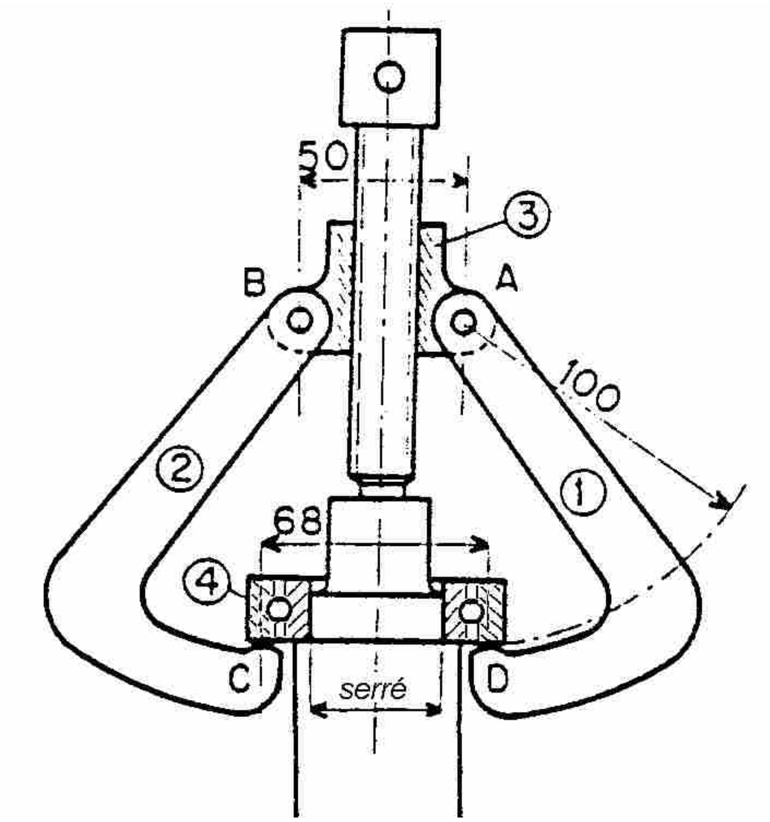
Exercice 1 : EXTRACTEUR DE ROULEMENTS.

On considère un extracteur de roulements dont le but est d'extraire les roulements détériorés qui sont montés serrés sur les arbres.



Celui-ci est composé de 2 branches 1 et 2 articulées en A et B sur une noix taraudée 3.

Le poids des pièces est négligeable devant les autres actions mécaniques.
Le coefficient de frottement en C et D entre le roulement 4 et les branches 1 et 2, est $f = \tan\phi = 0{,}15$.
Soit β l'angle d'adhérence (à ne pas confondre avec ϕ qui est l'angle d'adhérence limite).

Hypothèse : On suppose la branche 2 en équilibre.

Question 1 : *Si cette hypothèse est vérifiée, que dire de la direction de l'action* $\overrightarrow{C_{4\to2}}$.

Or toutes actions de contact (solide en équilibre ou non) vérifient les lois de Coulomb…

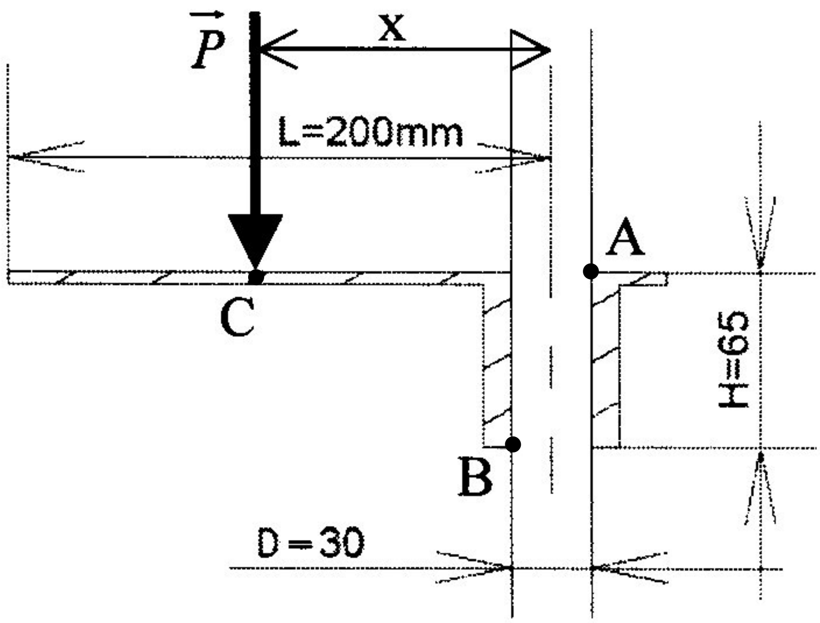
Question 2 : *Existe-t-il arc-boutement (c'est à dire non glissement) en C et D lorsqu'une action est exercée par la vis dans la position définie par la figure. Justifier de 2 manières différentes (analytiquement et graphiquement).*

Question 3 : *Que dire si* $f = \tan\phi = 0{,}06$ *ou si les points de contact C et D sont éloignés de l'axe ?*

Exercice 2 : CONSOLE DE DÉCORATION.

Une colonne (1) de décoration supporte plusieurs consoles (2).
Ces consoles peuvent être déplacées à volonté le long de la colonne et on peut placer sur celle-ci des objets dont la masse ne dépasse pas 20 kg.

Le coefficient de frottement entre la colonne et la console est $f = \tan\phi = 0{,}3$.
Un objet de poids $\vec{P} = -P \cdot \vec{y}$ est placé en C sur la console.
La masse de la console est négligée devant les autres actions mécaniques.
On se propose d'établir à quelle condition la console ne glisse pas.
La liaison entre la console et la colonne est supposée ne pas être une liaison pivot glissant parfaite. En fait, **on suppose que le contact entre la console et la colonne est limité aux points A et B** (Cf. figure suivante).
On suppose le mécanisme plan.



Question 1 : *Montrer graphiquement, à l'aide de 2 figures, que si l'objet est :*
- *proche de l'axe, la console glisse le long de la colonne.*
- *éloigné de l'axe, la console reste en équilibre.*

Justifier par écrit votre raisonnement.

Question 2 : *Déterminer graphiquement la position limite X_{lim} de C qui autorise l'équilibre.*
En déduire la relation entre X_{lim}, H et f.
Cet équilibre est-il fonction de la masse de l'objet ?

Exercice 3 : ACCOUPLEMENT TEMPORAIRE : ROUE LIBRE.

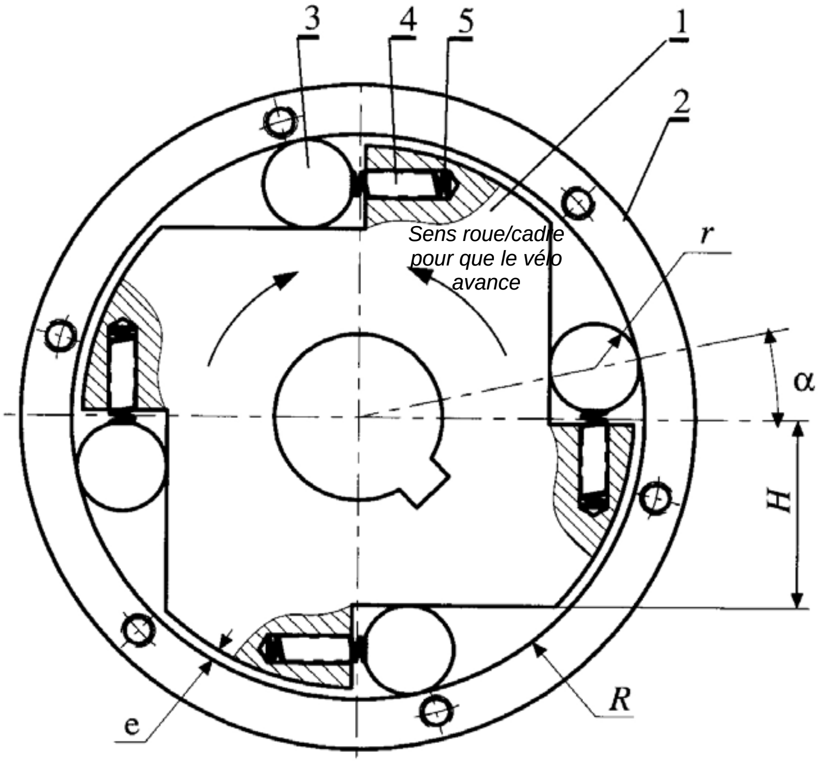
Les roues libres sont des organes de transmission qui ont pour but de transmettre un mouvement de rotation et un couple, **dans un seul sens**. L'application typique est l'entraînement de la roue arrière d'un vélo.

Roues libres à rouleaux

Roue libre à rouleaux

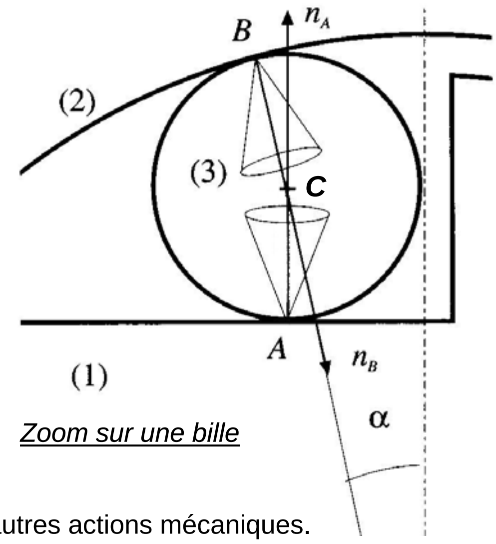
De façon générale les roues libres sont composées d'un tambour 2 (lié au pignon de la roue arrière du vélo) et d'un noyau 1 (lié à l'axe de la roue arrière du vélo) entre lesquels sont insérés des billes 3 (ou des rouleaux).
Les ressorts 5 et les poussoirs 4 permettent de maintenir les billes 3 en contact avec 1 et 2.

CAS 1 : La roue de vélo doit être entraînée par le pédalier lorsque le cycliste pédale suffisamment vite.
CAS 3 : La roue de vélo ne doit pas être entraînée par le pédalier lorsque le cycliste pédale en arrière (rétropédalage).
CAS 4 : La roue de vélo ne doit pas entraîner le pédalier lors d'une descente.



Les fonctions technologiques principales d'une roue libre sont répertoriées dans le tableau suivant :

CAS	*Élément moteur*	*Sens de rotation de l'élément moteur*	*Élément récepteur*	*Effet d'entraî-nement*
1	Tambour 2	Trigo	Noyau 1	oui
2	Noyau 1	Horaire	Tambour 2	oui
3	Tambour 2	Horaire	Noyau 1	non
4	Noyau 1	Trigo	Tambour 2	non



Zoom sur une bille

Le poids des billes et l'action des ressorts sont négligeables devant les autres actions mécaniques.
Le coefficient de frottement entre les billes 3 et le noyau 1 et entre les billes 3 et le tambour 2, est $f = \tan\phi$.
Soit β l'angle d'adhérence (à ne pas confondre avec ϕ qui est l'angle d'adhérence limite).
Soit α l'angle entre les normales aux 2 contacts (voir dessin ci-dessus).

Hypothèse : On suppose la bille 3 en équilibre relatif.

Question 1 : *Si cette hypothèse est vérifiée, que dire de la direction de l'action $\overrightarrow{B_{2\to3}}$ du tambour sur la bille.*

Effet de non-entraînement (cas 3 et 4) : Glissement entre billes/tambour et billes/noyau.

On suppose la bille 3 en équilibre relatif, et démontrons que cette hypothèse est incompatible avec les lois de Coulomb :

Question 2 : *Réaliser un 1^er^ dessin d'une bille et placer l'action $\overrightarrow{B_{2\to3}}$ selon les lois de Coulomb.*

Expliquer pourquoi il n'y aura jamais entraînement (c'est-à-dire jamais équilibre relatif de la bille).

Effet d'entraînement (cas 1 et 2) : Adhérence entre billes/tambour et billes/noyau.

On suppose la bille 3 en équilibre relatif, et démontrons que cette hypothèse est compatible avec les lois de Coulomb sous certaines conditions :

Question 3 : *Réaliser un 2ème dessin d'une bille et placer l'action $\overrightarrow{B_{2\to3}}$ selon les lois de Coulomb.*

Donner une relation entre β et α.

Même dans ce sens, il n'y a pas forcément entraînement. Donner une relation sous forme d'inégalité entre α et φ pour que la roue libre assure sa fonction technique (c'est-à-dire entraînement).

Exprimer la cote de fabrication H en fonction de r, R et α. En déduire une inégalité entre la cote de fabrication H, r, R et φ.

Exercice 4 : PINCE DE LEVAGE « HAND-GRIPP ».

La pince représentée sur le schéma ci-dessous est suspendue à un crochet et c'est la pièce soulevée qui, par les effets du frottement, génère elle-même les forces de préhension. Les deux parties symétriques de la pince deviennent donc auto-serrantes avec une intensité proportionnelle à la masse soulevée. La pince est constituée de deux galets 2 articulés en A et A' sur les flasques 4 et 4' situés de part et d'autre du plan médian $(O,\overrightarrow{x_1},\overrightarrow{y_1})$. Deux biellettes 3 et 3' relient les galets au cadre 5 attaché au câble de suspension solidaire du bâti 1. Hormis les contacts linéaires en P et P', les liaisons sont des liaisons pivots supposées parfaites et d'axe z_1 orthogonal au plan d'étude.

On néglige le poids propre des éléments de cette pince. La pièce (plaque) a un poids P. On considère le système plan et parfaitement symétrique.

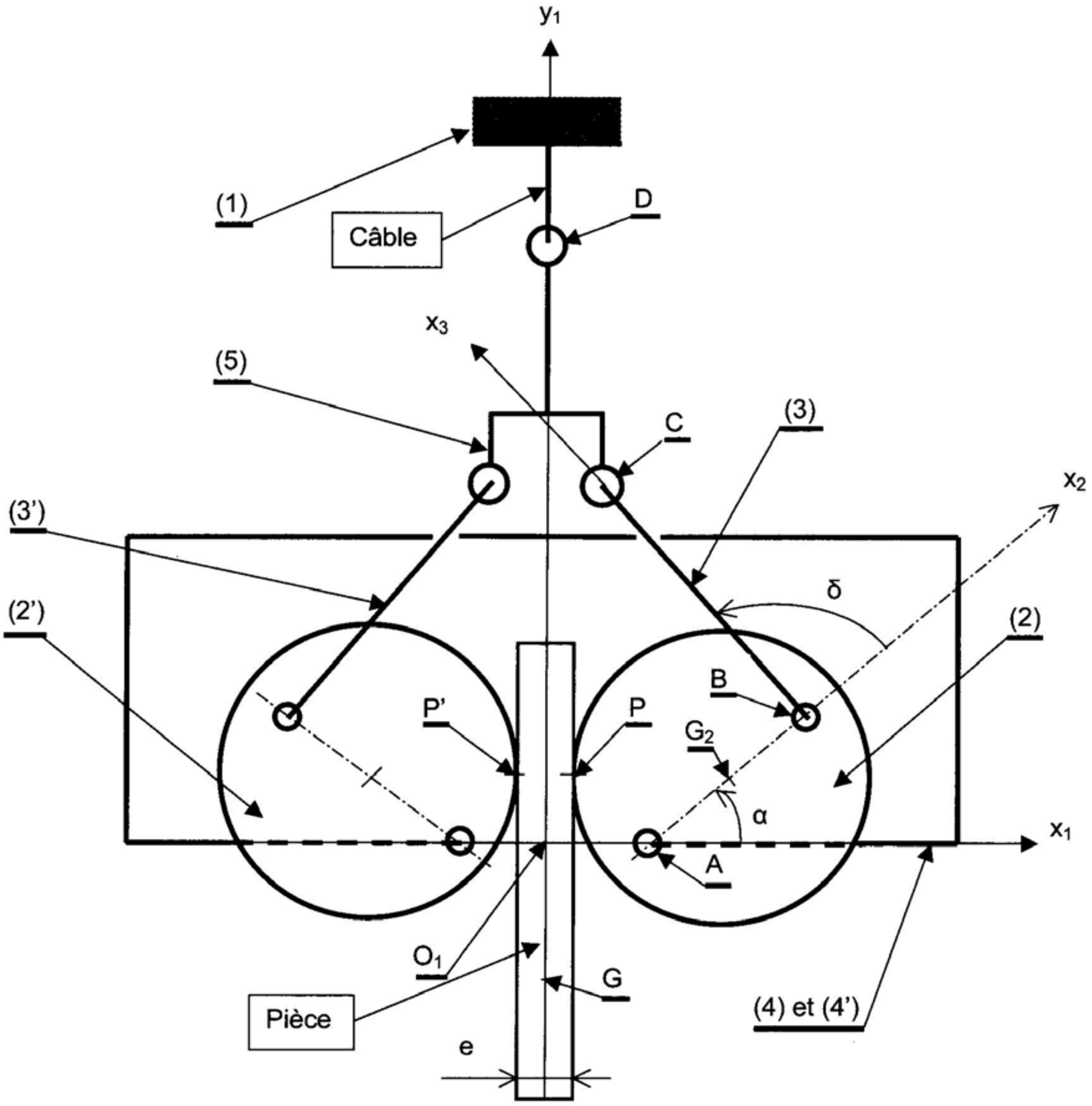
Le maintien de la plaque entre 2 et 2' se fait par adhérence et auto-serrage. On propose d'analyser ce phénomène afin de s'assurer du blocage effectif de la plaque sachant que le coefficient de frottement entre cette plaque et les galets est $f = \tan\varphi$.

Nota : Pour chaque résultante de l'action de liaison, on préférera utiliser, pour son vecteur représentatif, son intensité associée à son angle d'inclinaison plutôt que ses deux composantes X et Y.

$\overrightarrow{O_1A} = a.\overrightarrow{x_1}$, $\overrightarrow{AG_2} = \overrightarrow{G_2B} = r.\overrightarrow{x_2}$, $\overrightarrow{BC} = b.\overrightarrow{x_3}$, $\overrightarrow{O_1C} = c.\overrightarrow{x_1} + d.\overrightarrow{y_1}$, $G_2P = R$ (rayon de chaque galet).

$(\overrightarrow{x_1},\overrightarrow{x_2}) = (\overrightarrow{y_1},\overrightarrow{y_2}) = \alpha$, $(\overrightarrow{x_2},\overrightarrow{x_3}) = (\overrightarrow{y_2},\overrightarrow{y_3}) = \delta$.

$\beta = (\overrightarrow{x_1},\overrightarrow{x_1}') = (\overrightarrow{y_1},\overrightarrow{y_1}')$ (**angle algébrique < 0**) : angle d'adhérence au contact plaque-galet.



On suppose que la plaque est bloquée entre les galets et donc que l'arc-boutement est effectif.

Question 1 : *Donner le torseur du galet 2 sur la plaque à l'aide d'une écriture en ligne.*

Question 2 : *En isolant la plaque, déterminer l'expression de* $\left\|\overrightarrow{R_{2\to plaque}}\right\|$ *en fonction de* β *et P.*
Compléter la figure-réponse 1 en indiquant les actions s'exerçant sur la plaque.

Question 3 : *En isolant la biellette 3, déterminer la relation entre* $\left\|\overrightarrow{R_{2\to 3}}\right\|$ *et* $\left\|\overrightarrow{R_{5\to 3}}\right\|$.
Compléter la figure-réponse 2 en indiquant les actions s'exerçant sur la biellette 3.

Question 4 : *En isolant le galet 2, déterminer l'expression de* $\left\|\overrightarrow{R_{3\to 2}}\right\|$ *en fonction de P,* α, δ, *r, R et de l'angle d'adhérence* β.
Compléter la figure-réponse 3 en indiquant les actions s'exerçant sur le galet 2.

Question 5 : *En isolant l'ensemble de la pince + la plaque, déterminer l'expression de* $\left\|\overrightarrow{R_{cable\to 5}}\right\|$ *en fonction du poids de la plaque.*

Question 6 : *En isolant le cadre 5, déterminer l'expression de* $\left\|\overrightarrow{R_{3\to 5}}\right\|$ *puis* $\left\|\overrightarrow{R_{3\to 2}}\right\|$ *en fonction de P,* α *et* δ.
Compléter la figure-réponse 4 en indiquant les actions s'exerçant sur le cadre.

Question 7 : *Déduire de ce qui précède l'expression de* $\tan\beta$ *en fonction de P, r, R,* α *et* δ. *Quelle est l'influence du poids de la plaque sur l'adhérence ?*

Question 8 : *a = 20 mm, r = 14 mm, b = 52 mm, c = 15 mm, R = 26 mm, e = 10 mm, f = 0,3,* α *= 38°2 et* δ *= 83°. Calculer* $\tan\beta$. *Conclure.*

Figure-réponse 1

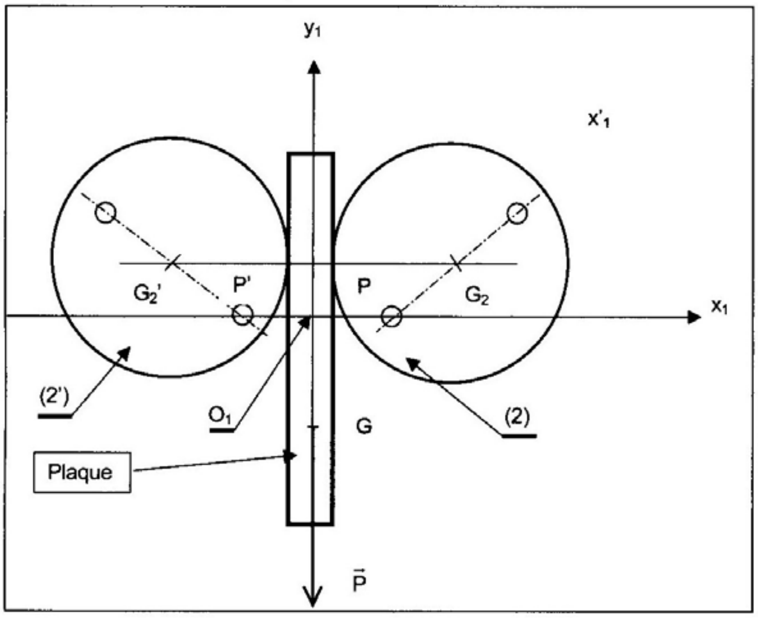


Figure-réponse 2

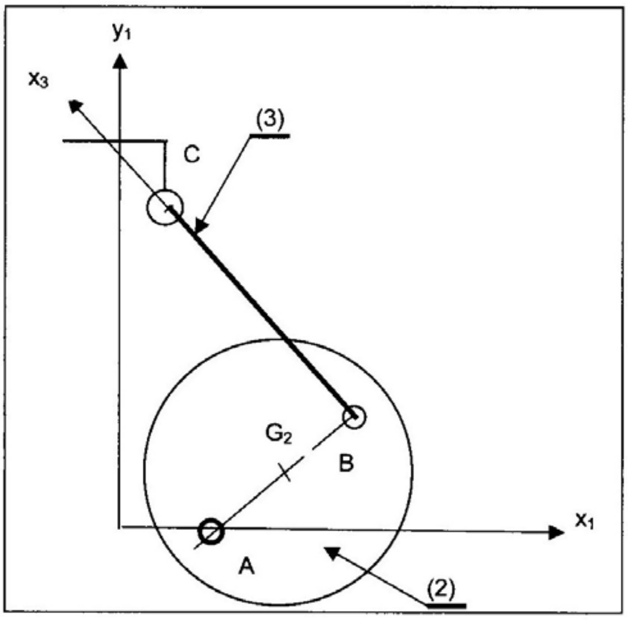


Figure-réponse 3

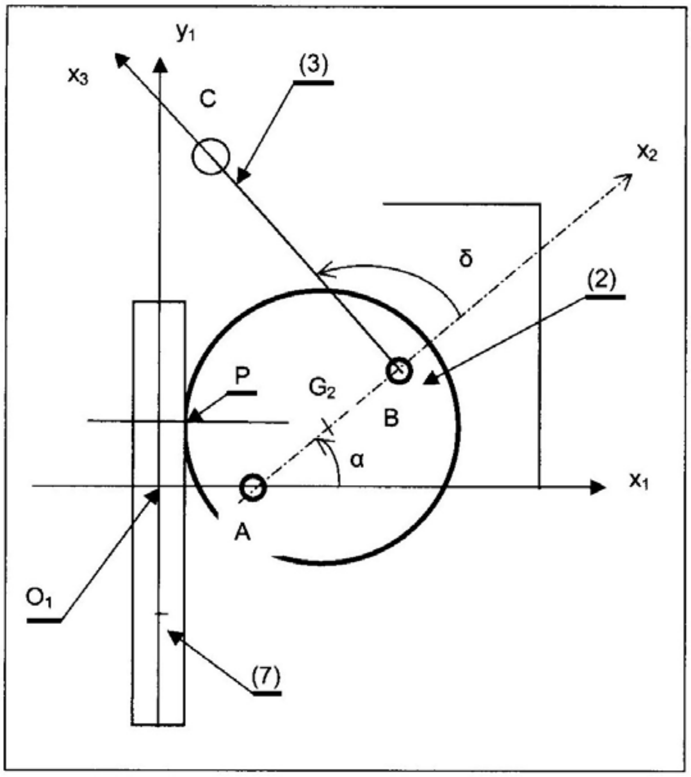


Figure-réponse 4