

M2 - Master Didactique des sciences

Mémoire recherche

Présenté par

Foulon Amandine

Date 9 septembre 2015

**Construction d'une activité de conception
expérimentale intégrant une modélisation
pour des étudiants de niveau L1 : Analyse
praxéologique lors de l'étude du mouvement
d'un mobile autoporteur sur une table à
coussin d'air inclinée d'un angle α**

Directeur : Claire Wajeman

Examineurs : Hamid Chaachoua et Evelyne Chevigny

CHAPITRE I INTRODUCTION	6
1 Objet du mémoire.....	6
2 Justification de l'étude.....	8
A Raisons justifiant l'enseignement de la démarche expérimentale en physique.....	8
i) Importance de l'expérimental dans l'enseignement de la physique.....	8
ii) La démarche expérimentale c'est quoi.....	9
iii) Constat.....	9
B Raisons justifiant l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en physique.....	9
i) L'enseignement du processus de modélisation.....	10
ii) La modélisation en didactique de la physique.....	10
CHAPITRE II CONSTRUCTION D'UN MODÈLE DE PROCESSUS DE MODÉLISATION INTÉGRANT LA DÉMARCHÉ EXPÉRIMENTALE	11
1 L'intérêt d'une telle construction.....	11
2 La démarche expérimentale.....	11
A Présentation de ce modèle.....	11
B Explication du modèle choisi.....	12
3 Modèle et modélisation.....	13
A Existence de nombreux <i>modèles</i> pour le processus de modélisation.....	13
B Un modèle de processus de modélisation intégrant l'aspect expérimental.....	14
C Un modèle de processus de modélisation incluant un modèle mathématico-physique.....	15
i) Présentation du modèle.....	15
ii) Description du modèle.....	16
4 Modèle de processus de modélisation incluant la démarche expérimentale.....	17
CHAPITRE III CONSTRUCTION DES PRAXÉOLOGIES DE RÉOLUTION	20
1 Quelques mots sur les modèles de résolution.....	20
2 Praxéologie de résolution du modèle prototypique.....	21
A Résolution du mouvement d'un mobile autoporteur sur une table à coussin d'air incliné d'un angle α avec une vitesse initiale v_{0x} parallèle au bord de la table à coussin d'air.....	21
B Praxéologie de résolution du modèle prototypique.....	23
i) Description de la praxéologie.....	23
ii) Analyse de la praxéologie.....	25
CHAPITRE IV CONSTRUCTION DES PRAXÉOLOGIES EXPÉRIMENTALES ISSUES DES PROTOCOLES EXPERIMENTAUX DE RÉFÉRENCE	27
1 Des modèles de résolution aux protocoles de référence.....	27
A Quelques mots sur les protocoles de référence.....	27
B Lien entre les modèles de résolution et les protocoles expérimentaux.....	27
2 Construction de la praxéologie expérimentale liée au modèle prototypique à l'aide du protocole de référence 1.....	28
A Description de la praxéologie expérimentale à l'aide du couple (T,t) de la praxis et θ de la partie logos issue du protocole expérimental de référence 1.....	28

B Analyse du triplet (Ti, ti, θi).....	32
i) Analyse du triplet (T', t', θ') dans la première partie de la praxéologie qui correspond au type de tâche T' « Déterminer l'angle d'inclinaison a de la table à coussin d'air manuellement ».....	32
ii) Analyse du triplet (T'', t'', θ'') dans la deuxième partie de la praxéologie qui correspond au type de tâche T'' « Déterminer l'angle d'inclinaison a de la table à coussin d'air par traitement informatique à l'aide du modèle mathématico-physique $x(t) = \frac{1}{2} g \sin^2 t + v_{0xt}$ ».....	33
iii) Analyse du triplet (T''', t''', θ''') dans la troisième partie de la praxéologie qui correspond au type de tâche T''' « Comparer les deux méthodes de détermination de l'angle a d'inclinaison de la table à coussin d'air ».....	34
3 Construction de la praxéologie expérimentale liée au modèle prototypique à l'aide du protocole de référence 2.....	34
4 Construction de la praxéologie expérimentale liée au modèle prototypique à l'aide du protocole de référence 3.....	35

CHAPITRE V ARTICULATIONS MODELE DE RESOLUTION- PRAXÉOLOGIES

EXPÉRIMENTALES ET PROCESSUS DE MODELISATION-PRAXEOLOGIES.....	36
1 Articulation entre le modèle prototypique et la praxéologie expérimentale issue du protocole expérimental de référence 1.....	36
A Comment se fait l'articulation.....	36
B Articulation autour du modèle prototypique par rapport aux types de tâches de la praxéologie expérimentale.....	36
2 Articulation entre le processus de modélisation et les praxéologies.....	37
A Lien entre le processus de modélisation et la praxéologie de résolution.....	38
i) Les étapes de la résolution du modèle prototypique par rapport aux étapes du cycle du processus de modélisation.....	38
ii) Les types de tâche de la praxéologie de résolution du modèle prototypique par rapport aux étapes du cycle du processus de modélisation.....	40
B Lien entre le processus de modélisation et la praxéologie expérimentale.....	41
3 Articulation entre le modèle prototypique et les praxéologies expérimentales issues des protocoles expérimentaux de référence 2 et 3.....	42

CHAPITRE VI PROPOSITION D'UNE SITUATION D'APPRENTISSAGE.....44

CONCLUSION.....46

Bibliographie47

Table des figures pages

figure 1 : Cheminement entre le monde réel et le monde des théories.....	9
figure 2 : Cheminement entre le réel et la théorie lors des étapes de la démarche expérimentale.....	12

figure 3 : Processus de modélisation proposé par Walliser en 1977.....	14
figure 4 : Un des modèle de processus de modélisation proposé par Ruth Rodriguez (2007).....	15
figure 5 : Processus de modélisation intégrant un domaine mathématico-physique.....	15
figure 6 : Processus de modélisation intégrant les étapes de la démarche expérimentale.....	19
figure 7 : Articulation entre le modèle prototypique et la praxéologie expérimentale (liée au protocole de référence 1).....	37
figure 8 : Articulation entre le modèle prototypique et la praxéologie expérimentale (liée au protocole de référence 2).....	43
figure 9 : Articulation entre le modèle prototypique et la praxéologie expérimentale (liée au protocole de référence 3).....	43

Liste des tableaux

pages

tableau 1 : Description du processus de modélisation avec un modèle mathématico-physique.....	16
tableau 2 : Différents modèles de résolution avec pour chaque modèle la description du domaine de validité et les variables du modèle.....	20
tableau 3 : Description de la praxéologie de résolution du modèle prototypique.....	24
tableau 4 : Description des savoirs convoqués pour chaque type de tâche de la praxéologie de résolution.....	26
tableau 5 : Correspondance entre les modèles de résolution et les protocoles de référence.....	27
tableau 6 : Description de la praxéologie expérimentale à l'aide du couple (T;τ) de la praxis et θ de la partie logos issue du protocole expérimental de référence 1.....	29
tableau 7 : Lien entre le processus de modélisation, démarche expérimentale et résolution du modèle prototypique.....	38
tableau 8 : Lien entre processus de modélisation, démarche expérimentale et types de tâche de la praxéologie de résolution.....	41
tableau 9 : Description des types de tâche de la praxéologie expérimentale (liée au protocole de référence 1).....	41
tableau 10 : Lien entre le processus de modélisation, démarche expérimentale et types de tâche de la praxéologie expérimentale (liée au protocole de référence 1).....	42

Liste des annexes

pages

Annexe du chapitre II

Annexe : Description de chacune des étapes et transitions du processus de modélisation proposé par Ruth Rodriguez.....	48
--	----

Annexes du chapitre III

Annexe 1 : Praxéologie de résolution du modèle $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2$	50
Annexe 2 : Praxéologie de résolution du modèle $v(t) = g \sin \alpha t + v_{ox}t$	52
Annexe 3 : Praxéologie de résolution du modèle $v(t) = g \sin \alpha t$	54
Annexe 4 : Praxéologie de résolution du modèle $a = g \sin \alpha$	56

Annexes du chapitre IV

Annexe 1 : Protocole expérimentale de référence 1 à l'aide du modèle de résolution $x(t) = 1/2g\sin\alpha t^2 + v_{ox}t$	58
Annexe 2 : Protocole expérimental de référence 2 à l'aide du modèle de résolution $x(t) = 1/2g\sin\alpha t^2 + v_{ox}t$ (avec v_{ox} nulle et un traitement informatique des données par une courbe parabolique) et praxéologie expérimentale associée.....	59
Annexe 3 : Protocole expérimental de référence 3 à l'aide du modèle de résolution $x(t) = 1/2g\sin\alpha t^2 + v_{ox}t$ (avec v_{ox} nulle et un traitement informatique des données par une droite) et praxéologie associée.....	63
Annexe 4 : Protocole expérimental de référence 4 à l'aide du modèle de résolution $x(t) = 1/2g\sin\alpha t^2$ (avec un traitement informatique des données par une courbe parabolique) et praxéologie associée.....	67
Annexe 5 : Protocole expérimental de référence 4bis à l'aide du modèle de résolution $x(t) = 1/2g\sin\alpha t^2$ (avec un traitement informatique des données par une droite) et praxéologie associée.....	71
Annexe 6 : Protocole expérimental de référence 5 à l'aide du modèle de résolution $v(t) = g\sin\alpha t + V_{ox}$ et praxéologie associée.....	75
Annexe 7 : Protocole expérimental de référence 6 à l'aide du modèle de résolution $v(t) = g\sin\alpha t + V_{ox}$ (avec v_{ox} nulle) et praxéologie associée.....	79
Annexe 8 : Protocole expérimental de référence 7 à l'aide du modèle de résolution $v(t) = g\sin\alpha t$ et praxéologie associée.....	83
Annexe 9 : Protocole expérimental de référence 8 à l'aide du modèle de résolution $a = g\sin\alpha$ (avec v_{ox} non nulle) et praxéologie associée.....	87
Annexe 10 : Protocole expérimental de référence 9 à l'aide du modèle de résolution $a = g\sin\alpha$ (avec v_{ox} nulle) et praxéologie associée.....	90

CHAPITRE I INTRODUCTION

1 Objet du mémoire

L'objet du mémoire est la construction d'une activité correspondant à l'étude d'un mobile autoporteur sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α , lancé parallèlement à la ligne de plus grande pente, soit lâché à l'instant initial. Le dispositif de l'étude est représenté dans la photo suivante :

Mobile de masse
 m



Table à coussin
d'air

Cette activité destinée à des étudiants de première année universitaire, a pour but de comparer deux méthodes de détermination de l'angle α , l'une étant manuelle et l'autre à partir d'un modèle.

=>Objectif de l'activité : Lors du mouvement d'un mobile autoporteur sur une table inclinée d'un angle α , comparer deux méthodes de détermination de l'angle α , l'une étant manuelle et l'autre à partir d'un modèle.

J'ai choisi cette activité car elle appartient au domaine des démarches expérimentales comportant une modélisation ainsi qu'une conception expérimentale.

Mon travail

Le travail effectué dans l'étude se résume à une modélisation de l'activité de référence de conception expérimentale avec une modélisation mathématico-physique destinée à des étudiants de niveau L1. Il est question d'une modélisation didactique avec un modèle praxéologique de l'activité, un modèle de processus de modélisation mathématico-physique, un modèle de démarche expérimentale. Cependant le travail ne prend pas en compte ce que produisent les élèves, faute de temps.

Avant de commencer les analyses, il me parut nécessaire de tester l'expérience et de faire le traitement des données liés au mouvement d'un mobile autoporteur sur une table à coussin d'air. A ce moment là l'objectif de l'activité n'était pas encore fixé (en effet la construction de l'activité n'avait pas encore commencé). Le but était de me familiariser avec la situation, le matériel, mais aussi pour noter dans un carnet de bord toutes les remarques jugées utiles pour la suite du travail.

Analyses liées à la construction de l'activité

La construction de cette activité pose plusieurs problèmes qui sont liés à la notion de démarche expérimentale, de modélisation et de conception expérimentale. Des analyses sont donc nécessaires au préalable de la construction. Nous nous intéresserons dans un premier temps à la démarche expérimentale et à la modélisation dans le but de construire un modèle de processus de modélisation intégrant la démarche expérimentale. Ensuite, nous construirons les praxéologies issues de la modélisation du mouvement du mobile, et les praxéologies issues des protocoles mettant en œuvre les conceptions expérimentales.

Ces analyses paraissent indispensables à la conception d'une situation expérimentale destinée à des étudiants. Du moins pour ma part, cela m'a permis de voir, comprendre, et approfondir les liens entre les différentes notions de modélisation et conception expérimentale.

Problématique

Ces analyses permettront tout au long des chapitres de répondre à la question suivante qui correspond à la problématique du mémoire :

Comment les différents éléments de praxéologie qui relèvent des mathématiques, ceux qui relèvent de la physique, ceux qui sont de nature expérimentale se combinent-ils dans le processus de conception expérimentale ?

Cadres de référence

L'étude est basée sur deux cadres de référence.

Le premier correspond à la thèse de Ruth Rodriguez (2007) intitulée "Les équations différentielles comme outil de modélisation mathématique en Classe de Physique et de Mathématiques au lycée : une étude de manuels et de processus de modélisation d'élèves en Terminale S". Ce premier cadre de référence permet la construction d'un modèle de processus de modélisation intégrant la démarche expérimentale. Ce modèle se base sur des modèles existant dans la thèse de Ruth Rodriguez et aussi à partir d'un modèle de démarche expérimentale proposé par Claire Wajeman et Isabelle Girault.

Le deuxième cadre de référence correspond à la théorie anthropologique du didactique introduite par Chevallard. Ce cadre permet grâce à l'outil de modélisation qui est la praxéologie de faire la construction des deux types de praxéologies en question dans le mémoire qui sont les praxéologies de résolution et les praxéologies expérimentales. Les praxéologies de résolution sont construites à partir de la résolution des modèles illustrant le mouvement du mobile ; et les praxéologies expérimentales sont issues des protocoles expérimentaux de la situation expérimentale dont l'étude est le mouvement du mobile. Les praxéologies ainsi construites correspondent à des praxéologies de référence. Les praxéologies dans l'étude sont en effet l'ensemble de tous les types de tâches nécessaires pour accomplir les tâches principales.

Il y a deux types de tâches principales pour les praxéologies de résolution :

T : Établir l'équation du mouvement d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table à coussin d'air.

ou T : Établir l'équation du mouvement d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec une vitesse initiale nulle.

Et un type de tâche principale pour les praxéologies expérimentales :

T : Comparer deux méthodes de détermination de l'angle α , l'une étant manuelle et l'autre à partir d'un modèle

Objectifs du mémoire

Pour répondre à la problématique, il va être question de répondre à plusieurs questions intermédiaires. Ces questions intermédiaires sont les questions de recherche qui relèvent d'objectifs précis permettant l'élaboration de l'activité.

i) Premier objectif

Le premier objectif est la construction d'un modèle de processus de modélisation intégrant la démarche expérimentale. La question de recherche associée à la construction de ce modèle est liée aux praxéologies qui seront construites tout au long du mémoire :

=>Quelle est l'articulation entre le modèle de processus de modélisation intégrant la démarche expérimentale et les praxéologies ?

ii) Deuxième objectif

Le deuxième objectif correspond à la construction des praxéologie de résolution. Les questions de recherche associées à cet objectif sont :

=>Quels types de tâches et quelles techniques apparaissent dans la praxéologie de résolution ? Sur quelles technologies associées ces savoir-faire sont-ils fondés ?
=>Quels sont les éléments mathématiques et physiques dans la praxéologie ?
=>Comment ces éléments mathématiques et physiques s'articulent-ils ?

iii) Troisième objectif

Le troisième objectif correspond à la construction des praxéologies expérimentales. Les questions de recherche associées sont :

=>Quels types de tâches et quelles techniques apparaissent dans la praxéologie expérimentale ?
=>Sur quelles technologies associées ces savoir-faire sont-ils fondés ?
=>Quels sont les éléments du modèle de résolution qui apparaissent dans la technologie ?

2 Justification de l'étude

A Raisons justifiant l'enseignement de la démarche expérimentale en physique

i) Importance de l'expérimental dans l'enseignement de la physique

Dans une étude de Samuel Johsua (1989) « *Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire* », il conclut à la fin de son article sur les deux fonctions principale du recours didactique à l'expérimental : L'expérimental...« *joue un rôle important-souvent décisif dans la proposition du problème physique à étudier. Le moyen le plus utilisé à cette fin est celui de la monstration, processus permettant à fois de désigner l'objet d'étude et d'en présenter la phénoménologie. Bien que se présentant aux élèves comme une données brute, la monstration est le résultat d'une construction didactique minutieuse et complexe* ».

L'aspect expérimental en physique est important car il permet le passage du concret vers l'abstrait et inversement. Le concret est indispensable pour les élèves et les étudiants car cela leur permet de "toucher" l'abstrait.

ii) La démarche expérimentale c'est quoi

Sur la plan épistémologique, Michel Develay fait la différence entre la méthode expérimentale et la démarche expérimentale. Il parle de méthode expérimentale quand sur le plan pédagogique « *l'itinéraire que les élèves auront à emprunter est largement prédéterminé* ». A l'inverse, une démarche expérimentale « *rendrait compte d'un conduite de la pensée plus vagabonde, et donc moins contrainte par des indications d'actions de la part de l'enseignant* »

La démarche expérimentale apparaît donc proche de la démarche d'un chercheur, d'un scientifique. La démarche expérimentale chemine en plus entre le réel et le monde des modèles et des théories ce qui permet par l'expérience de tester des hypothèses. Le schéma suivant montre le cheminement entre le monde des objets et des événement et le monde des théories et des modèles.

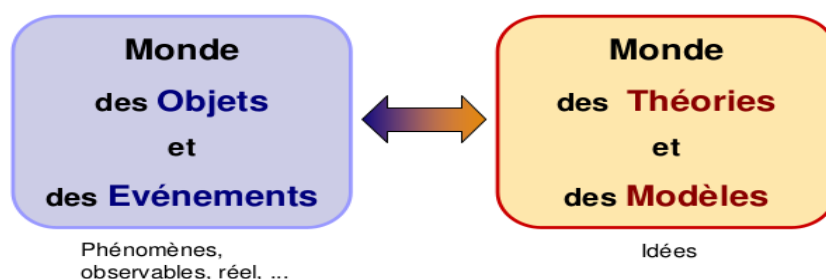


figure 1 : Cheminement entre le monde réel et le monde des théories

iii) Constat

Même si la démarche est de plus en plus présente dans les différents enseignements scientifiques, elle a souvent été réduite à des travaux manuel dans lesquels les élèves et étudiants devaient suivre des instructions, indiquer leurs résultats. Aucune initiative de la part des élèves et étudiants était privilégiée. Ils ne se posaient aucune question et étaient dans une démarche imposée par l'enseignant. Cette démarche est entièrement directive. D'un point de vue didactique, la contrainte de temps ne posait pas de problème, étant donné qu'une démarche directive permet un gain de temps pour l'enseignement.

B Raisons justifiant l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en physique

i) L'enseignement du processus de modélisation

L'enseignement du processus de modélisation n'est pas forcément mis en place dans les classes. En classe c'est l'utilisation des modèles qui est privilégiée. Ruth Rodriguez (2007) rappelle dans sa thèse une remarque de Winther et Coste (2004). Ils soulignent que la démarche de modélisation est au cœur même de la démarche habituelle du physicien et est celle qu'on vise à enseigner aux élèves: « *étudier un phénomène physique, la plupart du temps on obtient un ensemble de données expérimentales recueillies manuellement ou de façon automatique. Le physicien veut déterminer un modèle mathématique qui puisse lui permettre ensuite de faire des prévisions sur le phénomène. Différentes méthodes s'offrent à lui.*»

ii) La modélisation en didactique de la physique

Ruth rappelle aussi dans sa thèse le travail de Larcher (1996). Celle-ci affirme que « *l'apprentissage des démarches de modélisation et de mesurage, fondamentales dans l'activité scientifique et transversales aux apprentissages visés explicitement par les programmes, doit trouver sa place dans l'enseignement*». Avant tout, elle précise que « *parler de modélisation et non pas de modèle est un choix qui met l'accent sur une démarche et non pas sur un produit fini, un modèle* ». Larcher affirme que l'enseignement de la modélisation en classe de physique(...) permet de rompre avec des pratiques habituelles de l'enseignement qui proposent (ou imposent ?) des modèles aux élèves, mais sans que le statut de modèle comme constructions hypothétiques en réponse à un questionnement soit réellement pris en compte ou même évoqué. Larcher propose aussi deux fonctions principales de la modélisation : expliquer et prévoir.

CHAPITRE II CONSTRUCTION D'UN MODÈLE DE PROCESSUS DE MODÉLISATION INTÉGRANT LA DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE

1 L'intérêt d'une telle construction

Dans l'étude, il est question de construire une activité dans laquelle une conception expérimentale et une modélisation sont demandées aux étudiants. La conception expérimentale faisant partie d'une étape de la démarche expérimentale, il a été évident pour ma part de m'intéresser dans un premier temps à la démarche expérimentale et d'en définir précisément chaque étape. Et ensuite de regarder de plus près le processus de modélisation.

Il existe des modèles de démarche expérimentale, ainsi que des modèles pour le processus de modélisation. L'objectif de ce chapitre est d'établir alors un modèle prenant en compte à la fois le processus de modélisation et les étapes de la démarche expérimentale. La construction d'un tel modèle est pertinente car en physique la modélisation et la démarche expérimentale sont deux chemins de pensée complémentaires dans la résolution de problème.

La situation choisie est cohérente avec un tel modèle. Car dans la situation il est question d'un va et vient entre le monde du réel et le monde des théories. Et ce va et vient est retrouvé à la fois dans la démarche expérimentale mais aussi dans le processus de modélisation.

Un point cependant à préciser. Il n'est pas obligatoire d'avoir une modélisation théorique à faire dans une démarche expérimentale. En effet un modèle peut-être directement donné aux élèves ou étudiants afin qu'ils le confrontent avec la réalité. La construction d'un modèle peut se faire aussi à partir de données, on sera dans le cas alors d'un modèle empirique. Cette précision est importante car dans l'étude, il y a d'une part la modélisation, ensuite l'utilisation de ce modèle pour concevoir un protocole expérimentale et pour finir la confrontation avec la réalité afin de déduire si oui ou non le modèle est valide. L'étude se place alors dans un cadre bien précis où au sein d'une démarche expérimentale, il est demandé aux élèves et étudiants de faire une modélisation.

2 La démarche expérimentale

Il existe de nombreux modèles de démarche expérimentale, cependant il a fallu faire le choix d'un modèle.

A Présentation de ce modèle

J'ai choisi un modèle de démarche expérimentale qui me paraît pertinent et cohérent. Il est constitué de 8 étapes qui sont les suivantes :

1. Définir le problème, 2. Proposer des hypothèses, 3. Définir l'objectif précis de l'expérience, 4. Concevoir le protocole expérimental, 5. Réaliser l'expérience, 6. Traiter les données, 7. Analyser / Interpréter les résultats, 8. Conclure.

Ces différentes étapes cheminent entre le monde réel et le monde des modèles et théories. Voici une proposition de Claire Wajeman et Isabelle Girault pour le cheminement de la démarche expérimentale :

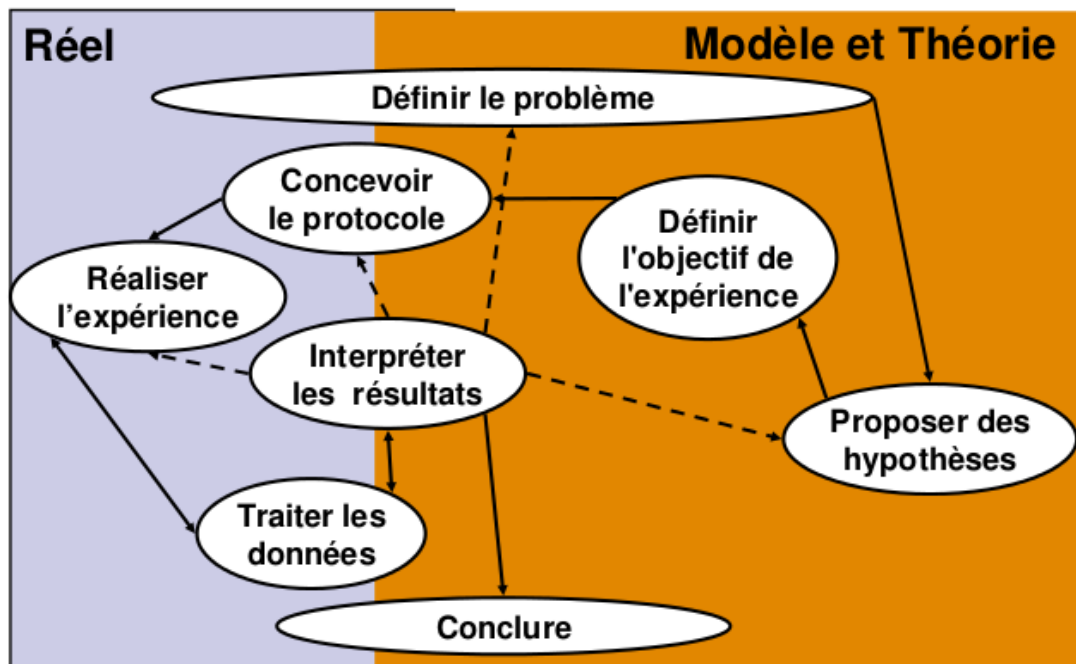


figure 2 : Cheminement entre le réel et la théorie lors des étapes de la démarche expérimentale

Elles soulignent d'une part que la démarche n'est pas linéaire et que la démarche chemine entre le monde du réel et le monde des théories et des modèles. Et d'autre part elles soulignent le fait que la démarche n'obéit pas à un modèle unique car il existe de nombreux modèles pour la démarche expérimentale.

B Explicitation du modèle choisi

Par la suite, le modèle de démarche expérimentale va être intégré à un modèle de processus de modélisation. Le modèle de processus de modélisation étant détaillé, il m'a semblé alors utile de faire une description détaillée de la démarche expérimentale. Voici une proposition pour la description de chaque étape. La description correspond au travail attendu de la part des élèves ou étudiants.

1. Définir le problème :

C'est la reformulation du problème avec un vocabulaire approprié. Il est autant important de formuler le problème que de le résoudre. Les sujets (élèves ou étudiants) font le lien entre le problème et le phénomène physique associé. Comme le précise Michel Develay (1989) « *On sait la difficulté qu'il y a à bien se poser un problème* ». Cette phase de formulation est importante, car les sujets s'approprient le problème. Une capacité de l'apprenant attendue est de se poser des questions, comparer la situation imposée par le problème à d'autres situations connues. Il y a aussi un point important qu'il faut souligner. Le problème de départ choisi par l'enseignant doit permettre à l'apprenant de s'étonner face à cette nouvelle situation. L'étonnement face à la situation conduit alors à une motivation de l'apprenant qui joue un rôle dans la démarche scientifique.

2. Proposer des hypothèses :

C'est émettre des hypothèses explicites en relation avec le phénomène physique. Les questions que se posent les sujets sont : Quelles sont les hypothèses supposées par le phénomène physique ? Quels sont les modèles physiques qui peuvent être utilisés ?

C'est une phase où le réel est prolongé par l'imaginaire. Les hypothèses sont toujours liées à une théorie. Michel Develay (1989) précise que « *l'hypothèse occupe une place privilégiée dans la construction de la connaissance parce qu'elle est d'abord invention* ». De plus il précise aussi que « *parmi l'ensemble des hypothèses possibles certaines seront sélectionnées qui correspondent à une expérimentation possible parce que d'emblée elles sont considérées plus valides, plus plausibles que d'autres* ».

3. Définir l'objectif précis de l'expérience :

L'expérience doit avoir un but précis. L'objectif de l'expérience est en lien avec le problème de départ. Les sujets se posent les questions suivantes : Qu'est-ce qu'on cherche à montrer ? Quelles grandeurs physiques sont à déterminer ? L'objectif de l'expérience est formulé par une phrase sous la forme d'une affirmation. Cette affirmation doit être précise. Le traitement des données de l'étape 6 de la démarche expérimentale en dépend. L'objectif ainsi défini va permettre au sujet de concevoir un protocole expérimental.

4. Concevoir le protocole expérimental :

Dans la conception expérimentale, les questions que les sujets se posent sont : Par quelles moyens expérimentaux, est-il possible de répondre à l'objectif de l'expérience ? Quel matériel est approprié pour faire l'expérience et répondre à l'objectif de l'expérience ? Les sujets doivent proposer un protocole, avec les différentes étapes dans un ordre bien choisi. Ils doivent aussi avoir conscience de l'importance du choix au niveau du matériel qui est mis à leur disposition.

5. Réaliser l'expérience :

Les sujets suivent les différentes étapes établies lors de la conception du protocole. Cependant ils peuvent à tout moment revoir le protocole expérimental.

6. Traiter les données :

Les sujets traitent les données obtenues, et le traitement de celles-ci sont en lien avec l'objectif de l'expérience. En effet le traitement des données est imposé par l'objectif de l'expérience. Il faut séparer les variables connues et les variables à déterminer. Le choix du traitement est imposé à l'élève ou non. Les sujets doivent se rappeler quel est le but de l'expérience.

7. Analyser / Interpréter les résultats :

Les sujets établissent leurs résultats, les expriment avec une marge d'erreur afin de faire une interprétation. Les sujets se posent les questions suivantes : Les résultats suffisent-ils à répondre à l'objectif de départ. Les résultats sont-ils cohérents ? L'interprétation peut déboucher sur une nouvelle question et donc à concevoir un autre protocole expérimental.

8. Conclure :

Les sujets formulent par une phrase la réponse à l'objectif de départ.

3 Modèle et modélisation

A Existence de nombreux modèles pour le processus de modélisation

Il existe de nombreux modèles décrivant le processus de modélisation, Walliser a proposé un modèle en 1977. Ce modèle est représenté dans le schéma suivant :

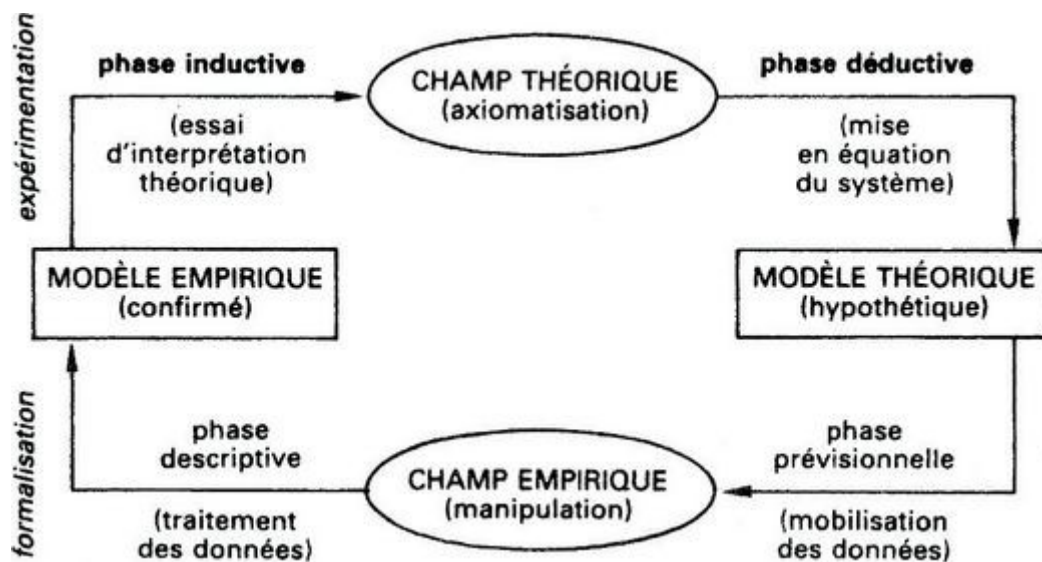


figure 3 : Processus de modélisation proposé par Walliser en 1977

Ce schéma montre que la modélisation scientifique est représenté par un cycle qui comporte quatre phases. Ce qui est observé est un continuel va et vient entre le concret et l'abstrait. En effet du champ théorique au modèle hypothétique, cela correspond au passage de l'abstrait au concret ; et du champ empirique au champ théorique correspond le passage du concret à l'abstrait. Cependant il n'est pas facile de mettre en pratique ce modèle en physique car l'aspect expérimental n'est pas suffisamment explicité. D'où l'intérêt d'analyser et discuter d'un autre modèle incluant l'aspect expérimental.

B Un modèle de processus de modélisation intégrant l'aspect expérimental

Ruth Rodriguez (2007) dans sa thèse a proposé un modèle du processus de modélisation intégrant l'aspect expérimental. Voici-ci-dessous un des schéma qu'elle propose :

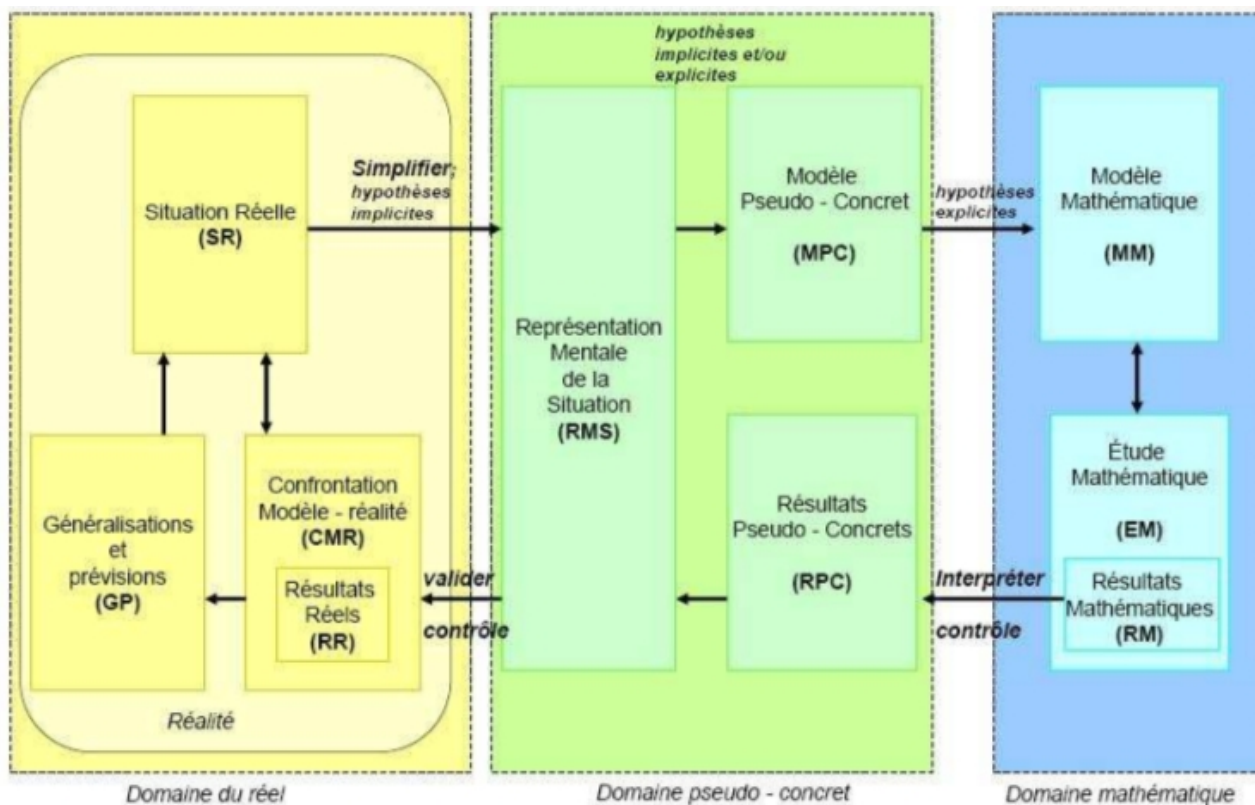


figure 4 : Un des modèle de processus de modélisation proposé par Ruth Rodriguez (2007)

Il y a trois domaines lors du cycle de modélisation : le domaine du réel, le domaine du pseudo-concret et le domaine mathématique. La description de chaque étape du cycle est présenté dans l'annexe du chapitre II.

Cependant l'activité choisie pour notre étude est une situation appartenant au domaine de la physique. Il paraît alors pertinent de rajouter dans ce cycle un domaine de physique. Une question se pose : Comment et où se place le domaine de physique ?

Dans un premier temps, je voulais séparer le domaine mathématique du domaine physique. Cependant cette séparation ne mettait pas en valeur les mathématiques dans le sens où ils n'apparaissent que comme un outil. Étant donné le lien étroit entre les mathématiques et la physique, un domaine mathématico-physique parut plus pertinent. En effet un domaine mathématico-physique est plus cohérent avec d'une part notre étude mais aussi avec d'autres situation dans l'enseignement de la physique ou souvent les mathématiques et la physique sont fortement liés. Une remarque cependant à rajouter par rapport au domaine pseudo-concret présent dans la description et le schéma de Ruth Rodriguez. Étant donné les difficultés rencontrées à l'explicitation du domaine pseudo-concret, j'ai choisi de simplifier le schéma et de ne pas prendre en compte les processus mentaux intervenants dans le processus de modélisation. Pour des détails sur les étapes de processus mentaux se référer à l'annexe du chapitre II.

C Un modèle de processus de modélisation incluant un modèle mathématico-physique

i) Présentation du modèle

Voici-ci-dessous le schéma de Ruth Rodriguez modifié. En gris le domaine mathématique est remplacé par le domaine mathématico-physique . Le domaine pseudo-concret est hachuré car il

n'est pas pris en compte. De nouvelles transitions apparaissent alors dans le *modèle* (symbolisées en rouge sur le schéma). La transition SR->MMP, la transition MMP->EM et la transition RP->CMR.

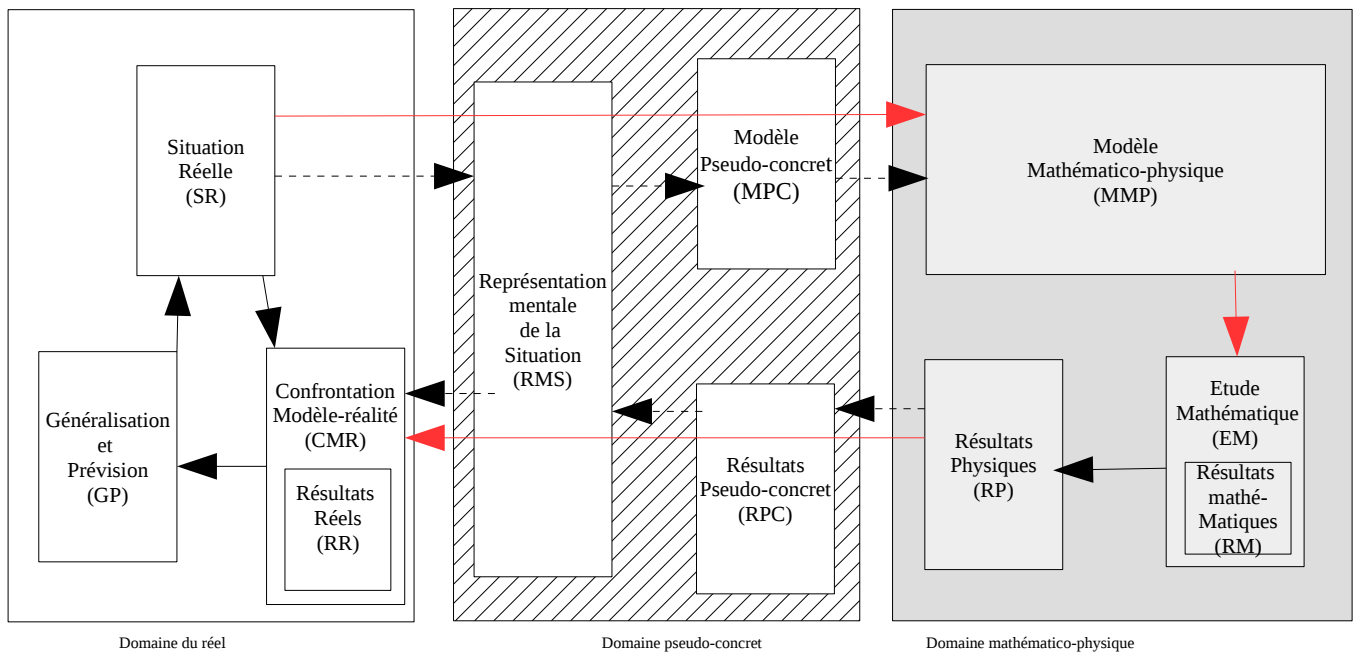


figure 5 : Processus de modélisation intégrant un domaine mathématique-physique.

ii) Description du modèle

La nouvelle description du cycle du processus de modélisation est représentée ci-dessous dans un tableau. Pour mettre en évidence ce qui a été rajouté ou modifié par rapport au modèle de Ruth, les rajouts et les modifications ont été mis en couleur.

ETAPES/TRANSITIONS	DESCRIPTION	ACTIVITÉS ATTENDUES
SR	On part d'une situation réelle qui se place à l'intérieur d'un phénomène . La SR peut être présentée à travers une description verbale mais souvent écrite sous forme de texte (énoncé d'activité ou problème), d'une figure ou des deux. pour l'obtention de données Les données de la SR peuvent être issues d'un processus expérimental.	-Faire une description simplifiée et précise du phénomène -Comprendre le contexte réel qui lui-même appartient à une réalité complexe et ouverte. -Application d'un protocole expérimental pour l'obtention de données
SR->RMS->MPC->MMP => SR->MMP	<i>Le sujet appréhende le problème (processus mentaux). Il va avoir recours à des représentations externes (schémas, graphes, formules...). Il va mettre en lien le phénomène avec ses connaissances mathématiques et physiques.</i>	-Identifier les variables dépendantes et indépendantes -Faire un schéma de la situation -Proposer des hypothèses
MMP	<i>Le sujet est dans le domaine de la théorie des modèles en physique et en mathématique. Il doit faire appel aux lois physiques et lois mathématiques. Dans cette étape, on établit un ensemble de lois qui représentent les propriétés du modèle et les hypothèses retenues. Les énoncés verbaux des sujets appartiennent à un niveau physique et ils font moins référence à la réalité.</i>	-Énoncer les lois physiques -Identifier les variables dépendantes et indépendantes pour les inclure dans le modèle algébrique. -Représenter les éléments de manière mathématique où par des formules qui pourront être appliquées.
MMP->EM	<i>Pour cette transition, les sujets utilisent leurs compétences mathématiques.</i>	-Appliquer les formules ou méthodes de résolution appropriées -Appliquer processus de simplification

		<i>algébrique pour des formules symboliques</i>
RM C EM	Dans cette étape, le travail purement mathématique est réalisé. On travaille avec et sur les propriétés du modèle d'origine mathématique qui découlent des hypothèses et des théories mathématiques utilisées. Les sujets écrivent leurs résultats mathématiquement .	-Écrire les résultats théoriques internes au modèle mathématique -Rédiger un énoncé formel d'une réponse au problème mathématique posé -Obtenir résultats supplémentaires qui leurs permettent d'interpréter les solutions obtenues
RM->RP	Pour cette transition, les sujets utilisent leurs compétences mathématiques et physiques. Les sujets vont confronter les résultats mathématiques avec le modèle physique.	-Adapter l'écriture mathématique au phénomène physique
RP	<i>On travaille avec et sur les propriétés du modèle physique qui découlent des hypothèses et des théories physiques utilisées. Les sujets écrivent leurs résultats physiquement. Le sujet traduit les résultats mathématiques obtenus en terme de la physique. Les sujets définissent l'objectif de l'expérience.</i>	-Écrire les résultats théoriques internes au modèle mathématico-physique. -Définir l'objectif de l'expérience
RP->RPC->RMS->CMR => RP->CMR	<i>Il est demandé aux sujets, d'imaginer une expérience pour répondre à l'objectif. Ils vont décrire chaque étape de l'expérience. (hors processus mentaux)</i>	-Concevoir une expérience
RR C CMR	Une recontextualisation du modèle à la situation de départ est faite ; on trouve aussi dans cette étape une confrontation des résultats issus du modèle avec les informations accessibles de la réalité (par exemple les données expérimentales et/ou tableau de données, graphes, etc.) Nous disons dans cette partie qu'on valide le modèle construit : si le modèle est acceptable (la question d'adéquation du modèle s'impose ici), le sujet devra conclure et communiquer les résultats ; si le modèle est non acceptable, il faudra se poser les questions (où se trouve le problème) et recommencer le cycle de nouveau. L'appréciation de la validité du modèle suppose une connaissance spécialisée de la situation A ce stade du processus de modélisation, on observe deux types de validation: intuitive (non consciente la plupart du temps) ou basée sur les connaissances (de manière plus consciente).	-Comparer des résultats numériques ou qualitatifs avec les données réellement observées (mesures expérimentales correspondantes) pour vérifier la validité et la pertinence du modèle -Considérer les implications du monde réel avec les résultats mathématiques -Considérer l'adéquation des données de sortie du modèle, au monde réel -Évaluer la marge d'erreur et l'acceptabilité du modèle. -Le cas échéant, expliquer les divergences entre la réalité et les prévisions du modèle
CMR->GP	Une fois que le modèle est accepté comme adéquat à la situation de départ, la question de l'extension du modèle validé pour d'autres situations analogues pourrait être considérées.	-Se rendre compte des limites pour l'ouverture des contraintes acceptables pour une solution ou un modèle valide.
GP	L'extension du modèle validé pour d'autres situations analogues, ainsi que leurs conditions de généralisation, sera considérée. Les prévisions des résultats attendus dans ces nouvelles situations pourraient être étudiées. L'appréciation de la généralisation du modèle suppose aussi une connaissance spécialisée de la situation .	-Considérer des paramètres non considérés ou négligés avant
GP->SR	Si nécessaire, le sujet devra recommencer le cycle de modélisation.	-Recommencer le cycle de modélisation si le modèle n'est pas adéquat, ou s'il faut considérer d'autres paramètres auparavant négligés

tableau 1 : Description du processus de modélisation avec un modèle mathématico-physique

4 Modèle de processus de modélisation incluant la démarche expérimentale

Grâce au tableau décrivant les différentes étapes lors du processus de modélisation, on peut voir apparaître dans l'ordre chronologique les différentes étapes de la démarche expérimentale. En effet

celles-ci apparaissent dans la colonne de droite correspondant aux activités attendues des élèves. Voici une proposition pour faire correspondre les étapes du processus de modélisation aux différentes étapes de la démarche expérimentale :

-Dans **SR** il y a "Faire une description simplifiée et précise du phénomène" ce qui correspond à l'étape 1 de la démarche expérimentale "*Définir le problème*".

-Dans la transition **SR->MMP** il y a "Proposer des hypothèses" ce qui correspond à l'étape 2 de la démarche expérimentale "*Proposer des hypothèses*".

-Dans **RP** il y a "Définir l'objectif de l'expérience" correspondant à l'étape 3 de la démarche expérimentale "*Définir l'objectif précis de l'expérience*".

-Dans la transition **RP->CMR** il y a "Concevoir une expérience" ce qui correspond à l'étape 4 de la démarche expérimentale "Concevoir le protocole expérimental".

-Dans **RR** il y a "Comparer des résultats numériques ou qualitatifs avec les données réellement observées (mesures expérimentales correspondantes) pour vérifier la validité et la pertinence du modèle", "Considérer les implications du monde réel avec les résultats mathématiques", "Considérer l'adéquation des données de sortie du modèle, au monde réel", "Évaluer la marge d'erreur et l'acceptabilité du modèle", "Le cas échéant, expliquer les divergences entre la réalité et les prévisions du modèle". Les étapes de la démarche expérimentale n'apparaissent pas de façon explicites comme précédemment. Cependant on se rend compte, que pour pouvoir réaliser ces activités qui sont dans le domaine réel, l'expérience doit être réalisée, le traitement des données fait ainsi que l'interprétation des résultats faite. Dans **RR** se place alors les étapes 5, 6 et 7 de la démarche expérimentale qui sont "*Réaliser l'expérience*", "*Traiter les données*" et "*Analyser/interpréter les résultats*".

-Pour finir l'étape 8 de la démarche expérimentale "*Conclure*" dépend de si oui ou non le modèle qui a été utilisé est valide. S'il est valide, les élèves ou étudiants peuvent conclure par rapport à l'objectif de l'expérience, si ce n'est pas le cas, il faut refaire un cycle de modélisation. De ce fait, l'étape 8 de la démarche expérimentale pourrait correspondre à la transition **GP->SR**.

Sur le schéma représentant le processus de modélisation a été rajouté les huit étapes de la démarche expérimentale en vert :

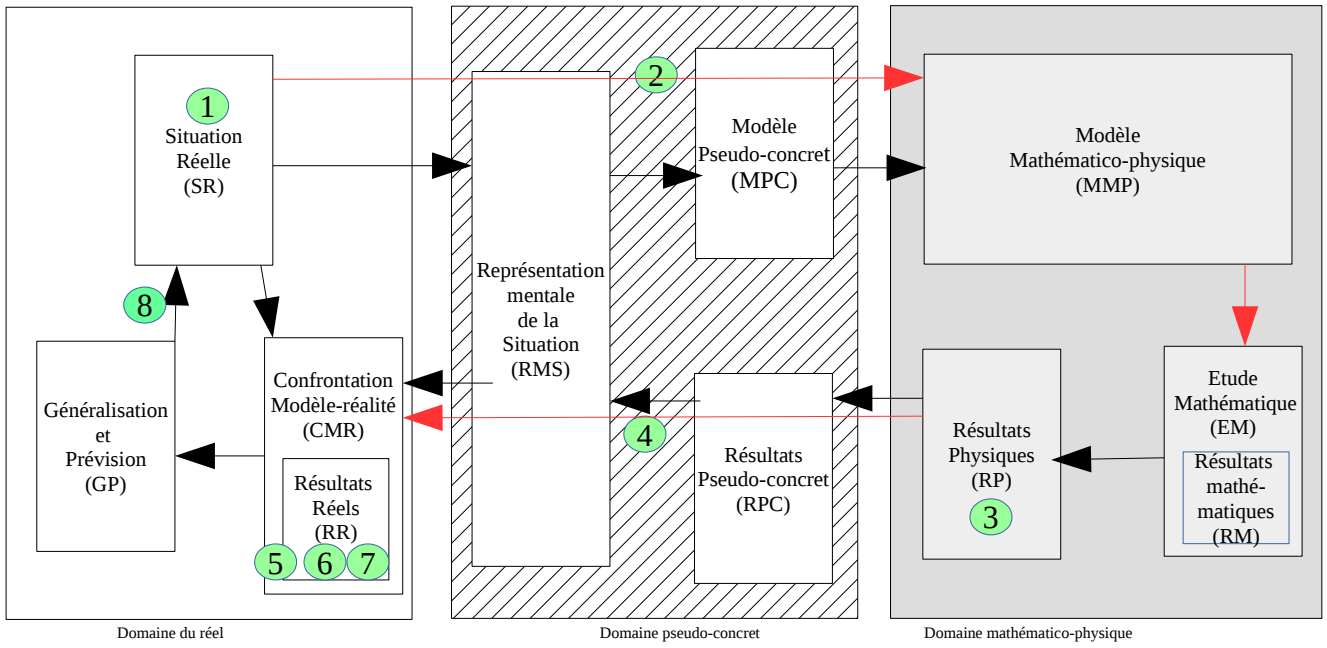


figure 6 : Processus de modélisation incluant les étapes de la démarche expérimentale

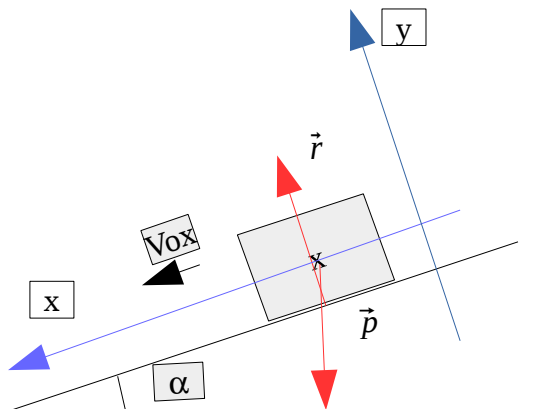
CHAPITRE III CONSTRUCTION DES PRAXÉOLOGIES DE RÉOLUTION

L'objectif de ce chapitre est la construction des praxéologies de résolution. Ces praxéologies de résolutions sont établies à partir de la résolution des modèles du mouvement d'un mobile autoporteur sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α . Les modèles issus des résolutions sont des modèles mathématico-physiques correspondant aux équations horaires du mouvement du mobile. L'analyse des praxéologies ainsi construites a pour but de répondre à plusieurs questions qui sont : Quels types de tâches et quelles techniques apparaissent dans la praxéologie de résolution ? Sur quelles technologies ces savoir-faire sont-ils fondés ?

Et la réponses à ces questions permettra d'une part d'identifier les différents éléments issus des mathématiques et de la physique dans la praxéologie, d'autre part cela permettra de voir comment ces éléments mathématiques et physiques s'articulent entre eux.

1 Quelques mots sur les modèles de résolution

Dans l'étude d'un mouvement d'un mobile autoporteur sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec une vitesse initiale v_0 parallèle à la ligne de plus grande pente (notée v_{ox}), plusieurs modèles de résolution sont possibles. Ces modèles sont répertoriés dans le tableau ci-dessous en faisant apparaître à chaque fois le domaine de validité du modèle et les variables du modèle. Voici le schéma de la situation. Sur ce schéma sont indiqués les éléments nécessaires à la résolution. En bleu le repère $(x;y)$, en rouge les forces agissant sur le mobile.



Les modèles correspondent à l'expression algébrique de la position, de la vitesse ou de l'accélération du mobile en fonction du temps. Le repère $(x;y)$ considéré sur le schéma de la situation permet de donner la position du mobile notée $x(t)$, sa vitesse notée $v(t)$ et son accélération notée a .

Expression algébrique du modèle	Domaine de validité du modèle	Variables du modèle	Remarques
$x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 + v_{ox} t$	-la trajectoire du mobile est rectiligne -la surface de la table à coussin d'air est plane - v_{ox} est parallèle à la ligne de plus grande pente	x la position t le temps α l'angle d'inclinaison v_{ox} la composante de la vitesse initiale selon x	ce modèle est valable aussi pour une vitesse nulle au départ c'est à dire $v_{ox} = 0$, l'expression algébrique devient $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2$
$x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2$	-la trajectoire du mobile est rectiligne -la surface de la table à coussin d'air est plane -la vitesse initiale est nulle ($v_{ox} = 0$)	x la position t le temps α l'angle d'inclinaison	

$v(t) = g \sin \alpha t + v_{ox}$	-la trajectoire du mobile est rectiligne -la surface de la table à coussin d'air est plane - v_{ox} est parallèle à la ligne de plus grande pente	v la vitesse t le temps α l'angle d'inclinaison v_{ox} la composante de la vitesse initiale selon x	ce modèle est valable aussi pour une vitesse nulle au départ c'est à dire $v_{ox} = 0$, l'expression algébrique devient $v(t) = g \sin \alpha t$
$v(t) = g \sin \alpha t$	-la trajectoire du mobile est rectiligne -la surface de la table à coussin d'air est plane -la vitesse initiale est nulle ($v_{ox} = 0$)	v la vitesse α l'angle d'inclinaison t le temps	
$a = g \sin \alpha$	-la trajectoire du mobile est rectiligne -la surface de la table à coussin d'air est plane	a l'accélération α l'angle d'inclinaison	ce modèle est valable à la fois pour une vitesse nulle au départ ($v_{ox} = 0$) mais aussi pour une vitesse non nulle au départ ($v_{ox} \neq 0$)

tableau 2 : Différents modèles de résolution avec pour chaque modèle la description du domaine de validité et les variables du modèle.

Tous ces modèles de résolution sont des modèles mathématico-physiques car ils sont issus d'une résolution à la fois mathématique et physique. Pour plus de facilité dans l'écriture et la lecture, le modèle $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 + v_{ox} t$ sera nommé modèle prototypique. Car c'est ce modèle qui est le plus représentatif et le plus général par rapport à la situation choisie.

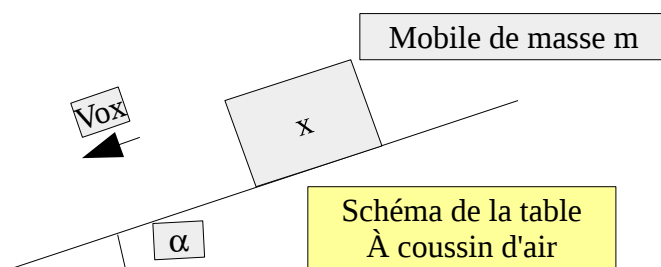
2 Praxéologie de résolution du modèle prototypique

La résolution est nécessaire et doit se faire sur le plan chronologique avant la construction de la praxéologie. La résolution qui est suggérée a été faite d'un point de vue "expert". C'est une modélisation de l'activité de référence qui est dans ce cas la résolution du modèle mathématico-physique $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 + v_{ox} t$.

A Résolution du mouvement d'un mobile autoporteur sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec une vitesse initiale v_{ox} parallèle au bord de la table à coussin d'air.

Un mobile autoporteur de masse m est lancé (délicatement) sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α . La vitesse initiale du mobile est parallèle à la ligne de plus grande pente. Le but de la résolution est d'obtenir l'équation du mouvement qui donne la position du mobile en fonction de t . Le mouvement étant rectiligne, l'équation du mouvement est donnée par $x(t)$.

- **Schéma de la situation :**



- **Hypothèses :**

- Le référentiel du laboratoire est supposé galiléen
- les frottements fluides et solides sont considérés comme négligeables
- la position initiale du mobile est nulle $x(t=0) = 0$
- la vitesse initiale du mobile est $v_x(t=0) = v_{0x}$
- le mobile est assimilé à une masse ponctuelle

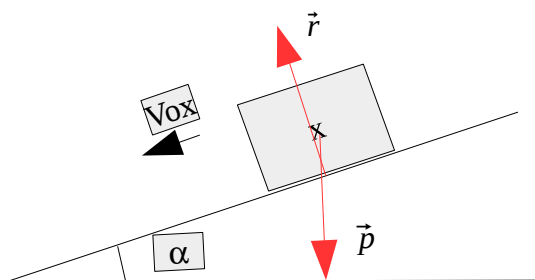
- **Bilan des forces :**

Les forces agissant sur le mobile de masse m sont :

- le poids \vec{p} d'intensité $p = mg$ de direction verticale et dirigée vers le bas et d'origine le centre de gravité du mobile.
- la réaction normale au support \vec{r} d'intensité r , avec \vec{r} perpendiculaire à la table à coussin d'air passant par le centre de gravité et d'origine le support. Le bilan des forces s'écrit donc

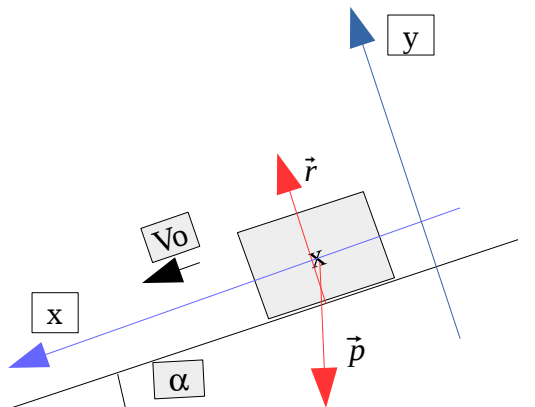
$$\sum \vec{F} = \vec{p} + \vec{r}$$

- **Représentation des forces sur le schéma :**



- **Choix d'un repère d'étude et représentation de ce repère sur le schéma :**

Ce repère doit être choisi afin de faciliter par la suite la projection des forces dans ce repère mais il doit aussi être cohérent avec la situation. De ce fait l'axe x sera parallèle à la pente et dirigé vers le bas et l'axe y perpendiculaire à l'axe x et dirigé vers le haut.



- **Projections des forces dans le repère (x;y) :**

Les projections des vecteurs ont pour but de déterminer leurs coordonnées dans le repère choisi (x;y)

Projection du vecteur \vec{p} :

sur l'axe des $x \rightarrow mg \sin \alpha$

sur l'axe des $y \rightarrow -mg \cos \alpha$

Projection du vecteur \vec{r} :

sur l'axe des $x \rightarrow 0$

sur l'axe des y $\rightarrow r$

- **Projection de la deuxième loi de Newton dans le repère (x;y) :**

La deuxième loi de Newton est donnée par la relation $\sum \vec{F} = m \vec{a}$. En projetant cette relation on obtient :

sur l'axe x $\rightarrow mg\sin\alpha = m.a_x$

sur l'axe y $\rightarrow -mg\cos\alpha + r = ay$

Cependant il n'y a pas de mouvement sur y, donc après simplification on obtient :

(1) $g\sin\alpha = a_x$ et (2) $r = mg\cos\alpha$

L'équation (2) donne l'expression de la réaction normale, mais c'est l'équation (1) qui permettra d'obtenir l'équation de la position du mobile en fonction du temps.

- **Intégration de l'équation (1) $g\sin\alpha = a_x$**

Les hypothèses émises au départ de la résolution vont être utilisées lors des deux intégrations successives.

La première intégration de cette équation permet d'obtenir l'expression de la vitesse du mobile.

$g\sin\alpha = a_x$ donne $v_x(t) = g\sin\alpha t + v_{0x}$ avec l'hypothèse de départ que $v_x(t=0) = v_{0x}$

La deuxième intégration permet d'obtenir l'expression de la position du mobile en fonction du temps.

$v_x(t) = g\sin\alpha t + v_{0x}$ donne $x(t) = 1/2 g\sin\alpha t^2 + v_{0x}t$ avec l'hypothèse de départ que $x(t=0) = 0$

- **Conclusion :**

L'équation du mouvement selon x est alors $x(t) = 1/2 g\sin\alpha t^2 + v_{0x}t$, qui correspond au modèle mathématico-physique de la situation.

B Praxéologie de résolution du modèle prototypique

i) Description de la praxéologie

Le type de tâche principale est **T : Établir l'équation du mouvement d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table à coussin d'air.** T se place dans un contexte physique. En effet T est un type de tâche qui n'a de sens que dans le domaine de la physique. Ce type de tâche nécessite une technique τ dont les différentes étapes sont dans un ordre bien précis. La chronologie de la technique permet alors de donner un sens à T. La technique τ est constituée de plusieurs types de tâches qui apparaissent clairement dans la résolution :

T1 : Faire le schéma de la situation

T2 : Émettre des hypothèses

T3 : Faire le Bilan des forces

T4 : Représenter les forces sur le schéma

T5 : Choisir un repère

T6 : Représenter le repère sur le schéma

T7 : Projeter les forces dans le repère (x;y)

T8 : Projeter de la deuxième loi de Newton dans le repère (x;y)

T9 : Intégrer l'équation $g\sin\alpha = a_x$

T10 : Conclure

Nous allons étudier sur le plan praxéologique le triplet (T_i ; τ_i ; θ_i) pour chaque type de tâche T_i ($i = 1 \dots 10$) donnée ci-dessus. La description est faite sous forme d'un tableau :

T : Établir l'équation du mouvement d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table à coussin d'air :		
T1 : Faire le schéma de la situation	<p>τ_1 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -faire le schéma de la table à coussin d'air inclinée -placer l'angle α -identifier le solide étudié -représenter le mobile en faisant apparaître son centre de gravité noté x au centre du mobile -représenter la vitesse \vec{v}_0 parallèle à la table à coussin d'air 	<p>θ_1 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -un schéma permet de s'approprier et de visualiser la situation de façon simplifiée. Il permet de rendre compte le mouvement du mobile (placer \vec{v}_0 donne l'information sur la direction et le sens du mouvement du mobile à l'instant initial). De plus le centre de gravité du mobile est nécessaire pour la suite car le mobile est assimilé à une masse ponctuelle pour faciliter l'utilisation de la deuxième loi de Newton. -la vitesse est modélisée par un vecteur <p>**Remarque : Ce schéma sera complété au fur et à mesure**</p>
T2 : Émettre des hypothèses	<p>τ_2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -le référentiel du laboratoire est supposé galiléen -le mobile est assimilé à une masse ponctuelle -les frottements fluides et solides sont considérés comme négligeables -la position initiale du mobile est nulle $x(t=0) = 0$ -la vitesse initiale du mobile est $v_x(t=0) = v_{0x}$ 	<p>θ_2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -la deuxième loi de Newton s'applique dans un référentiel galiléen. De plus elle est facilement exploitable dans le cas d'une masse ponctuelle. -la situation a été choisie de sorte à ce que les frottements soient négligeables. -dans la situation, le mobile est lancée avec une vitesse parallèle à la ligne de plus grande pente et sa position initiale est nulle
T3 : Faire le Bilan des forces	<p>τ_3 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -donner les caractéristiques du vecteur représentant le poids -donner les caractéristiques du vecteur représentant la réaction normale <p>-écrire l'expression algébrique du bilan des forces</p>	<p>θ_3 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une force est modélisée par un vecteur dans son expression algébrique -les caractéristiques d'un vecteur sont : sa direction, son sens et sa norme (ou intensité) -pour l'application de la deuxième loi de Newton, un bilan des forces agissant sur le mobile est nécessaire -les frottements fluides et solides sont négligeables -le poids est une force verticale dirigée vers le bas ayant pour origine le centre de gravité du mobile -l'intensité du poids vaut mg -la réaction du support est perpendiculaire au support et passe par le centre de gravité du mobile et a pour origine le support. -l'intensité de la réaction normale vaut r - la somme des force s'écrit avec le signe somme Σ
T4 : Représenter les forces sur le schéma	<p>τ_4 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -représenter sur le schéma les deux vecteurs, poids et réaction normale en respectant leurs caractéristiques 	<p>θ_4 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -la représentation des forces sur le schéma permet de visualiser les vecteurs pour faire la projection par la suite des forces agissant sur le mobile

T5 : Choisir un repère (x;y)	τ5 : -choisir le repère ayant pour origine le centre de gravité du mobile, l'axe x étant parallèle à l'inclinaison de la table et orienté vers le sens du mouvement et l'axe y étant perpendiculaire au support et orienté vers le haut	θ5 : -le mobile a un mouvement rectiligne sur la table à coussin d'air et se dirige vers le bas de la table à coussin d'air -le choix du repère doit être cohérent avec le mouvement du mobile
T6 : Représenter le repère sur le schéma	τ6 : -représenter le repère choisi en respectant ses caractéristiques	θ6 : -un repère est nécessaire pour la projection des vecteurs
T7 : Projeter les forces dans le repère (x;y)	τ7 : -donner l'expression de chaque coordonnée des vecteurs dans le repère (x;y) à l'aide du produit scalaire	θ7 : -la projection des forces permet d'obtenir les coordonnées de celles-ci dans le repère(x;y) -le produit scalaire entre deux vecteurs est défini par $\vec{u} \cdot \vec{v} = \ \vec{u}\ \times \ \vec{v}\ \times \cos(\text{angle}(\vec{u}, \vec{v}))$
T8 : Projeter de la deuxième loi de Newton dans le repère (x;y)	τ8 : -écrire l'équation correspondante à la projection sur l'axe des x -écrire l'équation correspondante à la projection sur l'axe des y -simplifier les équations obtenues	θ8 : - la somme des force s'écrit avec le signe somme Σ -l'accélération est modélisée par un vecteur -le mobile a une masse m -l'application de la deuxième loi de Newton permet de faire le lien entre les forces agissant sur le mobile et le mouvement de celui-ci -la simplification d'une équation $ab=ac$ donne $b=c$ -la masse m du mobile est constante -il n'y a pas de mouvement sur y donc $a_y = 0$
T9 : Intégrer l'équation $gsina = a_x$	τ9 : -intégrer l'équation liée à l'accélération -intégrer l'équation liée à la vitesse	θ9 : - si $f(t) = a$ avec a une constante alors sa primitive est $F(t) = at + F_0$ F_0 étant la constante d'intégration F_0 est défini par les conditions initiales -par définition $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow \int \vec{a} = \vec{v}$ -Par définition $\vec{v} = \frac{d\vec{om}}{dt} \Rightarrow$ $\int \vec{v} = \vec{om}$ -la vitesse initiale est notée v_{ox} -dans le repère choisi la position initiale est nulle $x_0=0$
T10 : Conclure	τ10 : -écrire l'équation du mouvement selon x	θ10 : -il faut répondre à la problématique de départ qui était d'établir les équations du mouvement du mobile

tableau 3 : Description de la praxéologie de résolution du modèle prototypique

ii) Analyse de la praxéologie

L'analyse se fait au niveau de la technologie c'est à dire au niveau des savoirs convoqués. Ces savoirs convoqués sont de natures physiques et mathématiques. Dans le tableau ci-dessous sont représentés pour chaque type de tâche de la résolution du modèle les savoirs convoqués.

Type de tache	savoirs physiques	Savoirs mathématiques
T1 : Faire le schéma de la situation	Vitesse	Vecteur pour modéliser la vitesse sur le schéma (représentation graphique)
	Deuxième loi de Newton	
T2 : Émettre des hypothèses	Deuxième loi de Newton	
T3 : Faire le bilan des forces	Force	-Vecteur pour modéliser une force (expression algébrique) -Un vecteur est défini par une direction, un sens et une norme -La somme des forces s'écrit avec mes signe Σ (écriture algébrique)
	Deuxième loi de Newton	
	Définition du poids	
	Définition de la réaction normale	
T4 : Représenter les forces sur le schéma	Force	Vecteur pour modéliser une force sur le schéma (représentation graphique)
T5 : Choisir un repère (x;y)		Définition d'un repère (x;y)
T6 : Représenter le repère sur le schéma		Utilité d'un repère pour faire la projection des vecteurs
T7 : Projeter les forces dans le repère	Forces	Projection des vecteurs grâce au produit scalaire
T8 : Projeter la deuxième loi de Newton dans le repère (x;y)	Forces	La somme des forces s'écrit avec mes signe Σ (écriture algébrique)
	Accélération	Vecteur pour modéliser l'accélération (écriture algébrique)
	Deuxième loi de Newton	
		Simplification si $ab = ac$ alors $a = c$
T9 : Intégrer l'équation $gsina = a_x$		Intégration
	Accélération	Expression algébrique de l'accélération à l'aide des vecteurs et de la dérivée
	Vitesse	Expression algébrique de la vitesse à l'aide des vecteurs, de la dérivée, de la primitive
	Position	Expression algébrique de la position à l'aide des vecteurs et de la primitive
		Repère
T10 : Conclure	Position	

tableau 4 : Description des savoirs convoqués pour chaque type de tache de la praxéologie de résolution

Dans la résolution de ce modèle, on se rend compte qu'il n'existe pas de linéarité entre les mathématiques et la physique. Même s'il existe une chronologie dans l'ordre des types de tâches, les mathématiques et la physique sont comme "entrelacées". En effet les notions de mathématiques et de physiques sont complémentaires et cette complémentarité est nécessaire dans cette résolution. C'est comme si ces notions de natures différentes ne pouvaient être détachées de l'une par rapport à l'autre pour la résolution du modèle mathématico-physique. Les résolutions des autres modèles et les praxéologies associées sont décrites dans les annexes du chapitre III.

CHAPITRE IV CONSTRUCTION DES PRAXÉOLOGIES EXPÉRIMENTALES ISSUES DES PROTOCOLES EXPERIMENTAUX DE RÉFÉRENCE

Dans l'étude du mouvement d'un mobile autoporteur sur une table inclinée d'un angle α , il a été vu au chapitre III les différents modèles correspondant à cette situation. Ces différents modèles vont être utilisés afin de concevoir des protocoles expérimentaux mais aussi lors du traitement des données. Il faut donc définir l'objectif des protocoles expérimentaux. Par rapport à la situation choisie, j'ai décidé de travailler avec l'objectif suivant : "**Comparer deux méthodes de détermination de l'angle α , l'une étant manuelle et l'autre à partir d'un modèle**". De ce fait, il n'y a pas qu'un seul protocole expérimental possible mais plusieurs, ce qui est cohérent avec le fait qu'il y ait plusieurs modèles associés à cette situation.

L'objectif de ce chapitre est donc de construire les praxéologies issues des protocoles expérimentaux afin de répondre suite à l'analyse des praxéologies aux questions suivantes : Quels types de tâches et quelles techniques apparaissent dans les praxéologies expérimentales ? Sur quelles technologies associées ces savoir-faire sont-ils fondés ? De plus l'analyse permettra de repérer les éléments du modèle dans la technologie de la praxéologie expérimentale.

L'objectif "**Comparer deux méthodes de détermination de l'angle α , l'une étant manuelle et l'autre à partir d'un modèle**" défini aussi le type de tâche principale dans toutes les praxéologies expérimentales.

1 Des modèles de résolution aux protocoles de référence

A Quelques mots sur les protocoles de référence

Un protocole expérimental de référence est un protocole expérimental dans lequel les étapes sont détaillés du point de vue d'un physicien. Pour établir les différentes étapes du protocole de référence, j'ai effectué l'expérience au lycée. L'étude du mouvement d'un mobile sur une table inclinée s'est faite à l'aide d'un matériel bien précis du lycée. Une remarque à faire, c'est la dépendance forte du protocole par rapport au matériel disponible au lycée. Les protocoles de références permettent de construire les praxéologie de référence. Il y a donc aussi une grande dépendance du matériel dans les praxéologies. Lors de l'expérience au lycée, la tenue d'un carnet de bord a été nécessaire pour d'une part noter les données, mais aussi toutes les remarques en tant que physicienne qui serviront dans certaines explications dans la partie technologie des praxéologies.

B Lien entre les modèles de résolution et les protocoles expérimentaux

Il m'a semblait utile de faire un tableau représentant les liens entre les modèles de résolution et les protocoles de référence. Dans le tableau suivant sont représentés à gauche les modèles de résolution dont les praxéologie de résolution ont été détaillées dans le chapitre précédent et à droite les protocoles associés pour lesquelles les praxéologies sont présentées en détails dans ce chapitre.

Modèle de résolution	Protocole de référence associé
$x(t) = 1/2gsin\alpha t^2 + v_{0x}t$	<p>Protocole expérimental de référence 1 : utilisant le modèle de résolution avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table à coussin d'air v_{0x} (annexe 1 du chapitre IV)</p> <p>Protocole expérimental de référence 2 : utilisant le modèle de résolution valable aussi avec une vitesse initiale nulle. Cependant lors du traitement des données, le traitement se fait en utilisant $x(t) = 1/2gsin\alpha t^2$</p>

	comme une fonction parabolique du temps (annexe 2 du chapitre IV) Protocole expérimental de référence 3 : utilisant le modèle de résolution valable aussi avec une vitesse initiale nulle. Cependant lors du traitement des données, le traitement se fait en utilisant $x(t) = 1/2g\sin\alpha t^2$ comme une fonction linéaire du temps (annexe 3 du chapitre IV)
$x(t) = 1/2g\sin\alpha t^2$	Protocole expérimental de référence 4 : utilisant le modèle de résolution avec une vitesse initiale nulle et le traitement des données se fait par une fonction parabolique du temps (annexe 4 du chapitre IV) Protocole expérimental de référence 4 bis : utilisant le modèle de résolution avec une vitesse initiale nulle et le traitement des données fait par une fonction linéaire du temps (annexe 5 du chapitre IV)
$v(t) = g\sin\alpha t + v_{ox}$	Protocole expérimental de référence 5 : utilisant le modèle de résolution avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table à coussin d'air v_{ox} (annexe 6 du chapitre IV) Protocole expérimental de référence 6 : utilisant le modèle de résolution valable aussi pour une vitesse initiale nulle (annexe 7 du chapitre IV)
$v(t) = g\sin\alpha t$	Protocole expérimental de référence 7 : utilisant le modèle de résolution valable pour une vitesse initiale nulle (annexe 8 du chapitre IV)
$a = g\sin\alpha$	Protocole expérimental de référence 8 : utilisant le modèle de résolution valable pour une vitesse initiale nulle (annexe 9 du chapitre IV) Protocole expérimental de référence 9 : utilisant le modèle de résolution valable pour une vitesse initiale parallèle au bord de la table à coussin d'air (annexe 10 du chapitre IV)

tableau 5 : Correspondance entre les modèles de résolution et les protocoles de référence

A chaque modèle de résolution est associé une praxéologie de résolution, et pour chaque protocole expérimental est associé une praxéologie expérimentale.

Dans ce chapitre, je ne vais m'intéresser qu'à un seul modèle qui est : $x(t) = \frac{1}{2} g\sin\alpha t^2 + v_{ox}t$ et faire la construction des praxéologies issues des protocoles de référence 1, 2 et 3.

La description des autres protocoles et les praxéologies expérimentales associées sont dans l'annexe du chapitre IV.

2 Construction de la praxéologie expérimentale liée au modèle prototypique à l'aide du protocole de référence 1

A Description de la praxéologie expérimentale à l'aide du couple (T,τ) de la praxis et θ de la partie logos issue du protocole expérimental de référence 1

La description du protocole expérimental de référence 1 est dans l'annexe 1 du chapitre IV. La praxéologie décrite ci-dessous a été construite à l'aide de ce protocole. Le type de tâche principale est **T** : "**Comparer deux méthodes de détermination de l'angle α, l'une étant manuelle et l'autre à partir d'un modèle**". **T** a une technique τ avec τ constituée des types de tâches suivantes:

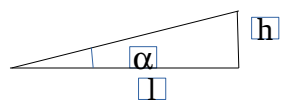
T' : Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air manuellement

T'' : Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air par traitement informatique à l'aide du modèle mathématico-physique $x(t) = 1/2g\sin\alpha t^2 + v_{ox}t$

T''' : Comparer les deux méthodes de détermination de l'angle α d'inclinaison de la table à coussin d'air

Dans la description qui suit, T', T'' et T''' sont des types de tâche qui ont un ordre chronologique dans la pratique. En effet dans la réalisation du protocole, la technique a une chronologie contrainte

qui est caractéristique de la précedence du protocole ce qui engendre une chronologie dans les types de taches correspondantes.

	TYPES DE TACHE T_i	TECHNIQUE τ_i	TECHNOLOGIE θ_i
T' : Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air manuellement	T '1 : Vérifier la « planéité » de la table à coussin d'air inclinée	$\tau'1$: -incliner la table à coussin d'air d'un angle α -lâché le mobile soigneusement tout en maintenant la bouton de pointage - vérifier que la trajectoire est une droite parallèle au bord de la table à l'aide d'un réglet -régler les cales -réitérer le lâché jusqu'au bon réglage des cales afin d'avoir une trajectoire rectiligne et parallèle au bord.	$\theta'1$: -Sur une surface plane, inclinée, le mobile autoporteur lâché sans vitesse initiale a une trajectoire rectiligne qui est parallèle au bord. Le lâché doit être le plus précis possible. S'entraîner à faire un lâché pour éviter de bouger le poignet à cause des vibrations du mobile. -le modèle $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 + v_{0x} t$ n'est valable que sur une surface plane.
	T '2 : Mesurer l'angle d'inclinaison α d'une table à coussin d'air	$\tau'2$: - mesurer avec un réglet la longueur l - exprimer l en m - mesurer avec un pied à coulisse la hauteur de la cale h -exprimer h en m -mettre la calculatrice en mode degré - calculer en degré $\alpha = \arctan(h/l)$ - exprimer le résultat avec 2 chiffres significatifs	$\theta'2$: -*photo du dispositif (voir à la suite du tableau) la cale permet d'assimiler la table à coussin d'air à un triangle rectangle dont la hauteur vaut h -dans un triangle rectangle, $\tan \alpha = h/l$  $\alpha = \arctan (h/l)$ -le réglet et le pied à coulisse permet au mieux une mesure avec 2 chiffres significatifs

T '' : Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air par traitement informatique à l'aide du modèle mathématico-physique $x(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2 + v_{0x} t$	T ''1 : Mesurer les positions successives $x(t)$ d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne lancé avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table.	$\tau''1$: - régler la fréquence de pointage à 10 Hz -appuyer et maintenir le bouton de pointage appuyé dès qu'on lance le mobile - lancer le mobile en haut de la table à coussin d'air pour avoir une trajectoire rectiligne parallèle au bord. -refaire le lancer du mobile jusqu'à obtenir une trajectoire rectiligne parallèle au bord.	$\theta''1$: -choisir une fréquence pour faire une mesure de $x(t)$ possible et précise. Le choix d'une fréquence de 50 Hz donne des tirets trop rapprochés. -il faut maintenir le bouton de pointage appuyé pour permettre le pointage lors du mouvement du mobile autoporteur. -on n'enregistre pas quand le mobile est tenu par l'expérimentateur ou en contact avec l'élastique. Pour que les conditions du modèle soient respectées. Le modèle n'est valide que s'il y a le poids, et la réaction normale au support qui agissent sur le mobile. - le modèle $x(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2 + v_{0x} t$ est valide pour une trajectoire rectiligne parallèle au bord et pour une vitesse initiale parallèle au bord.
---	---	---	---

		<ul style="list-style-type: none"> -arrêter le pointage avant que le mobile touche l'élastique - mesurer les positions successives $x_{mes}(t)$ de la même manière avec un réglet en mesurant la distance à partir du premier point pris comme origine des temps et des positions. -exprimer les valeurs $x_{mes}(t)$ avec 2 chiffres significatifs et en cm 	<ul style="list-style-type: none"> -le pointage est sous forme de tirets, il faut prendre à chaque fois l'extrémité haute ou basse du tiret pour la mesure - les mesures directes de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglet sont exprimées en cm. L'unité du cm étant choisi car les mesures des positions successives dépendent de la dimensions de la table à coussin d'air ne dépassant pas 1 m
	T "2 : Créer un tableau de mesure répertoriant les valeurs x_{mes} et t à l'aide d'un tableur	<p>τ "2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - créer un colonne t en seconde intitulée « t en s » - compléter la colonne « t en s » en respectant le pas de l'échantillonnage choisi valant 0,1 seconde entre chaque mesure - créer une colonne $x_{mes}(t)$ en cm intitulée « $x_{mes}(t)$ en cm » -compléter la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » avec les mesures prises avec le réglet. - créer une colonne $x_{mes}(t)$ en m intitulée « $x_{mes}(t)$ en m » -convertir la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » en m 	<p>θ "2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la fréquence étant de 10 Hz, l'échantillonnage de temps, se fait de 0s à la fin des mesures (arrêt du pointage) avec un pas de temps égale à $1/f = 0,1s$ -les mesures directes sont exprimées en cm -les mesures faites au réglet de $x_{mes}(t)$ vont permettre de compléter la colonne $x_{mes}(t)$ -pour avoir α en degré, $x_{mes}(t)$ doit être en m et t en s d'après le modèle $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2 + v_{ox} t$, g étant égal à 9,81 N/Kg
	T "3 : Créer un graphique $x_{mes}(t) = f(t)$	<p>τ "3:</p> <ul style="list-style-type: none"> - choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses - choisir la colonne « $x_{mes}(t)$ en m » pour l'axe des ordonnées - sélectionner l'onglet « nuage de point » 	<p>θ "3 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -x est une fonction de t d'après le modèle $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2 + v_{ox} t$ - pour avoir un graphe $x_{mes}(t) = f(t)$, $x_{mes}(t)$ est sur l'axe des ordonnées et t sur l'axe des abscisses.
	T "4 : Déterminer l'angle α à partir du graphique	<p>τ "4 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - sélectionner les points obtenus cohérent - insérer une courbe de tendance parabolique 	<p>θ "4 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le choix des points permet entre autre de ne pas sélectionner les points qui paraissent aberrants. -le modèle $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2 + v_{ox} t$ mène à une fonction $x(t) = f(t)$ correspondant à une fonction parabolique

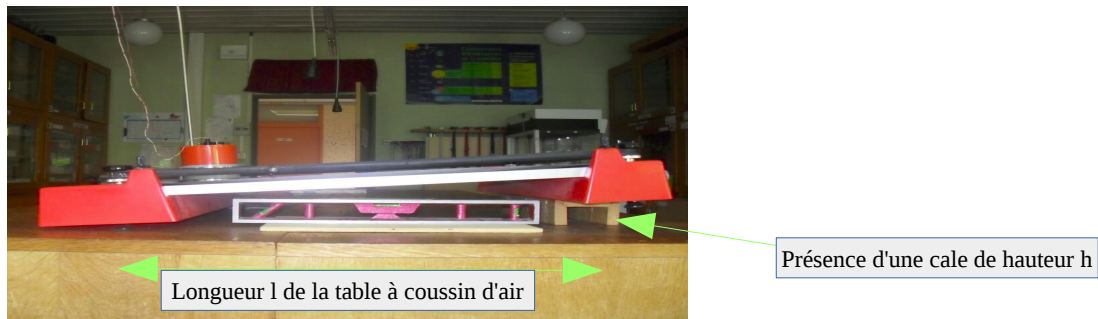
		<ul style="list-style-type: none"> - afficher l'équation de la parabole -mettre la calculatrice en mode degré - calculer α en degré avec la formule $\alpha = \arcsin(2.a/g)$ -exprimer le résultats avec 2 chiffres significatifs 	<ul style="list-style-type: none"> -l'équation de la parabole permet d'obtenir la valeur du coefficient a de l'équation $y = at^2 + bt + c$ - pour comparer les deux valeurs de l'angle obtenu il faut qu'il soit exprimé avec la même unité que dans T $1/2 g \sin \alpha = a$ donc $\alpha = \arcsin(2.a/g)$ -les mesures de $x_{mes}(t)$ étant faite avec 2 chiffres significatifs, et $g = 9,81$ N/kg exprimé avec 3 chiffres significatifs, α est exprimé avec 2 chiffres significatifs
--	--	---	---

T''' : Comparer les deux méthodes de détermination de l'angle α d'inclinaison de la table à coussin d'air	T''''1 : Calculer la marge d'erreur de la méthode manuelle	<p>$\tau''''1 :$</p> <ul style="list-style-type: none"> - estimer l'erreur faite sur la mesure de h noté Δh à l'aide du pied à coulisse -exprimer Δh en m - estimer l'erreur faite sur la mesure de l noté Δl à l'aide du réglet. -exprimer Δl en m -calculer $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ - calculer $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 -estimer la marge d'erreur sur la valeur de α en pourcentage 	<p>$\theta''''1 :$</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer -Δl et Δh sont exprimés en m pour être de la même unité que h et l $\alpha = \arctan(h/l)$, en prenant les erreurs faite sur h et l la formule pour l'obtention de α devient $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
	T''''2 : calculer la marge d'erreur de la méthode par traitement informatique	<p>$\tau''''2 :$</p> <ul style="list-style-type: none"> -estimer l'erreur Δx en m faite lors de la mesure de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglet. -exprimer en pourcentage l'erreur $\%x$ -créer une colonne $x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ intitulée "$x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ en m " -faire le calcul pour la colonne $x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ - choisir la colonne « t en 	<p>$\theta''''2:$</p> <ul style="list-style-type: none"> -l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer - il faut utilisé la même unité que $x_{mes}(t)$ - $\Delta x / x_{mes}(t) * 100 = \%x$ -Incertitude de x comprend l'incertitude de t

		<ul style="list-style-type: none"> s » pour l'axe des abscisses - choisir la colonne « xmes(t) *(1+%x) en m » pour l'axe des ordonnées - sélectionner l'onglet « nuage de point » - sélectionner les points obtenus cohérent - insérer une courbe de tendance parabolique - afficher l'équation de la parabole - calculer $\alpha' = \arcsin(2.a/g)$ -calculer la marge d'erreur $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 	<ul style="list-style-type: none"> - pour voir l'erreur sur α, il faut tracer le graphe $xmes(t) * (1+%x) = f(t)$ donc $xmes(t) * (1+%x)$ correspond à l'axe des ordonnées et t correspond à l'axe des abscisses. - les points non cohérent peuvent ne pas être sélectionnés - $xmes(t) * (1+%x) = f(t)$ est du type $y = at^2 + bt + c$ avec $a = 1/2g\sin\alpha'$ - $a = 1/2g\sin\alpha' \Rightarrow \alpha' = \arcsin(2.a/g)$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
	T '''3 : Comparer les deux méthodes	<ul style="list-style-type: none"> $\tau '''3$: comparer la marge d'erreur des deux méthodes -conclure 	

tableau 6 : Description de la praxéologie expérimentale à l'aide du couple (T, τ) de la praxis et θ de la partie logos issue du protocole expérimental de référence 1

* photo du dispositif



B Analyse du triplet (Ti, τ_i , θ_i)

On se rend compte qu'en plus d'un savoir expérimental et d'un savoir faire expérimental, des savoirs et savoirs faire d'autres natures sont présents et complémentaires à l'expérimental.

i) Analyse du triplet (T', τ' , θ') dans la première partie de la praxéologie qui correspond au type de tâche T' : Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air manuellement

pour le triplet (T'1, τ' 1, θ' 1)

La technique τ_1 est un savoir faire de nature expérimental. L'expérimentateur exécute un ensemble d'actions en respectant un ordre donné, dans un ordre logique permettant de donner un sens à la technique.

=> ***Cette logique d'actions chronologiques dans τ est vérifiée pour chaque analyse du triplet (T_i , τ_i , θ_i) de la praxéologie expérimentale.***

Dans la technologie apparaît trois conditions d'utilisation du modèle $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 + v_{ox} t$

(1) le mouvement du mobile est sur une surface plane (incliné d'un angle α)

(2) la trajectoire du mobile est rectiligne

(3) la trajectoire du mobile est parallèle au bord de la table à coussin d'air

L'expérimentale dans la technologie intervient dans la manière de lâcher le mobile. A cause des vibrations du mobile, il est conseillé de s'entraîner pour faire le lâché afin d'avoir une vitesse initiale bien égale à zéro.

pour le triplet (T''_2 , τ''_2 , θ''_2)

La technique a pour but de faire des mesures à l'aide d'un matériel bien précis que l'expérimentateur doit choisir. Ces différentes mesures sont liées à une technologie de nature mathématique. Ce savoir mathématique correspond à la définition de la tangente d'un angle aigu dans un triangle rectangle.

ii) Analyse du triplet (T'' , τ'' , θ'') dans la deuxième partie de la praxéologie qui correspond au type de tâche T'' : Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air par traitement informatique à l'aide du modèle mathématico-physique

$$x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 + v_{ox} t$$

pour le triplet (T''_1 , τ''_1 , θ''_1)

Dans ce triplet sont convoqués des savoirs physiques et expérimentaux. Les conditions d'utilisation du modèle apparaissant dans la technologie sont :

(2) la trajectoire du mobile est rectiligne

(3) la trajectoire du mobile est parallèle au bord de la table à coussin d'air

(4) la vitesse initiale est parallèle au bord de la table à coussin d'air

(5) les forces agissant sur le mobile sont le poids et la réaction du support

Le modèle conditionne l'expérimentateur a exécuté l'expérience. Il faut que l'expérimentateur s'entraîne au lancé du mobile afin de respecter le domaine de validité du modèle ci-dessus (2), (3) et (4) . De plus le pointage du mobile lors de son mouvement doit respecter la conditions (5). Il faut donc pointer au départ du lancé du mobile, maintenir le bouton de pointage et arrêter le pointage avant que le mobile touche l'élastique en bas de la table à coussin d'air. Car ce modèle n'est valide que lorsque les forces qui sont le poids et la réaction normale du support sont présentes et non lorsqu'une autre force telle que celle de l'élastique agit sur le mobile.

pour le triplet (T''_2 , τ''_2 , θ''_2)

La technologie est encore liée au modèle $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 + v_{ox} t$, cependant la technologie fait apparaître non plus une condition mais une conséquence du modèle qui est le choix des unités.

(6) x est en m, t en s et g en $N.Kg^{-1}$

pour le triplet $(T''3, \tau''3, \theta''3)$

La technologie fait apparaître une conséquence du modèle

(7) $x_{mes}(t)$ est sur l'axe des ordonnées et t sur l'axe des abscisses

pour le triplet $(T''4, \tau''4, \theta''4)$

La technologie fait apparaître une conséquence du modèle

(8) $x(t)$ est une fonction parabolique de t

iii) Analyse du triplet $(T''', \tau''', \theta''')$ dans la troisième partie de la praxéologie qui correspond au type de tâche T''' : Comparer les deux méthodes de détermination de l'angle α d'inclinaison de la table à coussin d'air

Pour les triplet $(T'''2, \tau'''2, \theta'''2)$ et $(T'''3, \tau'''3, \theta'''3)$, une conséquence du modèle apparaît qui est :

(9) la marge d'erreur sur α est liée au modèle

Donc finalement, on constate que le modèle de résolution fait partie de la technologie à plusieurs reprises. La technologie fait apparaître soient les conditions, soient les conséquences du modèle. Il existe donc une articulation entre le modèle de résolution et la praxéologie. Cette articulation fera l'objet d'une étude plus approfondie au chapitre V.

3 Construction de la praxéologie expérimentale liée au modèle prototypique à l'aide du protocole de référence 2

Le protocole associé ainsi que la description de la praxéologie est dans l'annexe 2 du chapitre IV. Dans le protocole expérimental, la vitesse initiale du mobile est nulle, de plus le traitement informatique des données se fait à l'aide d'une courbe parabolique car le modèle

$x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 + v_{ox} t$ est une fonction parabolique du temps (même si v_{ox} est nulle). La

description de la praxéologie est différente de celle issue du protocole de référence 1, car dans le type de tâche $T''1$, la technique diffère par le fait que le mobile doit être lâché et non lancé. Après analyse de la praxéologie, les conditions du modèle apparaissant dans la technologie sont :

(1) le mouvement du mobile est sur une surface plane (incliné d'un angle α)

(2) la trajectoire du mobile est rectiligne

(3) la trajectoire du mobile est parallèle au bord de la table à coussin d'air

(4bis) la vitesse initiale est nulle

(5) les forces agissant sur le mobile sont le poids et la réaction du support

Et les conséquences du modèle apparaissant dans la technologie sont :

(6) x est en m, t en s et g en $N.Kg^{-1}$

(7) $x_{mes}(t)$ est sur l'axe des ordonnées et t sur l'axe des abscisses

(8) $x(t)$ est une fonction parabolique de t .

(9) la marge d'erreur sur α est liée au modèle.

Il y a une modification par rapport à la praxéologie du protocole de référence 1 c'est que (4) a été remplacé par (4bis). La valeur de la vitesse initiale est cette fois-ci nulle. La valeur de la vitesse joue un rôle dans la construction du modèle. La valeur de la vitesse initiale correspond bien à une condition du modèle.

4 Construction de la praxéologie expérimentale liée au modèle prototypique à l'aide du protocole de référence 3.

Dans ce protocole expérimental, la vitesse est considéré comme nulle au départ, donc le mobile est lâché. Le protocole et la praxéologie associée sont décrits dans l'annexe 3 du chapitre IV. La description de la praxéologie est différente de celle issue du protocole de référence 1, car dans le type de tâche T "1, la technique diffère par le fait que le mobile doit être lâché et non lancé comme il est décrit dans τ "1. De plus le traitement informatique se fait par une droite. Après analyse de la praxéologie, les conditions du modèle apparaissant dans la technologie sont :

(1) le mouvement du mobile est sur une surface plane inclinée d'un angle α

(2) la trajectoire du mobile est rectiligne

(3) la trajectoire du mobile est parallèle au bord de la table à coussin d'air

(4bis) la vitesse initiale est nulle.

(5) les forces agissant sur le mobile sont le poids et la réaction du support

Les conséquences du modèle apparaissant dans la technologie sont :

(6) x est en m, t en s et g en $N.Kg^{-1}$

(7bis) $x_{mes}(t)$ est sur l'axe des ordonnées et t sur l'axe des abscisses

(8bis) $x(t)$ est une fonction linéaire de t

(9) la marge d'erreur sur α est liée au modèle

Des modifications ont été apportées par rapport à la praxéologie du protocole de référence 1. La condition (4) est remplacée par la condition (4bis) mais il y a aussi deux modifications dans les conséquences du modèle. Les nouvelles conséquences (7bis) et (8bis) jouent un rôle lors du traitement des données qui sera différent du protocole de référence 1.

La description des autres protocoles ainsi que la description des praxéologies associées sont dans les annexes 4 à 10 du chapitre IV.

CHAPITRE V ARTICULATIONS MODELE DE RESOLUTION- PRAXÉOLOGIES EXPÉRIMENTALES ET PROCESSUS DE MODELISATION-PRAXELOGIES

Le but de ce chapitre est de mettre en lien les analyses des chapitres II, III et IV. D'une part pour voir l'articulation entre le modèle de résolution et les praxéologie expérimentales. D'autre part pour voir l'articulation entre les processus de modélisation et les praxéologies.

1 Articulation entre le modèle prototypique et la praxéologie expérimentale issue du protocole expérimental de référence 1

A Comment se fait l'articulation

Le modèle de résolution $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 + v_{0x} t$ fait appel à des connaissances physiques et mathématiques. Comme on l'a vu précédemment, des conditions et des conséquences du modèle apparaissent à plusieurs reprises dans la partie technologie de la praxéologie expérimentale du protocole de référence 1.

Rappel des conditions et des conséquences du modèle.

Les conditions du modèles apparaissant dans la technologie sont :

- (1) le mouvement du mobile est sur une surface plane (incliné d'un angle α)*
- (2) la trajectoire du mobile est rectiligne*
- (3) la trajectoire du mobile est parallèle au bord de la table à coussin d'air*
- (4) la vitesse initiale est parallèle au bord de la table à coussin d'air*
- (5) les forces agissant sur le mobile sont le poids et la réaction du support*

Les conséquences du modèles apparaissant dans la technologie sont :

- (6) x est en m, t en s et g en $N.Kg^{-1}$*
- (7) x mes(t) est sur l'axe des ordonnées et t sur l'axe des abscisses*
- (8) $x(t)$ est une fonction parabolique de t .*
- (9) la marge d'erreur sur α est liée au modèle.*

Les savoirs de (1) à (9) qui apparaissent dans la technologie θ_i de la praxéologie expérimentale, sont liés à certains types de tache T_i tel qu'on ait le triplet (T_i, τ_i, θ_i) . On en déduit alors qu'il y a une articulation entre le modèle et les types de tache de la praxéologie expérimentale.

B Articulation autour du modèle prototypique par rapport aux types de taches de la praxéologie expérimentale

Dans un premier temps, les conditions du modèle vont guidés l'expérimentateur dans l'expérimentale afin de faire les expériences adéquates qui répondent au modèle afin que celui-ci soit vérifié. Les conditions du modèle rentrent alors dans la façon de concevoir le protocole.

=>Le modèle mathématico-physique guide l'expérimentateur dans la conception du protocole.

D'autre part les conséquences du modèle vont guider l'expérimentateur dans le travail qu'il va effectuer lors du traitement informatique. En connaissant le modèle qu'il cherche à retrouver,

l'expérimentateur est guidé dans sa façon d'exploiter les données.

=> **le modèle mathématico-physique guide l'expérimentateur dans l'exploitation des données.**

En rappelant les types de tâche de la praxéologie expérimentale dans laquelle les conditions et les conséquences du modèle apparaissent :

T'1 : Vérifier la «planéité» de la table à coussin d'air inclinée

T''1 : Mesurer les positions successives $x(t)$ d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne lâché avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table

T''2 : Créer un tableau de mesure répertoriant les valeurs x mes et t à l'aide d'un tableur

T''3 : Créer un graphique $x_{mes}(t) = f(t)$

T''4 : Déterminer l'angle α à partir du graphique

T'''2 : Calculer la marge d'erreur de la méthode par traitement informatique

T'''3 : Comparer les deux méthodes

On obtient l'articulation suivante autour du modèle mathématico-physique :

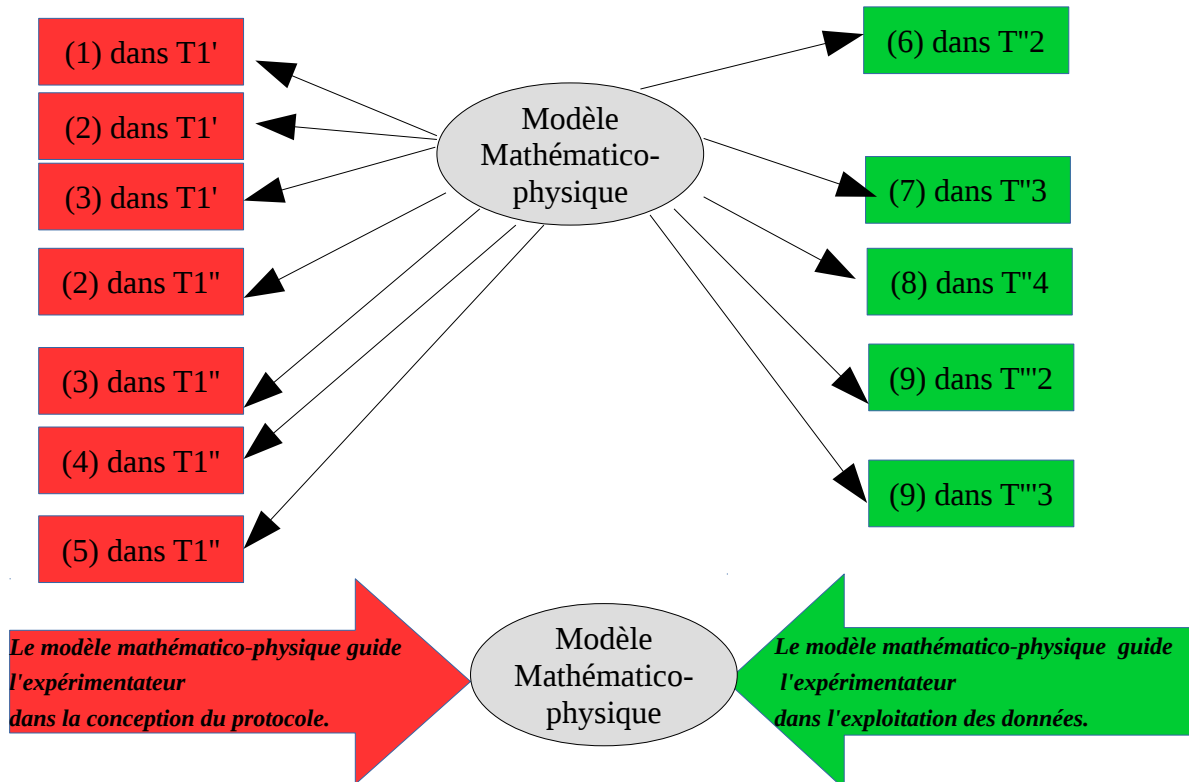


figure 7 : Articulation entre le modèle prototypique et la praxéologie expérimentale(liée au protocole de référence1)

Le modèle s'articule entre des types de tâche correspondant à des types de tâche de conception expérimentale (en rouge sur le figure) et des types de tâches correspondant à des types de tâche de traitement de données (en vert sur la figure)

2 Articulation entre le processus de modélisation et les praxéologies

Dans un premier temps, on peut se poser comme question : Comment les praxéologies s'intercalent par rapport au modèle de processus de modélisation ? En reprenant le schéma obtenu au chapitre II

(figure 6), il me parut évident que la praxéologie de résolution se situe de l'étape « situation réelle » jusqu'à l'étape « résultats physiques » et que la praxéologie expérimentale se situe à partir de l'étape « résultats physiques » jusqu'à l'étape "situation réelle".

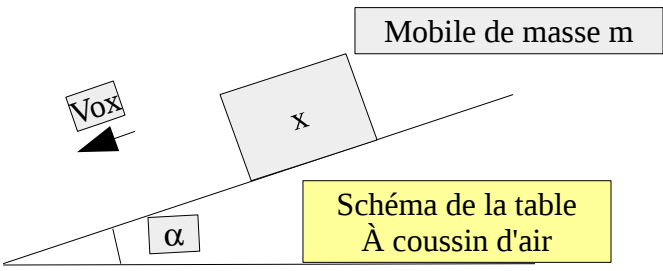
Il est alors intéressant d'intégrer dans la description de ce schéma (tableau 1) les différents types de tâche (déterminés dans les chapitre III et IV) de la praxéologie de résolution du modèle prototypique et de la praxéologie expérimentale liée au protocole de référence 1.

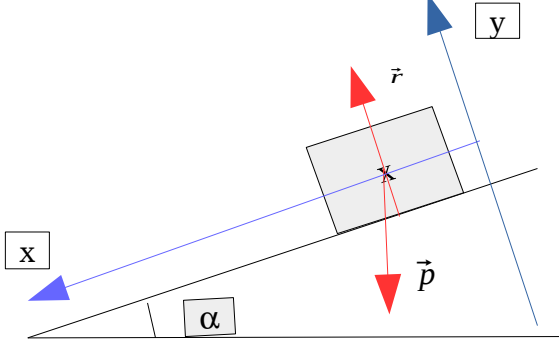
N'oublions pas que le cycle du processus de modélisation par rapport à notre étude est associé à l'objectif de l'activité qui est la suivante : **Lors du mouvement d'un mobile autoporteur sur une table inclinée d'un angle α , comparer les valeurs de l'angle d'inclinaison par deux méthodes différentes, l'une étant manuelle et l'autre à partir d'un modèle.** En lien avec cette activité, le cycle du processus de modélisation serait alors aussi associé à une praxéologie définie en deux parties (praxéologie de résolution et praxéologie expérimentale).

A Lien entre le processus de modélisation et la praxéologie de résolution

i) Les étapes de la résolution du modèle prototypique par rapport aux étapes du cycle du processus de modélisation

Dans le tableau ci-dessous, sont mis en lien pour chaque étape et transition du processus de modélisation, les étapes de la démarche expérimentale et les étapes de la résolution du modèle prototypique.

Étapes et transitions du processus de modélisation	Étape de la démarche expérimentale	Description de la résolution du modèle prototypique
SR	Étape 1 : Définir le problème	Un mobile autoporteur est lancé avec une vitesse initiale. Le mobile est lancé en haut de la table à coussin d'air. Le mouvement est dû à la vitesse initiale du mobile mais aussi à cause de l'inclinaison. Le problème : Comment le mouvement du mobile est exploitable pour la détermination de α ?
SR->MMP	Étape 2 : Proposer des hypothèses	<p>Schéma de la situation :</p>  <p>Hypothèses :</p> <p>L'angle α est une grandeur inconnue. La position du mobile est une variable du problème. Les grandeurs connues sont la masse du mobile et l'intensité g de la pesanteur.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Le référentiel du laboratoire est supposé galiléen -les frottements fluides et solides sont considérés comme négligeables -la position initiale du mobile est nulle $x(t=0) = 0$ -la vitesse initiale du mobile est $v_x(t=0) = v_{0x}$ -le mobile est assimilé à une masse ponctuelle
MMP		-La loi physique qui régit le mouvement est la deuxième loi de

		<p>Newton</p> $\sum \vec{F} = m \vec{a}$ <p>-définition du poids $\vec{p} = m \vec{g}$</p> <p>-définition de l'accélération</p> $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ <p>-définition de la vitesse</p> $\vec{v} = \frac{d\vec{om}}{dt}$ <p>-Le bilan des forces : Les forces agissant sur le mobile de masse m sont :</p> <p>-le poids \vec{p} d'intensité $p = mg$ de direction verticale et dirigée vers le bas et d'origine le centre de gravité du mobile.</p> <p>-la réaction normale au support \vec{r} d'intensité r, avec \vec{r} perpendiculaire à la table à coussin d'air passant par le centre de gravité et d'origine le support. Le bilan des forces s'écrit donc</p> $\sum \vec{F} = \vec{p} + \vec{r}$ <p>-Représenter les forces et le repère sur le schéma</p>  <p>-les variables x et y dépendent du temps et de l'angle α</p>
MMP->EM		<p>-Projeter les forces dans le repère (x;y) :</p> <p>Projection du vecteur \vec{p} :</p> <p>sur l'axe des x $\rightarrow mg\sin\alpha$</p> <p>sur l'axe des y $\rightarrow -mg\cos\alpha$</p> <p>Projection du vecteur \vec{r} :</p> <p>sur l'axe des x $\rightarrow 0$</p> <p>sur l'axe des y $\rightarrow r$</p> <p>-Projeter de la deuxième loi de Newton dans le repère (x;y) :</p> <p>La deuxième loi de Newton est donnée par la relation</p> $\sum \vec{F} = m \vec{a}$ <p>En projetant cette relation on obtient :</p> <p>sur l'axe x $\rightarrow mg\sin\alpha = m \cdot a_x$</p> <p>sur l'axe y $\rightarrow -mg\cos\alpha + r = a_y$</p> <p>Cependant il n'y a pas de mouvement sur y, donc après simplification on obtient :</p> <p>(1) $g\sin\alpha = a_x$ et (2) $r = mg\cos\alpha$</p>

		<p>L'équation (2) donne l'expression de la réaction normale, mais c'est l'équation (1) qui permettra d'obtenir l'équation de la position du mobile en fonction du temps.</p> <p>-Intégration de l'équation (1) $g\sin\alpha = a_x$</p> <p>Les hypothèses émises au départ de la résolution vont être utilisées lors des deux intégrations successives.</p> <p>La première intégration de cette équation permet d'obtenir l'expression de la vitesse du mobile.</p> <p>$g\sin\alpha = a_x$ donne $v_x(t) = g\sin\alpha t + v_{0x}$ avec l'hypothèse de départ que $v_x(t=0) = v_{0x}$</p> <p>La deuxième intégration permet d'obtenir l'expression de la position du mobile en fonction du temps.</p> <p>$v_x(t) = g\sin\alpha t + v_{0x}$ donne</p> <p>$x(t) = \frac{1}{2} g \sin\alpha t^2 + v_{0x}t$ avec l'hypothèse de départ que $x(t=0) = 0$</p>
RM \subset EM		<p>L'expression algébrique de la position est</p> <p>$x(t) = \frac{1}{2} g \sin\alpha t^2 + v_{0x}t$</p>
RM \rightarrow RP		<p>Pour un mobile autoporteur lancé avec une vitesse initiale V_{0x}, l'équation horaire du mouvement est</p> <p>$x(t) = \frac{1}{2} g \sin\alpha t^2 + v_{0x}t$</p>
RP	Étape 3 : Définir l'objectif précis de l'expérience	<p>-La position du mobile est l'angle α sont reliés par la relation suivante :</p> <p>$x(t) = \frac{1}{2} g \sin\alpha t^2 + v_{0x}t$</p> <p>-L'objectif de l'expérience est :</p> <p>"Comparer les valeurs de l'angle d'inclinaison obtenues par deux méthodes différentes , l'une étant manuelle et l'autre à partir d'un modèle"</p>

tableau 7 : Lien entre le processus de modélisation, démarche expérimentale et résolution du modèle prototypique

ii) Les types de tache de la praxéologie de résolution du modèle prototypique par rapport aux étapes du cycle du processus de modélisation

Le type de tache principale pour la praxéologie de résolution est : **T « Établir l'équation du mouvement d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table à coussin d'air »** dont la technique est constituée des types de tache suivantes :

- T1 : Faire le schéma de la situation
- T2 : Émettre des hypothèses
- T3 : Faire le Bilan des forces
- T4 : Représenter les forces sur le schéma
- T5 : Choisir un repère
- T6 : Représenter le repère sur le schéma
- T7 : Projeter les forces dans le repère (x;y)
- T8 : Projeter de la deuxième loi de Newton dans le repère (x;y)
- T9 : Intégrer l'équation $g\sin\alpha = a_x$
- T10 : Conclure

Le but est de rajouter dans le tableau ci-dessus (tableau 7) les types de tache de la praxéologie de résolution par rapport aux étapes du processus de modélisation et les étapes de la démarche expérimentale.

On obtient le tableau suivant :

Étapes et transitions du processus de modélisation	Étape de la démarche expérimentale	Types de tâche de la praxéologie de résolution
SR	Étape 1 : Définir le problème	
SR->MMP	Étape 2 : Proposer des hypothèses	T1 : Faire le schéma de la situation T2 : Émettre des hypothèses
MMP		T3 : Faire le Bilan des forces T4 : Représenter les forces sur le schéma T5 : Choisir un repère T6 : Représenter le repère sur le schéma
MMP->EM		T7 : Projeter les forces dans le repère (x;y) T8 : Projeter de la deuxième loi de Newton dans le repère (x;y) T9 : Intégrer l'équation $g \sin \alpha = a_x$
RM \subset EM		
RM->RP		
RP	Étape 3 : Définir l'objectif précis de l'expérience	T10 : Conclure

tableau 8 : Lien entre le processus de modélisation, démarche expérimentale et types de tâche de la praxéologie de résolution.

B Lien entre le processus de modélisation et la praxéologie expérimentale

L'expérience a pour objectif "**Comparer les valeurs de l'angle d'inclinaison par deux méthodes différentes , l'une étant manuelle et l'autre à partir d'un modèle**" ce qui correspond aussi au type de tâche principale de la praxéologie expérimentale du protocole de référence 1.

Dans le tableau ci-dessous, un rappel de la praxéologie expérimentale liée au protocole de référence 1.

T : Comparer les valeurs de l'angle d'inclinaison par deux méthodes différentes , l'une étant manuelle et l'autre à partir d'un modèle	
T' : Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air manuellement	T'1 : Vérifier la "planéité de la table à coussin d'air"
	T'2 : Mesurer l'angle d'inclinaison α d'une table à coussin d'air
T'' : Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air par traitement informatique à l'aide du modèle mathématico-physique $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 + v_{0x} t$	T''1 : Mesurer les positions successives $x(t)$ d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne lancé avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table
	T''2 : Créer un tableau de mesure répertoriant les valeurs x_{mes} et t à l'aide d'un tableur
	T''3 : Créer un graphique $x_{mes}(t) = f(t)$
	T''4 : Déterminer l'angle α à partir du graphique
T''' : Comparer les deux méthodes de détermination de l'angle α d'inclinaison de la table à coussin d'air.	T'''1 : Calculer la marge d'erreur de la méthode manuelle
	T'''2 : Calculer la marge d'erreur de la méthode par traitement informatique
	T'''3 : Comparer les deux méthodes

tableau 9 : Description des types de tâche de la praxéologie expérimentale (liée au protocole de référence 1)

Nous allons faire correspondre dans un tableau les étapes et transition du processus de modélisation

avec les étapes de la démarche expérimentale ainsi que les types de tâche de la praxéologie expérimentale du protocole de référence 1.

Ce tableau est la continuité du tableau 8.

Étapes et transitions du processus de modélisation	Étape de la démarche expérimentale	Type de tâche de la praxéologie expérimentale
RP	Étape 3 : Définir l'objectif précis de l'expérience	T10 : Conclure (de la praxéologie de résolution)
RP->CMR	Étape 4 : Concevoir le protocole expérimental	
RR C CMR	Étape 5 : Réaliser l'expérience	T '1 : Vérifier la "planéité de la table à coussin d'air T '2 : Mesurer l'angle d'inclinaison α d'un table à coussin d'air T "1 : Mesurer les positions successives $x(t)$ d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne lancé avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table
	Étape 6 : Traiter les données	T "2 : Créer un tableau de mesure répertoriant les valeurs x_{mes} et t à l'aide d'un tableur T "3 : Créer un graphique $x_{mes}(t) = f(t)$ T "4 : Déterminer l'angle α à partir du graphique
	Étape 7 : Analyser/interpréter les résultats	T ""1 : Calculer la marge d'erreur de la méthode manuelle T ""2 : Calculer la marge d'erreur de la méthode par traitement informatique
CMR->GP		
GP		
GP->SR	Étape 8 : Conclure	T ""3 : Comparer les deux méthodes

tableau 10 : Lien entre le processus de modélisation, démarche expérimentale et types de tâche de la praxéologie expérimentale (liée au protocole de référence 1)

3 Articulation entre le modèle prototypique et les praxéologies expérimentales issues des protocoles expérimentaux de référence 2 et 3

Pour l'articulation entre le modèle prototypique et les protocoles expérimentaux de référence 2 et 3, le modèle s'articule entre des types de tâche liées à la conception expérimentale et des types de tâche liées aux traitements des données.

En prenant en compte les types de tâche correspondant à la praxéologie du protocole expérimental de référence 2 (annexe 2 du chapitre IV), on obtient l'articulation représentée dans le schéma ci-après.

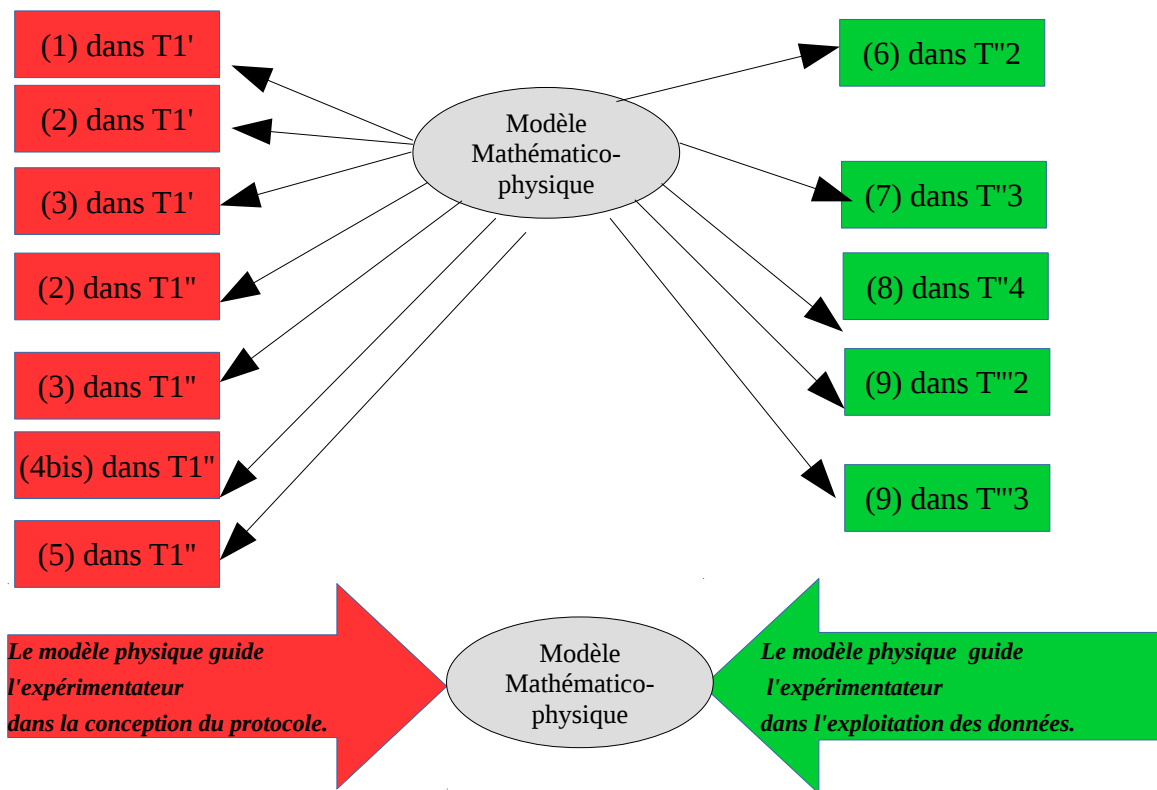


figure 8 : Articulation entre le modèle prototypique et la praxéologie expérimentale(liée au protocole de référence2)

En prenant en compte les types de tâche correspondant à la praxéologie du protocole expérimental de référence 3 (annexe 3 du chapitre IV), on obtient l'articulation représentée dans le schéma ci-après.

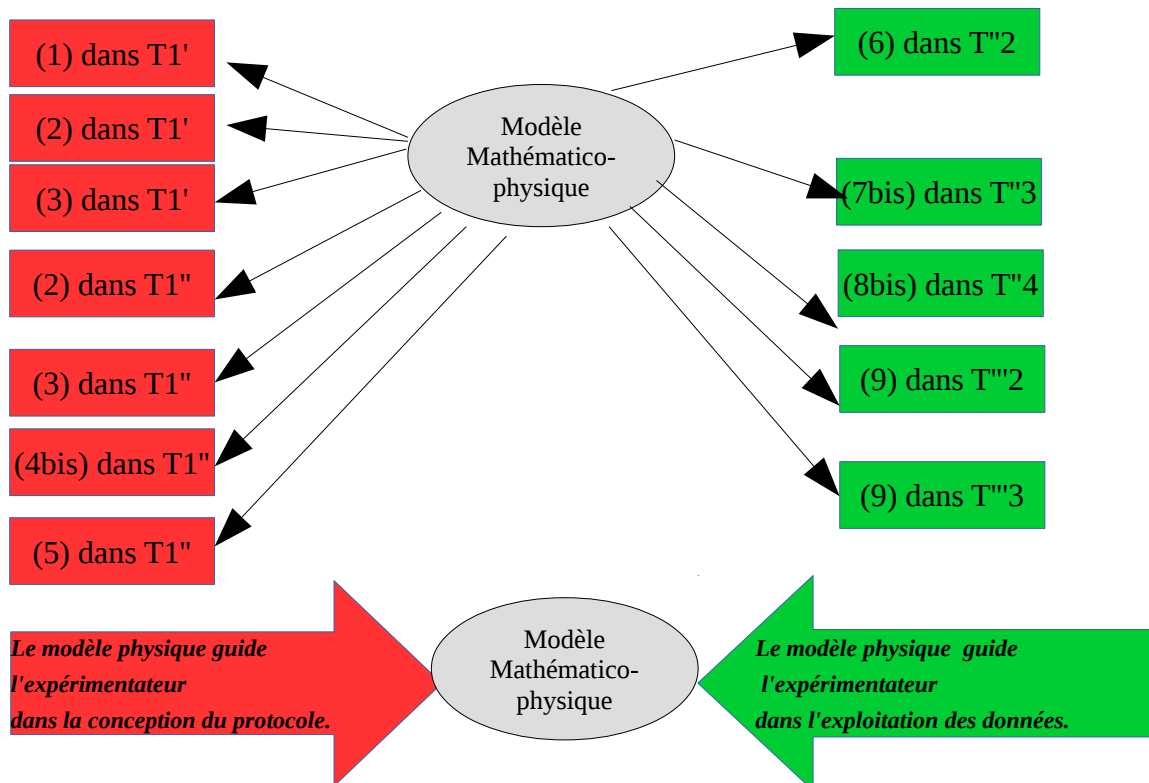


figure 9 : Articulation entre le modèle prototypique et la praxéologie expérimentale(liée au protocole de référence3)

CHAPITRE VI PROPOSITION D'UNE SITUATION D'APPRENTISSAGE

Pour la construction de la situation d'apprentissage, les analyses effectuées dans les chapitres précédents se sont avérées nécessaires. En effet grâce à l'étude des praxéologies, cela m'a permis d'approfondir et d'agrandir la vision d'ensemble de la situation dont l'objectif est "Lors du mouvement d'un mobile autoporteur sur une table inclinée d'un angle α , comparer deux méthodes de détermination de l'angle α , l'une étant manuelle et l'autre à partir d'un modèle". Dans la démarche que j'ai suivie, l'activité s'est construite au fur et à mesure des analyses. Plusieurs activités destinées à des étudiants sont possibles suite à ces analyses. Cependant il a fallu faire un choix. Ce chapitre propose une activité dans laquelle une modélisation est demandée de la part des étudiants ainsi qu'une conception expérimentale au sein d'une démarche expérimentale. Une remarque à faire sur la proposition de l'activité, elle n'a pas été testée devant des étudiants, faute de temps.

Voici ci-dessous la liste des objectifs de réalisation :

<i>-adopter une attitude critique vis-à-vis de l'information</i>	<i>-percevoir la différence entre un modèle et la réalité, entre la réalité et une simulation</i>
<i>-émettre des hypothèses</i>	<i>-utiliser dans un contexte donné le matériel à disposition</i>
<i>-identifier les paramètres qui influencent le phénomène, choisir les grandeurs à mesurer</i>	<i>-effectuer un relevé de mesures</i>
<i>-élaborer un protocole (concevoir un protocole)</i>	<i>-effectuer un calcul numérique avec une calculatrice ou un tableur</i>
<i>-élaborer un modèle</i>	<i>-estimer l'incertitude d'une mesure</i>
<i>-utiliser un modèle pour prévoir, décrire et expliquer</i>	<i>-interpréter les résultats, juger de la qualité d'une mesure</i>
<i>-exprimer un résultat (grandeur, unité, chiffres significatifs)</i>	

Et voici ci-dessous les trois objectifs d'apprentissage que vise l'activité proposée :

<i>-découverte de la modélisation expérimentale</i>
<i>-découverte de la conception expérimentale</i>
<i>-découverte de la démarche expérimentale</i>

Voici l'énoncé de l'activité qui pourrait être donné à des étudiants :

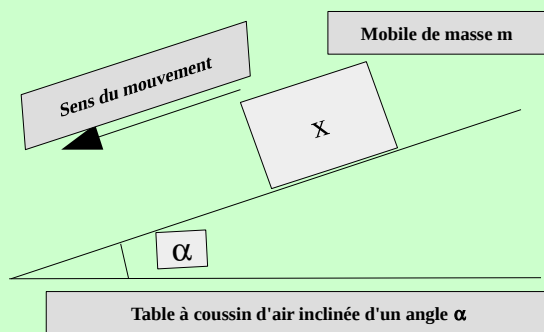
Titre : Découverte de l'activité de modélisation et de conception expérimentale au sein de la démarche expérimentale dans la détermination d'une grandeur physique.

Objectif : En utilisant les documents mis à votre disposition, comparer deux méthodes de détermination de l'angle α , l'une étant manuelle et l'autre à partir d'un modèle lors du mouvement d'un mobile autoporteur sur une table inclinée d'un angle α .

Document 1 : Description de la situation

Un mobile autoporteur de masse m , est soit lancé ou lâché en haut d'une table à coussin d'air inclinée d'un angle α .

Schéma de la situation :



Document 2 : Matériel à disposition

- table à coussin d'air inclinable,
- système de pointage de la table à coussin d'air avec des fréquences différentes,
- mobile autoporteur de masse m ,
- réglet,
- pied à coulisse,
- ordinateur,
- tableur
- calculatrice

Document 3 : Étapes de la démarche expérimentale

1. Définir le problème,
2. Proposer des hypothèses,
3. Définir l'objectif précis de l'expérience,
4. Concevoir le protocole expérimental,
5. Réaliser l'expérience,
6. Traiter les données,
7. Analyser / Interpréter les résultats,
8. Conclure.

Document 4 : Quelques modèles mathématico-physique pour un mobile autoporteur en mouvement rectiligne sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α .

modèle 1 : $x(t) = 1/2gsin\alpha t^2 + v_{ox}t$

modèle 2 : $x(t) = 1/2gsin\alpha t^2$

modèle 3 : $v(t) = gsin\alpha t + v_{ox}$

modèle 4 : $v(t) = gsin\alpha t$

modèle 5 : $a = gsin\alpha$

*****Rédiger un compte rendu qui comportera chaque étape de la démarche expérimentale*****



CONCLUSION

Pour répondre à la problématique : Comment les différents éléments de praxéologie qui relèvent des mathématiques, ceux qui relèvent de la physique, ceux qui sont de nature expérimental se combinent-ils dans le processus de conception expérimentale ?, il a été vu dans l'étude plusieurs articulations :

-l'articulation entre les mathématiques et la physique dans la praxéologie de résolution du modèle prototypique. Les savoirs liés aux mathématiques et les savoirs liés à la physique s'articulent dans la résolution du modèle prototypique. La résolution dépend justement des liens qui existent entre les mathématiques et la physique. On se rend compte que les mathématiques et la physique ne peuvent être séparés dans la résolution.

-l'articulation entre le modèle prototypique et la praxéologie expérimentales. L'étude de cette articulation a permis de montrer que le modèle permettait une articulation entre les types de tâche liées à la conception expérimentale et les types de tâche liées au traitement des données.

-l'articulation entre le modèle de processus de modélisation et les praxéologies. Cette articulation a permis de voir comment s'intercalaient les types de tâche de la praxéologie de résolution et de la praxéologie expérimentale dans le processus de modélisation.

Ces différentes articulations ont permis de concevoir au fur et à mesure une situation destinée à des étudiants de L1. Cela m'a en effet aidé dans le sens où j'ai modélisé l'activité de référence des étudiants dans la résolution du problème lié à la situation. Cependant ce qui est dommage et que je n'ai pas eu le temps de proposer la situation à des étudiants. Il est vrai que le but du mémoire était la construction de cette situation et non de la présenter face à des étudiants. Mais du coup j'ai l'impression d'avoir fait un travail inachevé. Pour ma part ce qui manque à l'étude est la confrontation de la modélisation faite tout au long du mémoire avec la réalité du travail effectif par des étudiants dans une classe. Après j'aimerais en effet tester cette situation, réfléchir à une évaluation afin que l'ingénierie didactique liée à cette situation soit complète.

BIBLIOGRAPHIE

Develay M. (1989). Sur la méthode expérimentale. *ASTER N°8. 1989. Expérimenter, modéliser.*

Johsua S. (1989). Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire. *ASTER N°8. 1989. Expérimenter, modéliser.*

Larcher, C. (1996). La physique et la chimie, sciences de modèles. Du monde réel aux connaissances scientifiques, en passant par la modélisation. En Toussaint, J. (Ed.), *Didactique appliquée de la physique -chimie. Eléments de formation pour l'enseignement (pp.160-178). Paris : Nathan Pédagogie.*

Riopel M., Raïche G., Potvin P., Fournier F et Nonnon P. (2006). Une approche intégrée de la modélisation scientifique assistée par l'ordinateur. *ASTER N°43. 2006. Modélisation et simulation.*

Rodriguez R. (2007). *Les équations différentielles comme outil de modélisation mathématique en Classe de Physique et de Mathématiques au lycée : une étude de manuels et de processus de modélisation d'élèves en Terminale S.* Thèse. Grenoble : Université Joseph Fourier.

Winther, J. & Coste, R. (2004). Les équations différentielles en Terminale. *Bulletin de l'Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public, 450. 44-59*

ANNEXE DU CHAPITRE II

Annexe : Description de chacune des étapes et transitions du processus de modélisation proposé par Ruth Rodrigez

Étapes/transitions	Description	Activités attendues
Étape 1 SR \subset R	<p>Situation réelle (SR) \subset Réalité (R)</p> <p>On part d'une situation réelle qui se place à l'intérieur d'un phénomène réel qui lui-même appartient à une réalité complexe et ouverte. La SR peut être présentée à travers une description verbale mais souvent écrite sous forme de texte (énoncé d'activité ou problème), d'une figure ou des deux. Les données de la SR peuvent être issues d'un processus expérimental.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Faire une description simplifiée et précise du phénomène - Comprendre le contexte - Application d'un protocole expérimental pour l'obtention de données
Transition 1-2 SR \rightarrow RMS	<p>Le sujet comprend plus ou moins le problème. Une reconstruction mentale de la situation donnée dans le problème aura lieu, qui est faite à un niveau implicite et la plupart de temps de manière inconsciente par l'individu. Même si le sujet n'a pas compris totalement le problème, il peut travailler sur cette tâche.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Clarifier restructurer, simplifier, interpréter le contexte du problème. - Faire des hypothèses pour simplifier le problème. - Choix des éléments pertinents pour le problème posé
Étape 2 RMS	<p>Représentation Mentale de la Situation (RMS)</p> <p>Dans cette étape, le sujet a déjà une certaine compréhension de la situation donnée dans le problème. L'attention est donnée aux nombres et chiffres donnés dans le problème que le sujet devra combiner ou mettre en relation. On observe dans cette partie du travail de modélisation des simplifications inconscientes de la tâche, desquelles on pourra dégager certaines hypothèses (implicites) réalisées par le sujet, la plupart du temps de manière inconsciente. On observe aussi une préférence individuelle sur la manière de négocier le problème.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Faire des hypothèses implicites de manière verbale ou à travers des représentations externes, telles qu'un dessin ; un schéma, etc.
Transition 2-3 RMS \rightarrow MPC	<p>Une idéalisation et simplification a lieu, mais un peu plus consciemment par le sujet. Le sujet prend des décisions ; ces décisions influencent la manière de filtrer l'information dans le problème. Cela dépend du type de problème qui est posé ; la question de la demande de connaissances extra-mathématiques intervient.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier entités clés ou stratégiques - Identifier des éléments corrects des entités clés - Etablir des hypothèses explicites et/ou (la plupart de temps) implicites
Étape 3 MPC	<p>Modèle Pseudo – concret (MPC)</p> <p>On travaille avec une situation générique, décontextualisée, abstraitement porteuse des propriétés et des objets d'étude. Cette phase est fortement connectée avec la RMS. Ce modèle est la plupart du temps construit de manière interne par l'individu. Cela signifie que les niveaux de représentations externes (allure des graphes, formules) peuvent aussi représenter un modèle. Cela est pris en compte dans les énoncés verbaux des individus lorsqu'ils réalisent leurs représentations externes.</p> <p>A ce stade, les hypothèses du modèle sont implicites (en général) ou explicites (pour le contexte particulier).</p>	<p>Présentation du modèle en termes courants.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Énoncer précisément les lois régissant le phénomène. Les lois doivent être énoncées en langage naturel; elles doivent décrire le comportement général du problème - Il faut préciser quelles sont les inconnues et les variables du problème. Une inconnue a une signification concrète qu'il faut savoir interpréter - Confrontation des hypothèses de modèle avec les éléments correspondants de la description
Transition 3-4 MPC \rightarrow MM	<p>Le sujet mathématise, et dans cette transition les connaissances mathématiques sont fortement exigées des individus pour construire le modèle.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier variables dépendantes et indépendantes pour les inclure dans le modèle algébrique. - Se rendre compte que la variable indépendante devra être uniquement définie comme telle - Représenter les éléments de manière mathématique où par des formules qui pourront être appliquées - Faire des hypothèses explicites
Étape 4 MM	<p>Modèle Mathématique (MM)</p> <p>Dans cette étape, on établit un ensemble d'équations ou des formalismes mathématiques qui représentent les propriétés du modèle et les hypothèses retenues. Dans cette phase, les sujets font principalement des représentations externes, comme formules ou graphes. Les énoncés verbaux des sujets appartiennent à un niveau mathématique et ils font moins référence à la réalité.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Écriture mathématique des relations repérées entre variables dans un cadre théorique déterminé - Formulation mathématique de la question posée - Mise en équation à partir des lois du phénomène étudié et des connaissances théoriques du modèle pseudo-concret. - Adaptation du modèle à la situation précise
Transition 5 MM \rightarrow EM	<p>Pour cette transition, les sujets utilisent leurs compétences mathématiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Appliquer les formules ou méthodes de résolution appropriées - Appliquer processus de simplification

		algébrique pour des formules symboliques
Étape 5 RM \subset EM	Résultats Mathématiques (RM) \subset Etude Mathématique (EM) Dans cette étape, le travail purement mathématique est réalisé. On travaille avec et sur les propriétés du modèle mathématique qui découlent des hypothèses et des théories mathématiques utilisées. Les sujets écrivent leurs résultats mathématiquement .	<ul style="list-style-type: none"> - Ecrire les résultats théoriques internes au modèle mathématique - Rédiger un énoncé formel d'une réponse au problème mathématique posé - Obtenir résultats supplémentaires qui permettent d'interpréter les solutions obtenues
Transition 5-6 RM \rightarrow RPC	Une première interprétation des résultats a lieu dans cette transition, qui est importante mais souvent réalisée de manière non consciente par les individus. Dans cette transition, le sujet devra identifier les résultats mathématiques obtenus avec sa partie du domaine pseudo-concret. Dans cette transition, on peut valider le travail réalisé mathématiquement, c'est une sorte de contrôle .	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser le nécessaire pour entraîner les mathématiques avant d'avoir recours à une question interprétative - Identification des résultats mathématiques avec sa partie du domaine pseudo-concret - Contextualiser les résultats mathématiques intermédiaires et finaux au domaine pseudo-concret
Étape 6 RPC	Résultats Pseudo-Concrets (RPC) Dans cette étape, le sujet devra interpréter les résultats mathématiques obtenus en termes de la situation pseudo-concrète. Cela est réalisé la plupart du temps de manière presque inconsciente.	<ul style="list-style-type: none"> - Intégrer les arguments pour justifier les interprétations - Réaliser des corrections (si nécessaire) dans le domaine mathématique, avant de recourir à une question interprétative finale - Assouplir/modifier les contraintes principales pour produire les résultats nécessaires pour soutenir une nouvelle interprétation
Transition 6-7 RPC \rightarrow RMS \rightarrow CMR	Dans cette transition, le sujet devra réaliser une deuxième interprétation des résultats pseudo-concrets par rapport à la situation réelle de départ. Il faudra donc valider ce qui est obtenu grâce au modèle par rapport à ce qui est établi en réalité (par exemple de manière expérimentale). Notons ici que cette deuxième interprétation est plus consciente et que cette transition est influencée par la représentation mentale, construite par l'individu, de la situation réelle de départ. Dans cette transition, on peut valider le travail d'interprétation réalisé, c'est une sorte de deuxième contrôle .	<ul style="list-style-type: none"> - Contextualiser les résultats pseudo-concrets en termes de la situation réelle. - Interpréter les résultats obtenus et une formulation de ceux-ci en termes concrets - Argumenter et justifier les interprétations produites - Réconcilier les résultats intermédiaires inattendus avec la situation réelle - Réconcilier les aspects mathématiques et

		réels du problème
Étape 7 RR \subset CMR	Résultats réels (RR) \subset Confrontation Modèle-Réalité (CMR) Une recontextualisation du modèle à la situation de départ est faite ; on trouve aussi dans cette étape une confrontation des résultats issus du modèle avec les informations accessibles de la réalité (par exemple les données expérimentales et/ou tableau de données, graphes, etc.) Nous disons dans cette partie qu'on valide le modèle construit : si le modèle est acceptable (la question d'adéquation du modèle s'impose ici), le sujet devra conclure et communiquer les résultats ; si le modèle est non acceptable, il faudra se poser les questions (où se trouve le problème) et recommencer le cycle de nouveau. L'appréciation de la validité du modèle suppose une connaissance spécialisée de la situation A ce stade du processus de modélisation, on observe deux types de validation: intuitive (non consciente la plupart du temps) ou basée sur les connaissances (de manière plus consciente).	<ul style="list-style-type: none"> - Comparer des résultats numériques ou qualitatifs avec les données réellement observées (mesures expérimentales correspondantes) pour vérifier la validité et la pertinence du modèle - Considérer les implications du monde réel avec les résultats mathématiques - Considérer l'adéquation des données de sortie du modèle, au monde réel - évaluer la marge d'erreur et l'acceptabilité du modèle. - Le cas échéant, expliquer les divergences entre la réalité et les prévisions du modèle
Transition 7-8 CMR \rightarrow GP	Une fois que le modèle est accepté comme adéquat à la situation de départ, la question de l'extension du modèle validé pour d'autres situations analogues pourrait être considérées.	- Se rendre compte des limites pour l'ouverture des contraintes acceptables pour une solution ou un modèle valide
Étape 8 GP	Généralisations et prévisions (GP) L'extension du modèle validé pour d'autres situations analogues, ainsi que leurs conditions de généralisation, sera considérée. Les prévisions des résultats attendus dans ces nouvelles situations pourraient être étudiées. L'appréciation de la généralisation du modèle suppose aussi une connaissance spécialisée de la situation.	- Considérer des paramètres non considérés ou négligés avant
Transition 8-1 GP \rightarrow SR \subset R	Si nécessaire, le sujet devra recommencer le cycle de modélisation.	- Recommencer le cycle de modélisation si le modèle n'est pas adéquat, ou s'il faut considérer d'autres paramètres auparavant négligés

ANNEXES DU CHAPITRE III

Annexe 1 : Praxéologie de résolution du modèle $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2$

1) Résolution du mouvement d'un mobile autoporteur sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec une vitesse initiale nulle.

Par rapport à la résolution du modèle $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 + v_{0x}t$, l'hypothèse sur la vitesse initiale change et devient $v_{0x}(t=0) = 0$. Donc avec les deux intégrations successives de l'équation (1), on obtient : $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2$

2) Description de la praxéologie de résolution du modèle $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2$

T « Établir l'équation du mouvement d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec une vitesse initiale nulle »		
T1 : Faire le schéma de la situation	τ_1 : -faire le schéma de la table à coussin d'air inclinée -placer l'angle α -identifier le solide étudié -représenter le mobile en faisant apparaître son centre de gravité noté x au centre du mobile	θ_1 : -un schéma permet de s'approprier et de visualiser la situation de façon simplifiée. Il permet de rendre compte le mouvement du mobile. De plus le centre de gravité du mobile est nécessaire pour la suite car le mobile est assimilé à une masse ponctuelle pour faciliter l'utilisation de la deuxième loi de Newton. **Remarque : Ce schéma sera compléter au fur et à mesure**
T2 : Émettre des hypothèses	τ_2 : -Le référentiel du laboratoire est supposé galiléen -le mobile est assimilé à une masse ponctuelle -les frottements fluides et solides sont considérés comme négligeables -la position initiale du mobile est nulle $x(t=0) = 0$ -la vitesse initiale du mobile est $v_x(t=0) = 0$	θ_2 : -la deuxième loi de Newton s'applique dans un référentiel galiléen. De plus elle est facilement exploitable dans le cas d'une masse ponctuelle. -la situation a été choisie de sorte à ce que les frottements soient négligeables. -dans la situation, le mobile est lâché avec une vitesse initiale nulle et sa position initiale est nulle
T3 : Faire le Bilan des forces	τ_3 : -donner les caractéristiques du vecteur représentant le poids -donner les caractéristiques du vecteur représentant la réaction normale	θ_3 : - une force est modélisée par un vecteur dans son expression algébrique -les caractéristiques d'un vecteur sont : sa direction, son sens et sa norme (ou intensité) -pour l'application de la deuxième loi de Newton, un bilan des forces agissant sur le mobile est nécessaire -les frottements fluides et solides sont négligeables -le poids est une force verticale dirigée vers le bas ayant pour origine le centre de gravité du mobile -l'intensité du poids vaut mg -la réaction du support est perpendiculaire au support et passe par le centre de gravité du mobile et a pour

		<p>origine le support.</p> <p>-l'intensité de la réaction normale vaut r</p> <p>- la somme des force s'écrit avec le signe somme Σ</p>
T4 : Représenter les forces sur le schéma	<p>τ4 :</p> <p>-représenter sur le schéma les deux vecteurs, poids et réaction normale en respectant leurs caractéristiques</p>	<p>θ4 :</p> <p>-la représentation des forces sur le schéma permet de visualiser les vecteurs pour faire la projection par la suite des forces agissant sur le mobile</p>
T5 : Choisir un repère (x;y)	<p>τ5 :</p> <p>-choisir le repère ayant pour origine le centre de gravité du mobile, l'axe x étant parallèle à l'inclinaison de la table et orienté vers le sens du mouvement et l'axe y étant perpendiculaire au support et orienté vers le haut</p>	<p>θ5 :</p> <p>-le mobile a un mouvement rectiligne sur la table à coussin d'air et se dirige vers le bas de la table à coussin d'air</p> <p>-le choix du repère doit être cohérent avec le mouvement du mobile</p>
T6 : Représenter le repère sur le schéma	<p>τ6 :</p> <p>-représenter le repère choisi en respectant ses caractéristiques</p>	<p>θ6 :</p> <p>-un repère est nécessaire pour la projection des vecteurs</p>
T7 : Projeter les forces dans le repère (x;y)	<p>τ7 :</p> <p>-donner l'expression de chaque coordonnée des vecteurs dans le repère (x;y) à l'aide du produit scalaire</p>	<p>θ7 :</p> <p>-la projection des forces permet d'obtenir les coordonnées de celles-ci dans le repère(x;y)</p> <p>-le produit scalaire entre deux vecteurs est défini par</p> $\vec{u} \cdot \vec{v} = \ \vec{u}\ \ \vec{v}\ \cos(\text{angle}(\vec{u}, \vec{v}))$
T8 : Projeter de la deuxième loi de Newton dans le repère (x;y)	<p>τ8 :</p> <p>-écrire l'équation correspondante à la projection sur l'axe des x</p> <p>-écrire l'équation correspondante à la projection sur l'axe des y</p> <p>-simplifier les équations obtenues</p>	<p>θ8 :</p> <p>- la somme des force s'écrit avec le signe somme Σ</p> <p>-l'accélération est modélisée par un vecteur</p> <p>-le mobile a une masse m</p> <p>-l'application de la deuxième loi de Newton permet de faire le lien entre les forces agissant sur le mobile et le mouvement de celui-ci</p> <p>-la simplification d'une équation $ab=ac$ donne $b=c$</p> <p>-la masse m du mobile est constante</p> <p>-il n'y a pas de mouvement sur y donc $a_y = 0$</p>
T9 : Intégrer l'équation $gs\sin\alpha = a_x$	<p>τ9 :</p> <p>-intégrer l'équation liée à l'accélération</p> <p>-intégrer l'équation liée à la vitesse</p>	<p>θ9 :</p> <p>- si $f(t) = a$ avec a une constante alors sa primitive est $F(t) = at + F_0$</p> <p>F_0 étant la constante d'intégration</p> <p>F_0 est défini par les conditions initiales</p> <p>-par définition</p> $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow \int \vec{a} = \vec{v}$ <p>-Par définition $\vec{v} = \frac{d\vec{om}}{dt} \Rightarrow \int \vec{v} = \vec{om}$</p> <p>-la vitesse initiale est nulle</p> <p>-dans le repère choisi la position initiale est nulle $x_0=0$</p>
T10 : Conclure	<p>τ10 :</p> <p>-écrire l'équation du mouvement selon x</p>	<p>θ10 :</p> <p>-il faut répondre à la problématique de départ qui était d'établir les équations du mouvement du mobile</p>

Annexe 2 : Praxéologie de résolution du modèle $v(t) = g\sin\alpha t + v_{0x}$

1) Résolution du mouvement d'un mobile autoporteur sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table à coussin d'air.

Les hypothèses sont les mêmes que la résolution du modèle $x(t) = 1/2 g\sin\alpha t^2 + v_{0x}t$. L'équation (1), est juste intégrée une seule fois, on obtient $v(t) = g\sin\alpha t + v_{0x}$

2) Description de la praxéologie de résolution du modèle $v(t) = g\sin\alpha t + v_{0x}$

T « Établir l'équation de la vitesse d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table à coussin d'air »		
T1 : Faire le schéma de la situation	<p>τ_1 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -faire le schéma de la table à coussin d'air inclinée -placer l'angle α -identifier le solide étudié -représenter le mobile en faisant apparaître son centre de gravité noté x au centre du mobile -représenter la vitesse $\vec{v_0}$ parallèle à la table à coussin d'air 	<p>θ_1 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -un schéma permet de s'approprier et de visualiser la situation de façon simplifiée. Il permet de rendre compte le mouvement du mobile (placer $\vec{v_0}$ donne l'information sur la direction et le sens du mouvement du mobile à l'instant initial). De plus le centre de gravité du mobile est nécessaire pour la suite car le mobile est assimilé à une masse ponctuelle pour faciliter l'utilisation de la deuxième loi de Newton. -la vitesse est modélisée par un vecteur <p>**Remarque : Ce schéma sera compléter au fur et à mesure**</p>
T2 : Émettre des hypothèses	<p>τ_2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Le référentiel du laboratoire est supposé galiléen -le mobile est assimilé à une masse ponctuelle -les frottements fluides et solides sont considérés comme négligeables -la position initiale du mobile est nulle $x(t=0) = 0$ -la vitesse initiale du mobile est $v_x(t=0) = v_{0x}$ 	<p>θ_2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -la deuxième loi de Newton s'applique dans un référentiel galiléen. De plus elle est facilement exploitable dans le cas d'une masse ponctuelle. -la situation a été choisie de sorte à ce que les frottements soient négligeables. -dans la situation, le mobile est lancée avec une vitesse parallèle à la ligne de plus grande pente et sa position initiale est nulle
T3 : Faire le Bilan des forces	<p>τ_3 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -donner les caractéristiques du vecteur représentant le poids -donner les caractéristiques du vecteur représentant la réaction normale 	<p>θ_3 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une force est modélisée par un vecteur dans son expression algébrique -les caractéristiques d'un vecteur sont : sa direction, son sens et sa norme (ou intensité) -pour l'application de la deuxième loi de Newton, un bilan des forces agissant sur le mobile est nécessaire -les frottements fluides et solides sont négligeables -le poids est une force verticale dirigée vers le bas ayant pour origine le centre de gravité du mobile -l'intensité du poids vaut mg -la réaction du support est perpendiculaire au support et passe par le centre de gravité du mobile et a pour origine le support.

	-écrire l'expression algébrique du bilan des forces	-l'intensité de la réaction normale vaut r - la somme des force s'écrit avec le signe somme Σ
T4 : Représenter les forces sur le schéma	τ4 : -représenter sur le schéma les deux vecteurs, poids et réaction normale en respectant leurs caractéristiques	θ4 : -la représentation des forces sur le schéma permet de visualiser les vecteurs pour faire la projection par la suite des forces agissant sur le mobile
T5 : Choisir un repère (x;y)	τ5 : -choisir le repère ayant pour origine le centre de gravité du mobile, l'axe x étant parallèle à l'inclinaison de la table et orienté vers le sens du mouvement et l'axe y étant perpendiculaire au support et orienté vers le haut	θ5 : -le mobile a un mouvement rectiligne sur la table à coussin d'air et se dirige vers le bas de la table à coussin d'air -le choix du repère doit être cohérent avec le mouvement du mobile
T6 : Représenter le repère sur le schéma	τ6 : -représenter le repère choisi en respectant ses caractéristiques	θ6 : -un repère est nécessaire pour la projection des vecteurs
T7 : Projeter les forces dans le repère (x;y)	τ7 : -donner l'expression de chaque coordonnée des vecteurs dans le repère (x;y) à l'aide du produit scalaire	θ7 : -la projection des forces permet d'obtenir les coordonnées de celles-ci dans le repère(x;y) -le produit scalaire entre deux vecteurs est défini par $\vec{u} \cdot \vec{v} = \ \vec{u}\ \times \ \vec{v}\ \times \cos(\text{angle}(\vec{u}, \vec{v}))$
T8 : Projeter de la deuxième loi de Newton dans le repère (x;y)	τ8 : -écrire l'équation correspondante à la projection sur l'axe des x -écrire l'équation correspondante à la projection sur l'axe des y -simplifier les équations obtenues	θ8 : - la somme des force s'écrit avec le signe somme Σ -l'accélération est modélisée par un vecteur -le mobile a une masse m -l'application de la deuxième loi de Newton permet de faire le lien entre les forces agissant sur le mobile et le mouvement de celui-ci -la simplification d'une équation $ab=ac$ donne $b=c$ -la masse m du mobile est constante -il n'y a pas de mouvement sur y donc $a_y = 0$
T9 : Intégrer l'équation $gsina = a_x$	τ9 : -intégrer l'équation liée à l'accélération	θ9 : - si $f(t) = a$ avec a une constante alors sa primitive est $F(t) = at + F_0$ F_0 étant la constante d'intégration F_0 est défini par les conditions initiales -par définition $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow \int \vec{a} = \vec{v}$ -la vitesse initiale est notée v_0
T10 : Conclure	τ10 : -écrire l'équation de la vitesse v	θ10 : -il faut répondre à la problématique de départ qui était d'établir l'équation de la vitesse

Annexe 3 : Praxéologie de résolution du modèle $v(t) = g \sin \alpha t$

1) Résolution du mouvement d'un mobile autoporteur sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec une vitesse initiale nulle.

Par rapport à résolution du modèle $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 + v_{0x} t$, l'hypothèse sur la vitesse initiale est $v_{0x}(t=0) = 0$. L'équation (1), est juste intégrée une seule fois, on obtient $v(t) = g \sin \alpha t$

2) Description de la praxéologie de résolution du modèle $v(t) = g \sin \alpha t$

T « Établir l'équation de la vitesse d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec une vitesse initiale nulle »		
T1 : Faire le schéma de la situation	τ_1 : -faire le schéma de la table à coussin d'air inclinée -placer l'angle α -identifier le solide étudié -représenter le mobile en faisant apparaître son centre de gravité noté x au centre du mobile	θ_1 : -un schéma permet de s'approprier et de visualiser la situation de façon simplifiée. Il permet de rendre compte le mouvement du mobile. De plus le centre de gravité du mobile est nécessaire pour la suite car le mobile est assimilé à une masse ponctuelle pour faciliter l'utilisation de la deuxième loi de Newton. **Remarque : Ce schéma sera compléter au fur et à mesure**
T2 : Émettre des hypothèses	τ_2 : -Le référentiel du laboratoire est supposé galiléen -le mobile est assimilé à une masse ponctuelle -les frottements fluides et solides sont considérés comme négligeables -la position initiale du mobile est nulle $x(t=0) = 0$ -la vitesse initiale du mobile est $v_x(t=0) = 0$	θ_2 : -la deuxième loi de Newton s'applique dans un référentiel galiléen. De plus elle est facilement exploitable dans le cas d'une masse ponctuelle. -la situation a été choisie de sorte à ce que les frottements soient négligeables. -dans la situation, le mobile est lâché avec une vitesse initiale nulle et sa position initiale est nulle
T3 : Faire le Bilan des forces	τ_3 : -donner les caractéristiques du vecteur représentant le poids -donner les caractéristiques du vecteur représentant la réaction normale -écrire l'expression algébrique du	θ_3 : - une force est modélisée par un vecteur dans son expression algébrique -les caractéristiques d'un vecteur sont : sa direction, son sens et sa norme (ou intensité) -pour l'application de la deuxième loi de Newton, un bilan des forces agissant sur le mobile est nécessaire -les frottements fluides et solides sont négligeables -le poids est une force verticale dirigée vers le bas ayant pour origine le centre de gravité du mobile -l'intensité du poids vaut mg -la réaction du support est perpendiculaire au support et passe par le centre de gravité du mobile et a pour origine le support. -l'intensité de la réaction normale vaut r - la somme des force s'écrit avec le signe somme Σ

	bilan des forces	
T4 : Représenter les forces sur le schéma	τ4 : -représenter sur le schéma les deux vecteurs, poids et réaction normale en respectant leurs caractéristiques	θ4 : -la représentation des forces sur le schéma permet de visualiser les vecteurs pour faire la projection par la suite des forces agissant sur le mobile
T5 : Choisir un repère (x;y)	τ5 : -choisir le repère ayant pour origine le centre de gravité du mobile, l'axe x étant parallèle à l'inclinaison de la table et orienté vers le sens du mouvement et l'axe y étant perpendiculaire au support et orienté vers le haut	θ5 : -le mobile a un mouvement rectiligne sur la table à coussin d'air et se dirige vers le bas de la table à coussin d'air -le choix du repère doit être cohérent avec le mouvement du mobile
T6 : Représenter le repère sur le schéma	τ6 : -représenter le repère choisi en respectant ses caractéristiques	θ6 : -un repère est nécessaire pour la projection des vecteurs
T7 : Projeter les forces dans le repère (x;y)	τ7 : -donner l'expression de chaque coordonnée des vecteurs dans le repère (x;y) à l'aide du produit scalaire	θ7 : -la projection des forces permet d'obtenir les coordonnées de celles-ci dans le repère(x;y) -le produit scalaire entre deux vecteurs est défini par $\vec{u} \cdot \vec{v} = \ \vec{u}\ \times \ \vec{v}\ \times \cos(\text{angle}(\vec{u}, \vec{v}))$
T8 : Projeter de la deuxième loi de Newton dans le repère (x;y)	τ8 : -écrire l'équation correspondante à la projection sur l'axe des x -écrire l'équation correspondante à la projection sur l'axe des y -simplifier les équations obtenues	θ8 : - la somme des force s'écrit avec le signe somme Σ -l'accélération est modélisée par un vecteur -le mobile a une masse m -l'application de la deuxième loi de Newton permet de faire le lien entre les forces agissant sur le mobile et le mouvement de celui-ci -la simplification d'une équation $ab=ac$ donne $b=c$ -la masse m du mobile est constante -il n'y a pas de mouvement sur y donc $a_y = 0$
T9 : Intégrer l'équation $gsina = a_x$	τ9 : -intégrer l'équation liée à l'accélération	θ9 : - si $f(t) = a$ avec a une constante alors sa primitive est $F(t) = at + F_0$ F_0 étant la constante d'intégration F_0 est défini par les conditions initiales -par définition $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow \int \vec{a} = \vec{v}$ -la vitesse initiale est nulle
T10 : Conclure	τ10 : -écrire l'équation de la vitesse v	θ10 : -il faut répondre à la problématique de départ qui était d'établir l'équation de la vitesse

Annexe 4 : Praxéologie de résolution du modèle $a = g \sin \alpha$

1) Résolution du mouvement d'un mobile autoporteur sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table à coussin d'air ou avec une vitesse initiale nulle.

Les hypothèses sont les mêmes que la résolution du modèle $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha t^2 + v_{0x}t$. Cependant une hypothèse est rajoutée qui est que la vitesse peut aussi être nulle. L'équation (1) n'est pas intégrée, car elle représente l'accélération du mobile.

2) Description de la praxéologie de résolution du modèle $a = g \sin \alpha$

T « Établir l'équation de l'accélération d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α »		
T1 : Faire le schéma de la situation	τ_1 : -faire le schéma de la table à coussin d'air inclinée -placer l'angle α -identifier le solide étudié -représenter le mobile en faisant apparaître son centre de gravité noté x au centre du mobile	θ_1 : -un schéma permet de s'approprier et de visualiser la situation de façon simplifiée. Il permet de rendre compte le mouvement du mobile. De plus le centre de gravité du mobile est nécessaire pour la suite car le mobile est assimilé à une masse ponctuelle pour faciliter l'utilisation de la deuxième loi de Newton. **Remarque : Ce schéma sera compléter au fur et à mesure**
T2 : Émettre des hypothèses	τ_2 : -Le référentiel du laboratoire est supposé galiléen -le mobile est assimilé à une masse ponctuelle -les frottements fluides et solides sont considérés comme négligeables -la position initiale du mobile est nulle $x(t=0) = 0$ -la vitesse initiale du mobile est v_{0x} (la vitesse est nulle ou non nulle)	θ_2 : -la deuxième loi de Newton s'applique dans un référentiel galiléen. De plus elle est facilement exploitable dans le cas d'une masse ponctuelle. -la situation a été choisie de sorte à ce que les frottements soient négligeables. -dans la situation, le mobile est soit lancé avec une vitesse parallèle à la ligne de plus grande pente soit lâché et sa position initiale est nulle
T3 : Faire le Bilan des forces	τ_3 : -donner les caractéristiques du vecteur représentant le poids -donner les caractéristiques du vecteur représentant la réaction normale	θ_3 : - une force est modélisée par un vecteur dans son expression algébrique -les caractéristiques d'un vecteur sont : sa direction, son sens et sa norme (ou intensité) -pour l'application de la deuxième loi de Newton, un bilan des forces agissant sur le mobile est nécessaire -les frottements fluides et solides sont négligeables -le poids est une force verticale dirigée vers le bas ayant pour origine le centre de gravité du mobile -l'intensité du poids vaut mg -la réaction du support est perpendiculaire au support et passe par le centre de gravité du mobile et a pour origine le support. -l'intensité de la réaction normale vaut r

	-écrire l'expression algébrique du bilan des forces	- la somme des force s'écrit avec le signe somme Σ
T4 : Représenter les forces sur le schéma	τ4 : -représenter sur le schéma les deux vecteurs, poids et réaction normale en respectant leurs caractéristiques	θ4 : -la représentation des forces sur le schéma permet de visualiser les vecteurs pour faire la projection par la suite des forces agissant sur le mobile
T5 : Choisir un repère (x;y)	τ5 : -choisir le repère ayant pour origine le centre de gravité du mobile, l'axe x étant parallèle à l'inclinaison de la table et orienté vers le sens du mouvement et l'axe y étant perpendiculaire au support et orienté vers le haut	θ5 : -le mobile a un mouvement rectiligne sur la table à coussin d'air et se dirige vers le bas de la table à coussin d'air -le choix du repère doit être cohérent avec le mouvement du mobile
T6 : Représenter le repère sur le schéma	τ6 : -représenter le repère choisi en respectant ses caractéristiques	θ6 : -un repère est nécessaire pour la projection des vecteurs
T7 : Projeter les forces dans le repère (x;y)	τ7 : -donner l'expression de chaque coordonnée des vecteurs dans le repère (x;y) à l'aide du produit scalaire	θ7 : -la projection des forces permet d'obtenir les coordonnées de celles-ci dans le repère(x;y) -le produit scalaire entre deux vecteurs est défini par $\vec{u} \cdot \vec{v} = \ \vec{u}\ \times \ \vec{v}\ \times \cos(\text{angle}(\vec{u}, \vec{v}))$
T8 : Projeter de la deuxième loi de Newton dans le repère (x;y)	τ8 : -écrire l'équation correspondante à la projection sur l'axe des x -écrire l'équation correspondante à la projection sur l'axe des y -simplifier les équations obtenues	θ8 : - la somme des force s'écrit avec le signe somme Σ -l'accélération est modélisée par un vecteur -le mobile a une masse m -l'application de la deuxième loi de Newton permet de faire le lien entre les forces agissant sur le mobile et le mouvement de celui-ci -la simplification d'une équation $ab=ac$ donne $b=c$ -la masse m du mobile est constante -il n'y a pas de mouvement sur y donc $a_y = 0$
T9 : Conclure	τ10 : -écrire l'équation liée à l'accélération	θ10 : -il faut répondre à la problématique de départ qui était d'établir l'équation de l'accélération

ANNEXES DU CHAPITRE IV

Annexe 1 : Protocole expérimentale de référence 1 à l'aide du modèle de résolution $x(t) = \frac{1}{2}g\sin\alpha t^2 + v_{0x}t$

#Protocole

- 1 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode manuelle
 - 1.1 Vérifier la planéité de la table
 - 1.2 Mesurer l'angle α
- 2 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode par traitement informatique
 - 2.1 Mesure de $x(t) = x_{mes}(t)$
 - 2.1.1 Régler la fréquence de pointage à 10 Hz
 - 2.1.2 Lancer le mobile et appuyer sur le bouton de pointage
 - 2.1.3 Mesurer les valeurs de $x_{mes}(t)$
 - 2.2 Paramétrage du tableur open office calc
 - 2.2.1 Rentrer les valeurs de $x_{mes}(t)$ en cm et t en s dans le tableur
 - 2.2.2 Convertir $x_{mes}(t)$ en m
 - 2.3 Création du graphique $x_{mes}(t) = f(t)$
 - 2.3.1 Choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses
 - 2.3.2 Choisir la colonne « $x_{mes}(t)$ en m pour l'axe des ordonnées
 - 2.3.3 Créer un nuage de points de $x_{mes}(t) = f(t)$
 - 2.3.4 Sélectionner les points
 - 2.3.5 Choisir une courbe de tendance parabolique
 - 2.3.6 Afficher l'équation de la parabole
 - 2.4 Détermination de α
- 3 Comparaison des deux méthodes dans la détermination de α
 - 3.1 Estimer l'erreur de la méthode manuellement
 - 3.2 Estimer l'erreur de la méthode par traitement informatique

Annexe 2 : Protocole expérimental de référence 2 à l'aide du modèle de résolution $x(t) = 1/2g\sin\alpha t^2 + v_{ox}t$ (avec v_{ox} nulle et un traitement informatique des données par une courbe parabolique) et praxéologie expérimentale associée.

#Protocole

- 1 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode manuelle
 - 1.1 Vérifier la planéité de la table
 - 1.2 Mesurer l'angle α
- 2 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode par traitement informatique
 - 2.1 Mesure de $x(t) = x_{mes}(t)$
 - 2.1.1 Régler la fréquence de pointage à 10 Hz
 - 2.1.2 Lâcher le mobile et appuyer sur le bouton de pointage
 - 2.1.3 Mesurer les valeurs de $x_{mes}(t)$
 - 2.2 Paramétrage du tableur open office calc
 - 2.2.1 Rentrer les valeurs de $x_{mes}(t)$ en cm et t en s dans le tableur
 - 2.2.2 Convertir $x_{mes}(t)$ en m
 - 2.3 Création du graphique $x_{mes}(t) = f(t)$
 - 2.3.1 Choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses
 - 2.3.2 Choisir la colonne « $x_{mes}(t)$ en m pour l'axe des ordonnées
 - 2.3.3 Créer un nuage de points de $x_{mes}(t) = f(t)$
 - 2.3.4 Sélectionner les points
 - 2.3.5 Choisir une courbe de tendance parabolique
 - 2.3.6 Afficher l'équation de la parabole
 - 2.4 Détermination de α
- 3 Comparaison des deux méthodes dans la détermination de α
 - 3.1 Estimer l'erreur de la méthode manuellement
 - 3.2 Estimer l'erreur de la méthode par traitement informatique

#Description de la praxéologie expérimentale à l'aide du couple (T,τ) de la praxis et θ de la partie logos issu du protocole expérimental de référence 2.

T' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air manuellement

+

T'' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air par traitement informatique à l'aide du modèle mathématico-physique $x(t) = \frac{1}{2} g\sin\alpha t^2 + v_{ox}t$

<p>T''1 : Mesurer les positions successives $x(t)$ d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne lâché avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table.</p>	<p>τ''1 : - régler la fréquence de pointage à 10 Hz -appuyer et maintenir le bouton de pointage appuyé dès qu'on lâche le mobile</p>	<p>θ''1 : -choisir une fréquence pour faire une mesure de $x(t)$ possible et précise. Le choix d'une fréquence de 50 Hz donne des tirets trop rapprochés. -il faut maintenir le bouton de pointage appuyé pour permettre le pointage lors du mouvement du mobile autoporteur. -on n'enregistre pas quand le mobile est tenu par l'expérimentateur</p>
---	--	--

	<p>ou en contact avec l'élastique. Pour que les conditions du modèle soient respectées. Le modèle n'est valide que s'il y a le poids, et la réaction normale au support qui agissent sur le mobile.</p> <p>- lâcher le mobile en haut de la table à coussin d'air pour avoir une trajectoire rectiligne parallèle au bord.</p> <p>-refaire le lâcher du mobile jusqu'à obtenir une trajectoire rectiligne parallèle au bord.</p> <p>-arrêter le pointage avant que le mobile touche l'élastique</p> <p>- mesurer les positions successives $x_{mes}(t)$ de la même manière avec un réglet en mesurant la distance à partir du premier point pris comme origine des temps et des positions.</p> <p>-exprimer les valeurs $x_{mes}(t)$ avec 2 chiffres significatifs et en cm</p>	<p>- le modèle $x(t) = 1/2g\sin\alpha t^2 + v_{ox}t$ est valide pour une trajectoire rectiligne parallèle au bord et une vitesse initiale nulle.</p> <p>-s'entraîner à faire un lâcher le plus précis possible sans vitesse initiale.</p> <p>-le pointage est sous forme de tirets, il faut prendre à chaque fois l'extrémité haute ou basse du tiret pour la mesure</p> <p>- les mesures directes de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglet sont exprimées en cm. L'unité du cm étant choisi car les mesures des positions successives dépendent de la dimensions de la table à coussin d'air ne dépassant pas 1 m</p>
T''2 : Créer un tableau de mesure répertoriant les valeurs x_{mes} et t à l'aide d'un tableur	<p>$\tau''2$:</p> <p>- créer un colonne t en seconde intitulée « t en s »</p> <p>- compléter la colonne « t en s » en respectant le pas de l'échantillonnage choisi valant 0,1 seconde entre chaque mesure</p> <p>- créer une colonne $x_{mes}(t)$ en cm intitulée « $x_{mes}(t)$ en cm »</p> <p>-compléter la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » avec les mesures prises avec le réglet.</p> <p>- créer une colonne $x_{mes}(t)$ en m intitulée « $x_{mes}(t)$ en m »</p> <p>-convertir la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » en m</p>	<p>$\theta''2$:</p> <p>- la fréquence étant de 10 Hz, l'échantillonnage de temps, se fait de 0s à la fin des mesures (arrêt du pointage) avec un pas de temps égale à $1/f = 0,1s$</p> <p>-les mesures directes sont exprimées en cm</p> <p>-les mesures faites au réglet de $x_{mes}(t)$ vont permettre de compléter la colonne $x_{mes}(t)$</p> <p>-pour avoir α en degré, $x_{mes}(t)$ doit être en m et t en s d'après le modèle $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2 + v_{ox}t$, g étant égal à 9,81 N/Kg</p>
T''3 : Créer un graphique $x_{mes}(t) = f(t)$	<p>$\tau''3$:</p> <p>- choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses</p> <p>- choisir la colonne « $x_{mes}(t)$ en m » pour l'axe des ordonnées</p> <p>- sélectionner l'onglet « nuage de point »</p>	<p>$\theta''3$:</p> <p>-x est une fonction de t d'après le modèle $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2 + v_{ox}t$</p> <p>- pour avoir un graphe $x_{mes}(t) = f(t^2)$, $x_{mes}(t)$ est sur l'axe des ordonnées et t^2 sur l'axe des abscisses.</p> <p>Et pour une vitesse nulle le modèle devient $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2$ avec $v_o = 0$</p>
T''4 : Déterminer l'angle α à partir du graphique	<p>$\tau''4$:</p> <p>- sélectionner les points obtenus cohérent</p> <p>- insérer une courbe de tendance</p>	<p>$\theta''4$:</p> <p>- le choix des points permet entre autre de ne pas sélectionner les points qui paraissent aberrants.</p> <p>-le modèle $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2$ mène à une fonction $x(t) = f(t)$</p>

	<p>parabolique</p> <ul style="list-style-type: none"> - afficher l'équation de la parabole -mettre la calculatrice en mode degré - calculer α en degré avec la formule $\alpha = \arcsin(2.a/g)$ -exprimer le résultat avec 2 chiffres significatifs 	<p>correspondant à une fonction parabolique</p> <ul style="list-style-type: none"> -l'équation de la parabole permet d'obtenir la valeur du coefficient a de l'équation $y = at^2 + bt + c$ - pour comparer les deux valeurs de l'angle obtenu il faut qu'il soit exprimé avec la même unité que dans T -1/2 g sin $\alpha = a$ donc $\alpha = \arcsin(2.a/g)$ -les mesures de $x_{mes}(t)$ étant faites avec 2 chiffres significatifs, et $g = 9,81$ N/kg exprimé avec 3 chiffres significatifs, α est exprimé avec 2 chiffres significatifs
--	---	---

+

T'' Comparer les deux méthodes de détermination de l'angle α d'inclinaison de la table à coussin d'air

<p>T''1 : calculer la marge d'erreur de la méthode manuelle</p>	<p>$\tau''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - estimer l'erreur faite sur la mesure de h noté Δh -exprimer Δh en m - estimer l'erreur faite sur la mesure de l noté Δl -exprimer Δl en m -calculer $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ - calculer $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 -estimer la marge d'erreur sur la valeur de α en pourcentage 	<p>$\theta''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglelet mais aussi à la bonne position ou non du réglelet sur les longueurs à mesurer -Δl et Δh sont exprimés en m pour être de la même unité que h et l $\alpha = \arctan(h/l)$, en prenant les erreurs faite sur h et l la formule pour l'obtention de α devient $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
<p>T''2 : calculer la marge d'erreur de la méthode par traitement informatique</p>	<p>$\tau''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -estimer l'erreur Δx en m faite lors de la mesure de $x_{mes}(t)$ -exprimer en pourcentage l'erreur $\%x$ -créer une colonne $x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ intitulée "$x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ en m " -faire le calcul pour la colonne $x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ - choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses 	<p>$\theta''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglelet mais aussi à la bonne position ou non du réglelet sur les longueurs à mesurer - il faut utilisé la même unité que $x_{mes}(t)$ - $\Delta x / x_{mes}(t) * 100 = \%x$ -Incertitude de x comprend l'incertitude de t - pour voir l'erreur sur α, il faut tracer le graphe $x_{mes}(t) * (1 + \%x) = f(t^2)$ donc $x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ correspond à l'axe des ordonnées et t correspond à l'axe des abscisses.

	<ul style="list-style-type: none"> - choisir la colonne « xmes(t) *(1+%x) en m » pour l'axe des ordonnées - sélectionner l'onglet « nuage de point » - sélectionner les points obtenus cohérent - insérer une courbe de tendance parabolique - afficher l'équation de la droite - calculer $\alpha' = \arcsin(2.a/g)$ -calculer la marge d'erreur $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 	<ul style="list-style-type: none"> - les points non cohérent peuvent ne pas être sélectionnés -xmes(t) *(1+%x) = f(t) est du type $y = at^2 + bt + c$ avec $a = 1/2g\sin\alpha'$ - $a = 1/2g\sin\alpha \Rightarrow \alpha' = \arcsin(2.a/g)$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
T"3 : comparer les deux méthodes	<ul style="list-style-type: none"> T"3 -comparer la marge d'erreur des deux méthodes -conclure 	

Annexe 3 : Protocole expérimental de référence 3 à l'aide du modèle de résolution $x(t) = \frac{1}{2}g\sin\alpha t^2 + v_{ox}t$ (avec v_{ox} nulle et un traitement informatique des données par une droite) et praxéologie associée.

Protocole

- 1 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode manuelle
 - 1.1 Vérifier la planéité de la table
 - 1.2 Mesurer l'angle α
- 2 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode par traitement informatique
 - 2.1 Mesure de $x(t) = x_{mes}(t)$
 - 2.1.1 Régler la fréquence de pointage à 10 Hz
 - 2.1.2 Lâcher le mobile et appuyer sur le bouton de pointage
 - 2.1.3 Mesurer les valeurs de $x_{mes}(t)$
 - 2.2 Paramétrage du tableur open office calc
 - 2.2.1 Rentrer les valeurs de $x_{mes}(t)$ en cm et t en s dans le tableur
 - 2.2.2 Convertir $x_{mes}(t)$ en m
 - 2.3 Création du graphique $x_{mes}(t) = f(t)$
 - 2.3.1 Choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses
 - 2.3.2 Choisir la colonne « $x_{mes}(t)$ en m pour l'axe des ordonnées
 - 2.3.3 Créer un nuage de points de $x_{mes}(t) = f(t)$
 - 2.3.4 Sélectionner les points
 - 2.3.5 Choisir une courbe de tendance linéaire
 - 2.3.6 Afficher l'équation de la droite
 - 2.4 Détermination de α
- 3 Comparaison des deux méthodes dans la détermination de α
 - 3.1 Estimer l'erreur de la méthode manuellement
 - 3.2 Estimer l'erreur de la méthode par traitement informatique

#Description de la praxéologie expérimentale à l'aide du couple (T,τ) de la praxis et θ de la partie logos

T' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air manuellement

+

T'' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air par traitement

informatique à l'aide du modèle mécanique $x(t) = \frac{1}{2} g\sin\alpha t^2 + v_{ox}t$

<p>T''1 : Mesurer les positions successives $x(t)$ d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne lâché avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table.</p>	<p>τ''1 : - régler la fréquence de pointage à 10 Hz -appuyer et maintenir le bouton de pointage appuyé dès qu'on lâche le mobile</p>	<p>θ''1 : -choisir une fréquence pour faire une mesure de $x(t)$ possible et précise. Le choix d'une fréquence de 50 Hz donne des tirets trop rapprochés. -il faut maintenir le bouton de pointage appuyé pour permettre le pointage lors du mouvement du mobile autoporteur. -on n'enregistre pas quand le mobile est tenu par l'expérimentateur ou en contact avec l'élastique. Pour que les conditions du modèle soient respectées. Le modèle n'est valide que s'il y a le poids, et la</p>
---	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> - lâcher le mobile en haut de la table à coussin d'air pour avoir une trajectoire rectiligne parallèle au bord. -refaire le lâcher du mobile jusqu'à obtenir une trajectoire rectiligne parallèle au bord. -arrêter le pointage avant que le mobile touche l'élastique - mesurer les positions successives $x_{mes}(t)$ de la même manière avec un réglet en mesurant la distance à partir du premier point pris comme origine des temps et des positions. -exprimer les valeurs $x_{mes}(t)$ avec 2 chiffres significatifs et en cm 	<p>réaction normale au support qui agissent sur le mobile.</p> <ul style="list-style-type: none"> - le modèle $x(t) = 1/2g\sin\alpha t^2$ est valide pour une trajectoire rectiligne parallèle au bord et une vitesse initiale nulle. -s'entraîner à faire un lâcher le plus précis possible sans vitesse initiale. -le pointage est sous forme de tirets, il faut prendre à chaque fois l'extrémité haute ou basse du tiret pour la mesure - les mesures directes de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglet sont exprimées en cm. L'unité du cm étant choisi car les mesures des positions successives dépendent de la dimensions de la table à coussin d'air ne dépassant pas 1 m
T''2 : Créer un tableau de mesure répertoriant les valeurs x_{mes} et t à l'aide d'un tableur	<p>$\tau''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - créer un colonne t en seconde intitulée « t en s » - compléter la colonne « t en s » en respectant le pas de l'échantillonnage choisi valant 0,1 seconde entre chaque mesure -créer un colonne t^2 en s^2 intitulée « t^2 en s^2 » -faire le calcul de t^2 en s^2 et remplir la colonne. - créer une colonne $x_{mes}(t)$ en cm intitulée « $x_{mes}(t)$ en cm » -compléter la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » avec les mesures prises avec le réglet. - créer une colonne $x_{mes}(t)$ en m intitulée « $x_{mes}(t)$ en m » -convertir la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » en m 	<p>$\theta''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - la fréquence étant de 10 Hz, l'échantillonnage de temps, se fait de 0s à la fin des mesures (arrêt du pointage) avec un pas de temps égale à $1/f = 0,1s$ -les mesures directes sont exprimées en cm -les mesures faites au réglet de $x_{mes}(t)$ vont permettre de compléter la colonne $x_{mes}(t)$ -pour avoir α en degré, $x_{mes}(t)$ doit être en m et t en s d'après le modèle physique $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2 + v_{0x}t$, g étant égal à 9,81 N/Kg
T''3 : Créer un graphique $x_{mes}(t) = f(t^2)$	<p>$\tau''3$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - choisir la colonne « t^2 en s^2 » pour l'axe des abscisses - choisir la colonne « $x_{mes}(t)$ en m » pour l'axe des ordonnées - sélectionner l'onglet « nuage de point » 	<p>$\theta''3$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -x est une fonction de t^2 d'après le modèle physique $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2$, car le modèle $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2 + v_{0x}t$ devient $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2$ avec $v_0 = 0$ - pour avoir un graphe $x_{mes}(t) = f(t^2)$, $x_{mes}(t)$ est sur l'axe des ordonnées et t^2 sur l'axe des abscisses.
T''4 : Déterminer l'angle α à partir du	<p>$\tau''4$:</p>	<p>$\theta''4$:</p>

graphique	<ul style="list-style-type: none"> - sélectionner les points obtenus cohérent - insérer une courbe de tendance linéaire - afficher l'équation de la droite -mettre la calculatrice en mode degré - calculer α en degré avec la formule $\alpha = \arcsin(2.a/g)$ -exprimer le résultat avec 2 chiffres significatifs 	<ul style="list-style-type: none"> - le choix des points permet entre autre de ne pas sélectionner les points qui paraissent aberrants. -le modèle $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2$ mène à une fonction $x(t) = f(t^2)$ correspondant à une fonction linéaire -l'équation de la droite permet d'obtenir la valeur du coefficient directeur de la droite a de l'équation $y = at + b$ - pour comparer les deux valeurs de l'angle obtenu il faut qu'il soit exprimé avec la même unité que dans T $1/2 g \sin \alpha = a$ donc $\alpha = \arcsin(2.a/g)$ -les mesures de $x_{mes}(t)$ étant faites avec 2 chiffres significatifs, et $g = 9,81 \text{ N/kg}$ exprimé avec 3 chiffres significatifs, α est exprimé avec 2 chiffres significatifs
------------------	---	---

+

T''' Comparer les deux méthodes de détermination de l'angle α d'inclinaison de la table à coussin d'air

T'''1 : calculer la marge d'erreur de la méthode manuelle	<p>$\tau'''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - estimer l'erreur faite sur la mesure de h noté Δh -exprimer Δh en m - estimer l'erreur faite sur la mesure de l noté Δl -exprimer Δl en m <p>-calculer $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$</p> <p>- calculer $\alpha' - \alpha / \alpha'$</p> <p>-multiplier le résultat précédent par 100</p> <p>-estimer la marge d'erreur sur la valeur de α en pourcentage</p>	<p>$\theta'''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer <p>-Δl et Δh sont exprimés en m pour être de la même unité que h et l</p> <p>$\alpha = \arctan(h/l)$, en prenant les erreurs faite sur h et l la formule pour l'obtention de α devient $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$</p> <p>-l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$</p> <p>- pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100</p>
T'''2 : calculer la marge d'erreur de la méthode par traitement informatique	<p>$\tau'''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -estimer l'erreur Δx en m faite lors de la mesure de $x_{mes}(t)$ <p>-exprimer en pourcentage l'erreur $\%x$</p> <p>-créer une colonne $x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ intitulée</p>	<p>$\theta'''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer - il faut utilisé la même unité que $x_{mes}(t)$ - $\Delta x / x_{mes}(t) * 100 = \%x$ -Incertitude de x comprend l'incertitude de t - pour voir l'erreur sur α, il faut tracer le graphe $x_{mes}(t) * (1 + \%x) = f(t^2)$ donc $x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ correspond à l'axe des ordonnées et t correspond à

	<p>"xmes(t) *(1+%x) en m "</p> <p>-faire le calcul pour la colonne xmes(t) *(1+%x)</p> <p>- choisir la colonne « t² en s² » pour l'axe des abscisses</p> <p>- choisir la colonne « xmes(t) *(1+%x) en m » pour l'axe des ordonnées</p> <p>- sélectionner l'onglet « nuage de point »</p> <p>- sélectionner les points obtenus cohérent</p> <p>- insérer une courbe de tendance linéaire</p> <p>- afficher l'équation de la droite</p> <p>- calculer $\alpha' = \arcsin(2.a/g)$</p> <p>-calculer la marge d'erreur $\alpha' - \alpha / \alpha'$</p> <p>-multiplier le résultat précédent par 100</p>	<p>l'axe des abscisses.</p> <p>- les points non cohérent peuvent ne pas être sélectionnés</p> <p>-xmes(t) *(1+%x) = f(t²) est du type y = at² + b avec a = 1/2gsinα'</p> <p>- a = 1/2gsin$\alpha \Rightarrow \alpha' = \arcsin(2.a/g)$</p> <p>-l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$</p> <p>- pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100</p>
<p>T³ : comparer les deux méthodes</p>	<p>τ^3</p> <p>-comparer la marge d'erreur des deux méthodes</p> <p>-conclure</p>	

Annexe 4 : Protocole expérimental de référence 4 à l'aide du modèle de résolution $x(t) = \frac{1}{2}g\sin\alpha t^2$ (avec un traitement informatique des données par une courbe parabolique) et praxéologie associée.

#Protocole

- 1 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode manuelle
 - 1.1 Vérifier la planéité de la table
 - 1.2 Mesurer l'angle α
- 2 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode par traitement informatique
 - 2.1 Mesure de $x(t) = x_{mes}(t)$
 - 2.1.1 Régler la fréquence de pointage à 10 Hz
 - 2.1.2 Lâcher le mobile et appuyer sur le bouton de pointage
 - 2.1.3 Mesurer les valeurs de $x_{mes}(t)$
 - 2.2 Paramétrage du tableur open office calc
 - 2.2.1 Rentrer les valeurs de $x_{mes}(t)$ en cm et t en s dans le tableur
 - 2.2.2 Convertir $x_{mes}(t)$ en m
 - 2.3 Création du graphique $x_{mes}(t) = f(t)$
 - 2.3.1 Choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses
 - 2.3.2 Choisir la colonne « $x_{mes}(t)$ en m pour l'axe des ordonnées
 - 2.3.3 Créer un nuage de points de $x_{mes}(t) = f(t)$
 - 2.3.4 Sélectionner les points
 - 2.3.5 Choisir une courbe de tendance parabolique
 - 2.3.6 Afficher l'équation de la parabole
 - 2.4 Détermination de α
- 3 Comparaison des deux méthodes dans la détermination de α
 - 3.1 Estimer l'erreur de la méthode manuellement
 - 3.2 Estimer l'erreur de la méthode par traitement informatique

#Description de la praxéologie expérimentale du protocole de référence 4

T' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air manuellement

+

T'' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air par traitement

informatique à l'aide du modèle mécanique $x(t) = \frac{1}{2} g\sin\alpha t^2$

<p>T''1 : Mesurer les positions successives $x(t)$ d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne lâché avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table.</p>	<p>$\tau''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - régler la fréquence de pointage à 10 Hz -appuyer et maintenir le bouton de pointage appuyé dès qu'on lâche le mobile 	<p>$\theta''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -choisir une fréquence pour faire une mesure de $x(t)$ possible et précise. Le choix d'une fréquence de 50 Hz donne des tirets trop rapprochés. -il faut maintenir le bouton de pointage appuyé pour permettre le pointage lors du mouvement du mobile autoporteur. -on n'enregistre pas quand le mobile est tenu par l'expérimentateur ou en contact avec l'élastique. Pour que les conditions du modèle soient respectées. Le modèle n'est valide que s'il y a le poids, et la réaction normale au support qui agissent sur le mobile.
---	---	---

	<ul style="list-style-type: none"> - lâcher le mobile en haut de la table à coussin d'air pour avoir une trajectoire rectiligne parallèle au bord. -refaire le lâcher du mobile jusqu'à obtenir une trajectoire rectiligne parallèle au bord. -arrêter le pointage avant que le mobile touche l'élastique - mesurer les positions successives $x_{mes}(t)$ de la même manière avec un réglet en mesurant la distance à partir du premier point pris comme origine des temps et des positions. -exprimer les valeurs $x_{mes}(t)$ avec 2 chiffres significatifs et en cm 	<ul style="list-style-type: none"> - le modèle $x(t) = 1/2g\sin\alpha t^2$ est valide pour une trajectoire rectiligne parallèle au bord et une vitesse initiale nulle. -s'entraîner à faire un lâcher le plus précis possible sans vitesse initiale. -le pointage est sous forme de tirets, il faut prendre à chaque fois l'extrémité haute ou basse du tiret pour la mesure - les mesures directes de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglet sont exprimées en cm. L'unité du cm étant choisi car les mesures des positions successives dépendent de la dimensions de la table à coussin d'air ne dépassant pas 1 m
T"2 : Créer un tableau de mesure répertoriant les valeurs x_{mes} et t à l'aide d'un tableur	<p>τ"2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - créer un colonne t en seconde intitulée « t en s » - compléter la colonne « t en s » en respectant le pas de l'échantillonnage choisi valant 0,1 seconde entre chaque mesure - créer une colonne $x_{mes}(t)$ en cm intitulée « $x_{mes}(t)$ en cm » -compléter la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » avec les mesures prises avec le réglet. - créer une colonne $x_{mes}(t)$ en m intitulée « $x_{mes}(t)$ en m » -convertir la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » en m 	<p>θ"2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la fréquence étant de 10 Hz, l'échantillonnage de temps, se fait de 0s à la fin des mesures (arrêt du pointage) avec un pas de temps égale à $1/f = 0,1s$ -les mesures directes sont exprimées en cm -les mesures faites au réglet de $x_{mes}(t)$ vont permettre de compléter la colonne $x_{mes}(t)$ -pour avoir α en degré, $x_{mes}(t)$ doit être en m et t en s d'après le modèle physique $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2$, g étant égal à 9,81 N/Kg
T"3 : Créer un graphique $x_{mes}(t) = f(t)$	<p>τ"3:</p> <ul style="list-style-type: none"> - choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses - choisir la colonne « $x_{mes}(t)$ en m » pour l'axe des ordonnées - sélectionner l'onglet « nuage de point » 	<p>θ"3 :</p> <ul style="list-style-type: none"> -x est une fonction de t d'après le modèle physique $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2$ - pour avoir un graphe $x_{mes}(t) = f(t^2)$, $x_{mes}(t)$ est sur l'axe des ordonnées et t^2 sur l'axe des abscisses.
T"4 : Déterminer l'angle α à partir du graphique	<p>τ"4 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - sélectionner les points obtenus cohérent - insérer une courbe de tendance parabolique - afficher l'équation de la parabole 	<p>θ"4 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le choix des points permet entre autre de ne pas sélectionner les points qui paraissent aberrants. -le modèle $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2$ mène à une fonction $x(t) = f(t)$ correspondant à une fonction parabolique -l'équation de la parabole permet d'obtenir la valeur du coefficient a de l'équation $y = at^2 + bt + c$

	<ul style="list-style-type: none"> -mettre la calculatrice en mode degré - calculer α en degré avec la formule $\alpha = \arcsin(2.a/g)$ -exprimer le résultat avec 2 chiffres significatifs 	<ul style="list-style-type: none"> - pour comparer les deux valeurs de l'angle obtenu il faut qu'il soit exprimé avec la même unité que dans T $1/2 g \sin \alpha = a$ donc $\alpha = \arcsin(2.a/g)$ -les mesures de $x_{mes}(t)$ étant faites avec 2 chiffres significatifs, et $g = 9,81 \text{ N/kg}$ exprimé avec 3 chiffres significatifs, α est exprimé avec 2 chiffres significatifs
--	--	---

+

T''' Comparer les deux méthodes de détermination de l'angle α d'inclinaison de la table à coussin d'air

<p>T'''1 : calculer la marge d'erreur de la méthode manuelle</p>	<p>$\tau'''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - estimer l'erreur faite sur la mesure de h noté Δh -exprimer Δh en m - estimer l'erreur faite sur la mesure de l noté Δl -exprimer Δl en m -calculer $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ - calculer $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 -estimer la marge d'erreur sur la valeur de α en pourcentage 	<p>$\theta'''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer -Δl et Δh sont exprimés en m pour être de la même unité que h et l $\alpha = \arctan(h/l)$, en prenant les erreurs faite sur h et l la formule pour l'obtention de α devient $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
<p>T'''2 : calculer la marge d'erreur de la méthode par traitement informatique</p>	<p>$\tau'''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -estimer l'erreur Δx en m faite lors de la mesure de $x_{mes}(t)$ -exprimer en pourcentage l'erreur $\%x$ -créer une colonne $x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ intitulée "$x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ en m " -faire le calcul pour la colonne $x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ - choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses - choisir la colonne « $x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ en m » pour l'axe des ordonnées 	<p>$\theta'''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer - il faut utilisé la même unité que $x_{mes}(t)$ - $\Delta x / x_{mes}(t) * 100 = \%x$ -Incertitude de x comprend l'incertitude de t - pour voir l'erreur sur α, il faut tracer le graphe $x_{mes}(t) * (1 + \%x) = f(t^2)$ donc $x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ correspond à l'axe des ordonnées et t correspond à l'axe des abscisses.

	<ul style="list-style-type: none"> - sélectionner l'onglet « nuage de point » - sélectionner les points obtenus cohérent - insérer une courbe de tendance parabolique - afficher l'équation de la droite - calculer $\alpha' = \arcsin(2.a/g)$ -calculer la marge d'erreur $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 	<ul style="list-style-type: none"> - les points non cohérent peuvent ne pas être sélectionnés -xmes(t) *(1+%x) = f(t) est du type $y = at^2 + bt + c$ avec $a = 1/2g\sin\alpha'$ - $a = 1/2g\sin\alpha \Rightarrow \alpha' = \arcsin(2.a/g)$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
T"3 : comparer les deux méthodes	<ul style="list-style-type: none"> τ"3 -comparer la marge d'erreur des deux méthodes -conclure 	

Annexe 5 : Protocole expérimental de référence 4bis à l'aide du modèle de résolution $x(t) = \frac{1}{2}g\sin\alpha t^2$ (avec un traitement informatique des données par une droite) et praxéologie associée.

#Protocole

- 1 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode manuelle
 - 1.1 Vérifier la planéité de la table
 - 1.2 Mesurer l'angle α
- 2 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode par traitement informatique
 - 2.1 Mesure de $x(t) = x_{mes}(t)$
 - 2.1.1 Régler la fréquence de pointage à 10 Hz
 - 2.1.2 Lâcher du mobile et appuyer sur le bouton de pointage
 - 2.1.3 Mesurer les valeurs de $x_{mes}(t)$
 - 2.2 Paramétrage du tableur open office calc
 - 2.2.1 Rentrer les valeurs de $x_{mes}(t)$ en cm et t en s dans le tableur
 - 2.2.2 Convertir $x_{mes}(t)$ en m
 - 2.2.3 Créer une colonne t^2 en s^2
 - 2.3 Création du graphique $x_{mes}(t) = f(t^2)$
 - 2.3.1 Choisir la colonne « t^2 en s^2 » pour l'axe des abscisses
 - 2.3.2 Choisir la colonne « $x_{mes}(t)$ en m pour l'axe des ordonnées
 - 2.3.3 Créer un nuage de points de $x_{mes}(t) = f(t^2)$
 - 2.3.4 Sélectionner les points
 - 2.3.5 Choisir une courbe de tendance linéaire
 - 2.3.6 Afficher l'équation de la droite
 - 2.4 Détermination de α
- 3 Comparaison des deux méthodes dans la détermination de α
 - 3.1 Estimer l'erreur de la méthode manuellement
 - 3.2 Estimer l'erreur de la méthode par traitement informatique

#Description de la praxéologie expérimentale du protocole de référence 4bis

T' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air manuellement

+

T'' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air par traitement

informatique à l'aide du modèle mécanique $x(t) = \frac{1}{2} g\sin\alpha t^2$

<p>T''1 : Mesurer les positions successives $x(t)$ d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne lâché avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table.</p>	<p>$\tau''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - régler la fréquence de pointage à 10 Hz -appuyer et maintenir le bouton de pointage appuyé dès qu'on lâche le mobile 	<p>$\theta''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -choisir une fréquence pour faire une mesure de $x(t)$ possible et précise. Le choix d'une fréquence de 50 Hz donne des tirets trop rapprochés. -il faut maintenir le bouton de pointage appuyé pour permettre le pointage lors du mouvement du mobile autoporteur. -on n'enregistre pas quand le mobile est tenu par l'expérimentateur ou en contact avec l'élastique. Pour que les conditions du modèle
---	---	--

	<ul style="list-style-type: none"> - lâcher le mobile en haut de la table à coussin d'air pour avoir une trajectoire rectiligne parallèle au bord. -refaire le lâcher du mobile jusqu'à obtenir une trajectoire rectiligne parallèle au bord. -arrêter le pointage avant que le mobile touche l'élastique - mesurer les positions successives $x_{mes}(t)$ de la même manière avec un réglelet en mesurant la distance à partir du premier point pris comme origine des temps et des positions. -exprimer les valeurs $x_{mes}(t)$ avec 2 chiffres significatifs et en cm 	<p>soient respectées. Le modèle n'est valide que s'il y a le poids, et la réaction normale au support qui agissent sur le mobile.</p> <ul style="list-style-type: none"> - le modèle $x(t) = 1/2g\sin\alpha t^2$ est valide pour une trajectoire rectiligne parallèle au bord et une vitesse initiale nulle. -s'entraîner à faire un lâcher le plus précis possible sans vitesse initiale. -le pointage est sous forme de tirets, il faut prendre à chaque fois l'extrémité haute ou basse du tiret pour la mesure - les mesures directes de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglelet sont exprimées en cm. L'unité du cm étant choisi car les mesures des positions successives dépendent de la dimensions de la table à coussin d'air ne dépassant pas 1 m
<p>T''2 : Créer un tableau de mesure répertoriant les valeurs x_{mes} et t à l'aide d'un tableur</p>	<p>$\tau''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - créer un colonne t en seconde intitulée « t en s » - compléter la colonne « t en s » en respectant le pas de l'échantillonnage choisi valant 0,1 seconde entre chaque mesure -créer un colonne t^2 en s^2 intitulée « t^2 en s^2 » -faire le calcul de t^2 en s^2 et remplir la colonne. - créer une colonne $x_{mes}(t)$ en cm intitulée « $x_{mes}(t)$ en cm » -compléter la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » avec les mesures prises avec le réglelet. - créer une colonne $x_{mes}(t)$ en m intitulée « $x_{mes}(t)$ en m » -convertir la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » en m 	<p>$\theta''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - la fréquence étant de 10 Hz, l'échantillonnage de temps, se fait de 0s à la fin des mesures (arrêt du pointage) avec un pas de temps égale à $1/f = 0,1s$ -les mesures directes sont exprimées en cm -les mesures faites au réglelet de $x_{mes}(t)$ vont permettre de compléter la colonne $x_{mes}(t)$ -pour avoir α en degré, $x_{mes}(t)$ doit être en m et t en s d'après le modèle physique $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2$, g étant égal à 9,81 N/Kg
<p>T''3 : Créer un graphique $x_{mes}(t) = f(t^2)$</p>	<p>$\tau''3$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - choisir la colonne « t^2 en s^2 » pour l'axe des abscisses - choisir la colonne « $x_{mes}(t)$ en m » pour l'axe des ordonnées - sélectionner l'onglet « nuage de point » 	<p>$\theta''3$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -x est une fonction de t^2 d'après le modèle physique $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2$ - pour avoir un graphe $x_{mes}(t) = f(t^2)$, $x_{mes}(t)$ est sur l'axe des ordonnées et t^2 sur l'axe des abscisses.
<p>T''4 : Déterminer l'angle α à partir du</p>	<p>$\tau''4$:</p>	<p>$\theta''4$:</p>

graphique	<ul style="list-style-type: none"> - sélectionner les points obtenus cohérent - insérer une courbe de tendance linéaire - afficher l'équation de la droite -mettre la calculatrice en mode degré - calculer α en degré avec la formule $\alpha = \arcsin(2.a/g)$ -exprimer le résultat avec 2 chiffres significatifs 	<ul style="list-style-type: none"> - le choix des points permet entre autre de ne pas sélectionner les points qui paraissent aberrants. -le modèle $x_{mes}(t) = 1/2 g \sin \alpha t^2$ mène à une fonction $x(t) = f(t^2)$ correspondant à une fonction linéaire -l'équation de la droite permet d'obtenir la valeur du coefficient directeur de la droite a de l'équation $y = at + b$ - pour comparer les deux valeurs de l'angle obtenu il faut qu'il soit exprimé avec la même unité que dans T $1/2 g \sin \alpha = a$ donc $\alpha = \arcsin(2.a/g)$ -les mesures de $x_{mes}(t)$ étant faites avec 2 chiffres significatifs, et $g = 9,81 \text{ N/kg}$ exprimé avec 3 chiffres significatifs, α est exprimé avec 2 chiffres significatifs
------------------	---	---

+

T''' Comparer les deux méthodes de détermination de l'angle α d'inclinaison de la table à coussin d'air

T'''1 : calculer la marge d'erreur de la méthode manuelle	<p>$\tau'''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - estimer l'erreur faite sur la mesure de h noté Δh -exprimer Δh en m - estimer l'erreur faite sur la mesure de l noté Δl -exprimer Δl en m -calculer $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ - calculer $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 -estimer la marge d'erreur sur la valeur de α en pourcentage 	<p>$\theta'''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglelet mais aussi à la bonne position ou non du réglelet sur les longueurs à mesurer -Δl et Δh sont exprimés en m pour être de la même unité que h et l $\alpha = \arctan(h/l)$, en prenant les erreurs faite sur h et l la formule pour l'obtention de α devient $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
T'''2 : calculer la marge d'erreur de la méthode par traitement informatique	<p>$\tau'''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -estimer l'erreur Δx en m faite lors de la mesure de $x_{mes}(t)$ -exprimer en pourcentage l'erreur $\%x$ -créer une colonne $x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ intitulée "$x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ en m " 	<p>$\theta'''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglelet mais aussi à la bonne position ou non du réglelet sur les longueurs à mesurer - il faut utilisé la même unité que $x_{mes}(t)$ - $\Delta x / x_{mes}(t) * 100 = \%x$ -Incertitude de x comprend l'incertitude de t - pour voir l'erreur sur α, il faut tracer le graphe $x_{mes}(t) * (1 + \%x) = f(t^2)$ donc $x_{mes}(t) * (1 + \%x)$ correspond à l'axe des ordonnées et t correspond à l'axe des abscisses.

	<ul style="list-style-type: none"> -faire le calcul pour la colonne $x_{mes}(t) \cdot (1+\%x)$ - choisir la colonne « t^2 en s^2 » pour l'axe des abscisses - choisir la colonne « $x_{mes}(t) \cdot (1+\%x)$ en m » pour l'axe des ordonnées - sélectionner l'onglet « nuage de point » - sélectionner les points obtenus cohérent - insérer une courbe de tendance linéaire - afficher l'équation de la droite - calculer $\alpha' = \arcsin(2.a/g)$ -calculer la marge d'erreur $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 	<ul style="list-style-type: none"> - les points non cohérent peuvent ne pas être sélectionnés - $x_{mes}(t) \cdot (1+\%x) = f(t^2)$ est du type $y = at^2 + b$ avec $a = 1/2g\sin\alpha'$ - $a = 1/2g\sin\alpha' \Rightarrow \alpha' = \arcsin(2.a/g)$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
T ³ : comparer les deux méthodes	<ul style="list-style-type: none"> τ^3 -comparer la marge d'erreur des deux méthodes -conclure 	

Annexe 6 : Protocole expérimental de référence 5 à l'aide du modèle de résolution $v(t) = g\sin\alpha t + v_{ox}$ et praxéologie associée.

#Protocole

- 1 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode manuelle
 - 1.1 Vérifier la planéité de la table
 - 1.2 Mesurer l'angle α
- 2 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode par traitement informatique
 - 2.1 Mesure de $x(t) = x_{mes}(t)$
 - 2.1.1 Régler la fréquence de pointage à 10 Hz
 - 2.1.2 Lancer le mobile et appuyer sur le bouton de pointage
 - 2.1.3 Mesurer les valeurs de $x_{mes}(t)$
 - 2.2 Paramétrage du tableur open office calc
 - 2.2.1 Rentrer les valeurs de $x_{mes}(t)$ en cm et t en s dans le tableur
 - 2.2.2 Convertir $x_{mes}(t)$ en m
 - 2.2.3 Créer une colonne $v(t)$ en $m.s^{-1}$ et calculer $v(t)$
 - 2.3 Création du graphique $v(t) = f(t)$
 - 2.3.1 Choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses
 - 2.3.2 Choisir la colonne $v(t)$ pour l'axe des ordonnées
 - 2.3.3 Créer un nuage de points de $v(t) = f(t)$
 - 2.3.4 Sélectionner les points
 - 2.3.5 Choisir une courbe de tendance linéaire
 - 2.3.6 Afficher l'équation de la droite
 - 2.4 Détermination de α
- 3 Comparaison des deux méthodes dans la détermination de α
 - 3.1 Estimer l'erreur de la méthode manuellement
 - 3.2 Estimer l'erreur de la méthode par traitement informatique

#Description de la praxéologie expérimentale du protocole de référence 5

T' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air manuellement

+

T'' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air par traitement informatique à l'aide du modèle mécanique $v(t) = g\sin\alpha t + v_{ox}$

<p>T''1 : Mesurer les positions successives $x(t)$ d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne lâché avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table.</p>	<p>$\tau''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - régler la fréquence de pointage à 10 Hz -appuyer et maintenir le bouton de pointage appuyé dès qu'on lance le mobile 	<p>$\theta''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -choisir une fréquence pour faire une mesure de $x(t)$ possible et précise. Le choix d'une fréquence de 50 Hz donne des tirets trop rapprochés. -il faut maintenir le bouton de pointage appuyé pour permettre le pointage lors du mouvement du mobile autoporteur. -on n'enregistre pas quand le mobile est tenu par l'expérimentateur ou en contact avec l'élastique. Pour que les conditions du modèle soient respectées. Le modèle n'est valide que s'il y a le poids, et la réaction normale au support qui agissent sur le mobile.
---	---	---

	<ul style="list-style-type: none"> - lancer le mobile en haut de la table à coussin d'air pour avoir une trajectoire rectiligne parallèle au bord. -refaire le lancer du mobile jusqu'à obtenir une trajectoire rectiligne parallèle au bord. -arrêter le pointage avant que le mobile touche l'élastique - mesurer les positions successives $x_{mes}(t)$ de la même manière avec un réglelet en mesurant la distance à partir du premier point pris comme origine des temps et des positions. -exprimer les valeurs $x_{mes}(t)$ avec 2 chiffres significatifs et en cm 	<ul style="list-style-type: none"> - le modèle $v(t) = g \sin \alpha t + v_{ox}$ est valide pour une trajectoire rectiligne parallèle au bord et pour une vitesse initiale parallèle au bord. -le pointage est sous forme de tirets, il faut prendre à chaque fois l'extrémité haute ou basse du turet pour la mesure - les mesures directes de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglelet sont exprimées en cm. L'unité du cm étant choisi car les mesures des positions successives dépendent de la dimensions de la table à coussin d'air ne dépassant pas 1 m
T''2 : Créer un tableau de mesure répertoriant les valeurs x_{mes} et t à l'aide d'un tableur	<p>$\tau''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - créer un colonne t en seconde intitulée « t en s » - compléter la colonne « t en s » en respectant le pas de l'échantillonnage choisi valant 0,1 seconde entre chaque mesure - créer une colonne $x_{mes}(t)$ en cm intitulée « $x_{mes}(t)$ en cm » -compléter la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » avec les mesures prises avec le réglelet. - créer une colonne $x_{mes}(t)$ en m intitulée « $x_{mes}(t)$ en m » -convertir la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » en m 	<p>$\theta''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - la fréquence étant de 10 Hz, l'échantillonnage de temps, se fait de 0s à la fin des mesures (arrêt du pointage) avec un pas de temps égale à $1/f = 0,1s$ -les mesures directes sont exprimées en cm -les mesures faites au réglelet de $x_{mes}(t)$ vont permettre de compléter la colonne $x_{mes}(t)$ -pour avoir α en degré, $x_{mes}(t)$ doit être en m et v doit être en $m.s^{-1}$ et t en s d'après le modèle physique $v(t) = g \sin \alpha t + v_{ox}$, g étant égal à 9,81 N/Kg
T''3 : Créer un graphique $v(t) = f(t)$	<p>$\tau''3$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -créer une colonne $v(t)$ en $m.s^{-1}$ intitulée « $v(t)$ en $m.s^{-1}$ » -calculer $v(t)$ - choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses - choisir la colonne « $v(t)$ en $m.s^{-1}$ » pour l'axe des ordonnées - sélectionner l'onglet « nuage de point » 	<p>$\theta''3$:</p> $V_i = \frac{X_i - X_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}$ <ul style="list-style-type: none"> -$v(t)$ est une fonction de t d'après le modèle physique $v(t) = g \sin \alpha t + v_{ox}$ - pour avoir un graphe $v(t) = f(t)$, $v(t)$ est sur l'axe des ordonnées et t sur l'axe des abscisses.
T''4 : Déterminer l'angle α à partir du graphique	<p>$\tau''4$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sélectionner les points obtenus 	<p>$\theta''4$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - le choix des points permet entre autre de ne pas sélectionner les

	<p>cohérent</p> <p>- insérer une courbe de tendance linéaire</p> <p>- afficher l'équation de la droite</p> <p>-mettre la calculatrice en mode degré</p> <p>- calculer α en degré avec la formule $\alpha = \arcsin(2.a/g)$</p> <p>-exprimer le résultats avec 2 chiffres significatifs</p>	<p>points qui paraissent aberrants.</p> <p>-le modèle $v(t) = g \sin \alpha t + v_{0x}$ mène à une fonction $v(t) = f(t)$ correspondant à une fonction linéaire</p> <p>-l'équation de la droite permet d'obtenir la valeur du coefficient a de l'équation $y = at + b$</p> <p>- pour comparer les deux valeurs de l'angle obtenu il faut qu'il soit exprimé avec la même unité que dans T</p> <p>$1/2 g \sin \alpha = a$ donc $\alpha = \arcsin(2.a/g)$</p> <p>-les mesures de $x_{mes}(t)$ étant faite avec 2 chiffres significatifs, et $g = 9,81 \text{ N/kg}$ exprimé avec 3 chiffres significatifs, α est exprimé avec 2 chiffres significatifs</p>
--	---	---

+

T'' Comparer les deux méthodes de détermination de l'angle α d'inclinaison de la table à coussin d'air

<p>T''1 : calculer la marge d'erreur de la méthode manuelle</p>	<p>$\tau''1$:</p> <p>- estimer l'erreur faite sur la mesure de h noté Δh à l'aide du pied à coulisse</p> <p>-exprimer Δh en m</p> <p>- estimer l'erreur faite sur la mesure de l noté Δl à l'aide du réglet.</p> <p>-exprimer Δl en m</p> <p>-calculer $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$</p> <p>- calculer $\alpha' - \alpha / \alpha'$</p> <p>-multiplier le résultat précédent par 100</p> <p>-estimer la marge d'erreur sur la valeur de α en pourcentage</p>	<p>$\theta''1$:</p> <p>- l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer</p> <p>-Δl et Δh sont exprimés en m pour être de la même unité que h et l</p> <p>$\alpha = \arctan(h/l)$, en prenant les erreurs faite sur h et l la formule pour l'obtention de α devient $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$</p> <p>-l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$</p> <p>- pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100</p>
<p>T''2 : calculer la marge d'erreur de la méthode par traitement informatique</p>	<p>$\tau''2$:</p> <p>-estimer l'erreur Δx en m faite lors de la mesure de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglet.</p> <p>-exprimer en pourcentage l'erreur $\%x$</p> <p>-créer une colonne</p>	<p>$\theta''2$:</p> <p>-l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer</p> <p>- il faut utilisé la même unité que $x_{mes}(t)$</p> <p>- $\Delta x / x_{mes}(t) * 100 = \%x$</p> <p>-Incertitude de x comprend l'incertitude de t</p> <p>-incertitude de v = incertitude de x</p> <p>- pour voir l'erreur sur α, il faut tracer le graphe $v(t) * (1 + \%x) = f(t)$</p>

	<p>$v(t) \cdot (1+\%x)$ intitulée "$v(t) \cdot (1+\%x)$ en $m.s^{-1}$ "</p> <ul style="list-style-type: none"> -faire le calcul pour la colonne $v(t) \cdot (1+\%x)$ - choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses - choisir la colonne « $v(t) \cdot (1+\%x)$ en $m.s^{-1}$ » pour l'axe des ordonnées - sélectionner l'onglet « nuage de point » - sélectionner les points obtenus cohérent - insérer une courbe de tendance linéaire - afficher l'équation de la droite - calculer $\alpha' = \arcsin(2.a/g)$ -calculer la marge d'erreur $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 	<p>donc $v(t) \cdot (1+\%x)$ correspond à l'axe des ordonnées et t correspond à l'axe des abscisses.</p> <ul style="list-style-type: none"> - les points non cohérent peuvent ne pas être sélectionnés $v(t) \cdot (1+\%x) = f(t)$ est du type $y = at + b$ avec $a = 1/2g\sin\alpha'$ $a = 1/2g\sin\alpha \Rightarrow \alpha' = \arcsin(2.a/g)$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
<p>T''''3 : comparer les deux méthodes</p>	<p>$\tau''''3$</p> <ul style="list-style-type: none"> -comparer la marge d'erreur des deux méthodes -conclure 	

Annexe 7 : Protocole expérimental de référence 6 à l'aide du modèle de résolution $v(t) = g\sin\alpha t + v_{ox}$ (avec v_{ox} nulle) et praxéologie associée.

#Protocole

- 1 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode manuelle
 - 1.1 Vérifier la planéité de la table
 - 1.2 Mesurer l'angle α
- 2 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode par traitement informatique
 - 2.1 Mesure de $x(t) = x_{mes}(t)$
 - 2.1.1 Régler la fréquence de pointage à 10 Hz
 - 2.1.2 Lacher le mobile et appuyer sur le bouton de pointage
 - 2.1.3 Mesurer les valeurs de $x_{mes}(t)$
 - 2.2 Paramétrage du tableur open office calc
 - 2.2.1 Rentrer les valeurs de $x_{mes}(t)$ en cm et t en s dans le tableur
 - 2.2.2 Convertir $x_{mes}(t)$ en m
 - 2.2.3 Créer une colonne $v(t)$ en $m.s^{-1}$ et calculer $v(t)$
 - 2.3 Création du graphique $v(t) = f(t)$
 - 2.3.1 Choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses
 - 2.3.2 Choisir la colonne $v(t)$ pour l'axe des ordonnées
 - 2.3.3 Créer un nuage de points de $v(t) = f(t)$
 - 2.3.4 Sélectionner les points
 - 2.3.5 Choisir une courbe de tendance linéaire
 - 2.3.6 Afficher l'équation de la droite
 - 2.4 Détermination de α
- 3 Comparaison des deux méthodes dans la détermination de α
 - 3.1 Estimer l'erreur de la méthode manuellement
 - 3.2 Estimer l'erreur de la méthode par traitement informatique

#Description de la praxéologie expérimentale du protocole de référence 6

T' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air manuellement

+

T'' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air par traitement informatique à l'aide du modèle mécanique $v(t) = g\sin\alpha t + v_{ox}t$

<p>T''1 : Mesurer les positions successives $x(t)$ d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne lâché avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table.</p>	<p>$\tau''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - régler la fréquence de pointage à 10 Hz -appuyer et maintenir le bouton de pointage appuyé dès qu'on lâche le mobile 	<p>$\theta''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -choisir une fréquence pour faire une mesure de $x(t)$ possible et précise. Le choix d'une fréquence de 50 Hz donne des tirets trop rapprochés. -il faut maintenir le bouton de pointage appuyé pour permettre le pointage lors du mouvement du mobile autoporteur. -on n'enregistre pas quand le mobile est tenu par l'expérimentateur ou en contact avec l'élastique. Pour que les conditions du modèle soient respectées. Le modèle n'est valide que s'il y a le poids, et la réaction normale au support qui agissent sur le mobile.
---	---	---

	<p>- lâcher le mobile en haut de la table à coussin d'air pour avoir une trajectoire rectiligne parallèle au bord.</p> <p>-refaire le lâcher du mobile jusqu'à obtenir une trajectoire rectiligne parallèle au bord.</p> <p>-arrêter le pointage avant que le mobile touche l'élastique</p> <p>- mesurer les positions successives $x_{mes}(t)$ de la même manière avec un réglet en mesurant la distance à partir du premier point pris comme origine des temps et des positions.</p> <p>-exprimer les valeurs $x_{mes}(t)$ avec 2 chiffres significatifs et en cm</p>	<p>- le modèle $v(t) = g \sin \alpha t + v_{ox}$ est valide pour une trajectoire rectiligne parallèle au bord et pour une vitesse initiale parallèle au bord ou une vitesse initiale nulle</p> <p>-le pointage est sous forme de tirets, il faut prendre à chaque fois l'extrémité haute ou basse du tiret pour la mesure</p> <p>- les mesures directes de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglet sont exprimées en cm. L'unité du cm étant choisi car les mesures des positions successives dépendent de la dimensions de la table à coussin d'air ne dépassant pas 1 m</p>
<p>T"2 : Créer un tableau de mesure répertoriant les valeurs x_{mes} et t à l'aide d'un tableur</p>	<p>τ"2 :</p> <p>- créer un colonne t en seconde intitulée « t en s »</p> <p>- compléter la colonne « t en s » en respectant le pas de l'échantillonnage choisi valant 0,1 seconde entre chaque mesure</p> <p>- créer une colonne $x_{mes}(t)$ en cm intitulée « $x_{mes}(t)$ en cm »</p> <p>-compléter la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » avec les mesures prises avec le réglet.</p> <p>- créer une colonne $x_{mes}(t)$ en m intitulée « $x_{mes}(t)$ en m »</p> <p>-convertir la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » en m</p>	<p>θ"2 :</p> <p>- la fréquence étant de 10 Hz, l'échantillonnage de temps, se fait de 0s à la fin des mesures (arrêt du pointage) avec un pas de temps égale à $1/f = 0,1s$</p> <p>-les mesures directes sont exprimées en cm</p> <p>-les mesures faites au réglet de $x_{mes}(t)$ vont permettre de compléter la colonne $x_{mes}(t)$</p> <p>-pour avoir α en degré, $x_{mes}(t)$ doit être en m et v doit être en $m.s^{-1}$ et t en s d'après le modèle physique $v(t) = g \sin \alpha t + v_{ox}$, g étant égal à 9,81 N/Kg</p>
<p>T"3 : Créer un graphique $v(t) = f(t)$</p>	<p>τ"3:</p> <p>-créer une colonne $v(t)$ en $m.s^{-1}$ intitulée « $v(t)$ en $m.s^{-1}$ »</p> <p>-calculer $v(t)$</p> <p>- choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses</p> <p>- choisir la colonne « $v(t)$ en $m.s^{-1}$ » pour l'axe des ordonnées</p> <p>- sélectionner l'onglet « nuage de point »</p>	<p>θ"3 :</p> $v_i = \frac{X_i - X_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}$ <p>-$v(t)$ est une fonction de t d'après le modèle physique $v(t) = g \sin \alpha t + v_{ox}$</p> <p>- pour avoir un graphe $v(t) = f(t)$, $v(t)$ est sur l'axe des ordonnées et t sur l'axe des abscisses.</p>
<p>T"4 : Déterminer</p>	<p>τ"4 :</p>	<p>θ"4 :</p>

l'angle α à partir du graphique	<ul style="list-style-type: none"> - sélectionner les points obtenus cohérent - insérer une courbe de tendance linéaire - afficher l'équation de la droite -mettre la calculatrice en mode degré - calculer α en degré avec la formule $\alpha = \arcsin(2.a/g)$ -exprimer le résultats avec 2 chiffres significatifs 	<ul style="list-style-type: none"> - le choix des points permet entre autre de ne pas sélectionner les points qui paraissent aberrants. -le modèle $v(t) = g \sin \alpha t$ avec $v_0 = 0$ mène à une fonction $v(t) = f(t)$ correspondant à une fonction linéaire -l'équation de la droite permet d'obtenir la valeur du coefficient a de l'équation $y = at + b$ - pour comparer les deux valeurs de l'angle obtenu il faut qu'il soit exprimer avec la même unité que dans T $1/2 g \sin \alpha = a$ donc $\alpha = \arcsin(2.a/g)$ -les mesures de $x_{mes}(t)$ étant faite avec 2 chiffres significatifs, et $g = 9,81 \text{ N/kg}$ exprimé avec 3 chiffres significatifs, α est exprimé avec 2 chiffres significatifs
--	--	--

+

T''' Comparer les deux méthodes de détermination de l'angle α d'inclinaison de la table à coussin d'air

T'''1 : calculer la marge d'erreur de la méthode manuelle	<p>$\tau'''1 :$</p> <ul style="list-style-type: none"> - estimer l'erreur faite sur la mesure de h noté Δh à l'aide du pied à coulisse -exprimer Δh en m - estimer l'erreur faite sur la mesure de l noté Δl à l'aide du réglet. -exprimer Δl en m -calculer $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ - calculer $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 -estimer la marge d'erreur sur la valeur de α en pourcentage 	<p>$\theta'''1 :$</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer -Δl et Δh sont exprimés en m pour être de la même unité que h et l $\alpha = \arctan(h/l)$, en prenant les erreurs faite sur h et l la formule pour l'obtention de α devient $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
T'''2 : calculer la marge d'erreur de la méthode par traitement informatique	<p>$\tau'''2 :$</p> <ul style="list-style-type: none"> -estimer l'erreur Δx en m faite lors de la mesure de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglet. -exprimer en pourcentage l'erreur $\%x$ 	<p>$\theta'''2:$</p> <ul style="list-style-type: none"> -l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer - il faut utilisé la même unité que $x_{mes}(t)$ - $\Delta x / x_{mes}(t) * 100 = \%x$ -Incertitude de x comprend l'incertitude de t

	<ul style="list-style-type: none"> -créer une colonne $v(t) \cdot (1+\%x)$ intitulée "$v(t) \cdot (1+\%x)$ en $m.s^{-1}$ " -faire le calcul pour la colonne $v(t) \cdot (1+\%x)$ - choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses - choisir la colonne « $v(t) \cdot (1+\%x)$ en $m.s^{-1}$ » pour l'axe des ordonnées - sélectionner l'onglet « nuage de point » - sélectionner les points obtenus cohérent - insérer une courbe de tendance linéaire - afficher l'équation de la droite - calculer $\alpha' = \arcsin(2.a/g)$ -calculer la marge d'erreur $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 	<ul style="list-style-type: none"> -incertitude de v = incertitude de x - pour voir l'erreur sur α, il faut tracer le graphe $v(t) \cdot (1+\%x) = f(t)$ donc $v(t) \cdot (1+\%x)$ correspond à l'axe des ordonnées et t correspond à l'axe des abscisses. - les points non cohérent peuvent ne pas être sélectionnés -$v(t) \cdot (1+\%x) = f(t)$ est du type $y = at + b$ avec $a = 1/2g\sin\alpha'$ - $a = 1/2g\sin\alpha \Rightarrow \alpha' = \arcsin(2.a/g)$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
<p>T''''3 : comparer les deux méthodes</p>	<ul style="list-style-type: none"> $\tau''''3$ -comparer la marge d'erreur des deux méthodes -conclure 	

Annexe 8 : Protocole expérimental de référence 7 à l'aide du modèle de résolution $v(t) = g\sin\alpha t$ et praxéologie associée.

#Protocole

- 1 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode manuelle
 - 1.1 Vérifier la planéité de la table
 - 1.2 Mesurer l'angle α
- 2 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode par traitement informatique
 - 2.1 Mesure de $x(t) = x_{mes}(t)$
 - 2.1.1 Régler la fréquence de pointage à 10 Hz
 - 2.1.2 Lâcher le mobile et appuyer sur le bouton de pointage
 - 2.1.3 Mesurer les valeurs de $x_{mes}(t)$
 - 2.2 Paramétrage du tableur open office calc
 - 2.2.1 Rentrer les valeurs de $x_{mes}(t)$ en cm et t en s dans le tableur
 - 2.2.2 Convertir $x_{mes}(t)$ en m
 - 2.2.3 Créer une colonne $v(t)$ en $m.s^{-1}$ et calculer $v(t)$
 - 2.3 Création du graphique $v(t) = f(t)$
 - 2.3.1 Choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses
 - 2.3.2 Choisir la colonne $v(t)$ pour l'axe des ordonnées
 - 2.3.3 Créer un nuage de points de $v(t) = f(t)$
 - 2.3.4 Sélectionner les points
 - 2.3.5 Choisir une courbe de tendance linéaire
 - 2.3.6 Afficher l'équation de la droite
 - 2.4 Détermination de α
- 3 Comparaison des deux méthodes dans la détermination de α
 - 3.1 Estimer l'erreur de la méthode manuellement
 - 3.2 Estimer l'erreur de la méthode par traitement informatique

#Description de la praxéologie expérimentale du protocole de référence 7

T' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air manuellement

+

T'' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air par traitement informatique à l'aide du modèle mécanique $v(t) = g\sin\alpha t$

T''1 : Mesurer les positions successives $x(t)$ d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne lâché avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table.	$\tau''1$: - régler la fréquence de pointage à 10 Hz -appuyer et maintenir le bouton de pointage appuyé dès qu'on lâche le mobile	$\theta''1$: -choisir une fréquence pour faire une mesure de $x(t)$ possible et précise. Le choix d'une fréquence de 50 Hz donne des tirets trop rapprochés. -il faut maintenir le bouton de pointage appuyé pour permettre le pointage lors du mouvement du mobile autoporteur. -on n'enregistre pas quand le mobile est tenu par l'expérimentateur ou en contact avec l'élastique. Pour que les conditions du modèle soient respectées. Le modèle n'est valide que s'il y a le poids, et la réaction normale au support qui agissent sur le mobile.
--	--	---

	<p>- lâcher le mobile en haut de la table à coussin d'air pour avoir une trajectoire rectiligne parallèle au bord.</p> <p>-refaire le lâcher du mobile jusqu'à obtenir une trajectoire rectiligne parallèle au bord.</p> <p>-arrêter le pointage avant que le mobile touche l'élastique</p> <p>- mesurer les positions successives $x_{mes}(t)$ de la même manière avec un réglelet en mesurant la distance à partir du premier point pris comme origine des temps et des positions.</p> <p>-exprimer les valeurs $x_{mes}(t)$ avec 2 chiffres significatifs et en cm</p>	<p>- le modèle $v(t) = g \sin \alpha t$ est valide pour une trajectoire rectiligne parallèle au bord et pour une vitesse initiale parallèle au bord.</p> <p>-le pointage est sous forme de tirets, il faut prendre à chaque fois l'extrémité haute ou basse du turet pour la mesure</p> <p>- les mesures directes de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglelet sont exprimées en cm. L'unité du cm étant choisi car les mesures des positions successives dépendent de la dimensions de la table à coussin d'air ne dépassant pas 1 m</p>
<p>T"2 : Créer un tableau de mesure répertoriant les valeurs x_{mes} et t à l'aide d'un tableur</p>	<p>τ"2 :</p> <p>- créer un colonne t en seconde intitulée « t en s »</p> <p>- compléter la colonne « t en s » en respectant le pas de l'échantillonnage choisi valant 0,1 seconde entre chaque mesure</p> <p>- créer une colonne $x_{mes}(t)$ en cm intitulée « $x_{mes}(t)$ en cm »</p> <p>-compléter la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » avec les mesures prises avec le réglelet.</p> <p>- créer une colonne $x_{mes}(t)$ en m intitulée « $x_{mes}(t)$ en m »</p> <p>-convertir la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » en m</p>	<p>θ"2 :</p> <p>- la fréquence étant de 10 Hz, l'échantillonnage de temps, se fait de 0s à la fin des mesures (arrêt du pointage) avec un pas de temps égale à $1/f = 0,1s$</p> <p>-les mesures directes sont exprimées en cm</p> <p>-les mesures faites au réglelet de $x_{mes}(t)$ vont permettre de compléter la colonne $x_{mes}(t)$</p> <p>-pour avoir α en degré, $x_{mes}(t)$ doit être en m et v doit être en $m.s^{-1}$ et t en s d'après le modèle physique $v(t) = g \sin \alpha t + v_{0x}$, g étant égal à 9,81 N/Kg</p>
<p>T"3 : Créer un graphique $v(t) = f(t)$</p>	<p>τ"3:</p> <p>-créer une colonne $v(t)$ en $m.s^{-1}$ intitulée « $v(t)$ en $m.s^{-1}$ »</p> <p>-calculer $v(t)$</p> <p>- choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses</p> <p>- choisir la colonne « $v(t)$ en $m.s^{-1}$ » pour l'axe des ordonnées</p> <p>- sélectionner l'onglet « nuage de point »</p>	<p>θ"3 :</p> $v_i = \frac{X_i - X_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}$ <p>-$v(t)$ est une fonction de t d'après le modèle physique $v(t) = g \sin \alpha t$</p> <p>- pour avoir un graphe $v(t) = f(t)$, $v(t)$ est sur l'axe des ordonnées et t sur l'axe des abscisses.</p>
<p>T"4 : Déterminer l'angle α à partir du</p>	<p>τ"4 :</p>	<p>θ"4 :</p>

graphique	<ul style="list-style-type: none"> - sélectionner les points obtenus cohérent - insérer une courbe de tendance linéaire - afficher l'équation de la droite -mettre la calculatrice en mode degré - calculer α en degré avec la formule $\alpha = \arcsin(2.a/g)$ -exprimer le résultats avec 2 chiffres significatifs 	<ul style="list-style-type: none"> - le choix des points permet entre autre de ne pas sélectionner les points qui paraissent aberrants. -le modèle $v(t) = g \sin \alpha t$ mène à une fonction $v(t) = f(t)$ correspondant à une fonction linéaire -l'équation de la droite permet d'obtenir la valeur du coefficient a de l'équation $y = at + b$ - pour comparer les deux valeurs de l'angle obtenu il faut qu'il soit exprimer avec la même unité que dans T $1/2 g \sin \alpha = a$ donc $\alpha = \arcsin(2.a/g)$ -les mesures de $x_{mes}(t)$ étant faite avec 2 chiffres significatifs, et $g = 9,81 \text{ N/kg}$ exprimé avec 3 chiffres significatifs, α est exprimé avec 2 chiffres significatifs
------------------	--	--

+

T''' Comparer les deux méthodes de détermination de l'angle α d'inclinaison de la table à coussin d'air

T'''1 : calculer la marge d'erreur de la méthode manuelle	<p>$\tau'''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - estimer l'erreur faite sur la mesure de h noté Δh à l'aide du pied à coulisse -exprimer Δh en m - estimer l'erreur faite sur la mesure de l noté Δl à l'aide du réglet. -exprimer Δl en m -calculer $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ - calculer $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 -estimer la marge d'erreur sur la valeur de α en pourcentage 	<p>$\theta'''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer -Δl et Δh sont exprimés en m pour être de la même unité que h et l $\alpha = \arctan(h/l)$, en prenant les erreurs faite sur h et l la formule pour l'obtention de α devient $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
T'''2 : calculer la marge d'erreur de la méthode par traitement informatique	<p>$\tau'''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -estimer l'erreur Δx en m faite lors de la mesure de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglet. -exprimer en pourcentage l'erreur $\%x$ 	<p>$\theta'''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer - il faut utilisé la même unité que $x_{mes}(t)$ - $\Delta x / x_{mes}(t) * 100 = \%x$ -Incertitude de x comprend l'incertitude de t -incertitude de v = incertitude de x

	<ul style="list-style-type: none"> -créer une colonne $v(t) \cdot (1+\%x)$ intitulée "$v(t) \cdot (1+\%x)$ en $m.s^{-1}$ " -faire le calcul pour la colonne $v(t) \cdot (1+\%x)$ - choisir la colonne « t en s » pour l'axe des abscisses - choisir la colonne « $v(t) \cdot (1+\%x)$ en $m.s^{-1}$ » pour l'axe des ordonnées - sélectionner l'onglet « nuage de point » - sélectionner les points obtenus cohérent - insérer une courbe de tendance linéaire - afficher l'équation de la droite - calculer $\alpha' = \arcsin(2.a/g)$ -calculer la marge d'erreur $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 	<ul style="list-style-type: none"> - pour voir l'erreur sur α, il faut tracer le graphe $v(t) \cdot (1+\%x) = f(t)$ donc $v(t) \cdot (1+\%x)$ correspond à l'axe des ordonnées et t correspond à l'axe des abscisses. - les points non cohérent peuvent ne pas être sélectionnés -$v(t) \cdot (1+\%x) = f(t)$ est du type $y = at + b$ avec $a = 1/2g\sin\alpha'$ - $a = 1/2g\sin\alpha' \Rightarrow \alpha' = \arcsin(2.a/g)$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
<p>T''''3 : comparer les deux méthodes</p>	<p>$\tau''''3$</p> <ul style="list-style-type: none"> -comparer la marge d'erreur des deux méthodes -conclure 	

Annexe 9 : Protocole expérimental de référence 8 à l'aide du modèle de résolution $a = g \sin \alpha$ (avec v_{0x} non nulle) et praxéologie associée.

#Protocole

- 1 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode manuelle
 - 1.1 Vérifier la planéité de la table
 - 1.2 Mesurer l'angle α
- 2 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode par traitement informatique
 - 2.1 Mesure de $x(t) = x_{mes}(t)$
 - 2.1.1 Régler la fréquence de pointage à 10 Hz
 - 2.1.2 Lancer le mobile et appuyer sur le bouton de pointage
 - 2.1.3 Mesurer les valeurs de $x_{mes}(t)$
 - 2.2 Paramétrage du tableur open office calc
 - 2.2.1 Rentrer les valeurs de $x_{mes}(t)$ en cm et t en s dans le tableur
 - 2.2.2 Convertir $x_{mes}(t)$ en m
 - 2.2.3 Créer une colonne a en $m \cdot s^{-2}$ et calculer a
 - 2.3 Détermination de α
- 3 Comparaison des deux méthodes dans la détermination de α
 - 3.1 Estimer l'erreur de la méthode manuellement
 - 3.2 Estimer l'erreur de la méthode par traitement informatique

#Description de la praxéologie expérimentale du protocole de référence 8

T' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air manuellement

+

T'' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air par traitement informatique à l'aide du modèle mécanique $= g \sin \alpha$

<p>T''1 : Mesurer les positions successives $x(t)$ d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne lâché avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table.</p>	<p>$\tau''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - régler la fréquence de pointage à 10 Hz -appuyer et maintenir le bouton de pointage appuyé dès qu'on lance le mobile - lancer le mobile en haut de la table à coussin d'air pour avoir une trajectoire rectiligne parallèle au bord. -refaire le lancer du mobile jusqu'à obtenir une trajectoire rectiligne parallèle au bord. -arrêter le pointage avant que le 	<p>$\theta''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -choisir une fréquence pour faire une mesure de $x(t)$ possible et précise. Le choix d'une fréquence de 50 Hz donne des tirets trop rapprochés. -il faut maintenir le bouton de pointage appuyé pour permettre le pointage lors du mouvement du mobile autoporteur. -on n'enregistre pas quand le mobile est tenu par l'expérimentateur ou en contact avec l'élastique. Pour que les conditions du modèle soient respectées. Le modèle n'est valide que s'il y a le poids, et la réaction normale au support qui agissent sur le mobile. - le modèle $a = g \sin \alpha$ est valide pour une trajectoire rectiligne parallèle au bord, pour une vitesse initiale parallèle au bord ou pour une vitesse nulle.
---	---	--

	<p>mobile touche l'élastique</p> <ul style="list-style-type: none"> - mesurer les positions successives $x_{mes}(t)$ de la même manière avec un réglet en mesurant la distance à partir du premier point pris comme origine des temps et des positions. -exprimer les valeurs $x_{mes}(t)$ avec 2 chiffres significatifs et en cm 	<ul style="list-style-type: none"> -le pointage est sous forme de tirets, il faut prendre à chaque fois l'extrémité haute ou basse du tiret pour la mesure - les mesures directes de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglet sont exprimées en cm. L'unité du cm étant choisi car les mesures des positions successives dépendent de la dimensions de la table à coussin d'air ne dépassant pas 1 m
T''2 : Créer un tableau de mesure répertoriant les valeurs x_{mes} et t à l'aide d'un tableur	<p>$\tau''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - créer un colonne t en seconde intitulée « t en s » - compléter la colonne « t en s » en respectant le pas de l'échantillonnage choisi valant 0,1 seconde entre chaque mesure - créer une colonne $x_{mes}(t)$ en cm intitulée « $x_{mes}(t)$ en cm » -compléter la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » avec les mesures prises avec le réglet. - créer une colonne $x_{mes}(t)$ en m intitulée « $x_{mes}(t)$ en m » -convertir la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » en m 	<p>$\theta''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - la fréquence étant de 10 Hz, l'échantillonnage de temps, se fait de 0s à la fin des mesures (arrêt du pointage) avec un pas de temps égale à $1/f = 0,1s$ -les mesures directes sont exprimées en cm -les mesures faites au réglet de $x_{mes}(t)$ vont permettre de compléter la colonne $x_{mes}(t)$ -pour avoir α en degré, $x_{mes}(t)$ doit être en m, t en s d'après le et a en $m.s^{-2}$ modèle physique $a = g \sin \alpha$, g étant égal à 9,81 N/Kg
T''3 : calculer $v(t)$	<p>$\tau''3$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -créer une colonne $v(t)$ en $m.s^{-1}$ intitulée « $v(t)$ en $m.s^{-1}$ » -calculer $v(t)$ 	<p>$\theta''3$:</p> $V_i = \frac{X_i - X_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}$
T''4 : calculer a	<p>$\tau''4$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -créer une colonne a en $m.s^{-2}$ intitulée « a en $m.s^{-2}$ » -calculer a -faire la moyenne de a 	<p>$\theta''4$:</p> $a_i = \frac{V_i - V_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}$
T''5 : Déterminer l'angle α	<p>$\tau''5$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -mettre la calculatrice en mode degré - calculer α en degré avec la formule $\alpha = \arcsin(a/g)$ -exprimer le résultats avec 2 chiffres significatifs 	<p>$\theta''5$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pour comparer les deux valeurs de l'angle obtenu il faut qu'il soit exprimer avec la même unité que dans T $g \sin \alpha = a$ donc $\alpha = \arcsin(2/g)$ -les mesures de $x_{mes}(t)$ étant faite avec 2 chiffres significatifs, et $g = 9,81 N/kg$ exprimé avec 3 chiffres significatifs, α est exprimé

+

T''' Comparer les deux méthodes de détermination de l'angle α d'inclinaison de la table à coussin d'air

T'''1 : calculer la marge d'erreur de la méthode manuelle	$\tau'''1$: - estimer l'erreur faite sur la mesure de h noté Δh à l'aide du pied à coulisse -exprimer Δh en m - estimer l'erreur faite sur la mesure de l noté Δl à l'aide du réglet. -exprimer Δl en m -calculer $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ - calculer $ \alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 -estimer la marge d'erreur sur la valeur de α en pourcentage	$\theta'''1$: - l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer - Δl et Δh sont exprimés en m pour être de la même unité que h et l $\alpha = \arctan(h/l)$, en prenant les erreurs faite sur h et l la formule pour l'obtention de α devient $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $ \alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
T'''2 : calculer la marge d'erreur de la méthode par traitement informatique	$\tau'''2$: -estimer l'erreur Δx en m faite lors de la mesure de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglet. -exprimer en pourcentage l'erreur $\%x$ -créer une colonne $a \cdot (1+\%x)$ intitulée " $a \cdot (1+\%x)$ en $m \cdot s^{-2}$ " -calculer $a \cdot (1+\%x)$ -faire la moyenne de a - calculer $\alpha' = \arcsin(2 \cdot a/g)$ -calculer la marge d'erreur $ \alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100	$\theta'''2$: -l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer - il faut utilisé la même unité que $x_{mes}(t)$ - $\Delta x / x_{mes}(t) \cdot 100 = \%x$ -Incertitude de x comprend l'incertitude de t -incertitude de a = incertitude de x - pour voir l'erreur sur α , il faut faire le calcul de $a \cdot (1+\%x)$ - $a = g \sin \alpha' \Rightarrow \alpha' = \arcsin(a/g)$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $ \alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
T'''3 : comparer les deux méthodes	-comparer la marge d'erreur des deux méthodes -conclure	

Annexe 10 : Protocole expérimental de référence 9 à l'aide du modèle de résolution $a = g \sin \alpha$ (avec v_{0x} nulle) et praxéologie associée.

#Protocole

- 1 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode manuelle
 - 1.1 Vérifier la planéité de la table
 - 1.2 Mesurer l'angle α
- 2 Détermination de l'angle α d'inclinaison : méthode par traitement informatique
 - 2.1 Mesure de $x(t) = x_{mes}(t)$
 - 2.1.1 Régler la fréquence de pointage à 10 Hz
 - 2.1.2 Lacher le mobile et appuyer sur le bouton de pointage
 - 2.1.3 Mesurer les valeurs de $x_{mes}(t)$
 - 2.2 Paramétrage du tableur open office calc
 - 2.2.1 Rentrer les valeurs de $x_{mes}(t)$ en cm et t en s dans le tableur
 - 2.2.2 Convertir $x_{mes}(t)$ en m
 - 2.2.3 Créer une colonne a en $m.s^{-2}$ et calculer a
 - 2.3 Détermination de α
- 3 Comparaison des deux méthodes dans la détermination de α
 - 3.1 Estimer l'erreur de la méthode manuellement
 - 3.2 Estimer l'erreur de la méthode par traitement informatique

#Description de la praxéologie expérimentale du protocole de référence 9

T' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air manuellement

+

T'' Déterminer l'angle d'inclinaison α de la table à coussin d'air par traitement informatique à l'aide du modèle mécanique $a = g \sin \alpha$

<p>T''1 : Mesurer les positions successives $x(t)$ d'un mobile autoporteur en mouvement rectiligne lâché avec une vitesse initiale parallèle au bord de la table.</p>	<p>$\tau''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - régler la fréquence de pointage à 10 Hz -appuyer et maintenir le bouton de pointage appuyé dès qu'on lache le mobile - lâcher le mobile en haut de la table à coussin d'air pour avoir une trajectoire rectiligne parallèle au bord. -refaire le lâcher du mobile jusqu'à obtenir une trajectoire rectiligne parallèle au bord. -arrêter le pointage avant que le 	<p>$\theta''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -choisir une fréquence pour faire une mesure de $x(t)$ possible et précise. Le choix d'une fréquence de 50 Hz donne des tirets trop rapprochés. -il faut maintenir le bouton de pointage appuyé pour permettre le pointage lors du mouvement du mobile autoporteur. -on n'enregistre pas quand le mobile est tenu par l'expérimentateur ou en contact avec l'élastique. Pour que les conditions du modèle soient respectées. Le modèle n'est valide que s'il y a le poids, et la réaction normale au support qui agissent sur le mobile. - le modèle $a = g \sin \alpha$ est valide pour une trajectoire rectiligne parallèle au bord, pour une vitesse initiale parallèle au bord ou pour une vitesse nulle.
---	---	--

	<p>mobile touche l'élastique</p> <p>- mesurer les positions successives $x_{mes}(t)$ de la même manière avec un réglet en mesurant la distance à partir du premier point pris comme origine des temps et des positions.</p> <p>-exprimer les valeurs $x_{mes}(t)$ avec 2 chiffres significatifs et en cm</p>	<p>-le pointage est sous forme de tirets, il faut prendre à chaque fois l'extrémité haute ou basse du tiret pour la mesure</p> <p>- les mesures directes de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglet sont exprimées en cm. L'unité du cm étant choisi car les mesures des positions successives dépendent de la dimensions de la table à coussin d'air ne dépassant pas 1 m</p>
T''2 : Créer un tableau de mesure répertoriant les valeurs x_{mes} et t à l'aide d'un tableur	<p>$\tau''2$:</p> <p>- créer un colonne t en seconde intitulée « t en s »</p> <p>- compléter la colonne « t en s » en respectant le pas de l'échantillonnage choisi valant 0,1 seconde entre chaque mesure</p> <p>- créer une colonne $x_{mes}(t)$ en cm intitulée « $x_{mes}(t)$ en cm »</p> <p>-compléter la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » avec les mesures prises avec le réglet.</p> <p>- créer une colonne $x_{mes}(t)$ en m intitulée « $x_{mes}(t)$ en m »</p> <p>-convertir la colonne « $x_{mes}(t)$ en cm » en m</p>	<p>$\theta''2$:</p> <p>- la fréquence étant de 10 Hz, l'échantillonnage de temps, se fait de 0s à la fin des mesures (arrêt du pointage) avec un pas de temps égale à $1/f = 0,1s$</p> <p>-les mesures directes sont exprimées en cm</p> <p>-les mesures faites au réglet de $x_{mes}(t)$ vont permettre de compléter la colonne $x_{mes}(t)$</p> <p>-pour avoir α en degré, $x_{mes}(t)$ doit être en m, t en s d'après le et a en $m.s^{-2}$ modèle physique $a = g \sin \alpha$, g étant égal à 9,81 N/Kg</p>
T''3 : calculer $v(t)$	<p>$\tau''3$:</p> <p>-créer une colonne $v(t)$ en $m.s^{-1}$ intitulée « $v(t)$ en $m.s^{-1}$ »</p> <p>-calculer $v(t)$</p>	<p>$\theta''3$:</p> $V_i = \frac{X_i - X_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}$
T''4 : calculer a	<p>$\tau''4$:</p> <p>-créer une colonne a en $m.s^{-2}$ intitulée « a en $m.s^{-2}$ »</p> <p>-calculer a</p> <p>-faire la moyenne de a</p>	<p>$\theta''4$:</p> $a_i = \frac{V_i - V_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}$
T''5 : Déterminer l'angle α	<p>$\tau''5$:</p> <p>-mettre la calculatrice en mode degré</p> <p>- calculer α en degré avec la formule $\alpha = \arcsin(a/g)$</p> <p>-exprimer le résultats avec 2 chiffres significatifs</p>	<p>$\theta''5$:</p> <p>- pour comparer les deux valeurs de l'angle obtenu il faut qu'il soit exprimer avec la même unité que dans T</p> <p>$g \sin \alpha = a$ donc $\alpha = \arcsin(2/g)$</p> <p>-les mesures de $x_{mes}(t)$ étant faite avec 2 chiffres significatifs, et $g = 9,81 N/kg$ exprimé avec 3 chiffres significatifs, α est exprimé avec 2 chiffres significatifs</p>

+

T''' Comparer les deux méthodes de détermination de l'angle α d'inclinaison de la table à coussin d'air

<p>T'''1 : calculer la marge d'erreur de la méthode manuelle</p>	<p>$\tau'''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - estimer l'erreur faite sur la mesure de h noté Δh à l'aide du pied à coulisse -exprimer Δh en m - estimer l'erreur faite sur la mesure de l noté Δl à l'aide du réglet. -exprimer Δl en m -calculer $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ - calculer $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 -estimer la marge d'erreur sur la valeur de α en pourcentage 	<p>$\theta'''1$:</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer -Δl et Δh sont exprimés en m pour être de la même unité que h et l $\alpha = \arctan(h/l)$, en prenant les erreurs faite sur h et l la formule pour l'obtention de α devient $\alpha' = \arctan[(h+\Delta h)/(l+\Delta l)]$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
<p>T'''2 : calculer la marge d'erreur de la méthode par traitement informatique</p>	<p>$\tau'''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -estimer l'erreur Δx en m faite lors de la mesure de $x_{mes}(t)$ à l'aide du réglet. -exprimer en pourcentage l'erreur $\%x$ -créer une colonne $a \cdot (1+\%x)$ intitulée "$a \cdot (1+\%x)$ en $m \cdot s^{-2}$" -calculer $a \cdot (1+\%x)$ -faire la moyenne de a - calculer $\alpha' = \arcsin(2 \cdot a/g)$ -calculer la marge d'erreur $\alpha' - \alpha / \alpha'$ -multiplier le résultat précédent par 100 	<p>$\theta'''2$:</p> <ul style="list-style-type: none"> -l'erreur est dû à la fois à l'appréciation de l'expérimentateur lors de la lecture sur le réglet mais aussi à la bonne position ou non du réglet sur les longueurs à mesurer - il faut utilisé la même unité que $x_{mes}(t)$ - $\Delta x / x_{mes}(t) \cdot 100 = \%x$ -Incertitude de x comprend l'incertitude de t -incertitude de a = incertitude de x - pour voir l'erreur sur α, il faut faire le calcul de $a \cdot (1+\%x)$ - $a = g \sin \alpha' \Rightarrow \alpha' = \arcsin(a/g)$ -l'écart relatif est exprimé par la formule $\alpha_{théorique} - \alpha_{expérimental} / \alpha_{théorique}$ - pour avoir le résultat en pourcentage, il faut multiplier le résultat de l'écart relatif par 100
<p>T'''3 : comparer les deux méthodes</p>	<p>$\tau'''3$</p> <ul style="list-style-type: none"> -comparer la marge d'erreur des deux méthodes -conclure 	

