

Mise en évidence d'écarts, liés à des aspects énergétiques, entre le système réel et sa modélisation multiphysique [PARTIE 1]

Système GravityLight

I. Problématique

On cherche ici à **mettre en évidence les écarts, liés à des aspects énergétiques, existants entre le système réel GravityLight et sa modélisation multiphysique sur Matlab / Simulink.**

Cette investigation vous conduira à :

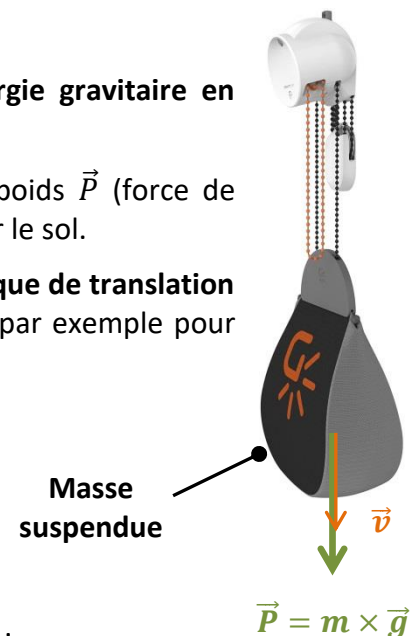
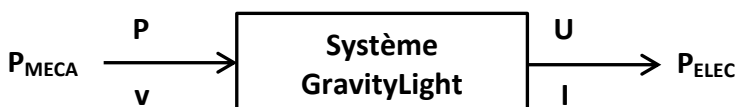
- **Modéliser** le système GravityLight à l'aide de Matlab afin d'établir des résultats de simulation.
- **Expérimenter**, par équipe, sur le système réel GravityLight afin d'obtenir des résultats de mesure.
- **Analyser** les écarts existants entre les résultats de mesure et ceux issus du modèle multiphysique.

II. Présentation du système GravityLight

Le système GravityLight est un système permettant de **convertir de l'énergie gravitaire en énergie électrique.**

En effet, une fois la masse suspendue remontée, et étant soumise à son poids \vec{P} (force de pesanteur), la masse descend progressivement à la vitesse $\|\vec{v}\|$ jusqu'à toucher le sol.

Lors de cette phase de descente, le GravityLight **reçoit une puissance mécanique de translation en entrée et fournit une puissance électrique continue en sortie** (utilisable par exemple pour alimenter une LED ou pour recharger un téléphone).



La chaîne d'énergie du GravityLight peut se représenter sous la forme suivante :

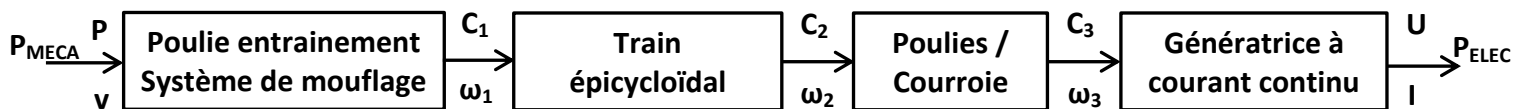


Figure 1 : Chaîne d'énergie du GravityLight

L'ensemble système de mouflage - train épicycloïdal - système poulies /courroie peut être assimilé à un système multiplicateur de rapport 1400. Nous considérerons donc dans cette étude une version simplifiée de la chaîne d'énergie du GravityLight (voir figures 2 et 3) :

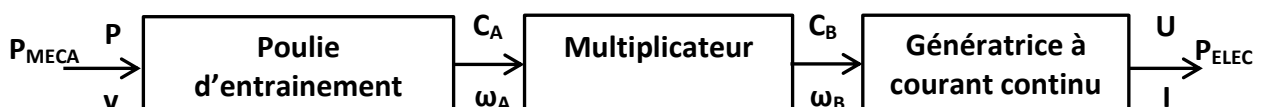


Figure 2 : Chaîne d'énergie simplifiée du GravityLight

Le rapport de transmission du multiplicateur, noté ici k_{multi} , est de **1400** avec $k_{\text{multi}} = \omega_B / \omega_A = 1400$.

La poulie entraînée par la corde sur laquelle est suspendue la masse a un rayon, noté r_{poulie} , de **1.1cm**.

La génératrice a une constante de vitesse k proche de **0.019V/(rad/s)** et une résistance interne r de **21.3Ω**.

Remarque sur l'expérimentation n°1 :

Certains d'entre vous vont réaliser une série de mesures, par groupe de 3 élèves, sur une génératrice dont les caractéristiques sont proches de celles du GravityLight afin d'estimer expérimentalement la valeur de la constante de vitesse k .

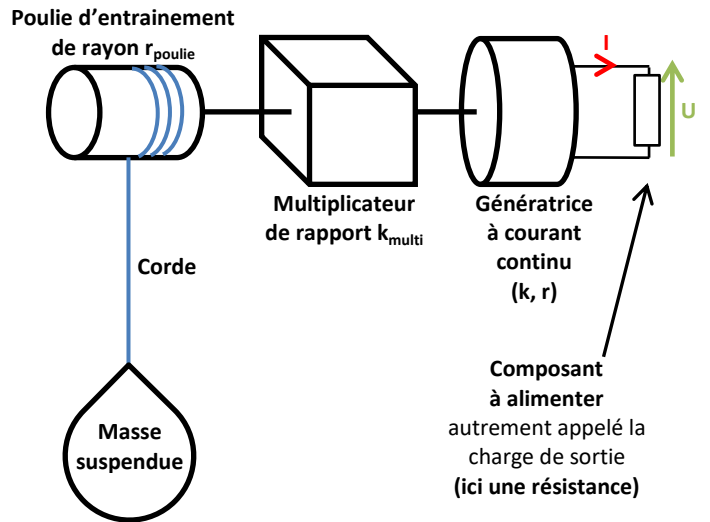
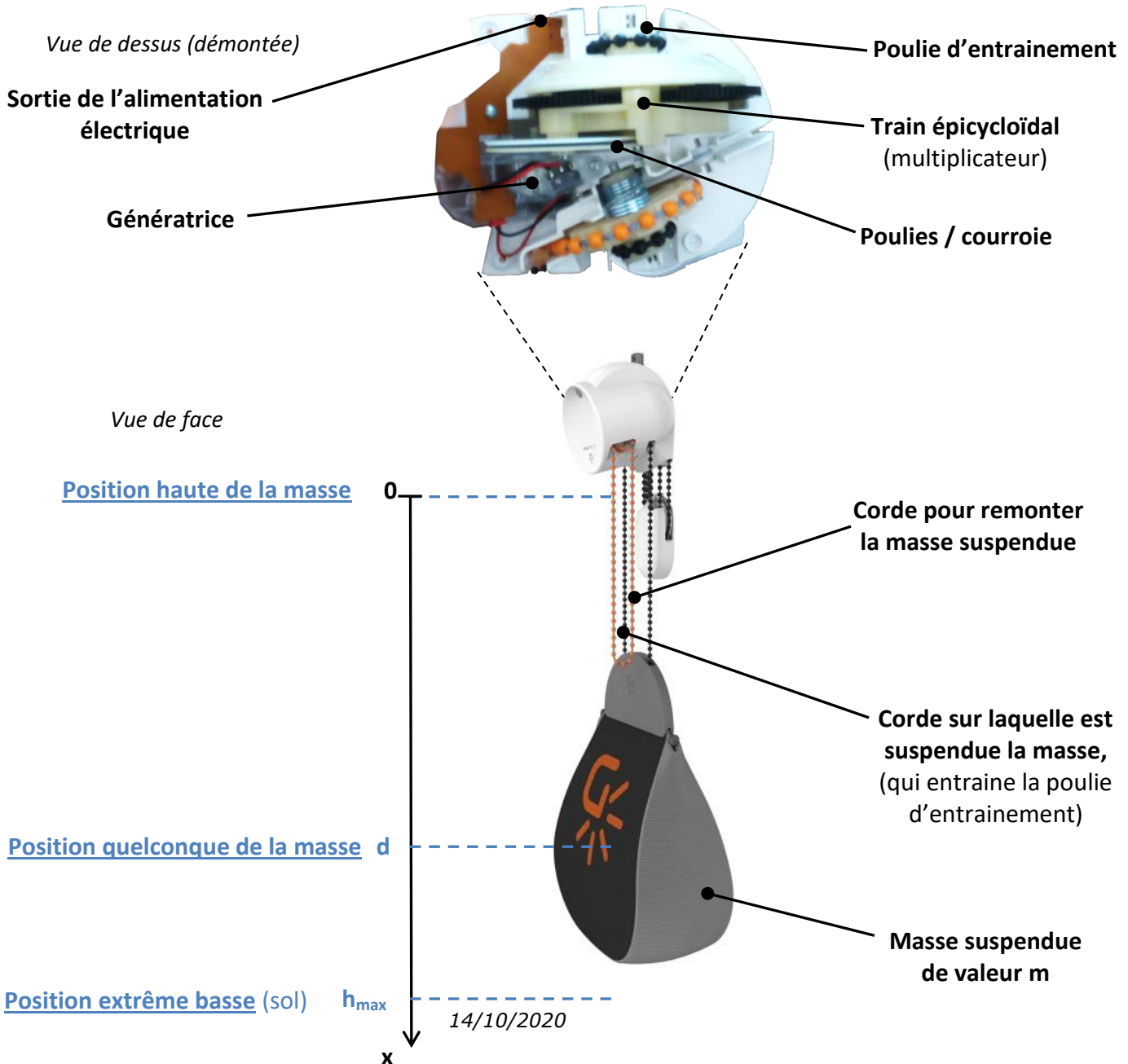


Figure 3 : Organisation simplifiée du GravityLight

Voici le descriptif des constituants présents dans le GravityLight :



II. Mise en place du modèle dans sa version 1

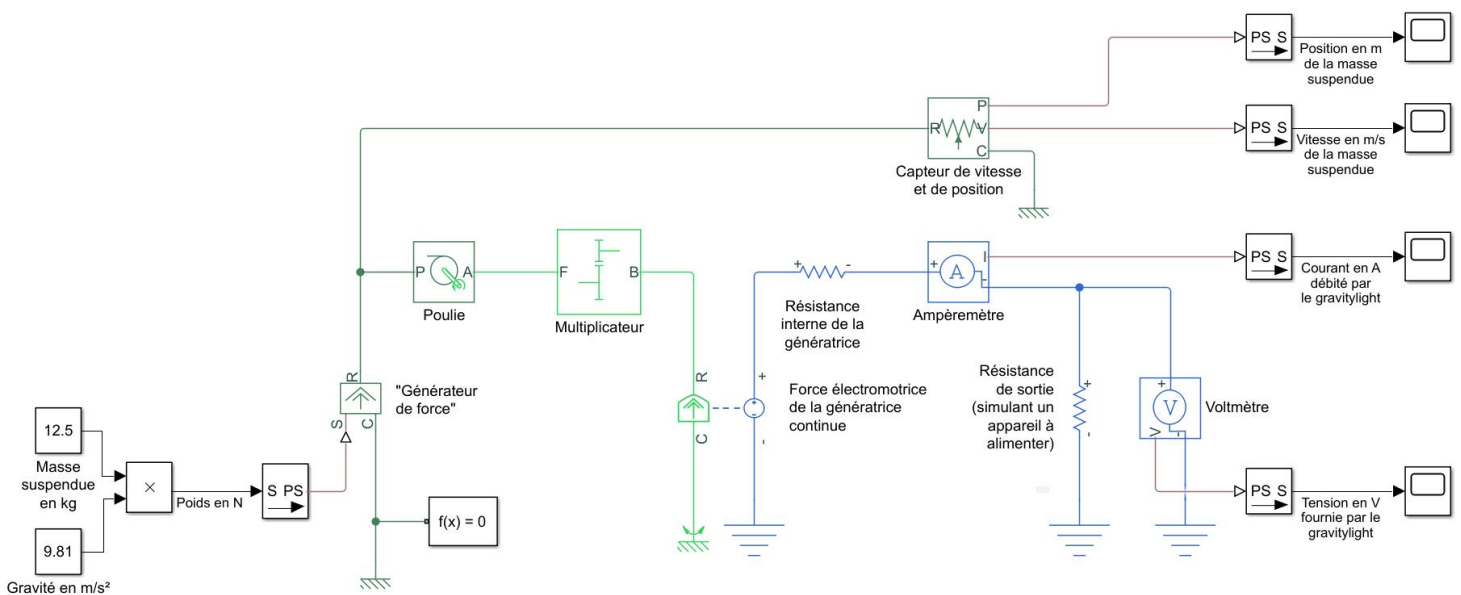
Situation à modéliser dans le modèle version 1 :

La situation initialement modélisée est celle d'une masse suspendue de 12.5kg et d'une résistance de 390Ω connectée en sortie

Attente vis-à-vis du modèle version 1 :

- **Le rendement de ce modèle doit être précisément établi et comparé à celui du système réel.**
- **En cas de modification de la valeur de la masse suspendue (augmentation ou diminution), le modèle doit avoir un fonctionnement qualitatif en accord avec le système réel.**

Ici le modèle sur Matlab / Simulink du système GravityLight est le suivant :





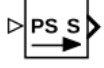







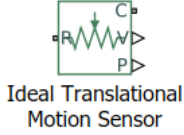
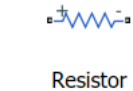
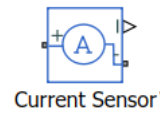
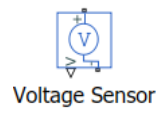
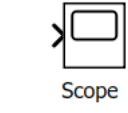
Q1. Compléter le document réponse afin d'associer chacun des blocs du modèle multiphysique aux constituants de la chaîne d'énergie simplifiée fournie dans le bas de la page 1.


Q2. Rappeler les valeurs des grandeurs suivantes associées aux constituants de la chaîne d'énergie simplifiée :

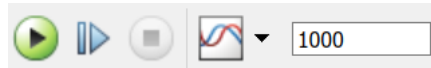
- rayon r_{poulie} de la poulie
- rapport du multiplicateur k_{multi}
- constante k de la génératrice
- résistance interne r de la génératrice

Q3. Ouvrir le modèle Matlab / Simulink « *ModeleVersion1Incomplet.slx* » puis le **compléter** en ajoutant les blocs manquants et en modifiant convenablement les paramètres des blocs (voir le modèle ci-dessus et le tableau fourni à la page suivante). **Nommer** les liaisons et les blocs comme indiqué. **Enregistrer** le modèle dans votre répertoire personnel sous le nom « *ModeleVersion1.slx* ».

Blocs	Librairies	Paramétrage des blocs
 f(x) = 0 Solver Configuration	Simscape / Utilities	Rôle de ce bloc : <i>Utile pour la simulation</i> Paramètres à modifier : Laisser par défaut
 1 Constant	Simulink / Commonly Used Blocks	Rôle de ce bloc : <i>Imposer une valeur constante</i> Paramètres à modifier selon la valeur souhaitée : « Constant value » Constant value: <input type="text" value="0"/>
 Product	Simulink / Commonly Used Blocks	Rôle de ce bloc : <i>Multiplier les deux entrées</i> Paramètres à modifier : Rien à modifier
 Simulink-PS Converter	Simscape / Utilities	Rôle de ce bloc : <i>Passer de grandeurs sans unité (aspect mathématique) à des grandeurs avec unités (aspect physique)</i> Paramètres à modifier : Rien à modifier
 PS-Simulink Converter	Simscape / Utilities	Rôle de ce bloc : <i>Passer de grandeurs avec unités (aspect physique) à des grandeurs sans unité (aspect mathématique)</i> Paramètres à modifier : Rien à modifier
 Mechanical Translational Reference	Simscape / Foundation Library / Mechanical / Translational Elements	Rôle de ce bloc : <i>Symbolise le bâti du système</i> Paramètres à modifier : Rien à modifier
 Ideal Force Source	Simscape / Foundation Library / Mechanical / Mechanical Sources	Rôle de ce bloc : <i>Générer une force ici représentative de l'action de la pesanteur sur la masse suspendue</i> Paramètres à modifier : Rien à modifier
 Wheel and Axle	Simscape / Foundation Library / Mechanical / Mechanisms	Rôle de ce bloc : <i>Symbolise ici le système corde / poulie d'entraînement</i> Paramètres à modifier : <i>le rayon de la poulie est à saisir</i> « Wheel radius » & « Mechanism orientation » Wheel radius: <input type="text" value="0.011"/> m Mechanism orientation: <input type="text" value="Drives in positive direction"/>
 Simple Gear	Simscape / Driveline / Gears	Rôle de ce bloc : <i>Symbolise un système à engrenages ici le multiplicateur</i> Paramètres à modifier selon les valeurs indiquées ci-dessous : « F to B teeth radio » & « Output shaft rotates » Main <input type="text" value="Meshing Losses"/> <input type="text" value="Viscous Losses"/> Follower (F) to base (B) teeth ratio (NF/NB): <input type="text" value="1400"/> Output shaft rotates: <input type="text" value="In same direction as input shaft"/>

		<p align="center">« Friction model » & « Efficiency »</p> <p align="center"> <input type="button" value="Main"/> <input type="button" value="Meshing Losses"/> <input type="button" value="Viscous Losses"/> </p> <p>Friction model: <input type="text" value="Constant efficiency"/></p> <p>Efficiency: <input type="text" value="1"/></p>
 <p>Mechanical Rotational Reference</p>	<p><i>Simscape / Foundation Library / Mechanical / Rotational Elements</i></p>	<p>Rôle de ce bloc : <i>Symbolise le bâti du système</i></p> <p>Paramètres à modifier : Rien à modifier</p>
 <p>Ideal Translational Motion Sensor</p>	<p><i>Simscape / Foundation Library / Mechanical / Mechanical Sensors</i></p>	<p>Rôle de ce bloc : <i>Symbolise un capteur de vitesse de translation en m/s et de position en m</i></p> <p>Paramètres à modifier : Rien à modifier</p>
 <p>Resistor</p>	<p><i>Simscape / Foundation Library / Electrical / Electrical Elements</i></p>	<p>Rôle de ce bloc : <i>Symbolise une résistance électrique, ici, soit celle de la résistance interne de la génératrice soit celle de la résistance de sortie</i></p> <p>Paramètres à modifier selon la valeur souhaitée : « Constant value »</p> <p>Resistance: <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="Ohm"/></p>
 <p>Current Sensor</p>	<p><i>Simscape / Foundation Library / Electrical / Electrical Sensors</i></p>	<p>Rôle de ce bloc : <i>Symbolise un ampèremètre</i></p> <p>Paramètres à modifier : Rien à modifier</p>
 <p>Voltage Sensor</p>	<p><i>Simscape / Foundation Library / Electrical / Electrical Sensors</i></p>	<p>Rôle de ce bloc : <i>Symbolise un voltmètre</i></p> <p>Paramètres à modifier : Rien à modifier</p>
 <p>Scope</p>	<p><i>Simulink / Commonly Used Blocks</i></p>	<p>Rôle de ce bloc : <i>Visualiser l'évolution temporelle d'une grandeur</i></p> <p>Paramètres à modifier : Rien à modifier</p>

Q4. Saisir un temps de simulation de 1000s et **exécuter** le modèle en cliquant sur l'icône .



Q5. Visualiser (en double-cliquant sur chacun des blocs Scopes) puis **copier-coller** dans le document réponse l'évolution temporelle des grandeurs suivantes :

- Vitesse de la masse suspendue en m/s
- Position de la masse suspendue en m
- Tension en sortie du GravityLight en V
- Courant débité par le GravityLight en A

Q6. A partir des évolutions temporelles obtenues à la question 5, **relever** sur Matlab / Simulink les valeurs :

- de la vitesse de translation v de la masse suspendue en m/s
- de la position d de la masse suspendue à $t = 900s$
- de la tension U en sortie du GravityLight en V
- du courant I débité par le GravityLight en A

Q7. A partir de la question précédente, **calculer** la puissance mécanique de translation en entrée du GravityLight puis **calculer** la puissance électrique en sortie du GravityLight.


En déduire la valeur du rendement issue du modèle du GravityLight.

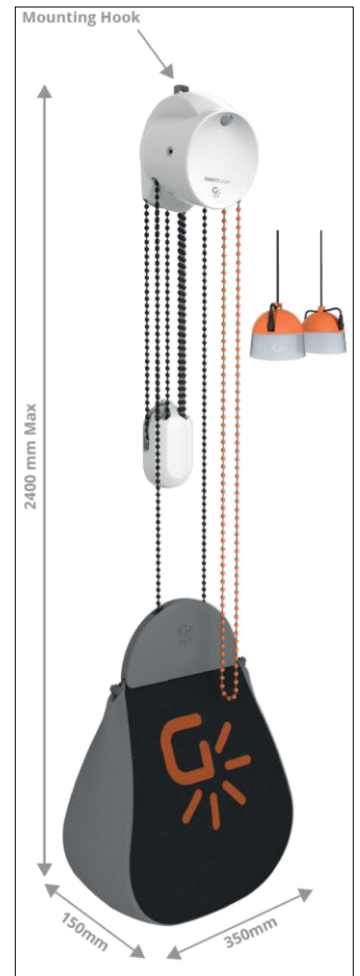
Q8. A partir de l'extrait de la fiche technique du fabricant du système GravityLight fournie ci-dessous, **donner** les valeurs suivantes :

- la masse maximale supportée par le GravityLight en kg
- la distance maximale de déplacement de la masse suspendue en m
- le courant maximal débité par le GravityLight en A
- la puissance électrique maximale fournie par le GravityLight en W

Max loaded bag weight	12.5 kg / 27.5 lbs
Nominal Voltage*	2.7 V DC
Max current*	0.031 A
Max electrical power*	0.085 W
Luminous flux	15 lm
Luminous efficiency	208 lm/W

Q9. Expliquer si les résultats issus du modèle sont ou non cohérentes avec les valeurs issues de la documentation technique du GravityLight. **Commenter** la valeur du rendement calculée à la question 7.

Q10. Ré-exécuter à plusieurs reprises le modèle, en cliquant sur l'icône , en **modifiant** la masse m de la masse suspendue afin de compléter le tableau du document réponse (on rappelle que $P = m \times g$ avec $g = 9.81m.s^{-2}$).



Q11. Analyser le tableau complété à la question 10 et **indiquer**, lorsque la masse m de la masse suspendue augmente, comment évoluent les grandeurs issues du modèle suivantes :

- la vitesse de translation v de la masse suspendue
- la tension U de sortie
- le courant I débité en sortie
- la puissance électrique P_{elec} de sortie
- le rendement du système

Voici des résultats de mesures réalisées sur le GravityLight :

m en kg	F en N	V en m.s ⁻¹	U en V	I en A	P _{méca} en W	P _{elec} en W	Rendement
5.2	51,012	1.02.10 ⁻³	2.1	0.0054	0.053	0.0114	21,5%
7.4	72,594	1.98.10 ⁻³	4	0.00102	0.144	0,0408	28.3%
10.6
12.5	117,72	4.33.10 ⁻³	8.8	0.0225	0.535	0.198	37.0%

Remarque sur l'expérimentation n°2 :

Ce tableau sera enrichi par des séries de mesures que certains d'entre vous vont réaliser, par groupe de 3 élèves, directement sur le système GravityLight en utilisant une masse suspendue de valeur 10.6kg.

Q12. A partir des résultats de mesures précédents obtenus sur le système GravityLight réel, **indiquer** si le modèle se comporte qualitativement de façon satisfaisante par rapport au système réel notamment en cas d'augmentation de la valeur de la masse m de la masse suspendue.

Q13. Calculer l'écart relatif absolu lié à la puissance électrique maximale (obtenue pour une masse de 12.5kg) entre le modèle et le système réel.

Q14. Conclure sur la validité du modèle actuel. **Proposer** des pistes afin de le rapprocher du comportement et des valeurs chiffrées issues du système réel.