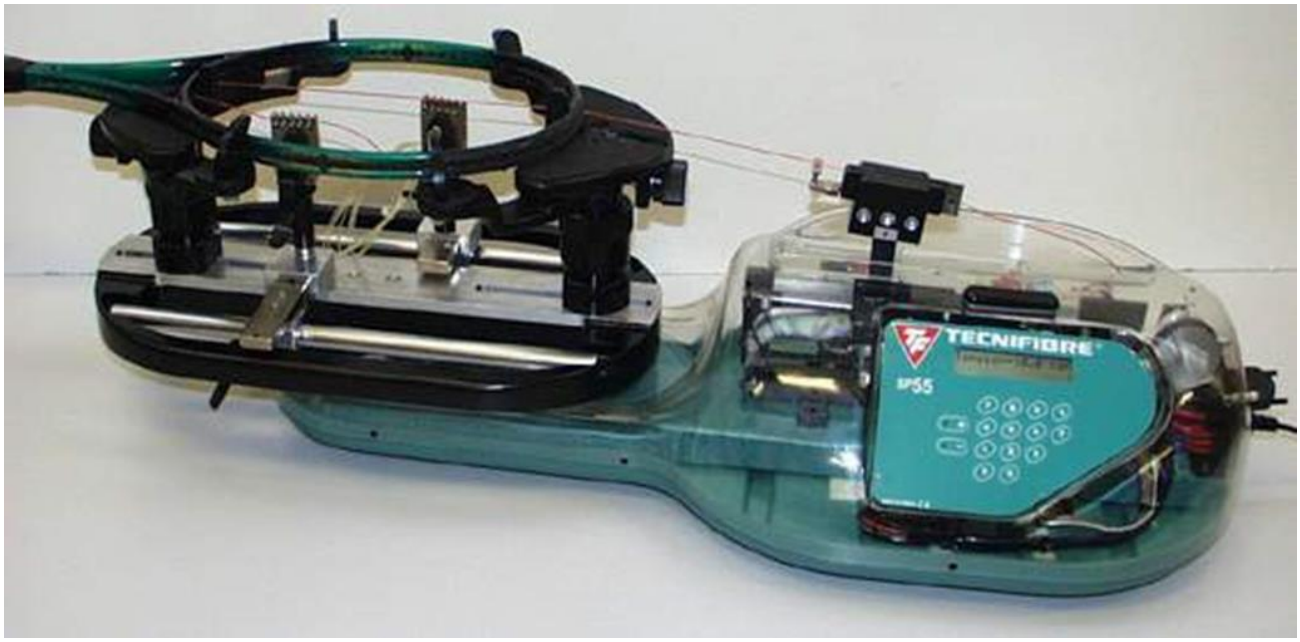
Travaux Pratiques - STATIQUE
Cordeuse de raquette



Objectifs du TP

- Justifier le manque de précision de la cordeuse compte tenu du moyen utilisé pour maintenir en place les pinces.
- Proposer un modèle de comportement (frottement de Coulomb) vis à vis du contact rail de guidage / coulisseau.
- Valider ce modèle par rapport au comportement réel compte tenu des matériaux en contact.
- Proposer un modèle de comportement vis-à-vis du contact coulisseau/pince.
- Analyser la géométrie du contact pour justifier le comportement réel non symétrique.
- Valider ce modèle vis-à-vis de la nature du contact et des matériaux en contact.
- Etudier le rendement de la partie transmission.

1 - Présentation de la machine à corder les raquettes

Le cordage d'une raquette de tennis ou de badminton nécessite de nombreuses manipulations manuelles. La partie automatisée de la machine permet d'assurer la réalisation précise de la tension de chaque brin de corde.

Identifier et expliquer le rôle des différents composants suivants :

- Berceau
- Pince
- Mécanisme de mise en tension

Repérer sur la maquette et déterminer les différents éléments constituants le mécanisme de mise en tension.

Cahier des charges

Un extrait du cahier des charges relatif à l'exigence E4 : « *Maintenir la tension* », est le suivant :

E4	Tendre la corde sur le cadre de la raquette	Tension	50 N < T < 400 N	**± 5 % (Fidélité)** **± 10 % (Précision)** Marge de Phase 45°(Stabilité)

2 - Validation expérimentale des performances de précision

La cordeuse étant munie de son capteur d'effort supplémentaire, réaliser l'expérience suivante pendant les 10 secondes de mesure :

- Imposer une tension de 200 N dans la corde.
- Mettre en place la pince de maintien en tension.
- Relâcher le mécanisme de mise en tension.

Tracer, grâce au logiciel, l'évolution de la tension dans la corde en fonction du temps.

Recopier qualitativement cette courbe sur votre copie en reportant les valeurs caractéristiques et identifier sur cette courbe les trois phases différentes.

Déterminer alors la précision de la cordeuse.

Le cahier des charges est-il vérifié en termes de précision ?

Dans ces conditions, la cordeuse est-elle précise ? Est-elle fidèle ? Commenter.

Imaginer la manipulation sur la pince que le cordeur doit réaliser pour éviter la diminution de tension due aux jeux dans les liaisons de la pince avec le berceau.

3 - Justification de la baisse de tension

On souhaite désormais justifier ce comportement.

Analyse expérimentale du fonctionnement du système de guidage des pinces

Le système étudié réalise l'exigence E5 : *« Maintenir la tension »*.

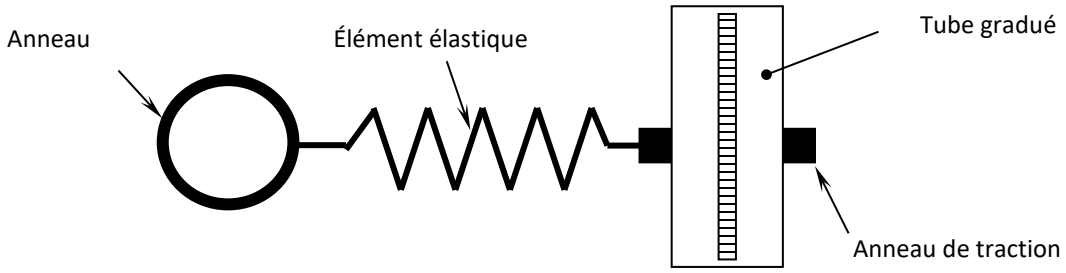
E5	Maintenir la tension	Glissement	Serrage sans écrasement permanent de la corde (essais) **Perte de tension maximale admissible**	**30 %**

Pour la mettre en évidence, on utilise le dispositif de manœuvre représenté ci-dessous et un tube gradué qui sera monté à la place du fourreau. Enlever la pince et installer le tube gradué à la place.

Le dispositif de manœuvre est constitué :

- D'un anneau qui peut être positionné à différentes hauteurs sur le tube gradué.
- D'un élément de tirage élastique (ressort).

Cet ensemble permet de bien situer la position, la direction et la variation de l'intensité de l'effort appliqué, éléments nécessaires pour une étude de l'arc-boutement dans le système de guidage étudié.



Les différentes graduations qui apparaissent correspondent à la distance entre l'axe et le point indiqué et elles sont évidemment différentes pour les deux guidages, l'un étant au-dessus de l'autre.

Manipulation N° 1

Placer l'anneau de traction à la base du fourreau de la pince, ce qui correspondra à la phase de manipulation et de positionnement de la pince effectuée par l'opérateur.

Exercer un effort horizontal d'intensité variable à l'aide de l'élément défini ci-dessus et dans différentes directions du plan horizontal.

Que constate-t-on ? A-t-on les mêmes effets dans toutes les directions ? Pourquoi ? Commenter.

L'intensité / la direction de l'action mécanique ont-elles un effet ? Pourquoi ? Commenter.

Manipulation N° 2

Placer l'anneau de traction au niveau du plan de fixation du cadre de la raquette (environ 200 mm du rail de guidage), ce qui correspondra à la situation où la corde tendue agit sur la pince.

Exercer un effort horizontal d'intensité variable à l'aide de l'élément défini ci-dessus et dans différentes directions du plan horizontal.

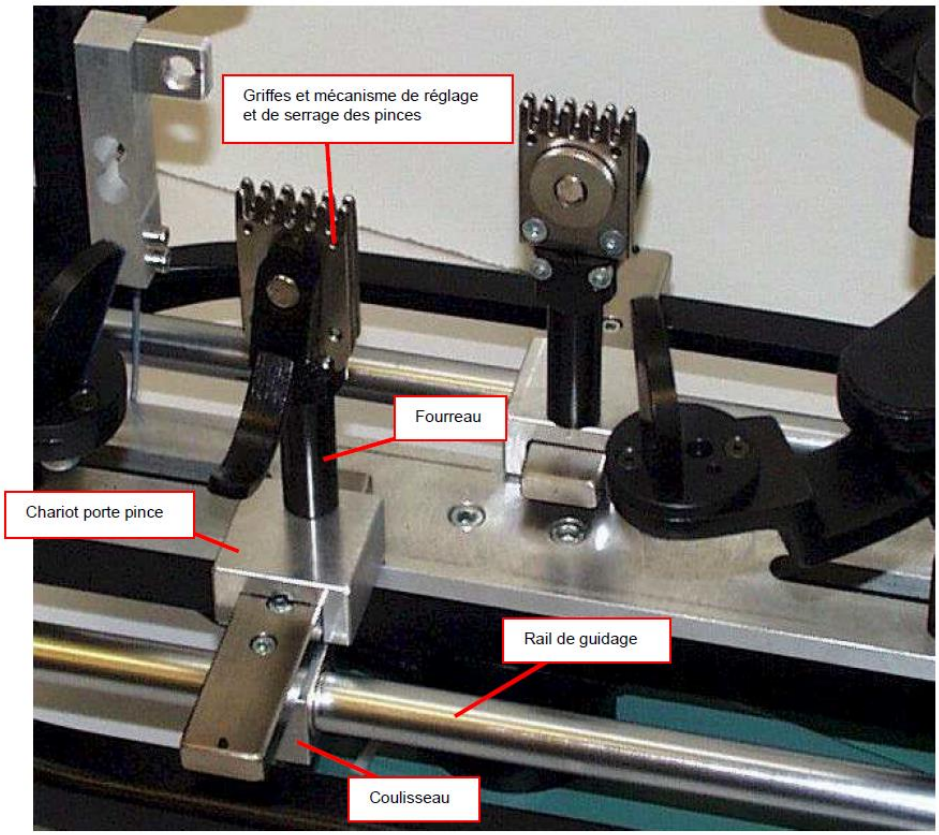
Que constate-t-on ? A-t-on les mêmes effets dans toutes les directions ? Pourquoi ? Commenter.

L'intensité / la direction de l'action mécanique ont-elles un effet ? Pourquoi ? Commenter.

4 - Notion d'arc-boutement

Les pinces sont constituées de trois parties principales qui peuvent se déplacer sur le rail de guidage :

- Le fourreau tubulaire sur lequel sont montées les griffes avec leur système de réglage et de serrage
- Le chariot muni de son axe
- Le coulisseau transversal et son dé de guidage sur le rail



En observant la photo ci-dessus et la cordeuse à votre disposition, justifier la nécessité des mouvements possibles entre les trois parties.

On s'intéresse dans un premier temps à la liaison **coulisseau/rail de guidage.**

En observant les deux surfaces en contact, déterminer les deux matériaux en contact dans cette liaison.

Hypothèse n°1 : Les contacts entre solides sont supposés ponctuels ou linéiques car :

- Les solides et les surfaces en contact sont supposés indéformables.
- Les liaisons sont géométriquement parfaites, mais avec jeu.

Hypothèse n°2 : L'étude peut être réalisée dans le plan défini ci-dessous qui est supposé être un plan de symétrie géométrique et un plan de symétrie pour les efforts.

En recopiant le schéma ci-dessous sur votre copie, représenter la position occupée par le coulisseau par rapport au rail de guidage lorsque celui-ci se bloque (on dessinera le coulisseau très peu incliné par rapport au rail de guidage).

Qualifier puis situer par des flèches les zones de contact coulisseau/rail de guidage.

Justifier l'hypothèse n°1. Dans la suite, la valeur de ce jeu sera considérée comme négligeable par rapport aux autres dimensions.

La figure ci-contre représente une coupe transversale de la liaison coulisseau/rail. Le jeu entre ces deux éléments a volontairement été augmenté.

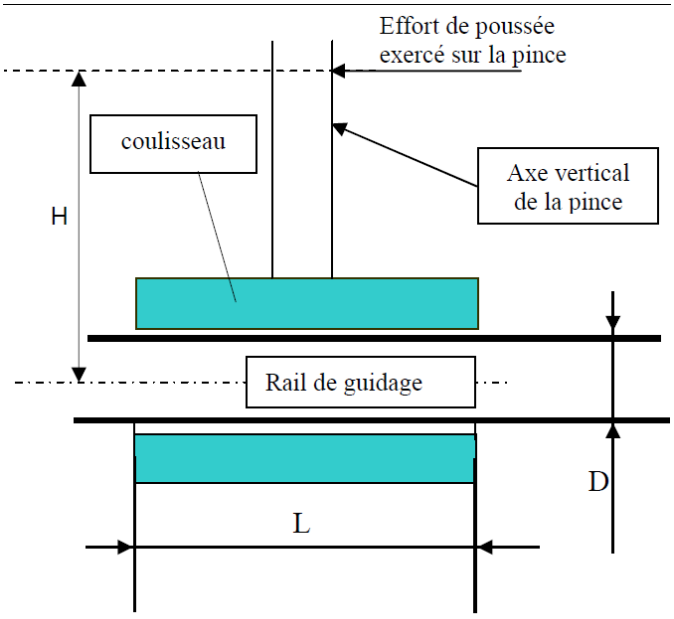
Lorsque on exerce un effort dont la direction est définie on observe les deux situations observées en fonction de la hauteur H du support de l'effort :

- Le coulisseau glisse par rapport au rail de guidage

ou

- Le coulisseau se bloque par rapport au rail de guidage.

Il existe en fait une certaine hauteur H_{lim} au-dessus de laquelle le coulisseau se bloque par rapport au rail de guidage.



5 - Représentation graphique du phénomène d'arc-boutement

Sur le **DOCUMENT REPONSE 1**, représenter les supports, à la limite du glissement, des actions du rail de guidage sur le coulisseau (à justifier) : on se servira des traits déjà esquissés.

Traduire ensuite graphiquement l'équilibre du coulisseau, lorsque l'effort de poussée est au-dessus de H_{lim}. Pour cela, on supposera qu'un des efforts du rail sur le coulisseau est sur le cône et on étudiera le support de l'autre. L'équilibre est-il possible ?

Dans le cas où l'effort de poussée est en dessous de H_{lim}, montrer que si un des efforts exercés par le rail de guidage est sur le cône de frottement l'autre « sort » du cône de frottement. Est-ce possible ? Justifier alors que l'équilibre du coulisseau par rapport au rail de guidage soit impossible dans ce cas.

Tracer le support de l'action de poussée (horizontale) à la limite de l'équilibre (équilibre strict) du coulisseau.

Démontrer alors que $H_{lim} = \frac{L}{2f}$, hauteur à partir de laquelle le coulisseau se bloque par rapport au rail de guidage.

6 - Identification expérimentale du coefficient de frottement

A partir de l'expression obtenue par l'équipe **MODELISATEURS**, on souhaite déterminer qualitativement le coefficient de frottement entre les deux matériaux en contact.

Se munir de l'appareil pour mesurer précisément la hauteur limite. On utilisera dans le cas présent la graduation longitudinale de l'appareil.

En déduire le coefficient de frottement entre les deux matériaux. Vérifier sa cohérence par rapport au tableau du cours.

Etude du contact dissymétrique chariot / coulisseau

Etude préliminaire

Pour aller plus loin, on souhaite étudier de la même façon le contact et le phénomène d'arc-boutement entre le chariot et le coulisseau.

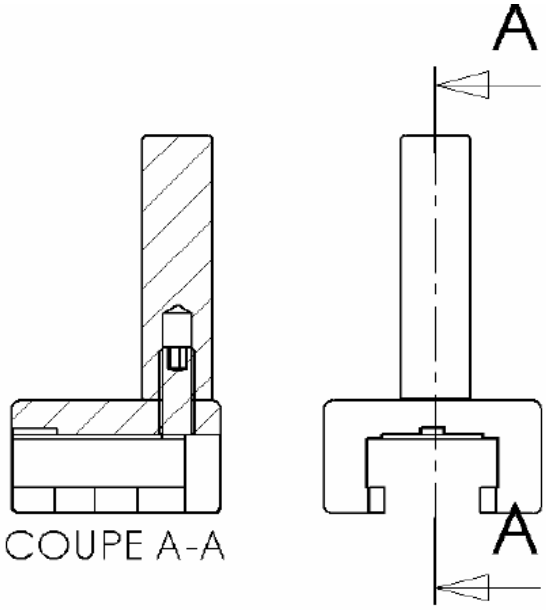
En observant les deux surfaces en contact, déterminer les deux matériaux en contact dans cette liaison.

En se servant du tableau du cours, déterminer le coefficient de frottement entre ces deux matériaux.

En se munissant de l'appareil pour mesurer la hauteur limite (dans le sens transversal cette fois), déterminer si les hauteurs limites sont identiques en tirant d'un côté ou de l'autre.

Justification du comportement non symétrique

Les **DOCUMENTS REPONSES 2** et **3** représentent, à l'échelle, le contact considéré.



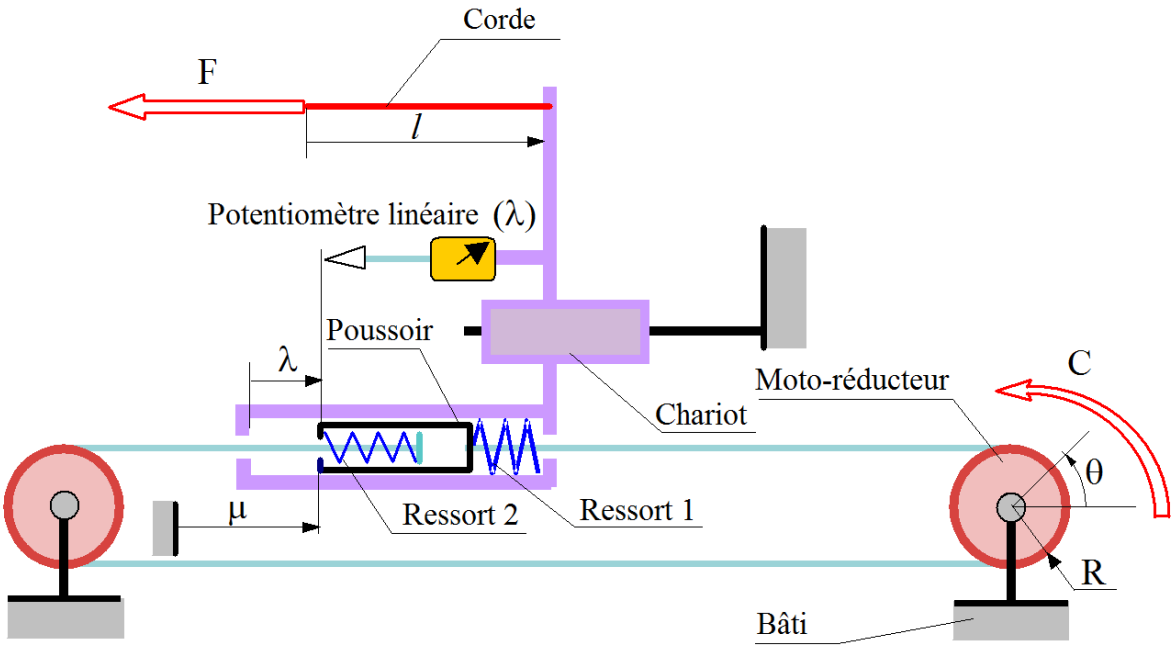
En considérant le coefficient de frottement déterminé par l'équipe **EXPERIMENTATEURS**, représenter uniquement graphiquement, les deux hauteurs limite, dans les deux sens de poussée.

Vérifier alors que ces constructions et ces hauteurs sont en accord avec l'expérience.

7 - Détermination du courant absorbé au cours du cordage

On se propose dans cette partie de déterminer quel peut être le courant appelé par le moteur au cours de l'opération de cordage et de vérifier que le moteur choisi est bien capable de fournir le couple nécessaire.

Modèle proposé



Equilibre du mécanisme de mise en rotation

On se place dans la situation où le système agit sur la corde de la raquette.

Les liaisons sont supposées sans frottement.

Détermination théorique de la loi entrée / sortie en effort

Soit **F** l'effort de traction exercé sur la corde de la raquette et λ > 0 (voir figure précédente).

Efforts de tension dans la chaîne

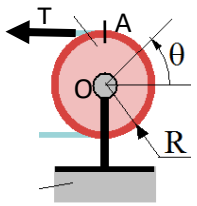
Isoler l'ensemble E_1 = {chariot + poussoir + ressort 1}. Modéliser par des torseurs les actions mécaniques agissant sur le chariot.

En observant ces torseurs, on devine aisément la relation entre **F** et la tension T dans la chaîne qui peut être issue du PFS.

En isolant l'ensemble E_1 = {chariot + poussoir + ressort 1} et en supposant la tension initiale de la chaîne nulle (ressort (2) détendu), déterminer la tension T dans le brin tendu de la chaîne en fonction de F.

Couple réducteur

En isolant le pignon, faire le bilan des AM extérieures.



En appliquant le PFS en O, déterminer le moment C du couple exercé par le réducteur sur le pignon en fonction de F et R.

Déterminer le couple moteur C_m en fonction de C, du rendement η du réducteur et du rapport de réduction r.

En déduire la relation entre C_m et F, R et le rendement η du réducteur et du rapport de réduction r.

En déduire, à partir des caractéristiques du Moteur à Courant Continu (voir **DOSSIER RESSOURCES**), la relation entre I_m et F, R, le rendement η du réducteur et du rapport de réduction r.

Détermination expérimentale des paramètres de la loi entrée / sortie en efforts

Mesurer la valeur du rayon R du pignon.

Déterminer le rapport de réduction $r = \frac{\theta}{\theta_m}$ du système de transmission par deux méthodes différentes :

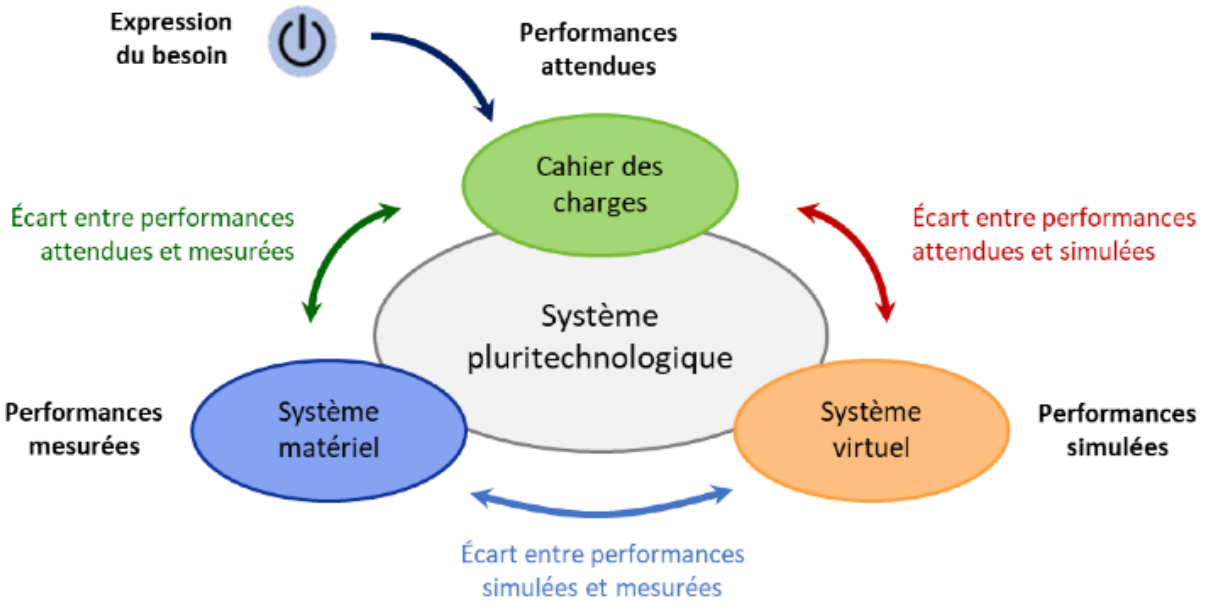
- Mesures sur le système
- Mesures à partir des courbes fournies par l'ordinateur

A partir d'essais sur la maquette, mesurer la valeur de I_m.

On donne K_t = 0,032 N.m/A.

Estimer une valeur de η. Analyser et commenter ce résultat.

8 - Validation

En quoi le phénomène d'arc-boutement est-il contradictoire avec le critère de précision du maintien en tension ?

L'objectif pour le groupe est de comparer les résultats des mesures expérimentales avec les valeurs théoriques données par le calcul. Calculer les écarts et estimer d'où ils peuvent provenir.