

## Objectif 1 : améliorer l'autonomie énergétique du Click & Move

### Problématiques identifiées :

- la recharge des batteries immobilise le chariot durant tout le temps de charge car la prise se trouve sur la roue ;
- comme les batteries Ni-Mh se déchargent rapidement hors utilisation, si le Click & Move n'est pas utilisé durant quelques jours, on peut se retrouver avec des batteries déchargées.

Dans l'étude qui suit, on se propose de déterminer l'énergie nécessaire à l'utilisation du Click & Move durant une journée standard en milieu hospitalier.

Les choix d'une batterie externe et d'une nouvelle roue seront faits ultérieurement.

### Hypothèses simplificatrices :

- l'intensité du courant consommé par le moteur de la roue est proportionnelle aux efforts (couple) que doit fournir la roue ;
- tension moteur = tension batterie.

Des estimations ont permis de calculer le courant moyen consommé au cours du temps, pour un trajet standard dans un hôpital de la région lyonnaise.

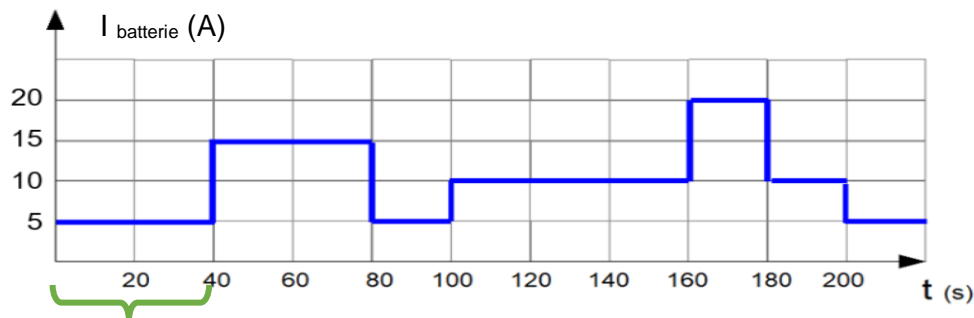


figure 1

T1 = tronçon1

Les variations de courant, définie sur le graphe de la figure 1, correspondent à des variations d'effort sur le Click & Move au cours du trajet.

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Question 1</b> | <b>Donner</b> trois conditions d'utilisation qui pourraient expliquer les variations du courant consommé par le moteur. |
| Feuille de copie  |   |

**Rappels :** Puissance  $(W) = U_{(V)} \cdot I_{(A)}$  ; Énergie  $(J) = P_{(W)} \cdot t_{(s)}$  ; 1 Wh = 3600 J

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Question 2</b> | <b>Relever</b> sur la figure 1, l'intensité du courant et le temps pour chacun des tronçons de la courbe et <b>noter</b> les valeurs sur le tableau du DR1. |
| DT1<br>DR1        | <b>Compléter</b> le tableau du DR1 afin de <b>déterminer</b> l'énergie consommée pour un trajet standard de 220 s.  |

Les besoins quotidiens de l'hôpital sont évalués à 26 trajets standards pour lesquels on doit utiliser le Click & Move.

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Question 3</b>       | <b>Calculer</b> en Wh, le besoin quotidien en énergie du Click & Move et le <b>comparer</b> à l'énergie disponible dans la batterie actuelle.  |
| DT1<br>Feuille de copie | <b>Préciser</b> si la batterie actuelle permet une utilisation du Click & Move durant une journée entière standard sans être rechargée ? Le cas échéant, <b>lister</b> les conséquences possibles. |

**Pour la suite de l'étude on suppose que les besoins quotidiens en énergie du Click & Move sont de 400 Wh. Le choix de la nouvelle batterie sera fait en fonction du choix de la nouvelle roue.**

|   |                 |              |
|---|-----------------|--------------|
| BTS CONCEPTION DES PRODUITS INDUSTRIELS                             | DOSSIER TRAVAIL | SESSION 2023 |
| E4 : Étude préliminaire de produit<br>U42 : Conception préliminaire | 23CP42CP        | PAGE 1/12    |

## Objectif 2 : améliorer la motricité du Click & Move

### Problématiques identifiées :

- lorsque le Click & Move doit tracter un brancard avec la charge maximale, il est difficile, voire impossible, de démarrer en montée sur une rampe inclinée. L'opérateur doit alors tirer sur la poignée pour pouvoir avancer ;
- sur les rampes inclinées ou lorsque le sol est mouillé, il arrive que la roue motrice du Click & Move patine. L'opérateur doit, là aussi, tirer sur la poignée pour aider le Click & Move à franchir la zone.

Ces conditions d'utilisation peuvent amener l'opérateur à fournir des efforts importants et risquent à la longue, d'engendrer des accidents du travail ou des troubles musculo squelettiques (TMS).

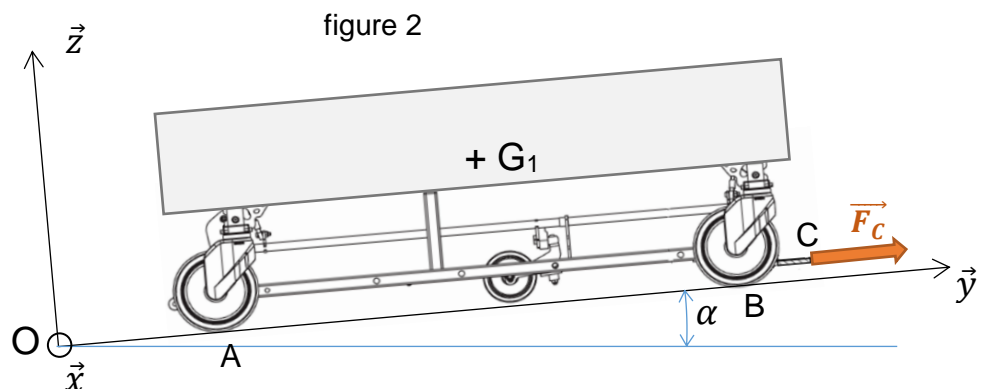
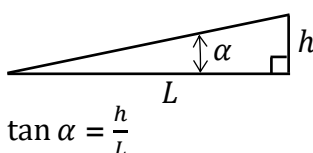
L'étude qui suit va permettre de calculer les efforts qui s'exercent sur le Click & Move dans ces conditions particulières et de choisir une nouvelle roue pour améliorer la motricité du dispositif.

### Sous-objectif 2.1 : déterminer l'effort à exercer sur le brancard pour le mettre en mouvement lorsqu'il se trouve sur une rampe inclinée

Sur la figure 2, le brancard est représenté sur une rampe inclinée d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontale. Le vecteur  $\vec{F}_C$  représente la force exercée par le Click & Move sur le brancard.

#### Rappel :

$$\text{Pente (\%)} = \frac{100 \cdot h}{L}$$



#### Données :

- masse maximale du brancard chargé :  $M_1=450$  kg ;
- le poids de l'ensemble est appliqué au point  $G_1$  ( $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>) ;
- l'inclinaison de la rampe correspond à la pente maximale ;
- le brancard doit atteindre la vitesse de 6 km/h en 4 s.

#### Hypothèses simplificatrices :

- la force  $\vec{F}_C$  du Click & Move sur le brancard appliquée en C est parallèle à l'axe  $Oy$  ;
- l'action du sol sur les roues aux points A et B est perpendiculaire au sol (résistance au roulement négligée) ;
- la roue centrale du brancard n'est pas en contact avec le sol ;
- la symétrie de l'ensemble permet de modéliser le problème comme un problème plan ;
- l'accélération, notée  $a$ , sera supposée constante lors du démarrage.

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Question 4</b> | <b>Relever</b> la pente maximale franchissable par le Click & Move.  |
| DT1               | <b>Calculer</b> l'angle $\alpha$ (en degré) qui correspond à cette pente.  |
| DR1               | Sur la figure 2 du DR1, <b>représenter</b> et <b>nommer</b> sans échelle les efforts qui s'exercent sur le brancard. |
| Feuille de copie  |  |

|   |                 |              |
|---|-----------------|--------------|
| BTS CONCEPTION DES PRODUITS INDUSTRIELS                             | DOSSIER TRAVAIL | SESSION 2023 |
| E4 : Étude préliminaire de produit<br>U42 : Conception préliminaire | 23CP42CP        | PAGE 2/12    |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Question 5</b>              | <b>Calculer</b> l'accélération $a$ lors de la phase de démarrage.   |
| DT1<br><i>Feuille de copie</i> |   |
| <b>Question 6</b>              | <b>Écrire</b> le théorème de la résultante dynamique appliqué au brancard lors de la phase d'accélération.<br><b>Écrire</b> l'équation de projection sur l'axe $O\vec{y}$ et <b>calculer</b> $\ \vec{F}_C\ $ .  |
| DT1<br><i>Feuille de copie</i> |   |
| <b>Question 7</b>              | <b>Donner</b> la relation entre le couple de la roue motrice et l'effort tangentiel qu'elle exerce sur le sol (en valeur absolue).<br>À partir du couple maxi de la roue motrice ez-wheel, <b>calculer</b> l'effort tangentiel $F_{\text{Maxi}}$ disponible entre la roue et le sol.<br><b>Vérifier</b> si l'effort est suffisant pour réaliser un démarrage en côte à pleine charge. Le cas échéant, <b>calculer</b> l'effort que devra fournir l'opérateur pour pouvoir démarrer. |
| DT1<br><i>Feuille de copie</i> |   |

**Pour la suite de l'étude, on suppose que l'effort de traction maximal que le Click & Move doit transmettre au brancard est de 550 N.**

Le bureau d'études a choisi une nouvelle roue de marque OZO, représentée figure 3, à implanter sur la structure du Click & Move.



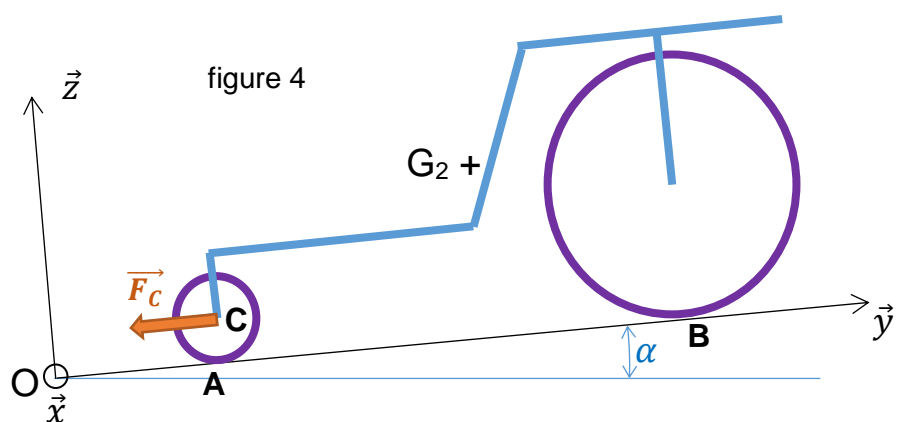
figure 3

**Sous-objectif 2.2 : choisir une batterie adaptée**

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Question 8</b>              | À partir de son couple maximal et selon sa tension d'alimentation (36 V ou 48 V), <b>calculer</b> l'effort tangentiel maximal $F_{\text{ozo}}$ que peut fournir cette nouvelle roue.<br><b>Conclure</b> sur la tension de batterie à privilégier. |
| DT4<br><i>Feuille de copie</i> |   |

**Sous-objectif 2.3 : vérifier le non-patinage de la nouvelle roue lors d'un démarrage sur une rampe inclinée**

La figure 4 représente le Click & Move équipé de sa nouvelle roue. Il tracte un brancard sur une rampe inclinée. Le Click & Move est en équilibre dans cette position.



**Données :**

- poids du Click & Move :  $P_2$  appliqué en  $G_2$  ;
- on notera  $T_B$  et  $N_B$  les composantes de  $\vec{R}_B$ , action du sol sur la roue au point B ;
- $T_B$  : effort tangentiel en B du sol sur la roue,  $N_B$  : effort normal en B du sol sur la roue ;

|   |                 |              |
|---|-----------------|--------------|
| BTS CONCEPTION DES PRODUITS INDUSTRIELS                             | DOSSIER TRAVAIL | SESSION 2023 |
| E4 : Étude préliminaire de produit<br>U42 : Conception préliminaire | 23CP42CP        | PAGE 3/12    |

- $f$  : coefficient de frottement entre la roue et le sol au point B ;
- l'inclinaison de la rampe correspond à la pente maximale ;
- la force  $\vec{F}_C$  représente l'action du brancard sur le Click & Move ;
- $\vec{CG}_2(0 ; d ; e)$ ,  $\vec{CB}(0 ; L ; -h)$ .

### Hypothèses simplificatrices :

- la force  $\vec{F}_C$  appliquée en C est parallèle à l'axe  $O\vec{y}$  ;
- l'action en A du sol sur la roulette est perpendiculaire au sol ;
- on suppose l'ensemble à l'**équilibre strict (limite de l'adhérence)** ;
- l'action de l'opérateur sur la poignée du Click & Move sera négligée ;
- la symétrie géométrique de l'ensemble et des efforts permet de considérer le problème comme un problème plan.

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Question 9</b>       | Sur la figure 4 du DR1, <b>représenter</b> les efforts sans échelle qui s'exercent sur le Click & Move.  |
| DR1<br>Feuille de copie | <b>Appliquer</b> le principe fondamental de la statique au Click & Move et <b>écrire</b> les équations de projection des forces sur l'axe $O\vec{y}$ et sur l'axe $O\vec{z}$ . |

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Question 10</b> | <b>Écrire</b> l'équation de moments autour du point C. |
| Feuille de copie   |  |

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Question 11</b> | <b>Écrire</b> la relation entre $f$ , $T_B$ et $N_B$ . |
| Feuille de copie   |  |

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Question 12</b> | <b>Résoudre</b> le système d'équations et <b>déterminer</b> $F_C$ en fonction de $P_2$ , $f$ , $d$ , $e$ , $L$ , $\alpha$ et $h$ . |
| Feuille de copie   |  |

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Question 13</b> | <b>Faire</b> l'application numérique avec :  |
| Feuille de copie   | $P_2 = 700 \text{ N}$ ; $f = 0,8$ ; $d = 0,25 \text{ m}$ ; $e = 0,2 \text{ m}$ ; $L = 0,5 \text{ m}$ ; $h = 0,1 \text{ m}$ et $\alpha = 4,6^\circ$ |

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Question 14</b> | <b>Comparer</b> la valeur de $F_C$ avec l'effort de traction maximal que le Click & Move doit pouvoir transmettre au brancard (550 N). |
| Feuille de copie   | <b>Définir</b> les paramètres présents dans l'expression de $F_C$ qui peuvent être modifiés pour améliorer la situation.               |

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Question 15</b> | <b>Définir</b> les transformations qui pourraient être envisagées sur la conception du Click & Move pour améliorer la situation. |
| Feuille de copie   |  |

### **Sous-objectif 2.4 : vérifier la compatibilité entre la nouvelle roue motrice OZO et la nouvelle batterie**

Le bureau d'études a choisi d'utiliser une batterie de vélo à assistance électrique pour alimenter le Click & Move. Les caractéristiques principales de cette batterie sont données ci-dessous.



|             |               |
|-------------|---------------|
| Marque      | E-Bike Vision |
| Technologie | Lithium-ion   |
| Tension     | 36 V          |

|              |                            |
|--------------|----------------------------|
| Capacité     | 17 Ah                      |
| Courant maxi | 34 A                       |
| Dimensions   | 296(L) x 91(l) x 130(h) mm |

|   |                 |              |
|---|-----------------|--------------|
| BTS CONCEPTION DES PRODUITS INDUSTRIELS                             | DOSSIER TRAVAIL | SESSION 2023 |
| E4 : Étude préliminaire de produit<br>U42 : Conception préliminaire | 23CP42CP        | PAGE 4/12    |

Rappel : Énergie  $(Wh)$  = Capacité  $(Ah)$  • tension  $(V)$

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Question 16</b>      | <b>Vérifier</b> que la batterie choisie peut stocker suffisamment d'énergie pour les besoins quotidiens du Click & Move, c'est-à-dire les 400 Wh annoncés. |
| <i>Feuille de copie</i> |  |

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Question 17</b>      | À partir du courant maxi, <b>calculer</b> la puissance électrique maximale $P_{\text{élec maxi}}$ à la sortie de la batterie. |
| <i>Feuille de copie</i> |   |

Pour la question suivante, on négligera la puissance consommée par le dispositif de commande.

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Question 18</b>             | À partir du rendement de la roue OZO, <b>calculer</b> la puissance mécanique maximale disponible sur la roue lorsque la batterie délivre sa puissance maximale $P_{\text{élec maxi}}$ . En <b>déduire</b> la vitesse que l'on peut atteindre avec une force de traction maximale de 550 N.<br><b>Conclure</b> sur la faisabilité d'alimenter le Click & Move avec une seule batterie. |
| DT4<br><i>Feuille de copie</i> |   |

### **Objectif 3 : modifier la structure du Click & Move pour s'adapter à la nouvelle roue**

#### **Sous-objectif 3.1 : identifier les modifications à effectuer**

|   |  |
|---|--|
| <b>Question 19</b>                            | <b>Donner</b> les deux principales différences entre la roue ez-wheel et la nouvelle roue OZO qui vont imposer des transformations sur la structure du Click & Move.<br><b>Citer</b> les modifications de conception à prévoir sur le Click & Move pour utiliser la nouvelle roue OZO. |
| DT1, DT2, DT3, DT4<br><i>Feuille de copie</i> |  |

#### **Sous-objectif 3.2 : modifier le support de roue**

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Question 20</b>   | Sur le DR2 est représentée une perspective du support de roue actuel.<br><b>Compléter</b> la vue en perspective du nouveau support de roue représenté sans la tôle de protection, en <b>précisant</b> les fonctions techniques associées aux nouvelles formes de cette pièce.<br><b>Faire</b> une vue de détail de chacune des deux zones de fixation de la roue sur le support. <b>Noter</b> les dimensions importantes du nouveau support de roue, particulièrement dans ces deux zones de fixation. |
| DT2, DT3, DT4<br>DR2 |  |

#### **Sous-objectif 3.3 : modifier le châssis**

|   |  |
|---|--|
| <b>Question 21</b>                              | Sur le DR3, sont représentées deux vues planes du châssis actuel du Click & Move.<br><b>Entourer</b> les cotes qui devront être modifiées pour que :<br><ul style="list-style-type: none"> <li>• l'axe de la liaison entre le support de roue et le châssis reste vertical ;</li> <li>• le châssis soit adapté aux dimensions de la nouvelle roue (jeu entre la roue et le châssis : 20 à 40 mm).</li> </ul> <b>Proposer</b> des valeurs pour ces nouvelles cotes en justifiant les choix. |
| DT2, DT3, DT4<br>DR3<br><i>Feuille de copie</i> |  |

|   |                 |              |
|---|-----------------|--------------|
| BTS CONCEPTION DES PRODUITS INDUSTRIELS                             | DOSSIER TRAVAIL | SESSION 2023 |
| E4 : Étude préliminaire de produit<br>U42 : Conception préliminaire | 23CP42CP        | PAGE 5/12    |

## Objectif 4 : modifier la liaison entre le support de roue et le châssis

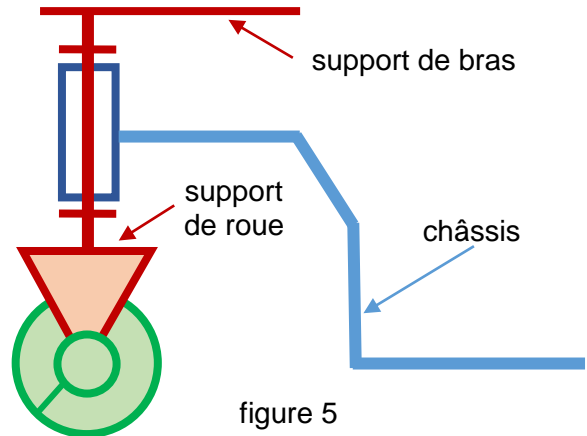
### Problématiques identifiées :

- suite au changement de roue, les efforts sur la liaison pivot entre le support de roue et le châssis vont être augmentés significativement ;
- la liaison pivot entre le support de roue et le châssis est réalisée par deux roulements à rouleaux coniques mais la solution actuelle ne donne pas satisfaction car les roulements peuvent être endommagés lors de l'assemblage.

Dans l'étude qui suit, on se propose d'analyser le montage actuel et de proposer une autre solution pour ce guidage en rotation.

L'axe 12 sur lequel sont montés les roulements est soudé au support de roue 11.

Le boîtier de roulements 19 fait partie du châssis 1.



### Sous-objectif 4.1 : analyser la solution actuelle

Les montages de roulement à contacts obliques sont généralement réalisés à l'aide de deux roulements montés en opposition et il existe deux types de montage.

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Question 22</b>           | <b>Nommer</b> le type de montage de roulement qui a été choisi pour le guidage en rotation du support de roue par rapport au châssis.<br><b>Préciser</b> l'avantage de ce type de montage sur un guidage en rotation.<br><b>Identifier</b> quelles sont les bagues de roulement qui doivent être montées serrées dans ce montage. <b>Justifier</b> la réponse. |
| DT2, DT3<br>Feuille de copie |  |

Un montage de roulement à rouleaux coniques doit fonctionner sans jeu axial.

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <b>Question 23</b>                  | Sur le DR4, <b>compléter</b> le graphe de montage qui décrit l'enchaînement des opérations nécessaires à l'assemblage de la liaison pivot entre le châssis et le support de roue.<br><b>Quelle</b> est l'opération d'assemblage qui pourrait endommager les roulements ?<br><b>Proposer</b> une procédure pour éviter que les roulements soient endommagés. |
| DT2, DT3<br>DR4<br>Feuille de copie |   |

### Sous-objectif 4.2 : concevoir la nouvelle solution de guidage en rotation

Pour éviter les problèmes d'assemblage, le bureau d'étude a choisi de rendre indépendantes les deux liaisons suivantes (voir figure 5) :

- liaison encastrement entre le support de roue et le support de bras ;
- liaison pivot entre le châssis et le support de roue.

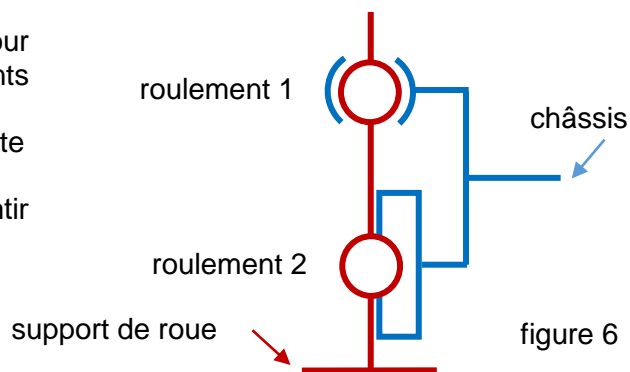
Étant donné que les efforts axiaux sur le guidage sont peu importants, le bureau d'études a également décidé de remplacer les roulements à rouleaux coniques par deux roulements rigides à billes à une rangée de billes.

|   |                 |              |
|---|-----------------|--------------|
| BTS CONCEPTION DES PRODUITS INDUSTRIELS                             | DOSSIER TRAVAIL | SESSION 2023 |
| E4 : Étude préliminaire de produit<br>U42 : Conception préliminaire | 23CP42CP        | PAGE 6/12    |

Plusieurs configurations sont possibles pour réaliser une liaison pivot avec deux roulements rigides à billes.

Le schéma architectural de la figure 6 représente la solution choisie par le bureau d'étude.

C'est le roulement 1 qui devra garantir l'immobilisation axiale du guidage en rotation.



#### Sous-objectif 4.2.1 : choisir une méthode pour déterminer les roulements

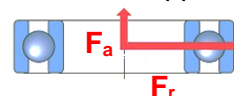
Sur l'extrait du catalogue de roulement SKF (DT5), on trouve les conditions pour lesquelles les dimensions du roulement doivent être choisies à partir de la charge statique de base  $C_0$  plutôt que de la durée de service.

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Question 24</b>      | Parmi les quatre conditions, données par SKF, <b>donner</b> la ou les conditions qui correspondent à la situation du guidage en rotation que l'on souhaite concevoir entre le support de roue et le châssis du Click & Move. |
| DT5<br>Feuille de copie |  |

#### Sous-objectif 4.2.2 : déterminer les roulements

Une étude statique a permis de déterminer les efforts sur chacun des deux roulements :

- roulement 1 : charge radiale maximale  $F_{r1} = 3800$  N et charge axiale maximale supportée par le roulement 1  $F_{a1} = 600$  N ;
- roulement 2 : charge radiale maximale  $F_{r2} = 4400$  N.



|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Question 25</b>      | <b>Calculer</b> la charge statique équivalente $P_0$ pour chacun des deux roulements à l'aide des informations dans l'extrait du catalogue SKF. |
| DT5<br>Feuille de copie |   |

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Question 26</b>      | <b>Déterminer</b> la charge statique de base $C_0$ pour chacun des deux roulements en prenant un coefficient de sécurité statique $s_0 = 1,25$ . |
| DT5<br>Feuille de copie |  |

#### Sous-objectif 4.2.3 : sélectionner les roulements compatibles

Pour un critère de résistance, le bureau d'études souhaite conserver les dimensions de l'extrémité supérieure de l'arbre 12 (liaison avec le support de bras). Pour cette raison, le bureau d'études impose le choix de roulement avec un diamètre intérieur supérieur ou égal à 30 mm ( $d \geq 30$  mm). Le bureau d'études souhaite aussi que le diamètre extérieur des roulements soit inférieur ou égal à 56 mm ( $D \leq 56$  mm).

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Question 27</b>      | Pour chacun des deux roulements, <b>chercher</b> les dimensions compatibles avec la charge statique de base et les exigences dimensionnelles du bureau d'études. |
| DT5<br>Feuille de copie | <b>Donner</b> les désignations des roulements compatibles.   |

|   |                 |              |
|---|-----------------|--------------|
| BTS CONCEPTION DES PRODUITS INDUSTRIELS                             | DOSSIER TRAVAIL | SESSION 2023 |
| E4 : Étude préliminaire de produit<br>U42 : Conception préliminaire | 23CP42CP        | PAGE 7/12    |

#### **Sous-objectif 4.2.4 : choisir deux roulements et concevoir le montage**

Sur le document réponse DR5 est représentée, en coupe, la zone de la nouvelle liaison entre le châssis et le support de roue.

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Question 28</b> | <b>Indiquer</b> , sur feuille de copie, les désignations et les dimensions des deux roulements choisis.<br><b>Compléter</b> la vue en coupe du DR5 en représentant, à main levée, un montage de roulements qui respecte les exigences du bureau d'études. |
| DT5                |   |
| DR5                |   |
| Feuille de copie   |   |

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Question 29</b> | <b>Indiquer</b> , sur votre montage, les ajustements et les jeux fonctionnels.<br><b>Proposer</b> une solution d'étanchéité pour les deux roulements. |
| DR5                |   |
| Feuille de copie   |   |

#### **Objectif 5 : simplifier et automatiser le verrouillage**

Pour des raisons économiques (limitation du nombre de pièces et de liaisons), le bureau d'études souhaite simplifier le prototype du mécanisme de verrouillage.

Le nouveau mécanisme de verrouillage est proposé sur le DT6 dans les 3 positions stables.

##### **Sous objectif 5.1 : valider la modélisation du mécanisme en vue de sa simulation**

Sur le DR6 est représenté le schéma cinématique minimal du nouveau mécanisme.

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Question 30</b> | <b>Calculer</b> le degré d'hyperstatisme $h$ du mécanisme en remplissant les tableaux du DR6.<br><b>Citer</b> un avantage et un inconvénient d'un système hyperstatique. |
| DR6                |  |
| Feuille de copie   |  |

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Question 31</b> | <b>Proposer</b> , en la dessinant sur feuille de copie, une nouvelle modélisation qui rende le mécanisme isostatique.<br><b>Montrer</b> que le nouveau degré d'hyperstatisme du mécanisme est nul. |
| Feuille de copie   |  |

Afin de valider le nouveau mécanisme de verrouillage, on souhaite faire une étude géométrique, cinématique puis statique.

##### **Sous objectif 5.2 : vérifier que le nouveau mécanisme permet bien de déverrouiller le brancard**

Sur le document réponse DR7 est représenté le nouveau mécanisme de verrouillage en position verrouillée (position horizontale de la pédale). Pour désolidariser le Click & Move du brancard, il faut libérer la tôle d'accroche fixée sur le brancard. L'opérateur doit alors appuyer sur la pédale verte pour la faire pivoter d'un angle  $\theta = -30^\circ$ .

On souhaite vérifier que l'action sur la pédale verte fait suffisamment remonter l'axe de verrouillage 5 afin de libérer la tôle d'accroche.

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Question 32</b> | <b>Définir</b> le mouvement de la manivelle 2 par rapport à 1.<br><b>En déduire et tracer</b> la trajectoire du point A : $T_{A/2/1}$ . |
| DR7                |   |
| Feuille de copie   |   |

|   |                 |              |
|---|-----------------|--------------|
| BTS CONCEPTION DES PRODUITS INDUSTRIELS                             | DOSSIER TRAVAIL | SESSION 2023 |
| E4 : Étude préliminaire de produit<br>U42 : Conception préliminaire | 23CP42CP        | PAGE 8/12    |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Question 33</b>             | <b>Définir</b> le mouvement du levier 4 par rapport à 1.  |
| DR7<br>Feuille de copie        | <b>En déduire et tracer</b> la trajectoire du point B : $T_{B\ 4/1}$ .  |
| <b>Question 34</b>             | <b>Définir</b> le mouvement de l'axe de verrouillage 5 par rapport à 1.   |
| DR7<br>Feuille de copie        | <b>En déduire et tracer</b> la trajectoire du point D : $T_{D\ 5/1}$ .  |
| <b>Question 35</b>             | <b>Déterminer</b> les nouvelles positions des points A, B, D et K notés $A_1$ , $B_1$ , $D_1$ et $K_1$ lorsque la pédale est en position verte (position déverrouillée ; $\theta = -30^\circ$ ).<br>Bien faire apparaître les traits de construction. |
| DT6<br>DR7<br>Feuille de copie | <b>Conclure</b> sur la capacité du nouveau mécanisme à bien libérer la tôle d'accroche.   |

### ***Sous objectif 5.3 : vérifier que le nouveau mécanisme permet d'atteindre la position freinage***

Pour immobiliser le Click & Move, l'opérateur appuie sur la pédale rouge pour la faire pivoter d'un angle  $\theta = +45^\circ$  et ainsi bloquer la rotation des roulettes (mécanisme interne aux roulettes commandé par l'axe hexagonal).

On souhaite vérifier que l'action sur la pédale rouge n'a pas d'influence sur l'efficacité du verrouillage.

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Question 36</b>             | <b>Déterminer</b> les nouvelles positions des points A, B, D et K notés $A_2$ , $B_2$ , $D_2$ et $K_2$ lorsque la pédale est en position rouge (position freinée et verrouillée : $\theta = +45^\circ$ ). |
| DT6<br>DR7<br>Feuille de copie | <b>Préciser</b> si le verrouillage est toujours assuré. Le cas échéant <b>proposer</b> une modification.  |

### ***Sous objectif 5.4 : le bureau d'étude souhaite améliorer le confort de l'utilisateur en proposant un verrouillage automatique***

Sur la version actuelle du Click & Move, le verrouillage est effectué par l'action du pied de l'opérateur sur la pédale rouge pour amener la pédale en position horizontale. On souhaiterait rendre le verrouillage automatique grâce à l'action d'un ressort hélicoïdal de compression (ressort de verrouillage) agissant sur l'axe de verrouillage. Ce ressort de verrouillage doit être dimensionné pour remplacer l'effort exercé par l'opérateur.

Pour valider le choix du ressort de verrouillage, une étude statique sur toute la course de verrouillage a été menée. C'est uniquement l'action de ce dernier qui doit ramener tout le mécanisme en position verrouillée. C'est-à-dire, remettre les deux pédales et les systèmes interne à came (galet et ressort des roulettes) en position médiane PM.

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Question 37</b>      | <b>Définir</b> les efforts résistants que devraient vaincre l'opérateur en appuyant sur la pédale rouge pour verrouiller le brancard avant que le système soit automatique. |
| DT6<br>Feuille de copie |   |

### **Mécanisme de verrouillage automatique**

Une recherche de solutions pour permettre le verrouillage automatique a abouti à plusieurs croquis présentés sur le DR8.

|   |                 |              |
|---|-----------------|--------------|
| BTS CONCEPTION DES PRODUITS INDUSTRIELS                             | DOSSIER TRAVAIL | SESSION 2023 |
| E4 : Étude préliminaire de produit<br>U42 : Conception préliminaire | 23CP42CP        | PAGE 9/12    |

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Question 38</b> | En fonction des critères proposés, de leur pondération et des 4 schémas légendés, <b>noter</b> chacune des solutions proposées.<br><b>Faire</b> le choix d'une solution en justifiant le raisonnement. |
| DR8                |  |
| Feuille de copie   |  |

### Sous objectif 5.5 : valider le choix du ressort de verrouillage

Le ressort de verrouillage, doit remplacer l'action du pied de l'opérateur (passage de la position PV à PM). Il crée, par l'intermédiaire du mécanisme, un couple **moteur**  $C_m$  sur l'axe de commande hexagonal de la pédale.

Sur le DR9,  $C_r$  représente le couple **résistant** sur l'axe de commande hexagonal dû aux mécanismes galets/cames/ressorts des deux roulettes en fonction de la position angulaire  $\theta$  de la pédale.

$C_{\text{résultant}}$  est le couple sur l'axe de commande hexagonal **résultant** du couple moteur  $C_m$  et du couple résistant  $C_r$ .

$$C_{\text{résultant}} = C_m + C_r$$

La courbe en trait mixte noir du DR9 représente la variation du couple résistant sur l'axe de commande hexagonal en fonction de la position angulaire de ce dernier. La simulation commence en position non verrouillée ( $\theta = -30^\circ$ ) et se termine en position freinée ( $\theta = +45^\circ$ ).

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Question 39</b> | <b>Entourer</b> sur l'axe des abscisses du graphe du DR9, les trois positions stables de la pédale de commande et les <b>repérer</b> par leur nom (PR, PM et PV). |
| DT6                |   |
| DR9                |   |

Sur le DR9, sous forme d'images, la came des roulettes est représentée dans trois positions angulaires différentes.

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Question 40</b> | En observant la forme des cames, <b>relier</b> les 3 images aux 3 valeurs d'angles de rotation de l'axe de commande hexagonal correspondantes. |
| DT6                |  |
| DR9                |  |

Les courbes en pointillés de couleur représentent les différents couples moteur sur l'axe de commande hexagonal dûs aux différents choix de ressort de verrouillage (seules trois sont représentées pour différentes valeurs de longueur libre  $L$  de ressort et de raideur  $k$ ).

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Question 41</b> | <b>Définir</b> la condition entre $C_m$ et $C_r$ pour que le ressort de verrouillage assure sa fonction.<br>À partir des 3 courbes de couple résultant, relatives à 3 ressorts de verrouillage différents, <b>faire</b> un choix argumenté du ressort de verrouillage adapté.<br><b>Indiquer</b> sa longueur $L$ (mm) et sa raideur $k$ (N/mm). |
| DR9                |   |
| Feuille de copie   |   |

### Sous objectif 5.6 : vérifier les conditions de fonctionnement de la liaison linéaire rectiligne entre le levier 4 et l'axe de verrouillage 5

Pour désolidariser le Click & Move du brancard, l'opérateur déverrouille le système à l'aide du pied par une action sur la pédale verte qui est en position médiane.

C'est à ce moment-là qu'il arme le mécanisme de verrouillage automatique en comprimant le ressort de verrouillage.

On estime la vitesse de rotation de la pédale imposée par l'opérateur à :  $N = 1$  tr/s.

Le châssis est considéré comme fixe et les liaisons sont supposées parfaites sans frottement.

|   |                 |              |
|---|-----------------|--------------|
| BTS CONCEPTION DES PRODUITS INDUSTRIELS                             | DOSSIER TRAVAIL | SESSION 2023 |
| E4 : Étude préliminaire de produit<br>U42 : Conception préliminaire | 23CP42CP        | PAGE 10/12   |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Question 42</b>       | <b>Définir</b> le mouvement de la manivelle 2 par rapport à 1 et <b>en déduire</b> la trajectoire $T_{A,2/1}$ .   |
| DR10<br>Feuille de copie | <b>Tracer</b> le support de $\vec{V}_{A2/1}$ , <b>déterminer</b> $\ \vec{V}_{A2/1}\ $ puis <b>représenter</b> ce vecteur vitesse.<br><b>Montrer</b> que $\vec{V}_{A3/1} = \vec{V}_{A2/1}$ . |

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Question 43</b> | <b>Définir</b> le mouvement de la bielle 3 par rapport à 1. |
| Feuille de copie   |   |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Question 44</b>       | <b>Définir</b> le mouvement du levier 4 par rapport à 1 et <b>en déduire</b> la trajectoire $T_{B,4/1}$ . |
| DR10<br>Feuille de copie | <b>Tracer</b> le support de $\vec{V}_{B4/1}$ .<br><b>Montrer</b> que $\vec{V}_{B3/1} = \vec{V}_{B4/1}$ .  |

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Question 45</b> | En utilisant une méthode graphique de votre choix, <b>déterminer</b> $\vec{V}_{B4/1}$ . |
| DR10               |   |

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Question 46</b>       | <b>En déduire</b> la trajectoire $T_{E,4/1}$ .   |
| DR10<br>Feuille de copie | <b>Tracer</b> le support de $\vec{V}_{E4/1}$ .<br><b>Déterminer</b> $\vec{V}_{E4/1}$ en précisant la méthode choisie et en faisant bien apparaître les tracés. |

On prendra pour la suite  $\|\vec{V}_{E4/1}\| = 180 \text{ mm/s}$ .

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Question 47</b> | <b>Définir</b> le mouvement de l'axe de verrouillage 5 par rapport à 1 et <b>en déduire</b> la trajectoire $T_{E,5/1}$ .  |
| DR10               | <b>Tracer</b> le support de $\vec{V}_{E5/1}$ ainsi que le support de la vitesse de glissement $\vec{V}_{E5/4}$ .<br>Les tracés seront réalisés sur la vue partielle dans le coin inférieur droit. |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Question 48</b>       | <b>Écrire</b> la relation de composition de mouvement au point E.   |
| DR10<br>Feuille de copie | <b>Déterminer</b> graphiquement la valeur de la vitesse de glissement $\vec{V}_{E5/4}$ ainsi que $\vec{V}_{E5/1}$ pour valider la conception. |

Sur le DT7, on donne les résultats du comportement de la liaison en E (vitesse de glissement et effort transmis).

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Question 49</b>      | <b>Relever</b> sur la courbe, la vitesse maximale de glissement $\vec{V}_{E5/4 \text{ max}}$ .   |
| DT7<br>Feuille de copie | <b>Relever</b> sur la courbe, l'effort maximal transmis par la liaison.<br><b>Conclure</b> , en justifiant quant à la validation des résultats des simulations par rapport à vos résultats trouvés précédemment. |

Le contact entre 4 et 5 est théoriquement linéaire rectiligne. En réalité, les matériaux se déforment sous l'effet des efforts transmis et la ligne de contact de la liaison linéaire rectiligne devient une surface rectangulaire de dimension (2b x L) voir DT8. La théorie de Hertz décrit ce phénomène. La valeur de b se calcule selon la relation donnée sur le DT8.

|   |                 |              |
|---|-----------------|--------------|
| BTS CONCEPTION DES PRODUITS INDUSTRIELS                             | DOSSIER TRAVAIL | SESSION 2023 |
| E4 : Étude préliminaire de produit<br>U42 : Conception préliminaire | 23CP42CP        | PAGE 11/12   |

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Question 50</b>             | <b>Calculer</b> la largeur réelle $b$ de la surface rectangulaire de contact selon la théorie de Hertz entre le levier 4 et le doigt de l'axe de verrouillage 5.<br>On prendra les valeurs suivantes : diamètre du doigt $d_1 = 8 \text{ mm}$ , $L = 10 \text{ mm}$<br>$E_1 = E_2 = 220\,000 \text{ MPa}$ , $\nu_1 = \nu_2 = 0,3$ (coefficient de Poisson). |
| DT8<br><i>Feuille de copie</i> |   |

On prendra pour la question suivante un centième de millimètre comme valeur de  $b$ .

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Question 51</b>             | Sachant que la pression n'est pas uniforme sur la surface de contact, <b>calculer</b> la pression maximale de contact $P_{\text{Max}}$ selon la théorie de Hertz. |
| DT8<br><i>Feuille de copie</i> |   |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Question 52</b>             | <b>Relever</b> , dans le tableau du DT8, la situation de contact qui correspond à ce cas de figure et <b>noter</b> la pression admissible dans ce contact.<br><b>Comparer</b> cette pression admissible avec la pression maximale de contact $P_{\text{Max}}$ .<br><b>Conclure</b> . |
| DT8<br><i>Feuille de copie</i> |  |

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Question 53</b>      | Dans le cas où la pression de contact est trop importante, <b>proposer</b> sous forme de croquis légendé, une modification de la liaison linéaire rectiligne permettant de se rapprocher des pressions admissibles par les matériaux. |
| <i>Feuille de copie</i> |   |