

Objectif(s) :	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identifier et ordonner les fonctions techniques qui réalisent les fonctions de service. ✓ Identifier, justifier et modéliser les composants réalisant la chaîne d'énergie et la chaîne d'information. ✓ Modéliser et schématiser une transmission mécanique. ✓ Simuler le comportement d'un système et exploiter les résultats de simulation. ✓ Conduire des essais en respectant les consignes de sécurité à partir d'un protocole fourni. ✓ Caractériser des écarts.
Question sociétale :	<i>Comment reproduire le bercement naturel à l'aide d'une machine ?</i>
Problématique :	<i>Comment choisir les solutions techniques permettant de reproduire un bercement naturel ?</i>

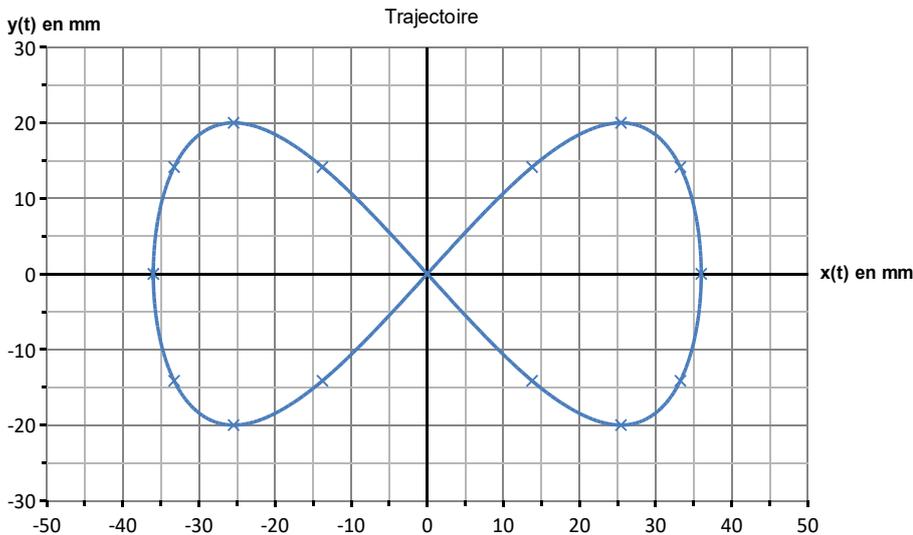
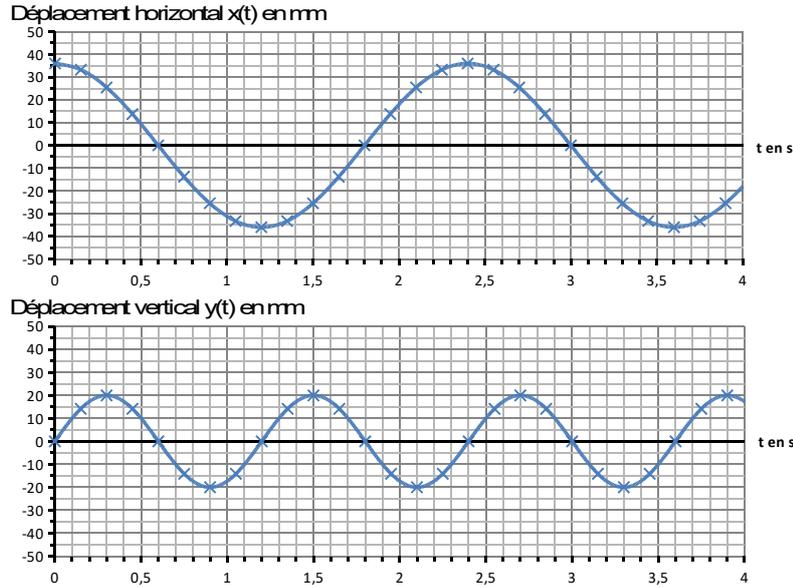
JUSTIFICATION DES CHOIX DE CONCEPTION DU TRANSAT BERCEUR

Compétences
Analyser le besoin, l'organisation matérielle et fonctionnelle d'un produit par une démarche d'ingénierie système
Modéliser les mouvements
Modéliser sous une forme graphique une structure, un mécanisme ou un circuit
Déterminer les grandeurs géométriques et cinématiques d'un mécanisme
Quantifier les performances d'un objet réel ou imaginé en résolvant les équations qui décrivent le fonctionnement théorique
Représenter une solution originale

I. ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE ATTENDUE

L'objectif est de déterminer les solutions techniques les plus adaptées pour obtenir les trajectoires attendues du transat berceur. Pour mener les différentes études de cette activité, la trajectoire « Car Ride » sera prise comme exemple.

- 1) A partir des courbes souhaitées des déplacements horizontaux et verticaux en fonction du temps, construire point par point la trajectoire « Car Ride » sur la figure ci-dessous.



Débattement horizontal
= 72 mm

Débattement vertical
= 40 mm

Rapport des périodes :
 $T_y / T_x = 1,2 / 2,4 = 0,5$

Déphasage :
 $\varphi = -90^\circ$

Nombre de bercements par minute
= $60 / 2,4 = 25$ bercements / min

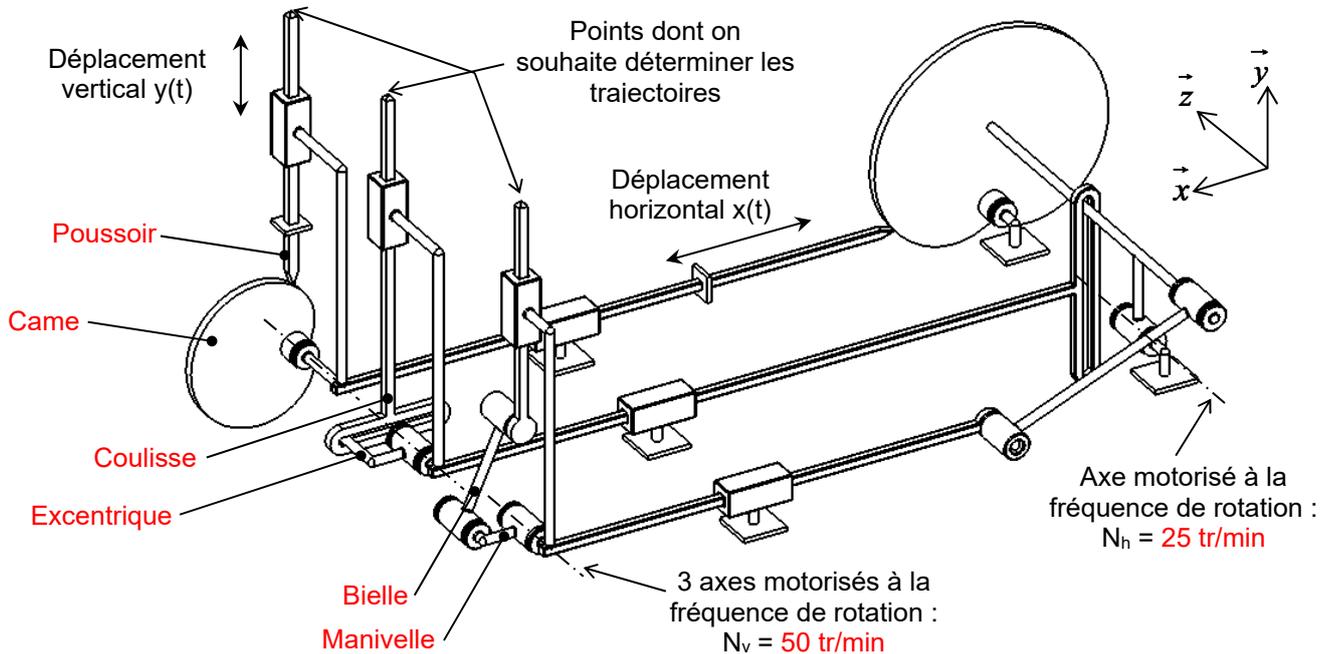
- 2) Indiquer ensuite la valeur des différents paramètres, et vérifier vos résultats en testant ces paramètres dans le fichier « Comparaison des trajectoires - Elève » à ouvrir avec le logiciel Libre Office Calc, et faire valider par le professeur.

II. RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR LES MOUVEMENTS

Pour la motorisation des mouvements (horizontal et vertical), on fait le choix de **moteurs à courant continu** pour des raisons de coût, et ces moteurs seront **pilotés à vitesse constante**. Différents mécanismes de transmission sont envisagés pour transformer le mouvement de rotation uniforme des moteurs en un mouvement de translation alternatif.

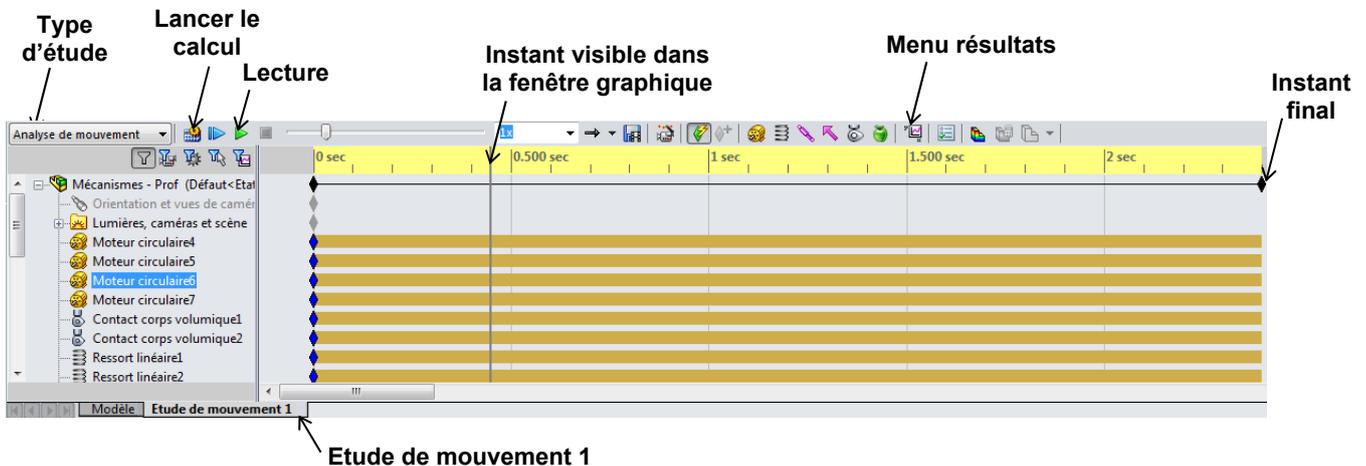
II.A. SIMULATION DES MECANISMES

- 3) A partir du logiciel Solidworks, ouvrir le fichier « Mécanismes - Elèves ».
- 4) Indiquer ci-dessous le nom des pièces manquantes, ainsi que les fréquences de rotation en tr/min des axes motorisés (on rappelle qu'on souhaite 25 bercements par minute) :

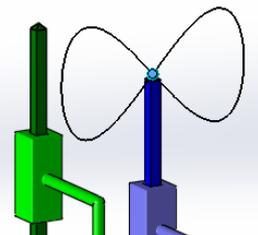
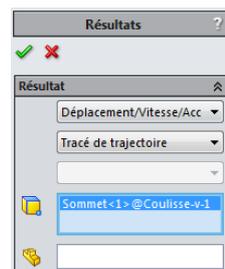


- 5) Pour tracer les trajectoires obtenues avec les 3 mécanismes :

- ✓ activer le module "Solidworks Motion" dans Outils/Compléments (cocher à gauche et à droite) ;



- ✓ en bas à gauche, sélectionner l'étude de mouvement 1 et vérifier que le type d'étude est « Analyse de mouvement » ;
- ✓ tous les paramètres étant prédéfinis, lancer le calcul et observer les mécanismes en mouvement ;
- ✓ créer la trajectoire du sommet de chaque mécanisme à l'aide du menu « Résultats » (voir image ci-contre).



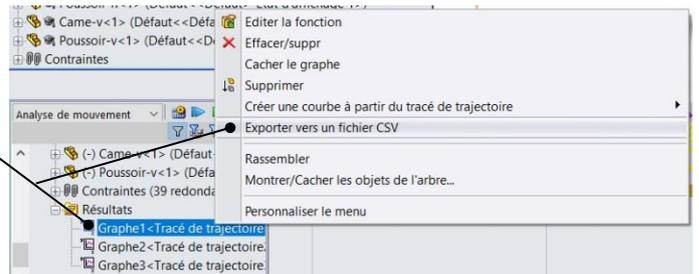
- 6) Comparer de manière qualitative les trajectoires obtenues pour chaque mécanisme :

La trajectoire du système excentrique/coulisse semble parfaite. Celle du système came/poussoir semble légèrement décalée (en réalité elle ne l'est pas, ici c'est la légère pénétration du poussoir dans la came qui modifie légèrement le résultat).

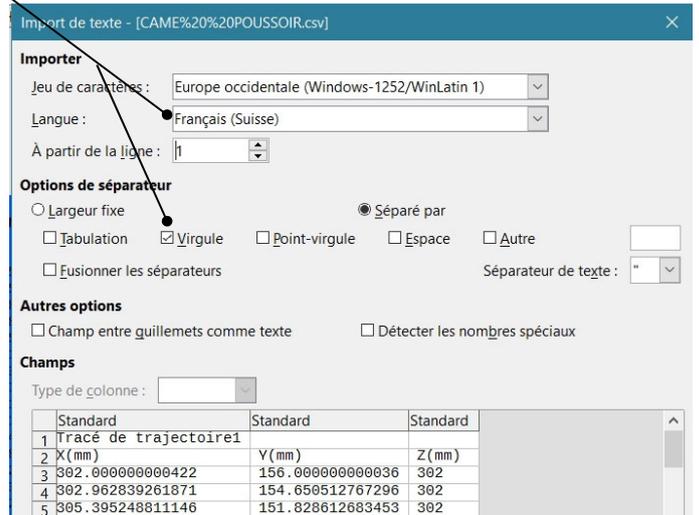
Par contre la trajectoire du système bielle/manivelle semble très déformée tout en s'inscrivant dans le même rectangle (donc elle a les mêmes débattements horizontaux et verticaux).

7) Pour comparer ces trajectoires à celle souhaitée :

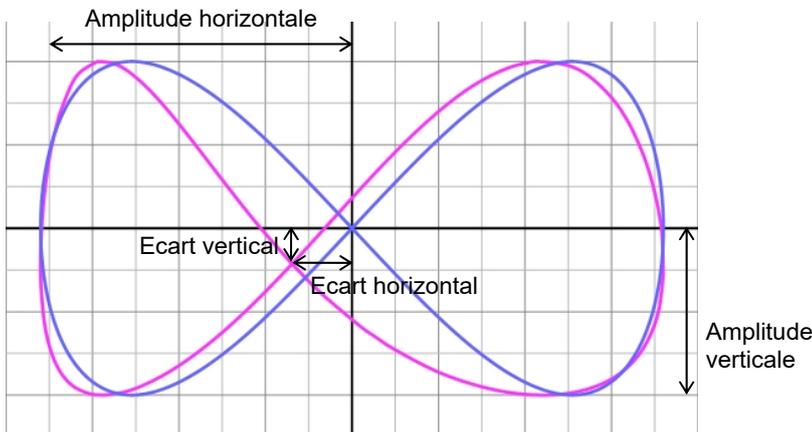
- ✓ dans les résultats, pour chaque trajectoire l'une après l'autre, **sélectionner** la trajectoire désirée puis avec un clic droit **choisir** « Exporter vers un fichier .csv », et **enregistrer** le fichier obtenu sous le nom du mécanisme correspondant ;
- ✓ avec le logiciel Libre Office Calc, **ouvrir** l'un après l'autre les fichiers .csv, en sélectionnant les options ci-contre ;
- ✓ dans chaque fichier, **copier uniquement les données** des colonnes X et Y, et les **coller** dans la case correspondante du fichier « Comparaison des trajectoires - Elève ».



	A	B	C
1	Tracé de trajectoire1		
2	X(mm)	Y(mm)	Z(mm)
3	302,0000000004	156	302
4	302,9628392619	154,6505127673	302
5	305,3952488111	151,8286126835	302
6	309,2006805994	147,9248740862	302
7	310,3677115401	146,7240218335	302
8	311,8648714872	145,3489832942	302
9	312,7380492266	144,3760646024	302
10	316,0688123229	141,2814599098	302
11	319,4065698569	138,8296737632	302
12	322,4947104167	137,0128073009	302



8) Evaluer les écarts relatifs en % des différentes trajectoires par rapport à celle attendue en utilisant la méthode ci-dessous :



Pour l'écart relatif horizontal :

$$E_{rel\ hor} = \frac{\text{Ecart horizontal}}{\text{Amplitude horizontale}}$$

Pour l'écart relatif vertical :

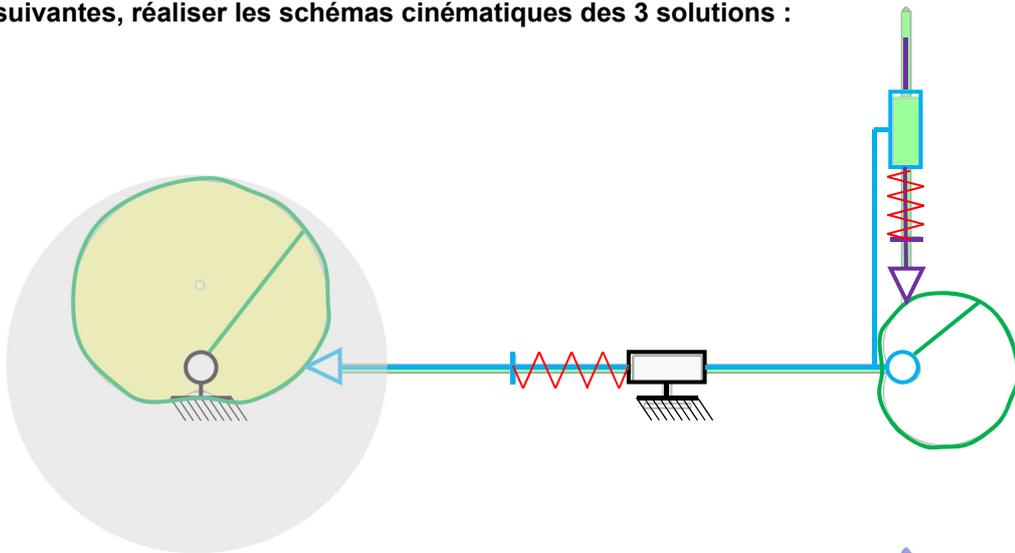
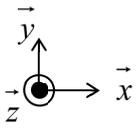
$$E_{rel\ vert} = \frac{\text{Ecart vertical}}{\text{Amplitude verticale}}$$

- ✓ système came/poussoir : $E_{rel\ hor} : 0\%$ $E_{rel\ vert} : 0\%$
- ✓ système excentrique/coulisse : $E_{rel\ hor} : 0\%$ $E_{rel\ vert} : 0\%$
- ✓ système bielle/manivelle : $E_{rel\ hor} : 7/36 = 19,4\%$ $E_{rel\ vert} : 4/20 = 20\%$

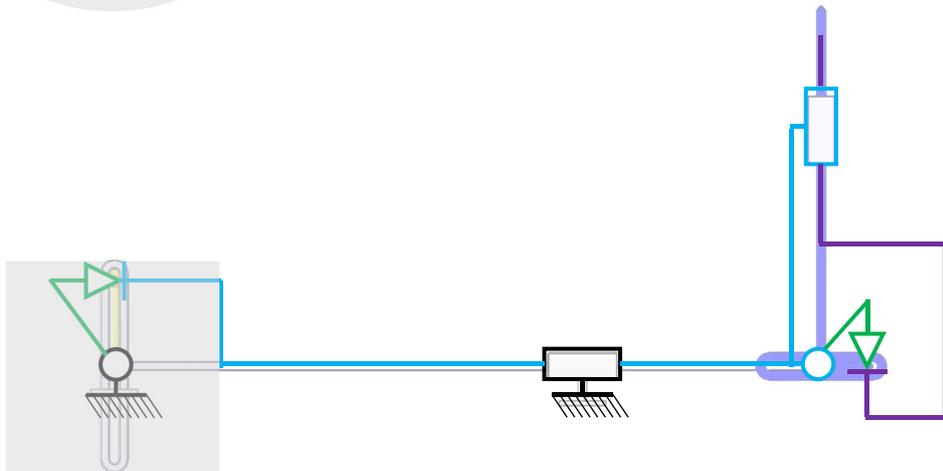
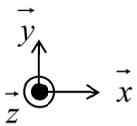
II.B. SCHEMATISATION DES MECANISMES

9) Sur les vue suivantes, réaliser les schémas cinématiques des 3 solutions :

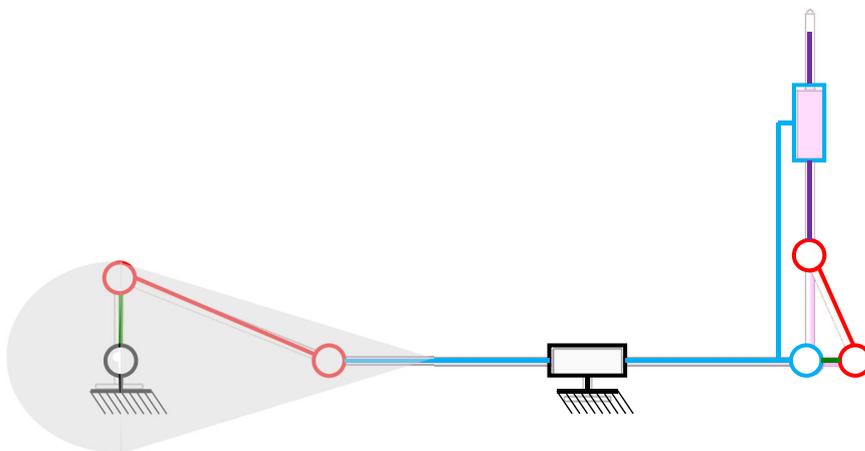
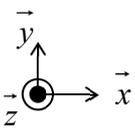
Came/poussoir :



Excentrique/coulisse :



Bielle/manivelle :



10) Pour le mouvement horizontal, ombrer sur chaque schéma cinématique le volume d'encombrement des pièces lors d'un bercement.

II.C. ANALYSE DES RESULTATS

11) Compléter le tableau de comparaison des différentes solutions sur la page suivante, puis résumer en quelques lignes les avantages et inconvénients de la solution la plus pertinente :

La solution bielle/manivelle ne nécessite pas beaucoup plus de pièces que le système came/poussoir ou que le système excentrique/coulisse, et présente l'avantage d'être plus durable étant que les liaisons pivots s'usent moins vite que les contacts linéaires des autres solutions. De plus son fonctionnement fait que l'encombrement du mécanisme est bien plus faible, ce qui peut permettre de réduire le volume du transat berceur. Cependant la trajectoire obtenue est peu précise, mais reste tout de même fidèle en termes de forme et de débattements.

		Mécanisme (à commenter et à noter de 0 à 3)		
Critère de comparaison	Coefficient d'importance du critère	Came/poussoir	Excentrique/coulisse	Bielle/manivelle
Nombre de classes d'équivalence de pièces à fabriquer	2	5 classes d'équivalence + 2 ressorts Note : 2	5 classes d'équivalence Note : 3	7 classes d'équivalence Note : 2
Encombrement en fonctionnement	3	Très grand cercle Note : 0	Carré moyen Note : 2	Petit cercle Note : 3
Forme de la trajectoire et précision	2	0% d'écart Note : 3	0% d'écart Note : 3	20% d'écart mais forme satisfaisante Note : 2
Fiabilité et durée de vie	3	Contacts linéaires entre cames et poussoirs qui ont tendance à s'user Note : 2	Contacts linéaires entre excentriques et coulisses qui ont tendance à s'user Note : 2	Beaucoup de liaisons pivots qui sont plus fiables dans le temps Note : 3
Note globale	Entre 0 et 30	2.2+0.3+3.2+2.3 = 16	3.2+2.3+3.2+2.3 = 24	2.2+3.3+2.2+3.3 = 26

12) Observer sur le système la solution retenue par le constructeur et commenter :

Les solutions retenues sont des systèmes bielles/manivelles. Le constructeur a donc privilégié les critères de fiabilité et d'encombrement par rapport à la précision. De toute manière une précision parfaite n'est pas indispensable étant donné qu'un bercement naturel ne l'est pas.

III. COMPARAISON DU SIMULE ET DE L'EXPERIMENTAL

III.A. COMPARAISON DE LA TRAJECTOIRE EXPERIMENTALE ET DE LA TRAJECTOIRE SIMULEE

13) A l'aide du professeur, réaliser l'acquisition d'une vidéo de la trajectoire « Car Ride » à la vitesse maximale du système.

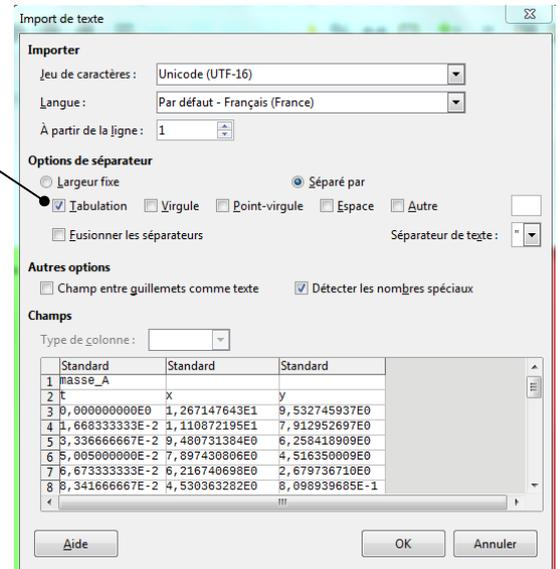
14) Rédiger ci-dessous le protocole expérimental de cette expérience :

- ✓ placer la caméra de façon à ce que l'objectif soit centré sur le centre de la scène à filmer ;
- ✓ placer la caméra parallèle à la scène à filmer ;
- ✓ placer l'objectif suffisamment proche pour limiter les effets de la parallaxe ;
- ✓ s'assurer que l'objet à filmer est bien contrasté avec le fond sur lequel il bouge ;
- ✓ s'assurer de conditions lumineuses favorisant ce contraste ;
- ✓ choisir une résolution et un nombre d'images adapté au nombre d'images à filmer.

15) Pour traiter la vidéo dans le but de récupérer la trajectoire du berceau :

- ✓ ouvrir le logiciel « Tracker », et à partir du logiciel ouvrir la vidéo « Car Ride Vit 5.mp4 » ;
- ✓ définir le repère (O, \vec{x}, \vec{y})  ; en bas à gauche de la vidéo pour commencer ;
- ✓ définir l'échelle en utilisant la fonction « Ruban de calibration »  et une distance qui sera mesurée sur le système ;
- ✓ déplacer le ruban en haut à droite de la vidéo sans modifier sa longueur ;
- ✓ créer une "masse ponctuelle"  * Créer, puis définir la zone à suivre en appuyant simultanément sur les touches Ctrl et  ;
- ✓ ajuster la forme recherchée en déplaçant et en étirant le cercle rouge à l'aide du carré rouge ;
- ✓ régler le « taux d'évolution » à 20% et le « repérage automatique » à 4 ;
- ✓ récupérer automatiquement les données en cliquant « Chercher »  ;
- ✓ visualiser la courbe $y(x)$ qui représente la trajectoire du berceau ;
- ✓ ajuster la position de l'origine en déplaçant le repère précédent pour qu'elle se situe au centre de la trajectoire, puis ajuster l'orientation de l'axe X pour tenir compte de l'erreur d'orientation de la caméra lors de la capture vidéo ;

- ✓ **sélectionner** la totalité des données contenues dans les colonnes t, x et y, et par un clic droit **copier** les données sélectionnées en pleine précision ;
- ✓ **coller** l'ensemble de ces données dans la case prévue à cet effet dans le fichier « Comparaison des trajectoires - Elève », en respectant les options ci-contre ;
- ✓ **faire valider** par le professeur, puis **imprimer** le graphique en couleur (après l'avoir copié et collé dans un traitement de texte).



16) Evaluer les écarts relatifs en % de la trajectoire simulée du système bielle/manivelle par rapport à celle expérimentale :

- ✓ système bielle/manivelle : $E_{rel\ hor} = 0/36 = 0\%$
 $E_{rel\ vert} = 6/20 = 30\%$

III.B. EXPLICATION DE L'ECART ENTRE LA TRAJECTOIRE REELLE ET LA TRAJECTOIRE SIMULEE

1. ANALYSE DES SIGNAUX FOURNIS PAR LES CAPTEURS DE FIN DE COURSE

Le constructeur a mis en place un capteur de fin de course placé pour chacun des deux axes de mouvement :

- ✓ le capteur horizontal délivre un signal logique 1L lorsque la position horizontale est minimale ($x = -36\text{ mm}$) ;
- ✓ le capteur vertical délivre un signal logique 1L lorsque la position verticale est minimale ($y = -20\text{ mm}$).

17) Visualiser les vidéos fournies des capteurs de fin de courses.

On rappelle que pour calculer le déphasage ϕ on détermine le décalage temporel Δt entre le sommet de $y(t)$ et le sommet de $x(t)$ ($\Delta t > 0$ si $y(t)$ est en avance sur $x(t)$).

Lorsqu'on analysera les signaux fournis par les capteurs, on mesurera le décalage Δt_{mes} entre la fin de course horizontale et la première fin de course verticale suivante.

18) Indiquer sur les chronogrammes ci-contre les durées Δt et Δt_{mes} .

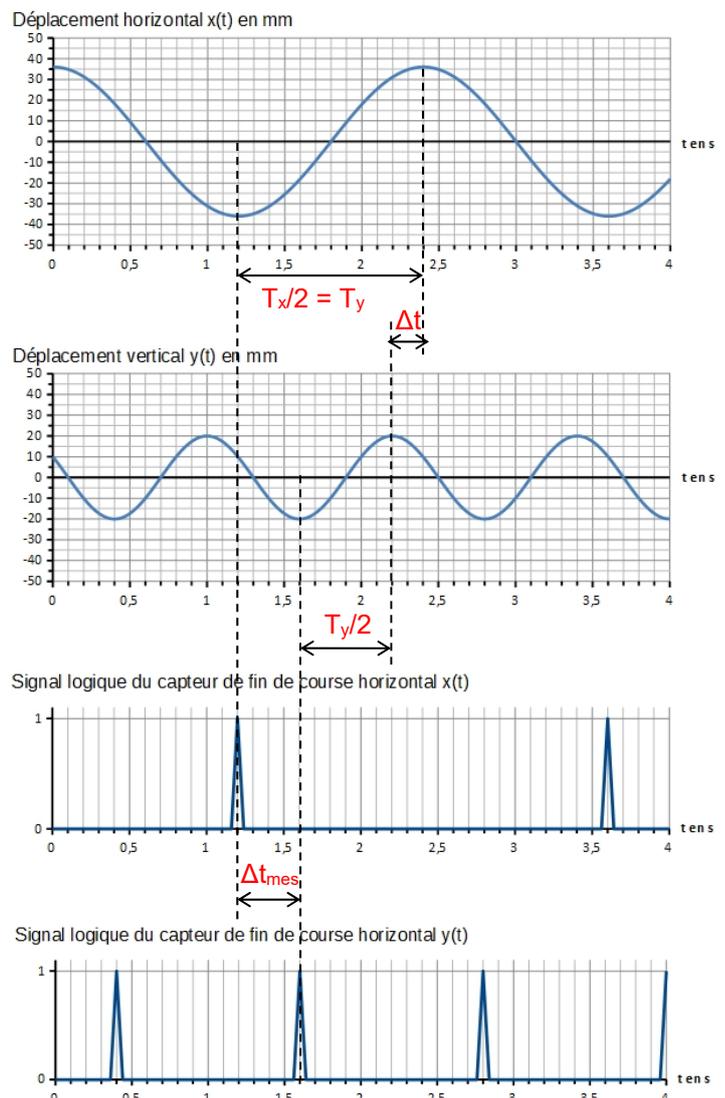
Lorsqu'on analyse les courbes ci-contre, on se rend compte que le décalage mesuré Δt_{mes} n'est pas égal au décalage Δt permettant de calculer le déphasage. L'objectif est d'établir une formule liant ces deux grandeurs.

19) Indiquer sur les chronogrammes ci-contre les expressions littérales des durées manquantes en fonction des périodes T_x et T_y , et en déduire l'expression littérale de Δt en fonction de Δt_{mes} :

$$\Delta t = \frac{T_x}{2} - \frac{T_y}{2} - \Delta t_{mes} = \frac{T_y}{2} - \Delta t_{mes}$$

20) Valider l'expression littérale obtenue avec les valeurs numériques

$$\Delta t = 0.6 - 0.4 = 0.2\text{ s}$$

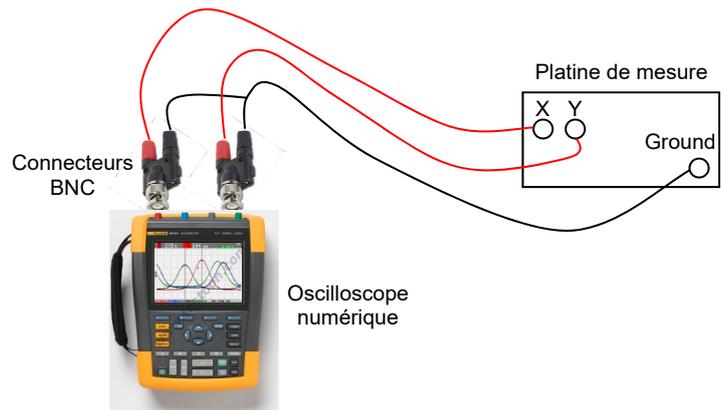


21) A l'aide du professeur, mesurer les signaux électriques délivrés par les capteurs de fin de course, et compléter le tableau suivant :

Vitesse	Période T_x	Période T_y	Décalage temporel Δt_{mes} des signaux des capteurs	Rapport des périodes T_y/T_x	Décalage temporel $\Delta t = \frac{T_y}{2} - \Delta t_{mes}$	Déphasage $\varphi = 360 \frac{\Delta t}{T_y}$
5	2,4 s	1,2 s	0,88 s	0,5	-0,28	-84°
4	3,1 s	1,55 s	1,13 s	0,5	-0,36	-82°
3	3,8 s	1,9 s	1,38 s	0,5	-0,43	-81°
2	4,8 s	2,45 s	1,79 s	0,51	-0,57	-84°
1	5,8 s	2,9 s	2,1 s	0,5	-0,65	-81°

22) Rédiger ci-dessous le protocole expérimental de cette expérience, en ajoutant un schéma de principe :

- ✓ câbler les deux voies de l'oscilloscope numérique sur les deux capteurs ;
- ✓ régler la base de temps sur l'oscilloscope numérique (500 ms ou 1s par division) ;
- ✓ régler l'échelle des tensions pour les voies A et B (2V par division) ;
- ✓ filtrer les signaux.



2. CONSEQUENCE DE L'ERREUR DE DEPHASAGE

23) Commenter l'effet d'une erreur de déphasage sur la trajectoire obtenue, et en déduire la cause de l'écart entre la trajectoire simulée pour le système bielle manivelle par rapport à celle expérimentale :

Pour la trajectoire simulée, le déphasage était de -90° , tandis que pour celle mesurée le déphasage est de -84° .

Une modification du déphasage crée un écart vertical, et pas d'écart horizontal, ce qu'a bien montré l'analyse d'écart entre les deux trajectoires.

IV. BILAN

24) Proposer un principe de fonctionnement possible de la carte électronique en termes de pilotage des moteurs pour obtenir la trajectoire souhaitée à la fréquence de bercement souhaitée :

La carte électronique pilote la vitesse du moteur du mouvement horizontal suivant la cadence présélectionnée. Le pilotage de la vitesse du moteur du mouvement vertical sera quant à lui défini suivant le type de trajectoire sélectionnée, en fonction de la vitesse du mouvement horizontal (rapport T_y/T_x constant).

L'analyse des signaux des capteurs de fin de course permet à la carte électronique de piloter les moteurs afin d'ajuster le déphasage entre le mouvement vertical et le mouvement horizontal.

25) Compte tenu des différentes études réalisées, et en observant le transat-berceur, compléter le diagramme FAST de la page suivante.

DIAGRAMME FAST DE DESCRIPTION DE LA FONCTION DE SERVICE FP1

FP1 : Bercer le bébé automatiquement selon une trajectoire et une vitesse définie par les parents

