



Épreuve pratique d'évaluation des compétences expérimentales

Exemple n°3 – Sujet spécifique

La danse des pendules simples

Sommaire

Fiche 1 – Descriptif du sujet destiné au professeur	2
Fiche 2 – Liste de matériel destinée aux professeurs et au personnel de laboratoire	3
1. Pour chaque poste	3
2. Particularités du sujet, conseils de mise en œuvre.....	3
Fiche 3 – Énoncé destiné au candidat.....	4
1. Contexte du sujet	4
2. Documents mis à disposition du candidat.....	4
3. Travail à effectuer.....	6
Fiche 4 – Repères pour l'évaluation.....	8
1. Tableau récapitulatif de l'évaluation des compétences	8
2. Paramètres physiques et influence sur la période	9
3. Protocole expérimental (10 min conseillées)	10
4. Mise en œuvre du protocole expérimental proposé.....	11
Fiche 5 – Grille d'évaluation.....	13

Fiche 1 – Descriptif du sujet destiné au professeur

<p>Tâches à réaliser par le candidat</p>	<p>Dans ce sujet on demande au candidat de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • rechercher, extraire et organiser l'information contenue dans des documents de différente nature pour identifier les paramètres dont peut dépendre la période d'un pendule simple ; • élaborer un protocole expérimental permettant par des mesures de périodes les plus précises possibles de compléter le graphe $T = f(\theta)$, mis à disposition ; • mettre en œuvre le protocole ; • exploiter le graphe $T = f(\theta)$ pour expliquer de quel paramètre dépend la synchronisation des pendules.
<p>Compétences évaluées Coefficients respectifs</p>	<p>Cette épreuve permet d'évaluer les compétences :</p> <ul style="list-style-type: none"> • S'approprier (APP) ; coefficient 3 ; • Analyser (ANA) ; coefficient 1 ; • Réaliser (REA) ; coefficient 2.
<p>Préparation du poste de travail</p>	<p>S'assurer que le rapporteur est correctement positionné par rapport à la verticale. L'ordinateur doit être branché pour visualiser la vidéo.</p>
<p>Déroulement de l'épreuve. Gestion des différents appels.</p>	<p>Minutage conseillé :</p> <ul style="list-style-type: none"> • paramètres physiques et influence sur la période (25 min) ; • élaboration du protocole (10 min) ; • mise en œuvre du protocole (20 min) ; • retour sur la vidéo et synchronisation des pendules (5 min). <p>La compétence APP est validée en continu lors du 1. Il est prévu trois appels obligatoires de la part du candidat. Lors de l'appel 1, l'examineur vérifie la cohérence du protocole proposé. Lors de l'appel 2, l'examineur assiste à une mesure faite par le candidat. Lors de l'appel 3, l'examineur vérifie que le candidat parvient à produire une conclusion cohérente de son étude. Le professeur observe le candidat en continu lors de la mise en place du dispositif expérimental et le report des points de mesures sur le graphe du document 4.</p>
<p>Remarques</p>	<p>Les fiches n° 2, 3 et 4 sont à adapter en fonction du matériel utilisé par les candidats au cours de l'année.</p>

Fiche 2 – Liste de matériel destinée aux professeurs et au personnel de laboratoire

1. Pour chaque poste

Paillasse élève :

- Un support vertical muni d'une noix et d'une tige ;
- Un rapporteur fixé au support ou tout autre dispositif de mesure d'angle dont le laboratoire dispose ;
- Du fil résistant et inextensible ;
- Une masse marquée de 100 g munie d'un crochet ;
- Une règle graduée au mm ou un mètre déroulant ;
- Une balance ;
- Un chronomètre ;
- Une paire de ciseaux
ou si les candidats enroulent le fil à la tige de fixation, il faut préciser que le fil placé sur les paillasses doit être d'un peu plus de 80 cm ;
- Un ordinateur permettant de visualiser la vidéo « la danse des pendules ».

2. Particularités du sujet, conseils de mise en œuvre

Prévoir un tableau de mesures des périodes en fonction des abscisses angulaires pour un candidat qui n'aurait pas su compléter le graphe par ses propres mesures.

Fiche 3 – Énoncé destiné au candidat

Nom :

Prénom :

Ce sujet comporte 4 feuilles individuelles sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses. Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve. En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examinateur afin de lui permettre de continuer la tâche. L'examinateur peut intervenir à tout moment sur le montage, s'il le juge utile.

1. Contexte du sujet

L'expérience filmée, à visualiser, présente quinze pendules que l'on peut considérer comme simples indépendants les uns des autres qui « dansent ensemble » pour produire des vagues. Ils sont tous lâchés dans un même plan, défini par l'abscisse angulaire maximale $\theta_m = 20^\circ$. On pourrait appeler cela de l'art cinétique tant la chorégraphie des pendules est stupéfiante !

Le but de cette épreuve est d'étudier l'influence de certains paramètres sur la période des pendules simples de la vidéo visualisée.

2. Documents mis à disposition du candidat

Document 1 : Le modèle du pendule simple

Un pendule qui est constitué d'un solide de masse m , de petite dimension, suspendu à un fil inextensible, de masse négligeable devant m et de longueur au moins dix fois supérieure aux dimensions du solide, est qualifié de « simple ».

On note l la longueur du pendule c'est-à-dire la distance entre le point d'attache et le centre du solide.

La position initiale du pendule est repérée par son abscisse angulaire maximale θ_m , angle entre la verticale et la direction du fil.

Document 2 : Galilée et son pendule

« J'ai pris deux balles, l'une de plomb, l'autre de liège, celle-là bien plus de cent fois plus lourde que celle-ci, toutes deux attachées à des fils fins et égaux, longs de quatre à cinq coudées, fixés par le haut. Puis, les ayant éloignées l'une et l'autre de la verticale, je les ai laissées aller en même temps ; et toutes deux descendant le long des circonférences des cercles décrits par les fils et de rayons égaux dépassèrent la verticale ; puis elles revinrent en arrière par le même chemin et répétant bien cent fois les mêmes allées et venues, elles ont montré d'une manière évidente que la boule lourde marche tellement dans le même temps que la légère, qu'il ne dépasse pas ce temps ni en cent oscillations, ni en mille du plus petit intervalle, mais elles marchent d'un pas tout à fait égal.[...] »*

Extrait du Dialogue sur les deux grands systèmes du monde, 1632

* coudée : ancienne mesure de longueur correspondant à la distance du coude à l'extrémité du médium soit environ 50 cm

Document 3 : Expédition de Richer à Cayenne en 1672

« En 1672, Jean RICHER, astronome français de l'Académie Royale des Sciences, sous la direction de Jean Dominique CASSINI, est envoyé à Cayenne pour y effectuer des mesures astronomiques qui nécessitent la connaissance du temps. Il embarque donc une horloge mécanique réglée précisément pour « battre la seconde » à l'Observatoire de Paris.

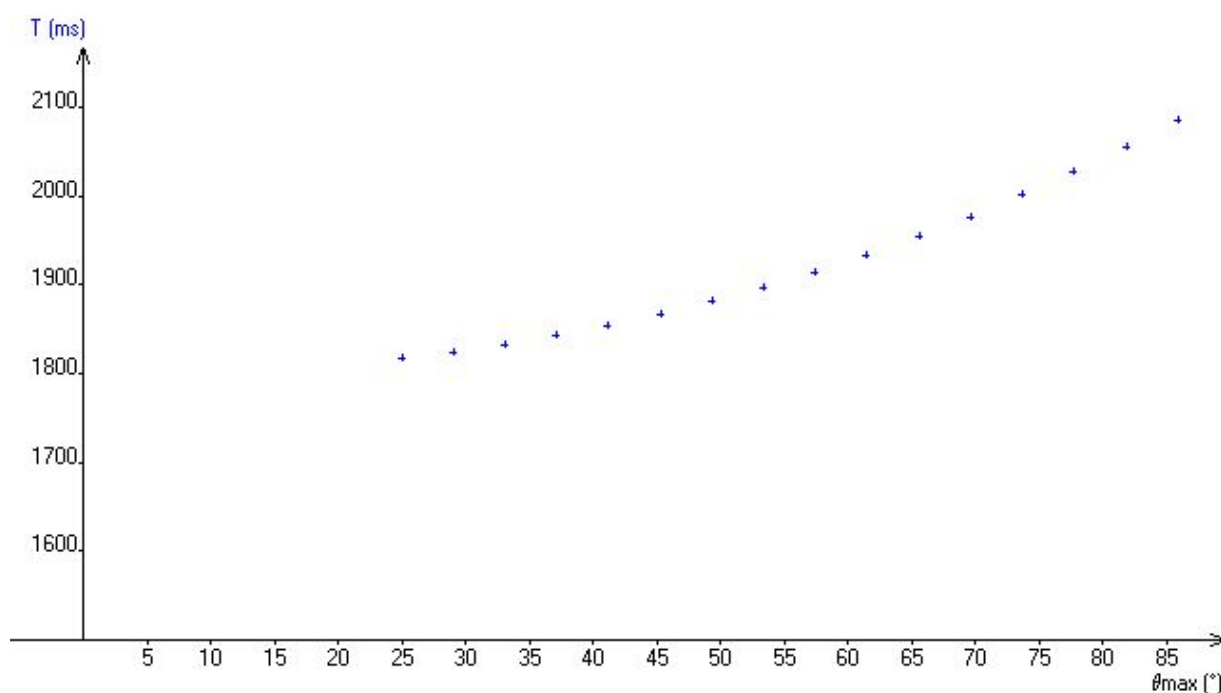
Arrivé à Cayenne, il s'aperçoit que cette horloge retarde d'environ deux minutes par jour par rapport au temps qu'elle devrait théoriquement indiquer. Il en déduit que l'intensité de pesanteur g près de l'équateur est moins importante qu'à la latitude de Paris, ce qui va dans le sens d'une Terre légèrement aplatie aux pôles, idée ne faisant pas l'unanimité chez les scientifiques de l'époque.

Afin que cette horloge batte à nouveau la seconde à Cayenne, il doit raccourcir la longueur du pendule d'environ 3 millimètres, différence peu visible à l'oeil. »

D'après Extrait de « Expédition de Richer à Cayenne en 1672 »

<http://webtice.ac-guyane.fr/physique/spip.php?article54>

Document 4 : Graphe de la période d'un pendule simple de longueur $\ell = 80$ cm en fonction de l'abscisse angulaire θ_m .



Document 5 : Matériel mis à disposition

- Un support vertical muni d'une noix et d'une tige ;
- Un rapporteur fixé au support ou tout autre dispositif de mesure d'angle dont le laboratoire dispose ;
- Du fil résistant et inextensible ;
- Une masse marquée de 100 g munie d'un crochet ;
- Une règle graduée au mm ou un mètre déroulant ;
- Une balance ;
- Un chronomètre ;
- Une paire de ciseaux ;
- Un ordinateur permettant de visualiser la vidéo « la danse des pendules ».

Appel n°1

Appeler le professeur pour lui exposer le protocole expérimental ou en cas de difficulté.

3. Mise en œuvre du protocole expérimental proposé (durée conseillée : 20 min)

Mettre en œuvre le protocole expérimental précédent. Réaliser les mesures et compléter directement le graphe du document 4.

Appel n°2

Appeler le professeur pour lui montrer une mesure.

4. Exploitation des mesures et « danse des pendules » (durée conseillée : 10 min)

Dans l'expérience filmée, tous les pendules sont dans un même plan, défini par l'abscisse angulaire maximale $\theta_m = 20^\circ$ et lâchés à la date $t_1 = 26$ s. Les pendules sont de nouveau dans le même plan à la date $t_2 = 1$ min 28 s. Aurait-on obtenu la même date t_2 si l'abscisse angulaire maximale de départ avait été de 10° ?

Appel n°3

Appeler le professeur pour lui présenter votre conclusion ou en cas de difficulté.

Défaire le montage et ranger la paillasse avant de quitter la salle.

Fiche 4 – Repères pour l'évaluation

1. Tableau récapitulatif de l'évaluation des compétences

Niveau	ANA, REA, VAL, APP Coefficient 1	ANA, REA, VAL, APP Coefficient 2 ou 3	COM 1
A	Le candidat a réalisé l'ensemble du travail demandé de manière satisfaisante selon les critères précisés dans le sujet ou avec une ou deux interventions de l'examineur, concernant des difficultés identifiées et explicitées par le candidat et auxquelles il apporte une réponse quasiment de lui-même.	Le candidat a réalisé l'ensemble du travail demandé de manière satisfaisante selon les critères précisés dans le sujet ou avec une ou deux interventions de l'examineur, concernant des difficultés identifiées et explicitées par le candidat et auxquelles il apporte une réponse quasiment de lui-même, ou bien, grâce à une ou deux questions ouvertes de l'examineur concernant des difficultés non identifiées par le candidat mais résolues par celui-ci après y avoir réfléchi.	Le candidat a réalisé une communication cohérente complète avec un vocabulaire scientifique adapté.
B	Le candidat a réalisé l'ensemble du travail demandé de manière satisfaisante selon les critères précisés dans le sujet grâce à à une ou deux questions ouvertes de l'examineur concernant des difficultés ou erreurs non identifiées par le candidat mais résolues par celui-ci après y avoir réfléchi.	Le candidat a réalisé l'ensemble du travail demandé de manière satisfaisante selon les critères précisés dans le sujet mais grâce à plus de deux questions ouvertes de l'examineur concernant des difficultés ou erreurs non identifiées par le candidat mais résolues par celui-ci après y avoir réfléchi ou bien, avec l'apport d'une seule solution partielle.	Le candidat a réalisé une communication cohérente, incomplète mais il l'a exprimée pour l'essentiel avec un vocabulaire scientifique adapté.
C	Dans le cas où il n'y a qu'une seule tâche demandée, le candidat reste bloqué dans son avancement, malgré les questions ouvertes posées par l'examineur. Des solutions partielles sont apportées au candidat, lui permettant finalement de la résoudre lui-même, ou bien, plusieurs tâches distinctes sont demandées pour évaluer la compétence et au moins une tâche est menée à bien par le candidat, les autres solutions totales étant données.		Le candidat a réalisé une communication manquant de cohérence, incomplète ou bien avec un vocabulaire scientifique mal adapté.
D	Dans le cas où il n'y a qu'une seule tâche demandée, le candidat a été incapable de la réaliser malgré les solutions partielles apportées par l'examineur. Ou bien, le candidat a été incapable de réaliser au moins une des tâches demandées malgré l'apport d'une ou plusieurs solutions totales quand plusieurs tâches sont demandées pour évaluer la compétence. Cette situation conduit l'examineur à fournir une solution complète correspondant à l'ensemble de la tâche (ou des tâches): par exemple un protocole à réaliser ou des valeurs à exploiter pour permettre l'évaluation des autres compétences du sujet. La solution totale (les solutions totales) n'est (ne sont) pas fournie(s) lorsque la compétence est évaluée en fin d'épreuve.		Le candidat a réalisé une communication incohérente ou bien la communication est absente.

Le candidat est en situation d'évaluation, l'examineur ne doit pas fournir d'explicitation des erreurs ni de la démarche à conduire. Ses interventions sont précises, elles servent de relance pour faire réagir le candidat ou bien pour lui permettre d'avancer pour être évalué sur d'autres compétences.

Les erreurs détectées par le professeur en continu ou lors d'un appel sont forcément suivies d'un questionnement ouvert si ces erreurs conduisent l'élève à une impasse.

2. Paramètres physiques et influence sur la période

La compétence « **s'approprier** » est mobilisée et évaluée lors de l'identification des paramètres et à la fin du sujet lors du retour sur la vidéo.

Les critères retenus pour l'évaluation de la compétence « **s'approprier** » sont les suivants :

- **rechercher, extraire et organiser l'information en lien avec une situation.**

1. En analysant et en citant les documents, lister les paramètres qui peuvent avoir une influence sur la période d'un pendule simple quelconque.

Exemples de solutions partielles

Le document 1 renseigne sur deux paramètres qui peuvent avoir une influence sur la période : la longueur du pendule et l'abscisse angulaire maximale.

Le document 2 indique bien que la masse est un paramètre physique mais d'après l'étude de Galilée, si la masse d'un pendule varie, sa période reste identique. Donc la masse ne fait pas partie des paramètres à considérer parmi ceux ayant une influence sur la période du pendule.

On demande de lister uniquement les paramètres ayant une influence sur la période du pendule.

Le document 3 indique que la valeur de l'intensité de pesanteur, qui varie lorsque le lieu varie, est un paramètre à considérer.

Le document 4 indique que l'abscisse angulaire maximale est un paramètre à considérer.

Solution complète

Le document 1 montre que la longueur du pendule et l'abscisse angulaire maximale sont à compter parmi les paramètres pouvant avoir une influence sur la période du pendule. Dans le document 2, la masse n'est visiblement pas un paramètre à considérer. Le document 3 indique que la valeur de l'intensité de la pesanteur est un paramètre à considérer. Le document 4 indique lui aussi que l'abscisse angulaire maximale est un paramètre à considérer.

2. Dans l'expérience filmée, quel est, parmi les paramètres listés précédemment, celui qui n'est pas visiblement identique d'un pendule à l'autre ? Indiquer par une phrase l'influence qualitative de ce paramètre sur la période du pendule considéré comme simple.

Exemples de solutions partielles

Les pendules sont lâchés avec la même abscisse angulaire maximale.

Le seul paramètre qui varie est la longueur de chaque pendule.

Solution complète

Dans l'expérience filmée, g est constant, l'abscisse angulaire maximale est constante. Seules les longueurs des pendules varient.

Plus la longueur du pendule est grande et plus la période est grande.

3. Dans l'expérience filmée, quel est le seul paramètre identique pour tous les pendules dont on pourrait étudier quantitativement l'influence sur la période grâce au matériel disponible ? Justifier.

Exemples de solutions partielles

On ne peut pas faire varier g car on ne change pas de lieu.

On ne peut pas faire varier la masse car on ne dispose dans la liste de matériel que d'une masse marquée.

On peut faire varier l'abscisse angulaire initiale car on dispose pour cela d'un rapporteur.

Solution complète

Au laboratoire, on ne peut pas faire varier g . On ne peut pas étudier l'influence de la masse puisqu'une seule masse marquée est disponible dans le matériel. Le seul paramètre que l'on peut faire varier expérimentalement avec le matériel disponible est l'abscisse angulaire maximale.

3. Protocole expérimental (10 min conseillées)

La compétence « **analyser** » est mobilisée et évaluée lors de l'élaboration du protocole expérimental (appel 1).

Les critères retenus pour l'évaluation de la compétence « **analyser** » sont les suivants :

- **choisir, concevoir ou justifier un protocole / dispositif expérimental** :
 - Concevoir un protocole de mesure de la période du pendule avec la meilleure précision possible. Le protocole devra ainsi indiquer les modalités choisies :
 - La longueur du fil choisie doit être celle indiquée avec le graphe à compléter
 - Trois ou quatre mesures doivent être réalisées pour des angles entre zéro et 25° .
 - Pour chaque angle choisi, plusieurs périodes mesurées pour plus de précision
 - déclenchement du chronomètre au passage du fil par la position d'équilibre.

Exemples de solutions partielles

Pour compléter le graphe du document 4, la longueur du pendule doit être de 80 cm.

Pour augmenter la précision, il faut faire la mesure de plusieurs périodes une fois le pendule lâché.

Pour diminuer l'incertitude sur la mesure au chronomètre, il est préférable de déclencher et d'arrêter le chronomètre au moment du passage par la verticale du pendule.

Pour compléter le graphe, il faut faire plusieurs mesures pour des θ_m différents.

Solution totale pour le protocole

- Réaliser un pendule de longueur $\ell = 80$ cm en accrochant la masse marquée au bout du fil inextensible ;
- Écartier le pendule de la verticale pour donner à l'abscisse angulaire la valeur $\theta_m = 5^\circ$;
- Lâcher le pendule et déclencher le chronomètre au moment du passage du pendule par la verticale ;
- Compter 10 périodes avant de stopper le chronomètre ;
- Donner la valeur d'une période ;
- Recommencer pour différentes valeurs de θ_m jusqu'à $\theta_m = 25^\circ$.

4. Mise en œuvre du protocole expérimental proposé

La compétence « **réaliser** » est évaluée en continu lors de la mise en place du dispositif expérimental. L'examinateur est appelé (appel n°2) pour regarder en détail une mesure.

Les critères retenus pour l'évaluation de la compétence « **réaliser** » sont les suivants :

- **Suivre un protocole :**
 - agencement correct du dispositif (rapporteur / fil / masse) ;
 - choix de la longueur du pendule égale à 80 cm ;
 - choix de l'abscisse angulaire tous les 5° environ.
- **Effectuer des mesures avec précision :**
Mesure avec soin de la période T : pendule lâché dans le plan du rapporteur, déclenchement du chronomètre au moment opportun, plusieurs périodes mesurées
- **Reporter les mesures sur un graphe.**

Exemples de solutions partielles

L'examinateur aide le candidat qui mesure mal la valeur de l entre le point d'accrochage et le centre du solide.

L'examinateur aide le candidat qui ne règle pas correctement la position du rapporteur perpendiculairement à la tige de fixation du pendule.

L'examinateur aide le candidat s'il se trompe dans le « comptage » d'une période (s'il compte un aller au lieu d'un aller et retour par exemple).

L'examineur aide le candidat si celui-ci lâche le pendule dans un plan non parallèle à celui du rapporteur.

L'examineur aide le candidat s'il mesure mal les abscisses angulaires.

L'examineur aide le candidat s'il lance le pendule au lieu de le lâcher.

L'examineur aide le candidat si celui-ci oublie de diviser la durée mesurée par le nombre de périodes comptées.

L'examineur aide le candidat à reporter une mesure de θ_m sur le graphe du document 4.

Solution totale pour la mise en place du protocole et les mesures :

L'examineur fournit le graphe du document 4 complété par les mesures de θ_m entre 0° et 25° .

5. Exploitation des mesures et « danse des pendules »

Les critères retenus pour l'évaluation de la compétence « **s'approprier** » sont les suivants :

- rechercher, extraire et organiser l'information en lien avec une situation.

Exemples de solutions partielles

Le paramètre qui varie dans la question est l'abscisse angulaire maximale.

Il faut vérifier si le changement d'abscisse angulaire maximale proposé a une influence sur la période des pendules.

Solution totale

Elle n'a pas à être donnée puisqu'il s'agit de la dernière question de l'épreuve.

Fiche 5 – Grille d'évaluation

Un exemple de grille d'évaluation est joint en annexe.

Cette grille comporte les éléments suivants :

Numéro du sujet :

Titre du sujet :

		Nom :			
		Prénom :			
Compétence	Coefficient	Niveau validé			
		A	B	C	D
<i>S'approprier</i>	3				
<i>Analyser</i>	1				
<i>Réaliser</i>	2				
<i>Valider</i>	0				
<i>Communiquer</i>	0				
Note	/ 20				
Remarques :					