



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE

EAE SIM 3

SESSION 2018

AGRÉGATION CONCOURS EXTERNE

Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

Option : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR
ET INGÉNIERIE MÉCANIQUE

CONCEPTION PRÉLIMINAIRE D'UN SYSTÈME,
D'UN PROCÉDÉ OU D'UNE ORGANISATION

Durée : 6 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : *La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.*

Tournez la page S.V.P.

A

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

Concours	Section/option	Epreuve	Matière
EAE	1414A	103	1268

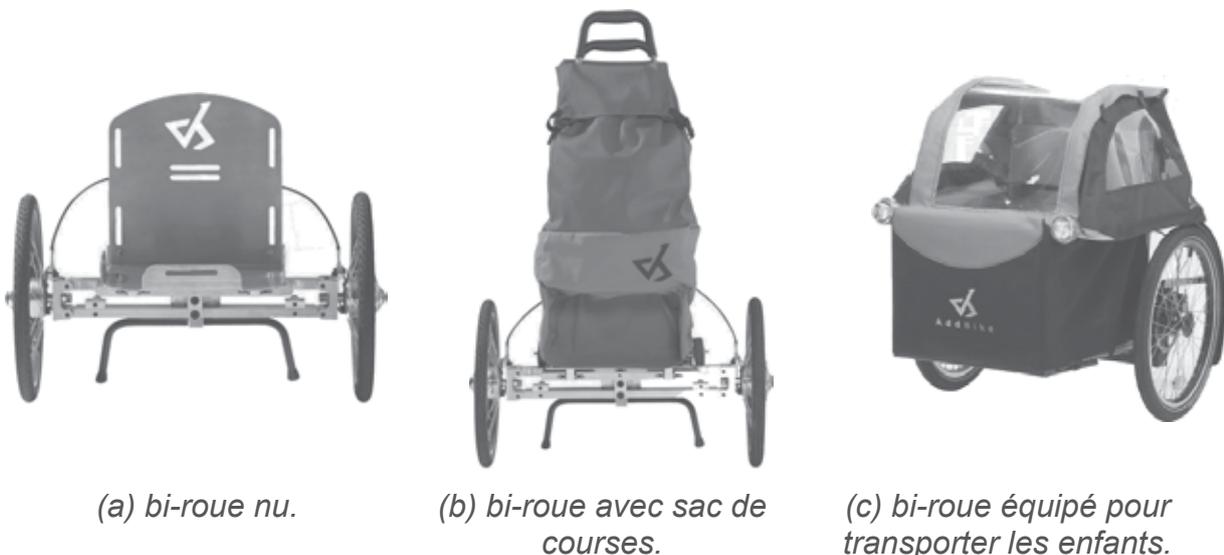
ANALYSE ET AMELIORATION DES CHOIX DE CONCEPTION D'UN BI-ROUE

I. PRESENTATION DU BI-ROUE

Le dispositif bi-roue (*figure 1*) est un système conçu par une start-up dont le but est de développer l'utilisation du vélo afin d'en faire une réelle alternative aux autres moyens de transport. Ce produit doit s'adapter à tous types de vélo et doit permettre de transporter des marchandises (colis ou courses du quotidien) ou encore des enfants (*figure 2*).



Figure 1 : bi-roue.



(a) bi-roue nu.

(b) bi-roue avec sac de courses.

(c) bi-roue équipé pour transporter les enfants.

Figure 2 : différentes configurations du bi-roue.

La *figure 3* recense les exigences auxquelles doit répondre le bi-roue.

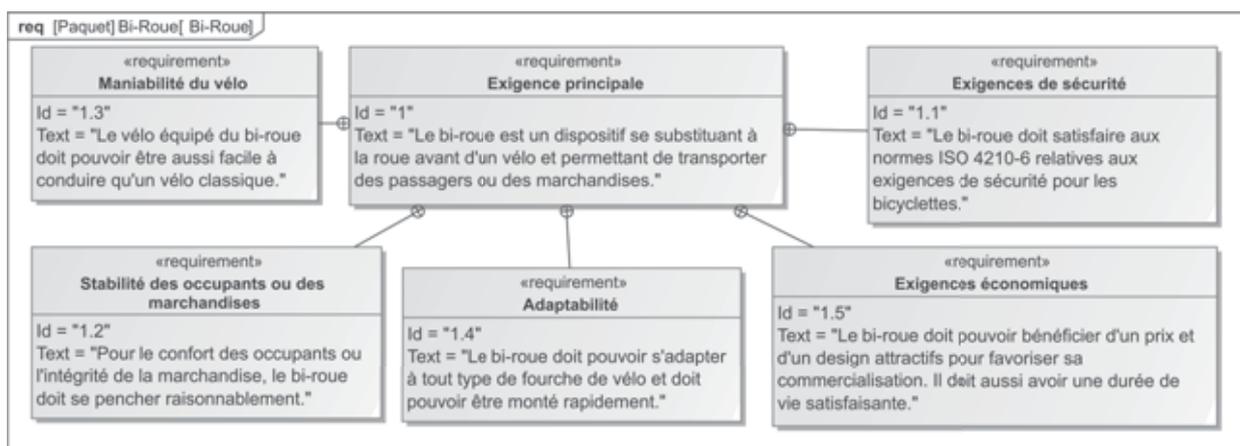


Figure 3 : extrait du diagramme des exigences.

L'objectif des études qui vont suivre est de justifier les différents choix réalisés par les concepteurs. Pour cela, une étude préliminaire sera faite pour prévoir les efforts que devront supporter les liaisons et les composants du bi-roue. Ces résultats seront ensuite exploités pour vérifier si les exigences sont satisfaites.

Le bi-roue est composé de deux blocs principaux : un premier assurant la jonction avec le vélo, un second assurant la jonction avec les deux roues et avec un siège ou une tablette permettant de transporter un colis (**figures 4 et 5**). Ce dernier bloc a une structure de parallélogramme déformable dont le but est d'assurer les exigences 1.1 et 1.2.

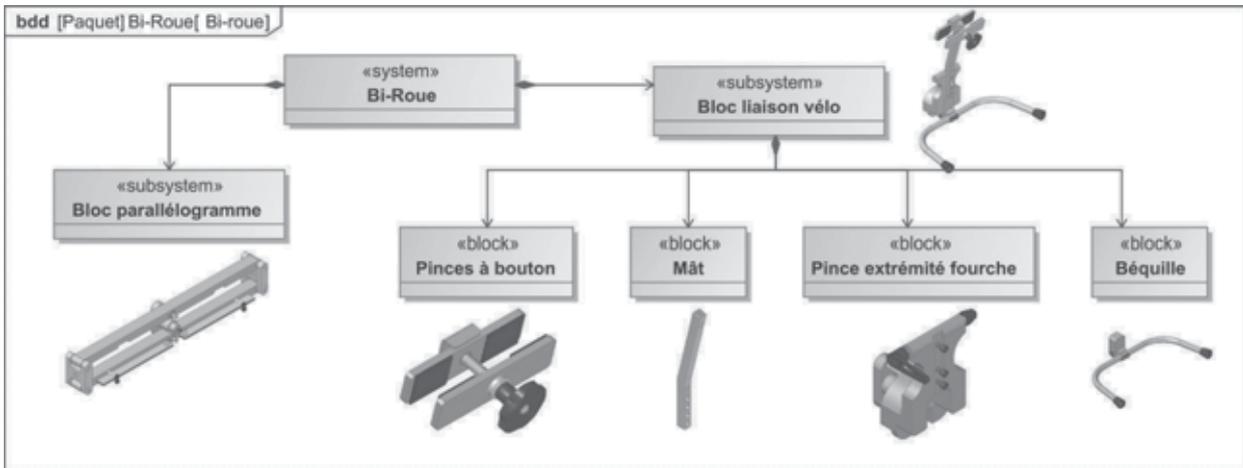


Figure 4 : extrait du diagramme de blocs du bi-roue.

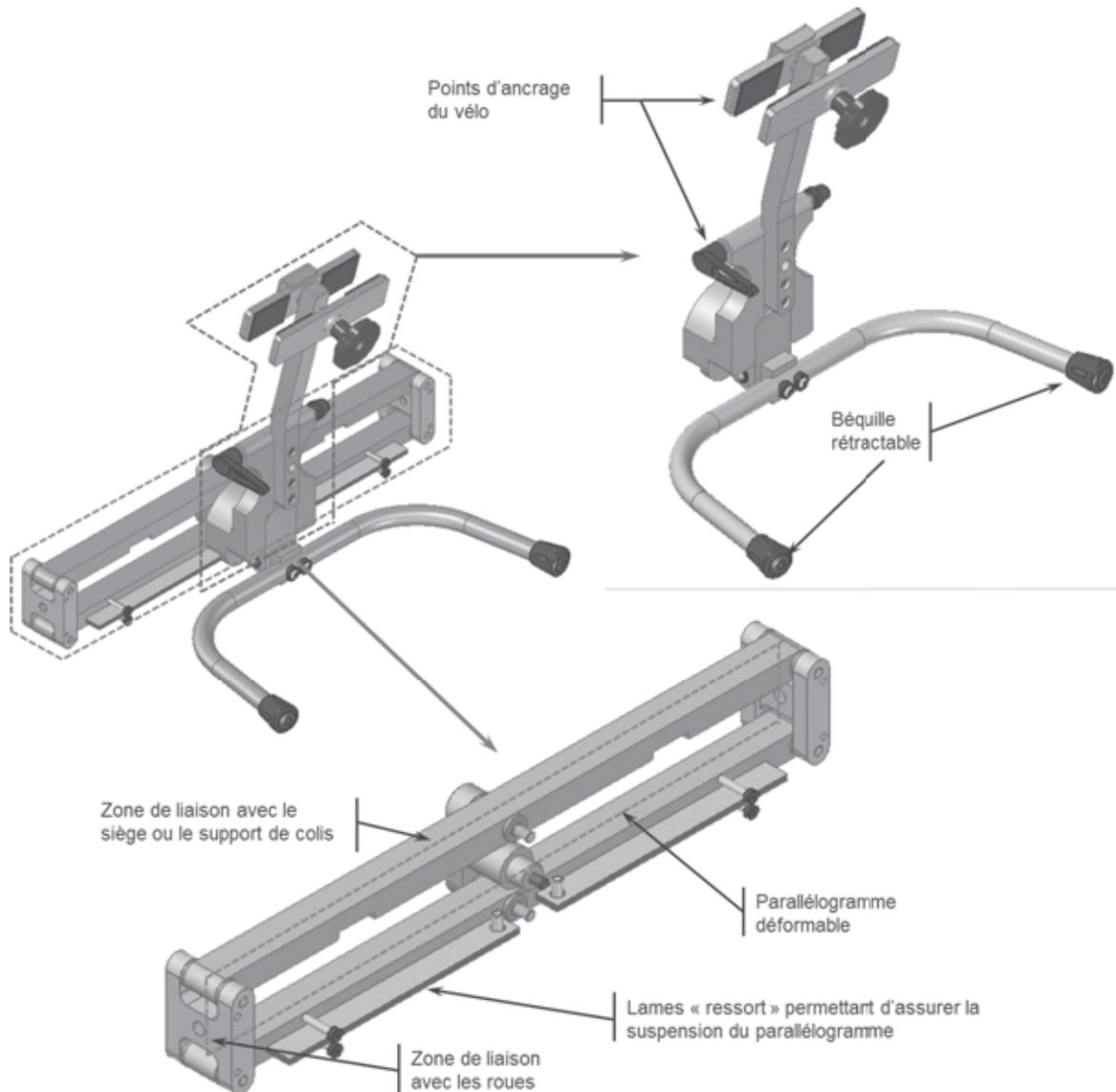


Figure 5 : composants du bi-roue.

II. EXIGENCE 1.1 : SECURITE DES UTILISATEURS VELO ET DU BI-ROUE

Objectif : valider que l'exigence 1.1 est satisfaite en évaluant le risque de basculement du bi-roue en cas de freinage d'urgence (**figure 6**).

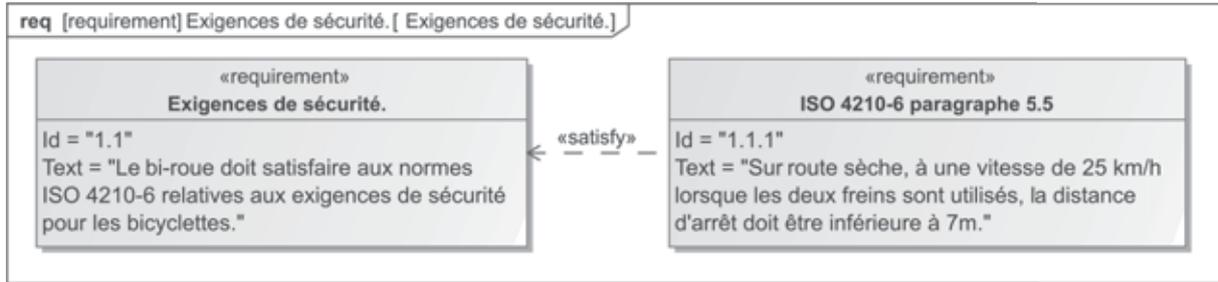


Figure 6 : exigences de sécurité à valider.

On considère la modélisation proposée **figure 7** et les points dont les coordonnées sont données **tableau 1**. On note R_0 le repère galiléen associé aux vecteurs $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$. Le problème est supposé plan et on se placera dans le cas où le cycliste se déplace en ligne droite.

Les masses $m_{Cy} = 100$ kg du cycliste, $m_v = 13$ kg du vélo et $m_{Br} = 60$ kg du bi-roue et de la charge transportée sont considérées ponctuelles et appliquées respectivement aux points G_{Cy} , G_v et G_{Br} . On note $M_E = m_{Cy} + m_v + m_{Br}$ la masse de l'ensemble $E = \{\text{cycliste} + \text{vélo} + \text{bi-roue}\}$ et G le centre d'inertie de l'ensemble.

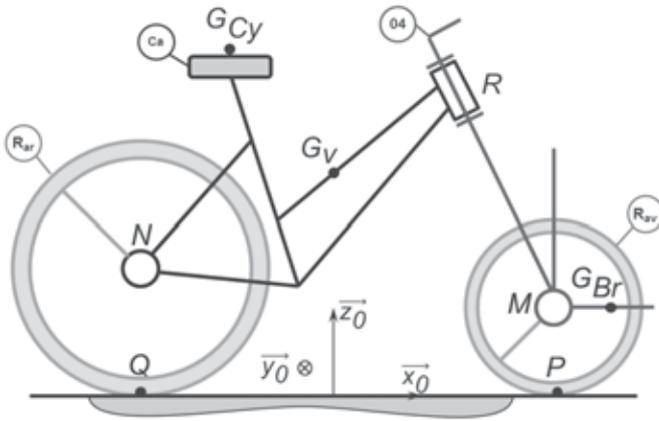


Figure 7 : paramétrage du vélo se déplaçant en ligne droite.

Paramétrage

- $\vec{QM} = b \vec{x}_0 + R_{av} \vec{z}_0$: Q point de contact entre la roue arrière et le sol et M centre de la liaison pivot entre la roue avant et le guidon ;
- $\vec{QN} = R_{ar} \vec{z}_0$: M centre de la liaison pivot entre la roue arrière et le cadre ;
- $\vec{QP} = b \vec{x}_0$: P point de contact entre la roue avant et le sol ;
- $\vec{QG}_{Cy} = x_{G_{Cy}} \vec{x}_0 + z_{G_{Cy}} \vec{z}_0$: G_{Cy} centre d'inertie du cycliste ;
- $\vec{QG}_v = x_{G_v} \vec{x}_0 + z_{G_v} \vec{z}_0$: G_v centre d'inertie du vélo ;
- $\vec{QG}_{Br} = x_{G_{Br}} \vec{x}_0 + z_{G_{Br}} \vec{z}_0$: G_{Br} centre d'inertie du bi-roue et de la charge.

Point	Coordonnée sur \vec{x}_0	Coordonnée sur \vec{z}_0
N	–	$R_{ar} = 355$ mm
G_{Cy}	$x_{G_{Cy}} = 411$ mm	$z_{G_{Cy}} = 986$ mm
G_v	$x_{G_v} = 432$ mm	$z_{G_v} = 512$ mm
M	$b = 1142$ mm	$R_{av} = 240$ mm
G_{Br}	$x_{G_{Br}} = 1282$ mm	$z_{G_{Br}} = R_{av} = 240$ mm
P	$b = 1142$ mm	–

Tableau 1 : coordonnées des points dans le repère $(Q, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$.

1. Détermination des efforts du sol sur les roues à vitesse constante

Hypothèses : on néglige l'effort exercé par l'air sur le cycliste ainsi que les frottements dans les liaisons pivots. Dans ces conditions, on considère que le cycliste ne fournit aucun couple à la roue arrière. On suppose que le contact entre chaque roue et le sol est ponctuel.

Question 1 Déterminer le vecteur $\overrightarrow{QG} = x_G \overrightarrow{x_0} + z_G \overrightarrow{z_0}$ où G est la position du centre d'inertie de l'ensemble E.

Question 2 Déterminer les efforts de réaction aux contacts roue/sol à l'avant ($F_{S \rightarrow Av}$) et à l'arrière ($F_{S \rightarrow Ar}$) lorsque le cycliste roule à vitesse constante.

2. Détermination des efforts du sol sur les roues lors d'un freinage

On suppose que le cycliste freine uniquement avec les freins avant et que la roue ne se bloque pas. On note :

- N_{av} et T_{av} la norme des efforts normaux et tangentiels du sol sur la roue avant ;
- N_{ar} et T_{ar} la norme des efforts normaux et tangentiels du sol sur la roue arrière ;
- C_f : le couple de freinage appliqué à la roue avant.

On néglige la masse et le moment d'inertie des roues par rapport aux masses du cycliste, du vélo ou du bi-roue.

Question 3 En appliquant le principe fondamental de la dynamique (PFD) sur la roue arrière, montrer que $T_{ar} = 0$.
En appliquant le PFD sur la roue avant, montrer que $T_{av} \neq 0$.

On considère l'ensemble $E = \{\text{cycliste} + \text{vélo} + \text{bi-roue}\}$ comme un solide indéformable. On donne le torseur dynamique de E :

$$\{D(E/R_0)\} = \left\{ \begin{array}{l} \overrightarrow{M\Gamma}(G, E/R_0) = Ma \overrightarrow{x_0} \\ \vec{0} \end{array} \right\}_G$$

Question 4 En appliquant le PFD sur E, déterminer la relation entre l'accélération a et l'effort N_{ar} .

Question 5 Déterminer la distance d'arrêt dans le cas d'un freinage à la limite du basculement ($N_{ar} = 0$ N) pour une vitesse initiale de 25 km/h. Dans cette même configuration, déterminer les valeurs de T_{av} et N_{av} .

Question 6 La norme impose une distance d'arrêt de 7 m pour une vitesse initiale de 25 km/h (exigence 1.1.1 – **figure 6**). Évaluer la marge de sécurité par rapport au basculement pour une telle distance de sécurité. On l'exprimera en pourcentage de l'effort sur la roue arrière par rapport à l'effort statique sur la roue arrière déterminé à la **Question 2**.

III. EXIGENCE 1.2 : STABILITE DES OCCUPANTS OU DES MARCHANDISES

Objectif : pour assurer la stabilité des occupants du bi-roue, il est nécessaire de déterminer les conditions géométriques permettant de limiter l'angle de roulis (exigence 1.2.1 – **figure 8**). Ces conditions géométriques devront être respectées lors de la conception de la fusée (exigence 1.2.2 – **figure 8**).

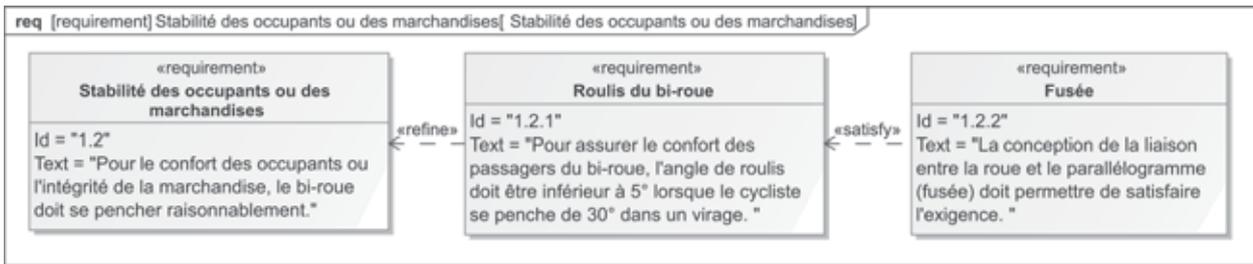


Figure 8 : exigences de stabilité à valider.

Pour pouvoir tourner, le cycliste penche le mât vertical **04** par l'intermédiaire du guidon, ce qui conduit à la déformation du parallélogramme *ACDF* donné dans la **figure 9** et à la rotation des roues autour de l'axe horizontal longitudinal \vec{x}_0 . Lors de la déformation du parallélogramme, les bielles **01** et **03** ne restent pas parfaitement horizontales ; le passager assis dans le siège lié à la bielle **03**, subit donc du roulis, c'est-à-dire un pivotement autour de l'axe longitudinal \vec{x}_0 .

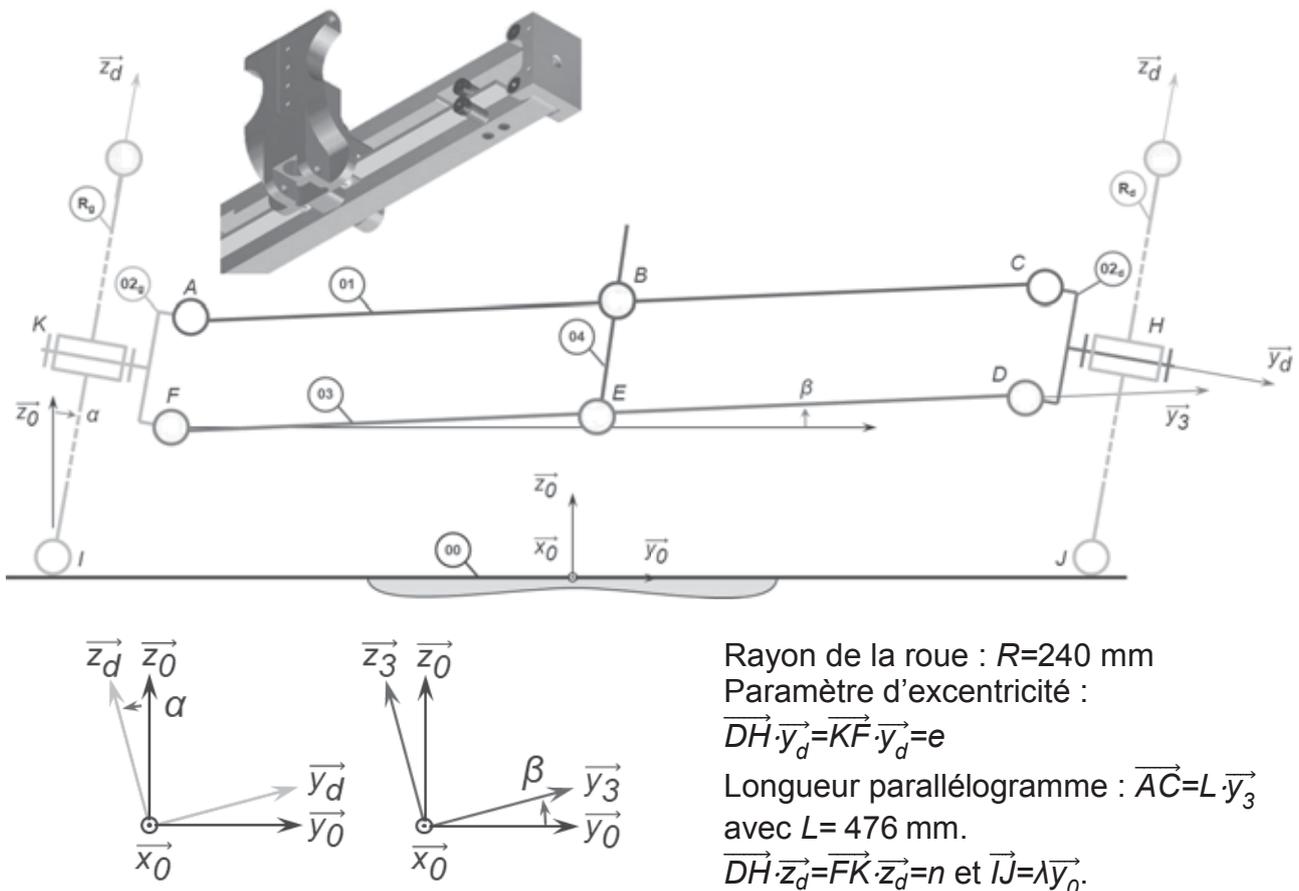


Figure 9 : paramétrage du parallélogramme déformable.

1. Détermination des contraintes géométriques sur la fusée

Objectif : pour assurer le confort du passager sur le bi-roue (satisfaction de l'exigence 1.2.1 **figure 8**), l'angle de roulis ne doit pas dépasser $\beta=5^\circ$ lorsque le cycliste penche le mât vertical de $\alpha=30^\circ$.

L'angle β correspond à l'angle de roulis des bielles **01** et **03**.

Question 7 En réalisant une fermeture géométrique, déterminer la relation liant l'angle β et l'excentricité e des fusées **02g** et **02d**.
En déduire une valeur de l'excentricité e permettant de valider l'exigence 1.2.1.

2. Conception de la liaison entre la fusée et le moyeu de roue

Objectif : la satisfaction de l'exigence 1.2.1 (**figure 8**) passe par une conception adaptée de la liaison entre la roue et le parallélogramme. L'objectif est donc de proposer cette conception.

En avant-projet de conception, l'entreprise a conçu la fusée **02** présentée dans le **document technique 1**. Connaissant les chargements exercés sur la pièce, une étude éléments finis a été réalisée. Les résultats sont proposés **figure 10**.

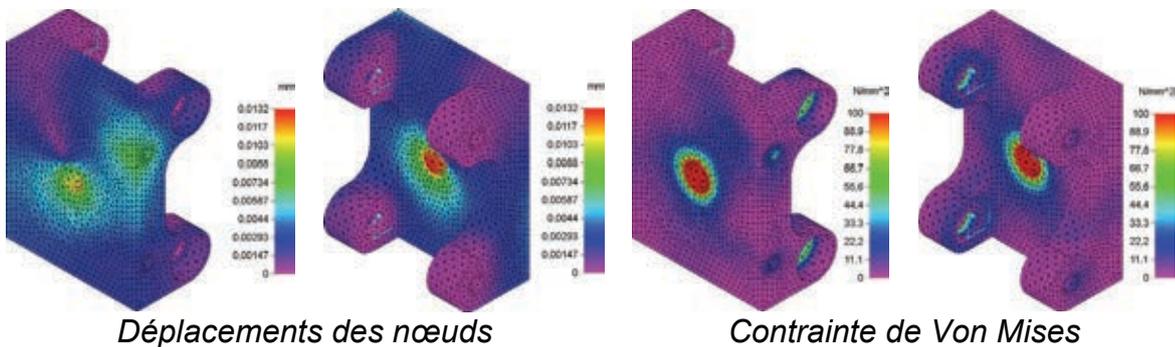


Figure 10 : résultats de simulation éléments finis.

Question 8 À la vue de l'état de contrainte, quelles sont les zones de la pièce pouvant être modifiées afin de minimiser la masse de la pièce ?
Proposer, à main levée, une géométrie de pièce tenant compte des observations faites précédemment. La géométrie proposée devra aussi permettre de satisfaire la condition sur l'excentricité trouvée à la **Question 7**.

La liaison entre le parallélogramme et la roue est réalisée par l'intermédiaire de la fusée **02** ainsi que par un moyeu. Le concepteur a décidé de faire appel à un moyeu conçu et fabriqué par une entreprise spécialisée. La **figure 11** donne un extrait de la documentation disponible sur le site du constructeur.

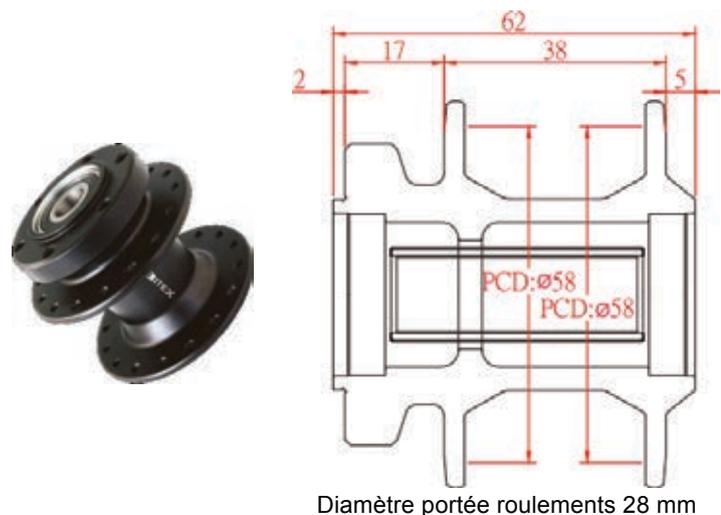


Figure 11 : moyeu.

Il est nécessaire de réaliser la liaison entre le moyeu et la fusée **02**. Pour cela, il est envisagé d'utiliser un axe intermédiaire qui sera d'une part en liaison encastrement avec la fusée **02**, et d'autre part en liaison pivot avec le moyeu (**figure 12**). Le **document technique 1** donne la géométrie initiale de la fusée **02**. Les dimensions de roulements à une rangée de billes sont données **figure 13**.

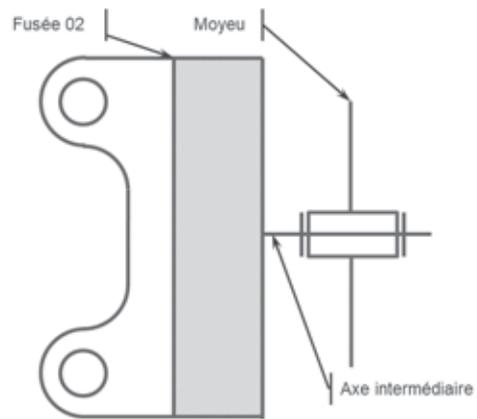
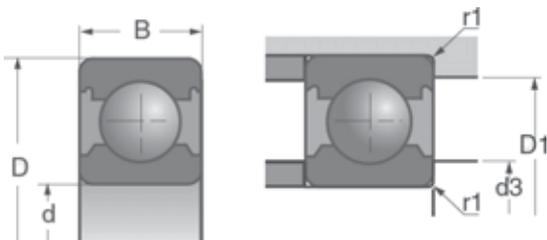


Figure 12 : schéma de principe.



Référence SNR	D (mm)	d (mm)	B (mm)
6001	28	12	8
61902	28	15	7

Figure 13 : dimensions des deux roulements.

Question 9

Proposer, à main levée, un choix de conception de la liaison entre le moyeu et la fusée. Pour cela :

- la liaison pivot sera réalisée par deux roulements à billes à contact radial. Les choix du montage et des ajustements devront être justifiés ;
- la liaison entre l'axe intermédiaire et la fusée **02** est une liaison encastrement démontable ;
- les formes de la fusée sont laissées libres afin de réaliser la liaison encastrement ;
- les formes de l'axe intermédiaire sont laissées libres ;
- la géométrie du moyeu devra respecter le document constructeur de la **figure 11**.

Question 10

La conception proposée est-elle compatible avec la valeur de l'excentricité déterminée précédemment ? Si non, quelles seraient les modifications à envisager ?

IV. EXIGENCE 1.3 : MANIABILITE DU VELO

Pour assurer le retour en position verticale et la suspension du bi-roue et pour encaisser les défauts de voirie, un empilement de lames est positionné entre le mât vertical **04** et la bielle inférieure **03**. Cette solution permet, par opposition à un ressort seul, d'apporter un léger amortissement au système par frottement sec entre les lames. L'effet amortisseur sera d'autant plus grand que le nombre de lames est grand. Cependant il faut veiller à ce que l'effort pour tourner le vélo par l'utilisateur soit compatible avec les normes en vigueur.

Objectifs : dimensionner l'empilement de lames permettant l'amortissement du bi-roue et le retour en position verticale après virage tout en respectant la norme NFXF35-106 (**figure 14**).

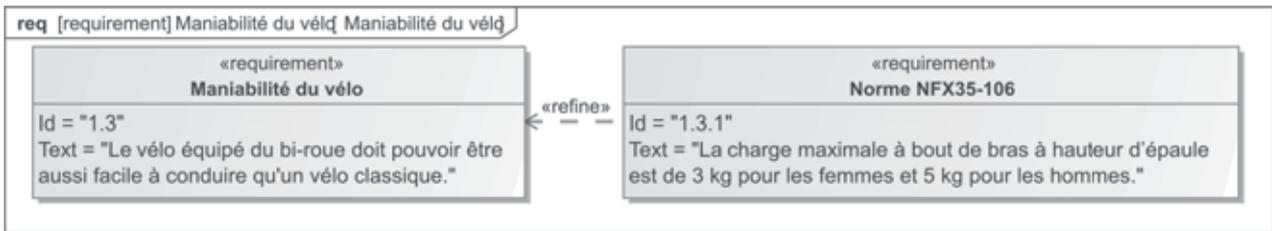


Figure 14 : exigences de maniabilité à respecter.

Pour les questions 11 à 13, on négligera le frottement entre lames. On considère le modèle d'une lame donné **figure 15**. Les lames ont une épaisseur de $h=0,6$ mm (selon \vec{y}) et une largeur de $q=20$ mm (selon \vec{z}). La longueur L entre A et B est de 151 mm. Les lames sont en acier inox à ressort, de module d'Young $E = 210$ GPa.



Figure 15 : modélisation d'une lame du système de suspension.

Question 11 Pour un angle θ_0 imposé en B , déterminer l'expression du moment résultant M_0 en B en fonction de θ_0 . On pourra appliquer une méthode énergétique et négliger l'effet de l'effort tranchant. On fera également l'hypothèse que le point d'appui A ne bouge pas pendant la déformation de la lame. Déterminer la valeur de M_0 pour $\theta_0=30^\circ$.

Question 12 En déduire l'effort F_G que doit exercer le cycliste sur le guidon pour contrer ce moment pour une lame de chaque côté du mât vertical, en supposant que cet effort est toujours perpendiculaire à la fourche (**figure 16**).

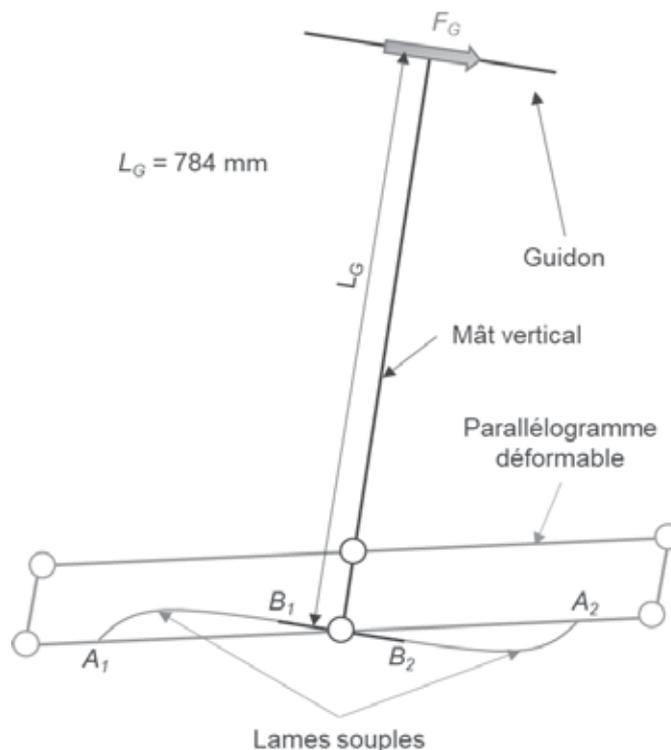


Figure 16 : modélisation du pivotement du mât vertical et de l'effort exercé sur le guidon.

À titre indicatif, la norme relative à la pénibilité de la manutention répétitive (NFX35-106) indique que la charge maximale à bout de bras à hauteur d'épaule est de 3 kg pour les femmes et 5 kg pour les hommes.

Question 13 Par analogie et sachant qu'on cherche à maximiser le nombre de lames, déterminer le nombre maximal de lames à implanter. On supposera que l'effort est généré par la force des bras uniquement, sans aide du poids du corps du cycliste.

V. EXIGENCE 1.4 : ADAPTABILITE A TOUS TYPES DE VELOS

La fourche du vélo est reliée au dispositif bi-roue grâce à une plaque de fixation, montée sur la fourche à l'aide d'une attache rapide et d'un système de pinces (**figure 18**).

Objectif : dimensionner le mât vertical afin de respecter l'exigence 1.4.2 (**figure 17**).

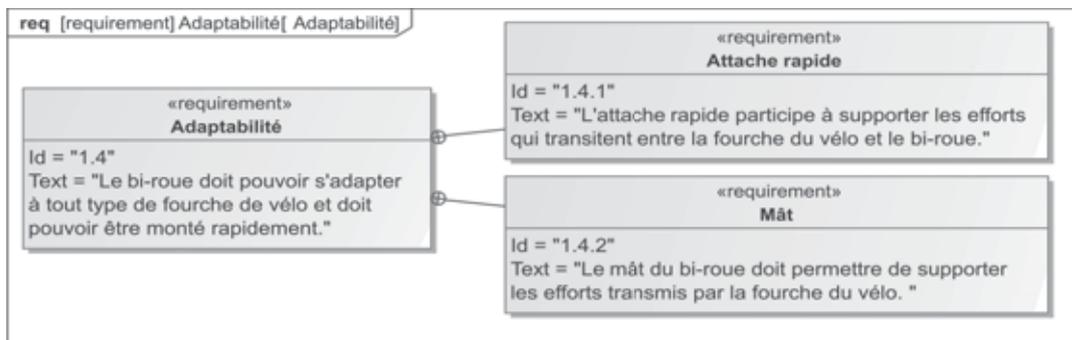


Figure 17 : exigences d'adaptabilité à respecter.

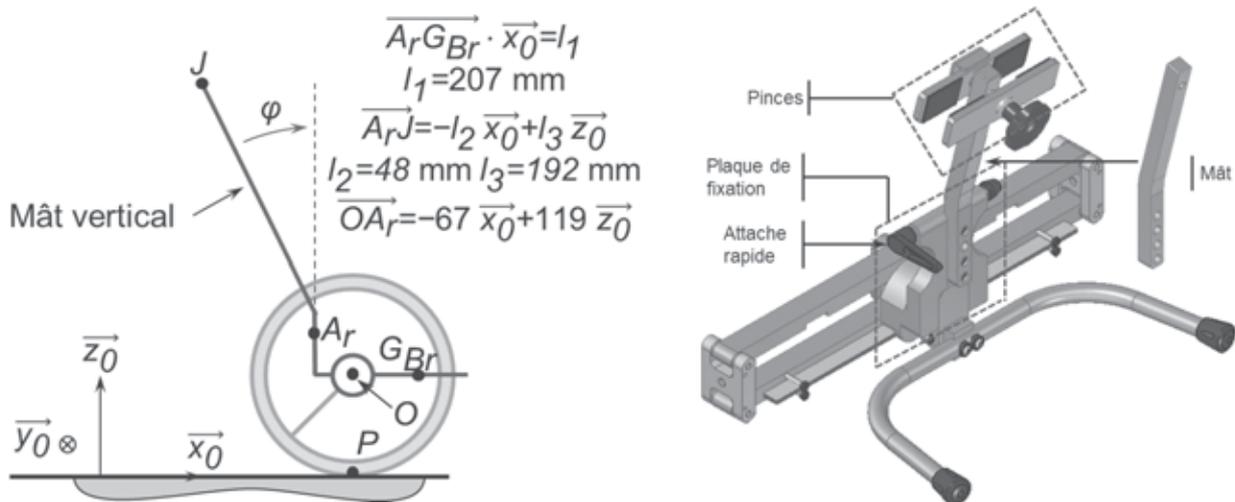


Figure 18 : liaison bi-roue – fourche.

L'attache rapide étant serrée à la main, on considère que le couple résistant entre le bi-roue et la fourche, au point A_r , est de 6 N.m.

Le bi-roue dispose d'un mât permettant d'augmenter la charge transportable, grâce à une pince qui transmet l'effort à la fourche.

Question 14 En s'appuyant sur la **figure 18**, déterminer l'effort extérieur sur le mât au point J dans le cas du freinage maximal obtenu en **Question 5** (on pourra prendre $N_{av} = 1700N$ et $T_{av} = -1000N$). On considérera que la pince réalise une liaison ponctuelle entre le mât vertical et la fourche en J et que la liaison en A_r est une liaison pivot parfaite avec un couple C .

La **figure 19** présente la modélisation retenue pour l'étude du mât. On considère que ce dernier est de section carrée de côté c . Dans la suite, on négligera l'effet de l'attache rapide.

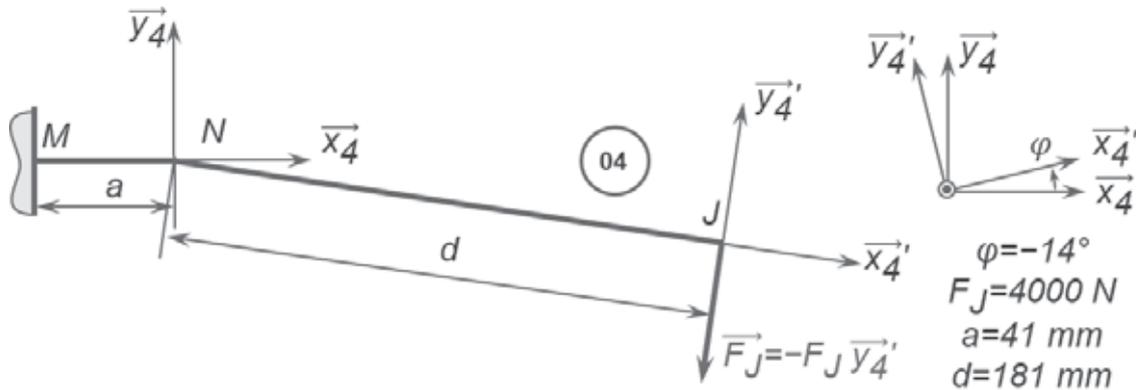


Figure 19 : modélisation du mât.

Question 15 Déterminer le torseur de cohésion dans chacun des deux tronçons de la poutre.
Tracer les diagrammes des sollicitations et préciser leur nom.

Quels que soient les résultats de la partie précédente, on considère que le mât n'est soumis qu'à de la flexion. On néglige l'angle du mât. Dans le but de dimensionner la section du mât, on cherche à connaître le matériau proposant le meilleur compromis masse – tenue sans déformation permanente.

Les paramètres a et d sont appelés paramètres fixes et c le paramètre ajustable. On note ρ la masse volumique du matériau.

Question 16 Donner l'expression de la contrainte normale maximale dans le mât. Exprimer sa masse en fonction des paramètres fixes (a et d), du moment de flexion, de la masse volumique et de la contrainte normale.

On admet que la masse est proportionnelle à $\frac{\rho}{(\sigma_{maxi})^2}$.

Question 17 Quel critère faut-il maximiser pour minimiser la masse du mât tout en garantissant un fonctionnement sans déformation permanente de la pièce ?
En utilisant la carte d'Ashby donnée dans le **document technique 2**, (limite élastique en fonction de la masse volumique), proposer des matériaux permettant d'obtenir les meilleurs compromis masse – contrainte élastique.

On considère que le moment maximal est de 150 N.m.

Question 18 En utilisant un coefficient de sécurité de 2 et les résultats des **Questions 16** et **17**, choisir un matériau et déterminer la valeur de c permettant que l'exigence 1.4.2 soit satisfaite.

VI. EXIGENCE 1.5 : EXIGENCES ECONOMIQUES – RESISTANCE A LA FATIGUE

Objectif : afin de garantir une durée de vie satisfaisante du bi-roue et du vélo associé, des essais de fatigues sont nécessaires. La norme prévoit des essais sur les fourches (voir **figure 20**). L'objectif est ici d'évaluer la pertinence de l'essai normatif pour évaluer la tenue en fatigue de la fourche quand le bi-roue est monté sur le vélo.

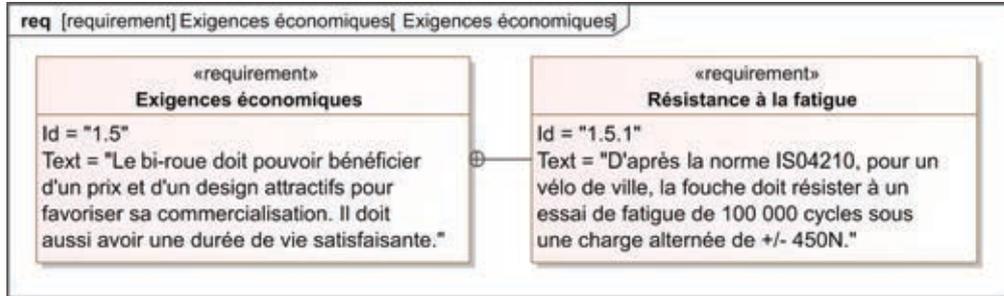
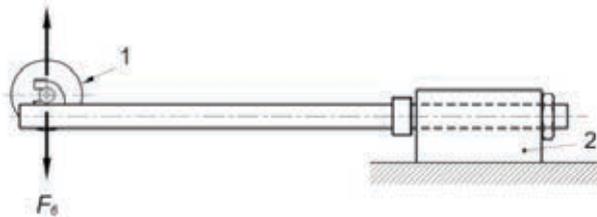


Figure 20 : exigences de fatigue à respecter.

La norme ISO4210 prévoit la vérification de la tenue en fatigue d'une fourche de vélo de la façon suivante : la fourche est sollicitée en flexion pendant 100 000 cycles avec un effort alterné F_0 (voir **figure 21**). La valeur de cet effort dépend du type de vélo ; dans le cas d'un vélo de ville, $F_0 = +/- 450$ N.



1. Système d'attache permettant d'exercer une action mécanique sur une liaison pivot.
2. Support rigide intégrant des paliers à billes.

Figure 21 : configuration de l'essai de fatigue d'une fourche selon la norme.

En considérant une géométrie de fourche standard, on réalise le calcul par éléments finis des contraintes générées par un tel effort dans la fourche (cas 1). Le résultat est donné sur la **figure 22-a**.

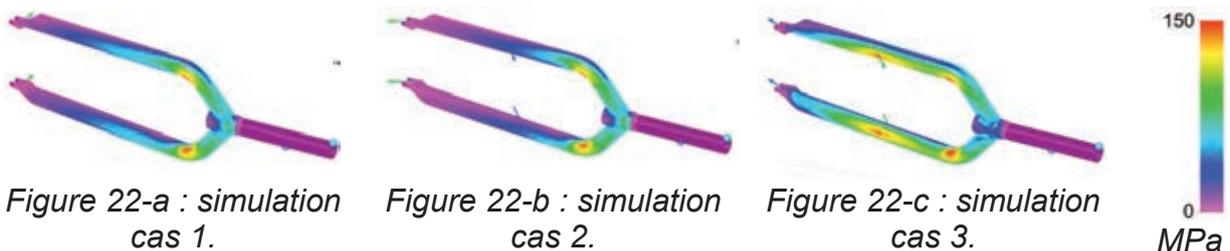


Figure 22-a : simulation cas 1.

Figure 22-b : simulation cas 2.

Figure 22-c : simulation cas 3.

MPa

Figure 22 : distribution de la contrainte de Von Mises dans la fourche, obtenue par calcul par éléments finis

Pour estimer les sollicitations subies par la fourche avec le bi-roue, on réalise également le calcul par éléments finis des contraintes dans la fourche avec le bi-roue monté et chargé, à vitesse constante (cas 2, **figure 22-b**) et lors d'un freinage assez violent (plus que 20% de la charge sur la roue arrière, cas 3, **figure 22-c**).

La contrainte de Von Mises maximale obtenue pour chacun de ces cas est donnée dans le **tableau 2**.

Configuration	Cas 1	Cas 2	Cas 3
Contrainte de Von Mises maximale (MPa)	148	125	140

Tableau 2 : résultats des simulations sur la fourche.

Pour analyser l'essai de fatigue normatif, on se place dans le cadre de la théorie de Wöhler, illustrée par le diagramme donné dans le **document technique 3**. Dans ce graphique, les courbes tracées représentent les contraintes admissibles par l'acier (trait fin) et l'aluminium (trait épais) en fonction du nombre de cycles, pour un taux de survie de la pièce de 90 %. Les nuances choisies pour tracer ces courbes sont standard pour les fourches de vélo (*Mild Steel* pour l'acier, 7005 pour l'aluminium).

Question 19 À partir du diagramme donné dans le **document technique 3**, commenter le choix des valeurs d'effort et de nombre de cycles de l'essai normatif.

Question 20 À partir des valeurs et distributions de la contrainte de Von Mises dans les trois cas présentés, commenter la pertinence de l'essai normatif pour une fourche équipée d'un bi-roue et proposer une configuration alternative d'essai normatif si nécessaire.

VII. EXIGENCE 1.5 : EXIGENCES ECONOMIQUES – ASSEMBLAGE ET FABRICATION

Objectifs : afin de pouvoir vendre son produit à un prix attractif, la start-up doit pouvoir fabriquer et assembler son produit à un coût satisfaisant. Une maîtrise des coûts passe par la maîtrise des spécifications garantissant l'assemblage du système et par des coûts de fabrication réduits (**figure 23**). Les objectifs sont alors de :

- ❑ spécifier les surfaces fonctionnelles de la bielle inférieure (**03**) à partir des conditions de fonctionnement ;
- ❑ proposer un procédé de fabrication pour la bielle inférieure (**03**) ;
- ❑ analyser les spécifications géométriques et dimensionnelles choisies par le concepteur sur la fusée (**02**).

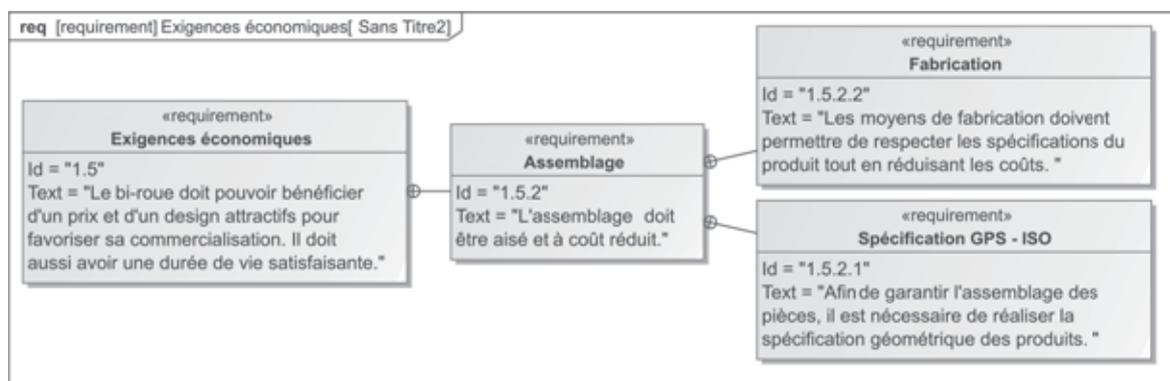


Figure 23 : exigences économiques à maîtriser.

1. Spécification des surfaces fonctionnelles

On cherche à réaliser une cotation fonctionnelle de la bielle inférieure **03**. Pour cela, on s'intéresse au « demi parallélogramme » de gauche dont le modèle est donné **figure 24**. On considère qu'au vu des dispersions liées au processus de fabrication, les dimensions des côtés du parallélogramme peuvent différer des dimensions nominales.

Question 21 | Après avoir fait un graphe de structure et sans tenir compte des roues et de leurs liaisons au sol, donner le degré d'hyperstatisme du modèle proposé.

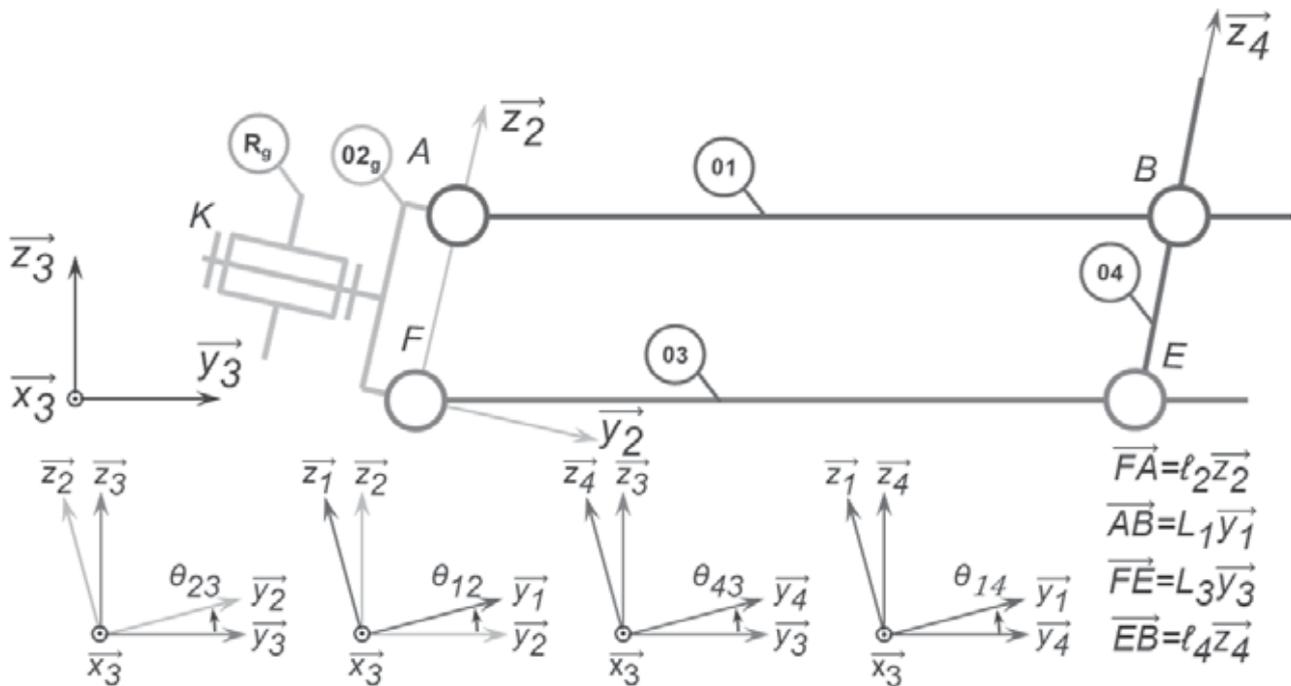


Figure 24 : paramétrage d'un demi-parallélogramme.

Question 22 | Donner les torseurs cinématiques $\{V(2/3)\}$, $\{V(1/2)\}$, $\{V(4/3)\}$, $\{V(1/4)\}$.
En utilisant une fermeture de chaîne cinématique, donner le système d'équations liant les différentes variables.

Question 23 | En déduire les conditions géométriques à imposer sur la bielle (**03**) afin de satisfaire l'assemblage du mécanisme.
En utilisant le **document réponse 1**, proposer des spécifications géométriques et/ou dimensionnelles sur la bielle (**03**) résultant de ces contraintes géométriques.

2. Proposition d'une gamme de fabrication

Lors de la fabrication du prototype du dispositif bi-roue, les biellets supérieure et inférieure (**01** et **03**) étaient entièrement usinées dans la masse. Ce mode de fabrication étant trop onéreux, la start-up a décidé de s'orienter vers d'autres modes de fabrication.

La **figure 25** représente les surfaces fonctionnelles de la bielle inférieure. Au vu de l'avant-projet, l'entreprise a décidé de réaliser cette pièce en aluminium, en utilisant des procédés d'usinage. Un traitement d'anodisation est envisagé.

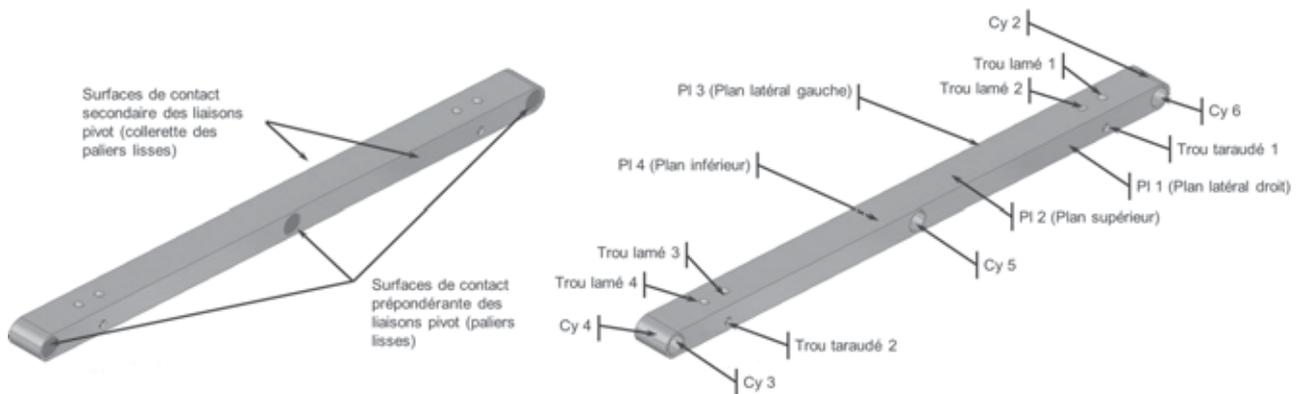


Figure 25 : bielle inférieure du bi-roue.

Question 24 | Donner une gamme de fabrication permettant de réaliser la bielle. On précisera le mode d'obtention du brut ainsi que sa forme puis chacun des procédés utilisés chronologiquement.

Dans l'optique de réduire les coûts, l'entreprise envisage d'avoir recours à un procédé de type mécano soudage impliquant une modification des surfaces de raccordement du produit.

Question 25 | Justifier cette démarche de l'entreprise. Proposer un procédé de soudage et le décrire.
Proposer à main levée une nouvelle géométrie de la pièce tenant compte de ce procédé d'obtention différent.

3. Analyse des spécifications géométriques et dimensionnelles

Le **document technique 1** donne le dessin de définition de la fusée (**02**). Afin de réceptionner le produit réalisé par un sous-traitant, l'entreprise doit s'assurer qu'il satisfait au cahier des charges (dessin de définition).

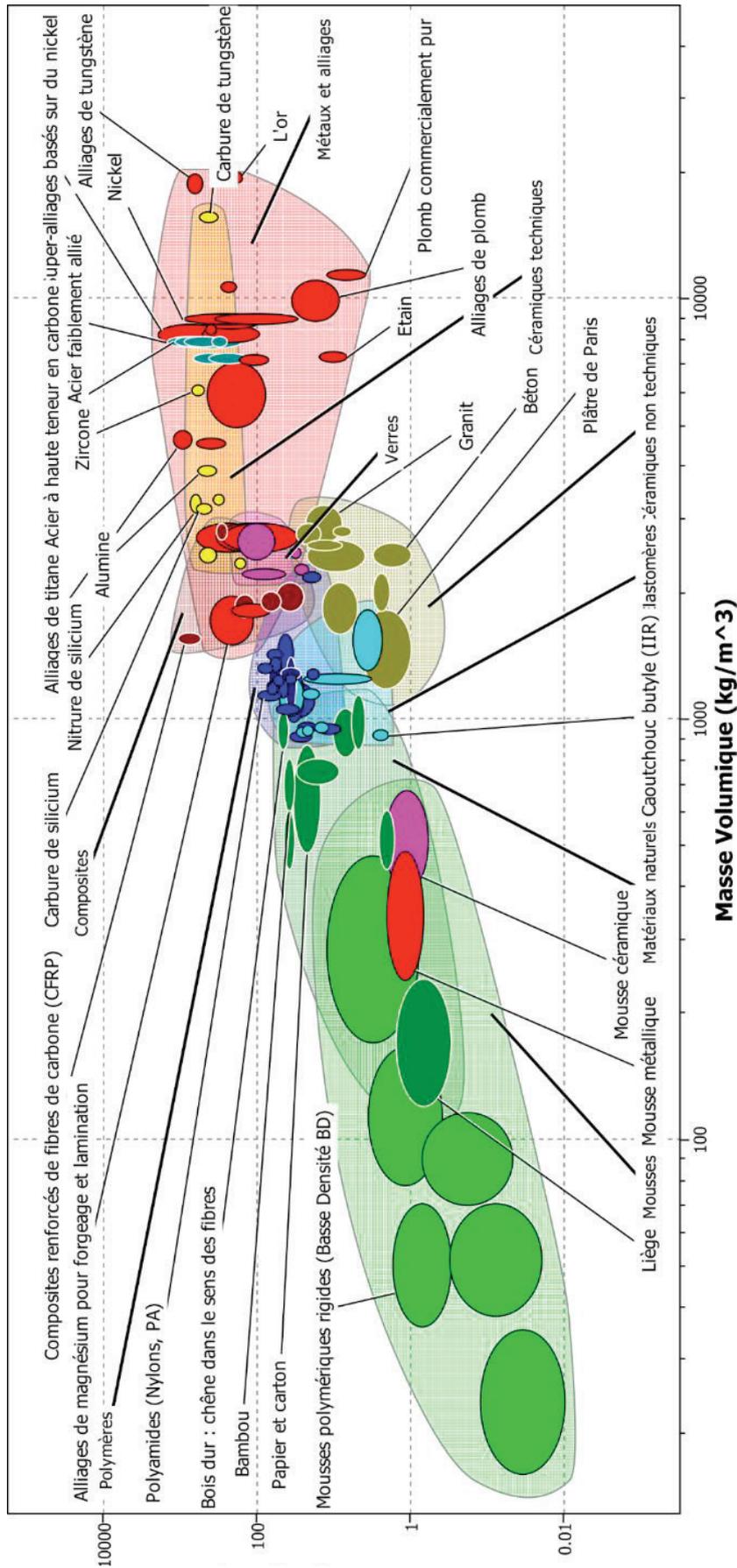
Question 26 | Quelle fonctionnalité de la fusée (et des surfaces associées) impose l'existence de la spécification ① ?
Analyser cette spécification.
Donner un moyen de la mesurer dans le but de la vérifier.

Question 27 | Pour cette question on utilisera le **document réponse DR 2**.
Quelles fonctionnalités de la fusée (et des surfaces associées) imposent l'existence des spécifications ② et ③ ?
Analyser cette spécification en remplissant les grilles fournies. Des croquis pourront compléter l'analyse de ces spécifications.

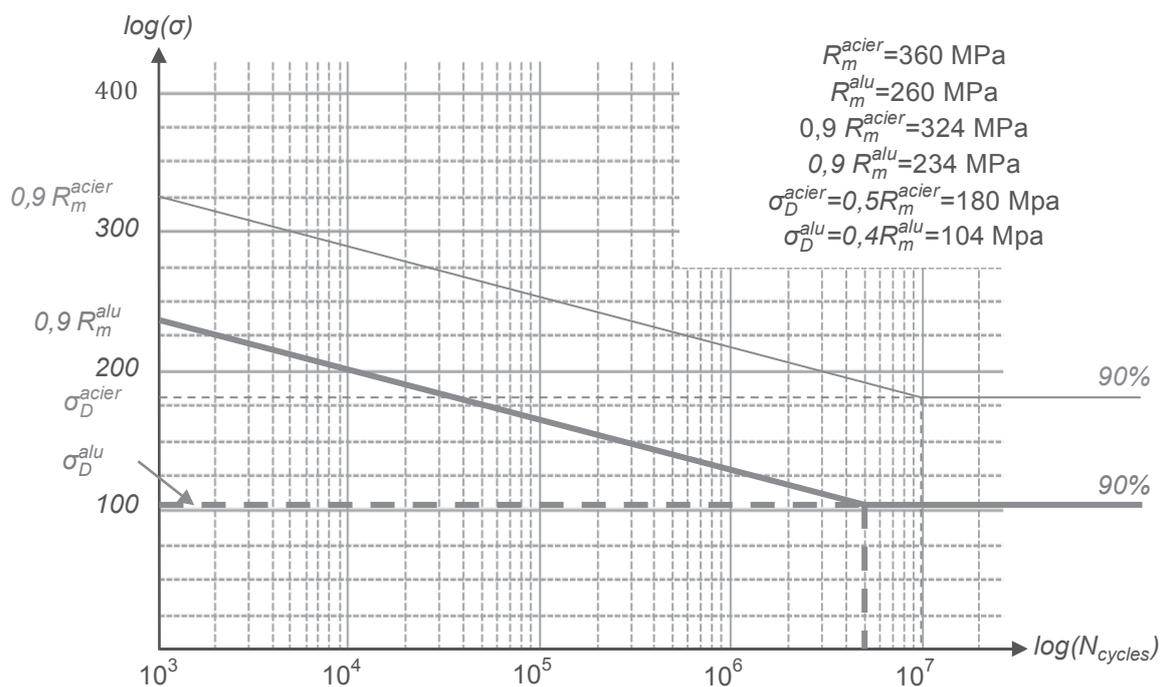
VIII. SYNTHÈSE

Question 28 | Réaliser une synthèse des activités réalisées sous la forme d'un poster au format A4. On précisera si les exigences du cahier des charges ont été satisfaites ou non ainsi que les moyens mis en œuvre pour les satisfaire.

Limite élastique (MPa)



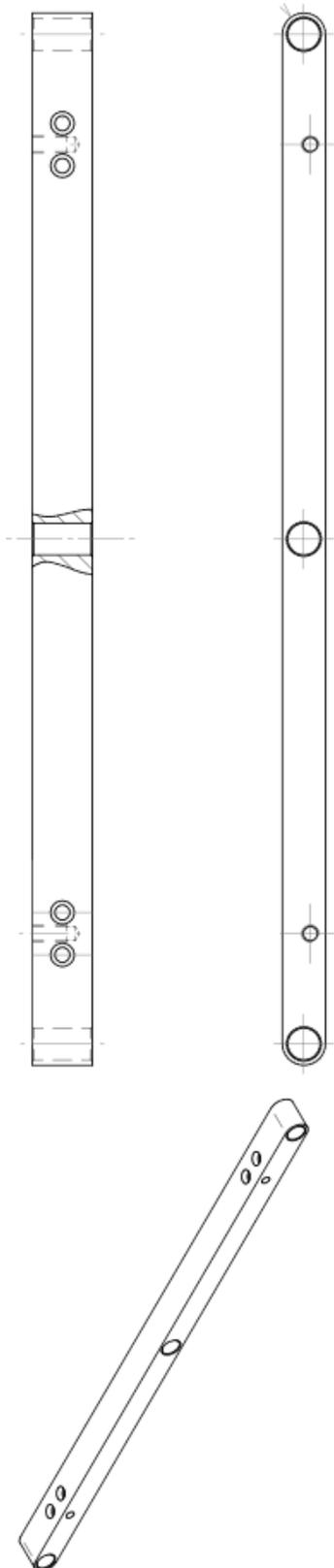
DOCUMENT TECHNIQUE 3



Sur ce diagramme, σ_D est la limite d'endurance du matériau et R_M sa résistance mécanique.

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DOCUMENT REPONSE DR1



DOCUMENT REPOSE DR 2

Symbole de la spécification	Éléments non idéaux		Éléments idéaux	
	Éléments tolérancés	Éléments de référence	Référence spécifiée	Zone de tolérance
Type de spécification				
Condition de conformité	Unique Groupe	Unique Multiples	Simple Commune Système	Simple Composée Contraintes et/ou positions
<p>Contrainte fonctionnelle associée à cette spécification :</p>				
<p>Moyen de mesure :</p>				

DOCUMENT REPOSE DR 2 (SUITE)

Symbole de la spécification	Éléments non idéaux		Éléments idéaux	
	Éléments tolérancés	Éléments de référence	Référence spécifiée	Zone de tolérance
Type de spécification				
Condition de conformité	Unique Groupe	Unique Multiples	Simple Commune Système	Simple Composée Contraintes et/ou positions
<p>Contrainte fonctionnelle associée à cette spécification :</p>				
<p>Moyen de mesure :</p>				