**.

Q.27 : Calculer l'énergie cinétique du crochet **2** dans son mouvement par rapport au chariot mobile **1**.

Q.28 : Proposer des solutions constructives permettant d'absorber cette énergie.