



# BRAS DE PELLETEUSE ÉLECTRIQUE

## TP Cy04 – PUISSANCE ÉNERGÉTIQUE

# GESTION ÉNERGÉTIQUE

## I. Introduction

### I.1. Présentation

La pelleteuse électrique autonome est un système didactisé qui s'inspire des évolutions actuelles des engins de chantier, d'une part dans leur changement de pratique en terme d'empreinte environnementale (abandon des moteurs thermiques) et d'autres part dans l'automatisation des tâches (véhicules autonomes).

Le système didactisé reprend uniquement l'ensemble **bras articulé** d'une pelleteuse constitué des 3 sous-ensembles (la **flèche**, le **balancier** et le **godet**) disposant chacun d'un actionneur (vérin électrique) et d'un système de transmission/transformation de mouvement. Le but de la pelleteuse étant de pouvoir remplir le godet d'une charge (terre, graviers, gravats, etc.), la déplacer et enfin la décharger tout en respectant le milieu environnant. De manière traditionnelle, ces actions se font manuellement par une opérateur qui agit sur deux joysticks permettant chacun de commander 2 actionneurs. Dans le cas du système didactisé, l'actionneur lié au mouvement de rotation vertical de la tourelle n'est pas utilisé.

Le banc didactisé dispose de deux mode de fonctionnement :

- **mode réel** : permet d'agir directement sur le bras de la pelleteuse
- **mode simulé** : permet d'agir sur le jumeau numérique dont le comportement est simulé sur ordinateur

Les deux modes peuvent se piloter par le biais des joysticks ou via l'interface de commande.

### I.2. Problématique

Afin de maîtriser au mieux la consommation électrique de la pelleteuse, il est nécessaire d'identifier les sources de perte énergétique. Il sera alors possible pour le concepteur de proposer des solutions technologiques afin d'améliorer le rendement global de son système et ici, d'accroître l'autonomie de la pelleteuse.

Cette étude se concentrera sur l'analyse des actionneurs (vérin électrique), des puissances transmises et des énergies consommées dans différents cas de travaux.

***L'objectif de ce TP est de déterminer le rendement du vérin électrique et d'analyser l'énergie consommée dans différents scenarii.***

### I.3. Prise en main du système

***Actionner les joysticks suivant différentes inclinaisons et observer les effets sur le mouvement des pièces. Quelle est l'influence du degré d'inclinaison du joystick sur la vitesse de déplacement des vérins électriques ?***

## Mouvements simples

- À l'aide des joysticks, modifier indépendamment l'orientation de la flèche, le balancier et du godet pour s'approprier les commandes proportionnelles de actionneurs. La vitesse maximale de sortie de tige du vérin peut être modifiée entre 0 et 10 mm/s.
- Pour chaque axe, est-ce vitesse angulaire de l'axe ou la vitesse de sortie de tige du vérin qui est pilotée ?

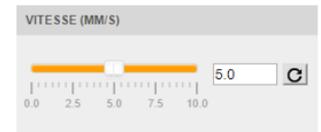


Figure 2: Saturation de la vitesse de sortie de tige

## Mouvements complexes

Les opérations classiques sur un chantier imposent au conducteur de manipuler les 3 axes en même temps.

- Faire une opération de prise de gravats et essayer de déplacer le godet à l'aide des 3 commandes dans le plan **sans perdre le chargement**.
- Réaliser une opération de nivelage (translation horizontale ou verticale du godet avec une orientation constante du godet par rapport au bâti du système).

L'historique des positions des extrémités des 3 axes est donnée dans la partie droite de MyViz, elle permet notamment de vérifier le respect de la trajectoire du godet.

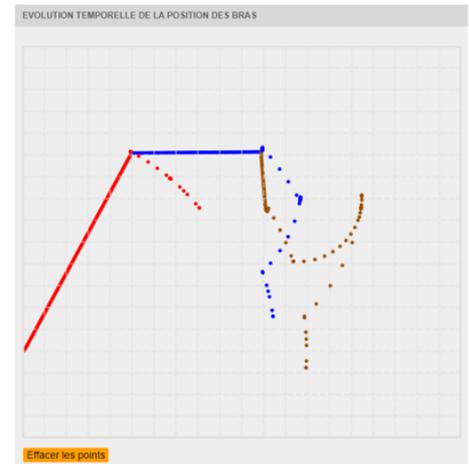


Figure 3: Historique des positions des extrémités des sous-ensembles flèche, balancier et godet

## 1.4. Réalisation d'opérations classiques

Lors de l'utilisation de la pelleuse, l'opérateur est amené à réaliser différentes opérations telles que le creusement ou le nivellement.

### Chargement-déplacement-déchargement

Lors des opérations de creusement (excavation, réalisation d'une tranchée, etc.), l'opérateur procède de manière cyclique : mise en position du godet, chargement, déplacement puis déchargement.

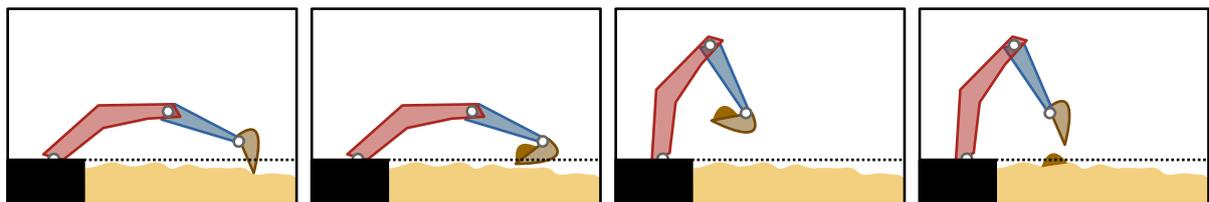


Figure 1: opération de chargement - déchargement

Entraînez vous à réaliser une procédure de chargement, déplacement puis déchargement du godet en évitant de perdre le chargement en route.

**Après avoir réalisé quelques cycles, quelles sont les difficultés rencontrées ?**

## Nivellement

L'opération de nivellement consiste en un déplacement vertical ou horizontal du godet permettant de définir des contours plans de la zone en travaux. Seul le fond ou la lame du godet est en contact avec le sol.

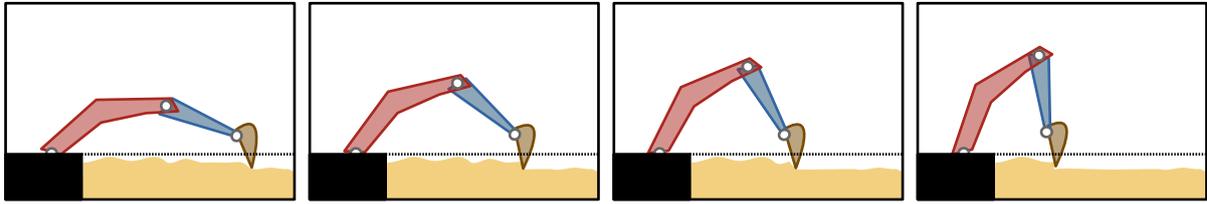


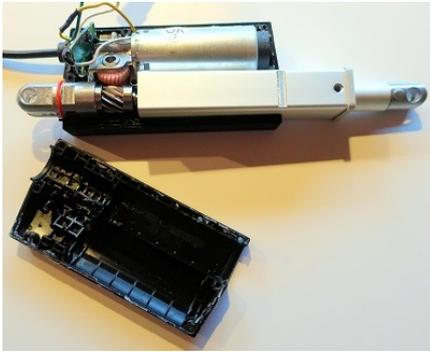
Figure 2: opération de nivellement

*Essayer de déplacer le godet suivant une trajectoire rectiligne horizontale ou verticale, quelles sont les difficultés rencontrées ?*

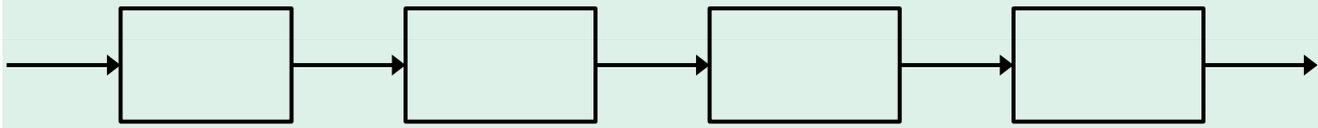
## II. Analyse énergétique de l'actionneur

### II.1. Analyse structurelle du vérin électrique

On donne sur la figure ci-dessous la constitution du vérin électrique et le fichier pdf3D de la modélisation volumique du vérin.



Compléter la chaîne d'énergie du vérin électrique ci-dessous en nommant les différents sous-ensemble ou groupement de sous-ensemble et en indiquant les grandeurs d'entrée et de sortie permettant d'identifier les puissances intervenant dans le vérin électrique.



À quel niveau se situent les pertes énergétiques les plus importantes ? Justifier

### II.2. Étude du rendement du vérin électrique

Dans le logiciel Myviz, à l'aide du tableau de bord « Cinématique », réaliser un mouvement d'aller et retour d'un sous-ensemble au choix.

Après avoir indiqué l'expression de la puissance d'alimentation du moteur, tracer expérimentalement son évolution temporelle.

Faire de même pour la puissance en sortie du vérin.

Après avoir indiqué l'expression du rendement de l'actionneur, tracer son évolution temporelle et proposer une plage de valeurs qu'il est possible de retenir pour le rendement du vérin choisi.

### III. Influence des trajectoires sur la consommation d'énergie

Dans cette partie, utilisez MyViz avec le tableau de bord « *Énergie Puissance* ». Ce tableau de bord permet de fixer une position d'arrivée pour le godet (X et Y) ainsi que son inclinaison (Gamma). La trajectoire suivie par le godet est calculée par le modèle géométrique inverse qui permet de déterminer les longueurs des vérins de flèche et de pénétration pour une position donnée du godet.

Les courbes affichées sur le tableau de bord sont les évolutions temporelles de la position du godet, de l'orientation du godet et les puissances instantanées électriques et mécaniques de chaque vérin (voir partie précédente).

Dans cette partie, nous allons nous intéresser à un mouvement « classique » du bras qui doit passer d'une position extrême à une autre (décharge du godet dans une benne au chargement du godet par exemple). Ces positions sont définies sur les figures ci-dessous.

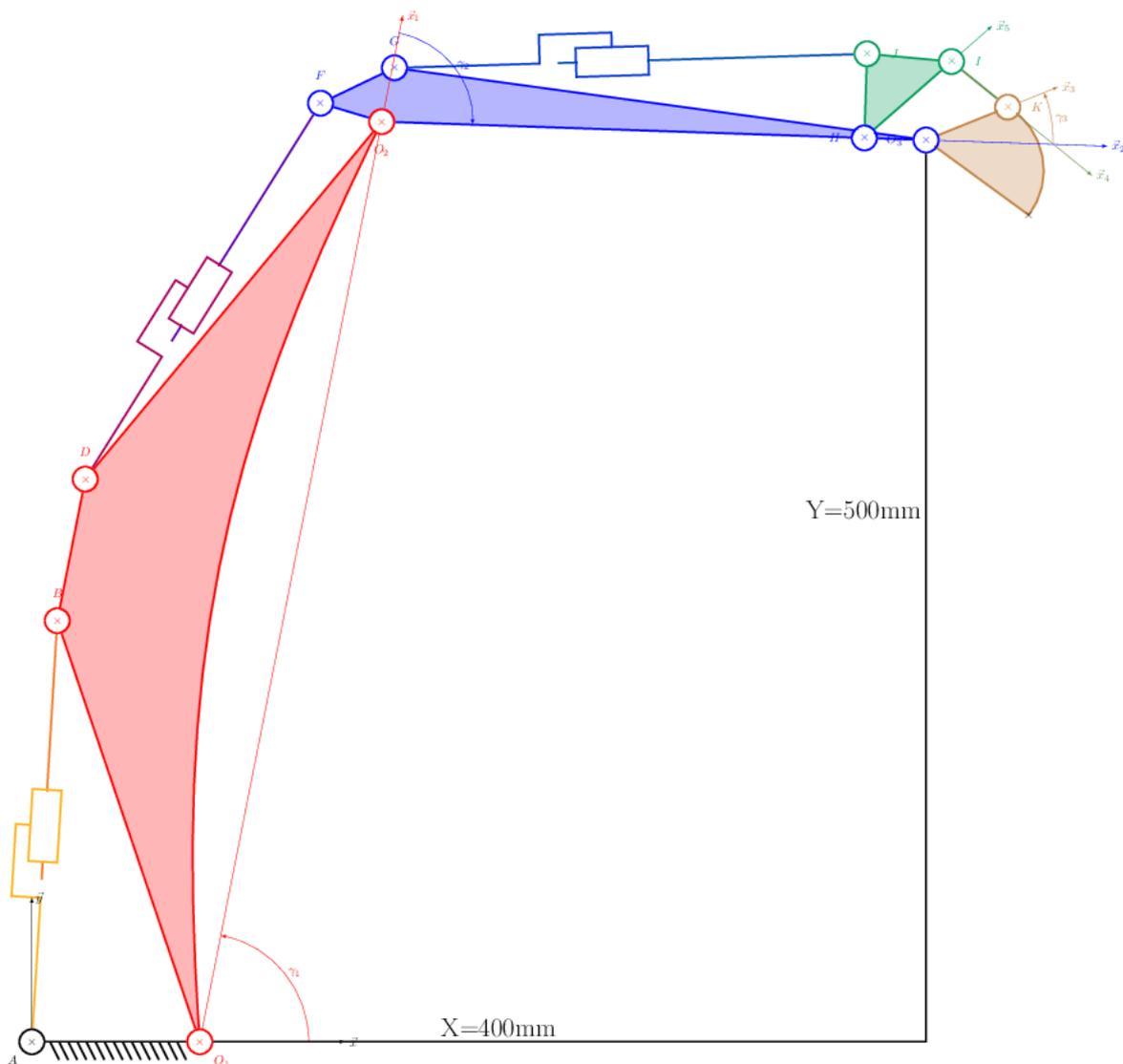
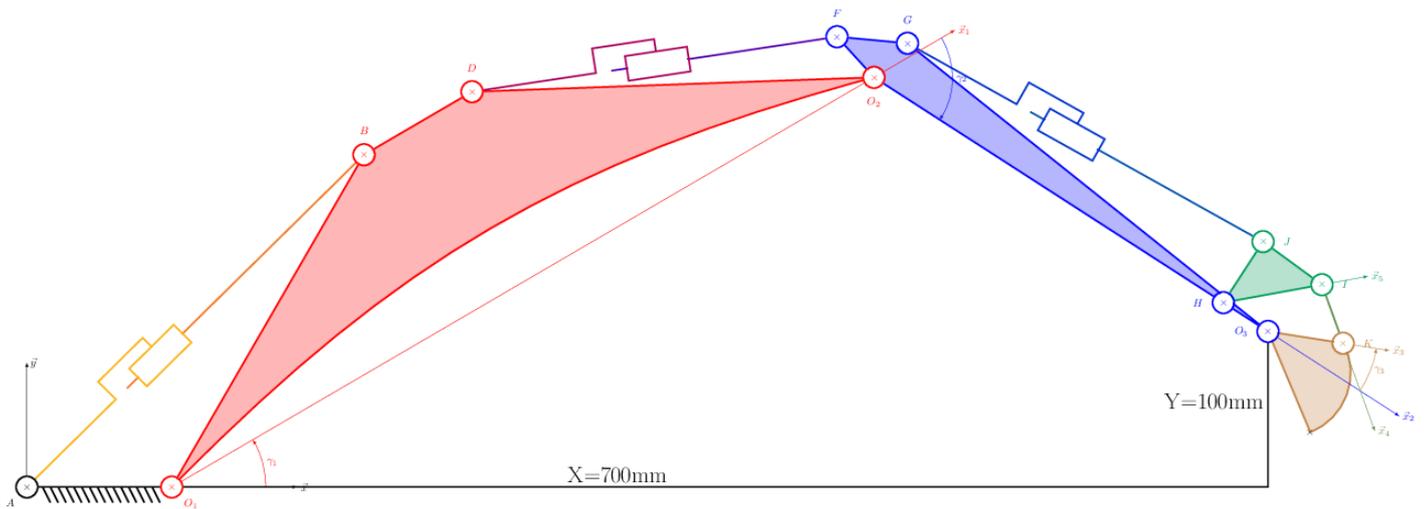


Figure 3: Position initiale du bras (X=400mm, Y=500mm)

Figure 4: Position finale du bras ( $X=700\text{mm}$ ,  $Y=100\text{mm}$ )

### III.1. Trajectoire rectiligne

Après avoir positionné le godet à la position  $X=400\text{mm}$  et  $Y=500\text{mm}$  en cliquant sur « activation de la consigne », fixer maintenant la position du godet à  $(700,100)$ . Laisser le mode **Rectiligne** sur **ON**.

*Relever les énergies consommées par les vérins 1 (flèche) et 2 (pénétration).*

*Dans le menu « Tracer », visualiser l'évolution de la position du godet dans le plan (X,Y). La trajectoire respecte-t-elle la consigne ?*

Dans ce mode, la droite « consigne » est discrétisée en une liste de points successifs à atteindre, chacun de ces points est alors traduit par une consigne angulaire à donner à la flèche et au godet.

*Visualiser l'évolution temporelle des consignes angulaires flèche et balancier. Ces évolutions vous semblent-elles cohérentes d'un point de vue consommation énergétique ?*

*Quelle quantité d'énergie pourrait-on espérer économiser en évitant le phénomène identifier précédemment ?*

### III.2. Trajectoire libre

Dans cette partie, le mode **Rectiligne** sera mis sur **OFF**. Réaliser un déplacement du godet de la position  $(400,500)$  à la position  $(700,100)$ .

*Relever les énergies consommées par les vérins 1 (flèche) et 2 (pénétration).*

*Tracer les évolutions temporelles des consignes et positions angulaires de la flèche et du godet et décrire le mode de pilotage imposé au bras de la pelleuse. On pourra aussi s'aider des évolutions temporelles des vitesses des axes.*

*Tracé l'évolution des positions du godet dans le plan (X,Y). Cette évolution vous semble-elle cohérente d'un point de vue consommation énergétique ?*

## IV. Analyse de l'énergie consommée / énergie utile

*Traitement des données numériques*

L'export des données sous format csv permet le traitement des données numériques via un tableur ou un code python.

On se propose ici de calculer, pour le mouvement de la partie précédente suivant les 2 trajectoires :

- l'énergie électrique consommée par chaque vérin
- l'énergie mécanique à fournir
- identifier l'énergie donnée par MyViz
- calculer le rendement.

*Proposer un algorithme qui permet de lire le fichier csv et d'affecter les variables temps, intensité, tension, force et vitesse pour les vérin 1 et 2. Ces variables pourront être des listes.*

*À l'aide d'une boucle for, calculer la puissance instantanée électrique et mécaniques sous la forme d'une liste pour les vérins 1 et 2. Faire afficher l'évolution temporelle des puissances électrique et mécanique pour chaque vérin.*

*Proposer une fonction Energie(temps,puissance) qui renvoie l'énergie consommée à partir de l'évolution de la puissance en fonction du temps.*

*Proposer enfin une fonction Rendement(NrjE,NrjS) qui renvoie le rendement en % à partir de l'énergie entrante et l'énergie sortante.*

*Conclure sur le rendement global lors du mouvement imposé en trajectoire rectiligne et libre.Conclure.*