

Cycle 4 - 3^{ème} L'énergie et ses conversions	<p style="color: magenta; margin: 0;">Activité expérimentale :</p> <p style="color: magenta; margin: 0;">Cas de l'énergie potentielle (Ep) et de l'énergie cinétique (Ec)</p>
--	---

DESCRIPTIF DE SUJET DESTINE AU PROFESSEUR

Objectif	Mettre en œuvre les programmes au travers d'une activité expérimentale.
Socle commun	<p><u>Domaine 4</u>: les systèmes naturels et les systèmes techniques</p> <p>Démarches scientifiques</p> <p>L'élève sait mener une démarche d'investigation. Pour cela, il décrit et questionne ses observations; il prélève, organise et traite l'information utile; il formule des hypothèses, les teste et les éprouve; il manipule, explore plusieurs pistes, procède par essais et erreurs; il modélise pour représenter une situation; il analyse, argumente, mène différents types de raisonnements (par analogie, déduction logique...); il rend compte de sa démarche.</p> <p>Il exploite et communique les résultats de mesures ou de recherches en utilisant les langages scientifiques à bon escient. L'élève pratique le calcul, mental et écrit, exact et approché, il estime et contrôle les résultats, notamment en utilisant les ordres de grandeur. Il résout des problèmes impliquant des grandeurs variées (géométriques, physiques, économiques...), en particulier des situations de proportionnalité. Il interprète des résultats statistiques et les représente graphiquement.</p>
Déroulement	<p><u>Durée</u> : 4h</p> <p><u>Place dans la progression de la séquence, de l'année</u> : cycle 4, niveau 3^{ème}.</p> <p><u>Organisation de la séance</u> : Cette séance alterne des moments de découverte, d'expérimentation, de confrontation et de mise en commun. En classe entière et/ou en groupe.</p> <p>En amont de cette activité, une recherche à la maison est à faire pour découvrir le fonctionnement d'un barrage hydroélectrique (voir annexe1).</p>
Matériel	<i>Voir dans la suite de la fiche.</i>
Compétences évaluées	<ul style="list-style-type: none"> • S'approprier (APP) • Analyser (ANA) • Réaliser (REA) • Valider (VAL) • Communiquer (COM) • Numérique (NUM)
Remarques	<p><u>Extrait du programme</u> :</p> <p>Identifier les différentes formes d'énergie. Cinétique (relation $E_c = 1/2 m v^2$), potentielle (dépendant de la position) Identifier les sources, les transferts et les conversions d'énergie. Etablir un bilan énergétique pour un système simple.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sources. -Transferts. -Conversion d'un type d'énergie en une autre. -Conservation de l'énergie. -Unités d'énergie. <p><i>Les supports d'enseignement gagnent à relever de systèmes ou de situations de la vie courante.</i></p>
Auteur	Joël Petit - collègue Hubert Fillay – Bracieux (41).

SUPPORT(S) D'ACTIVITÉ

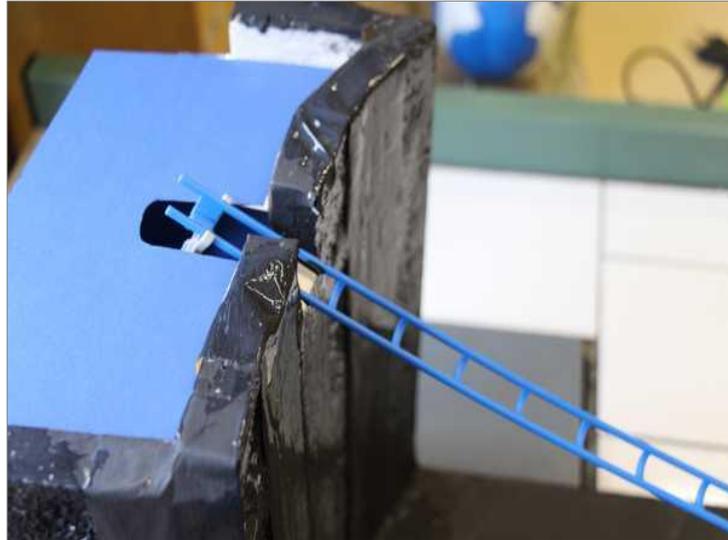
Cette première activité est précédée par un travail personnel de recherche sur les barrages hydroélectriques (Annexe 1)

Doc. 1 : Le barrage hydroélectrique.

Nous étudions la maquette de barrage hydroélectrique ci-dessous :



Cette maquette est réalisée avec des plaques de polystyrène peintes et assemblées ainsi que des éléments de circuit de billes.



Selon vous :

Comment un barrage hydroélectrique fonctionne-t-il ?

Quel est l'intérêt de construire des barrages relativement élevés ?

Quelles conversions d'énergie se produisent-elles dans un barrage ?

Proposez une expérience à réaliser, avec la maquette, pour comprendre le principe de fonctionnement d'un barrage (texte et/ou schéma) :

Pour aller plus loin : Des vidéos expliquant le principe de fonctionnement d'un barrage.

<https://www.youtube.com/watch?v=vqbdbjgU900> (EDF)

<https://www.youtube.com/watch?v=kNvmUQc45y8> (C'est pas sorcier)

Les questions entraînent, de premières expériences en classe entière. Elles permettent aux élèves d'identifier les deux notions importantes pour la suite : la hauteur (h) de chute liée à la notion d'énergie potentielle (E_p) et la vitesse (v) liée à l'énergie cinétique (E_c). Ces deux notions ne sont pas des prérequis. Ces expériences permettent également aux élèves de découvrir en partie le matériel qu'ils auront à utiliser par la suite en autonomie.

Ces notions étant dégagées et identifiées après une mise en commun, elles sont consignées en trace écrite dans le cahier de cours du type : « *Un barrage hydroélectrique est un dispositif permettant de stocker l'énergie de l'eau sous forme d'énergie potentielle (E_p). Cette énergie potentielle (E_p) dépend de la hauteur de chute (h en m). Lors de la chute de l'eau, sa vitesse augmente : l'énergie potentielle se convertit en énergie cinétique (E_c). Un barrage permet de convertir l'énergie potentielle (E_p) de l'eau en énergie cinétique (E_c). »*

Doc. 2 : TP n°1 : hauteur et vitesse lors d'une chute.

Problème : Dans un barrage, la vitesse acquise par l'eau lors de sa chute est-elle proportionnelle à la hauteur de chute ?

Consignes : Résoudre ce problème en pratiquant une démarche scientifique. Vous communiquerez vos résultats sous forme d'un compte-rendu d'expériences illustré.

Matériel mis à disposition : Une rampe fixée sur support, une petite voiture et tout le matériel du laboratoire que vous jugeriez utile.



TP n°1: Hauteur et vitesse lors d'une chute.	😊	😐	😞	😡
Analyser : Proposer un protocole expérimental.				
Réaliser : Utiliser un appareil de mesure.				
Valider / Critiquer : Interpréter des résultats (observation).				
Communiquer : Présenter à l'écrit la démarche suivie (compte-rendu d'expériences).				
Savoir-être/autonomie : Travailler efficacement seul ou en équipe				

Remarque :

- Les petits dispositifs fournis aux élèves sont des « plans inclinés » dont on peut facilement faire varier la hauteur. Ils sont réalisés à partir d'un morceau de 70 cm de capot de goulotte électrique en PVC fixé sur un morceau de bois d'1cm d'épaisseur à une extrémité.



Ils permettent de modéliser le phénomène : l'eau est remplacée par la petite voiture qui roule sur un plan incliné incurvé dont on peut faire varier la hauteur(en le « tordant »).

Les élèves peuvent alors facilement **émettre une hypothèse argumentée** (du type je pense que ... car). Ils ont pour la plupart la sensation (justifiée!) que la vitesse augmente avec la hauteur de chute mais n'analysent pas encore clairement ce qu'implique le fait que cela soit proportionnel ou non(!).

- Le protocole expérimental n'est pas fourni aux élèves. Ils doivent demander les deux appareils de mesures :
- Un mètre ruban afin de mesurer la hauteur de chute de l'objet (en enlevant 1cm (épaisseur du morceau de bois)) si la mesure est réalisée à partir de la paillasse.
 - Une fourche optique « Beespi » placée à cheval sur la goulotte afin de mesurer la vitesse au plus bas. (voir Annexe 2 pour l'achat)



Rapidement les élèves sont confrontés à divers **petits problèmes intéressants et formateurs** : mise en œuvre pas si facile que cela (mais pas insurmontable!) et surtout : **deux lâchers de la même hauteur ne donnent pas forcément la même vitesse mesurée** ! C'est l'occasion de discuter en groupe ou en classe entière de l'expérience et de la précision des mesures.

Concernant les mesures, nous aboutissons assez rapidement au fait qu'il est **important de faire plusieurs mesures pour chaque hauteur et de calculer une vitesse moyenne à l'aide des mesures**. Les élèves comprennent également la **nécessité d'écarter parfois certaines mesures** qui ne sont pas cohérentes.

Voici un exemple de mesures obtenues pour un groupe:

hauteur (en m)	0,3	0,2	0,1
Vitesse (en m/s)	1,33	1,11	0,77

Manifestement, la vitesse (v) de la voiture au point le plus bas augmente avec la hauteur (h) de chute **mais ces deux grandeurs ne sont pas proportionnelles** !

Pourquoi ? Cette question peut être débattue en classe entière ... notamment en mettant en commun les différentes mesures réalisées par les groupes : chaque groupe obtient des mesures différentes ! A quoi cela est-il dû ?

Doc. 3 : Hauteur et vitesse lors d'une chute / Mise en commun.

Hauteur (en m)	0	0,1	0,2	0,3	0,4
Vitesse (en m/s) groupe 1					
Vitesse (en m/s) groupe 2					
Vitesse (en m/s) groupe 3					
Vitesse (en m/s) groupe 4					

Plusieurs hypothèses peuvent émerger parmi lesquelles :

- la vitesse mesurée dépend-elle de la masse de l'objet ?

Cette première hypothèse peut être testée à l'aide de voitures de masses différentes ou en lestant la voiture. Il est alors possible de montrer que la masse de l'objet n'a pas d'influence sur la vitesse mesurée au bas de la rampe.

- les frottements de l'objet sur le plan lors de sa chute ont-ils une influence sur les mesures ?

Ces frottements peuvent être mis en évidence à l'aide d'un petit dispositif proche du précédent :



Il est constitué d'un capot de goulotte électrique de 80 cm, fixé en son centre (par deux vis) sur une planche en bois.

En lâchant la voiture d'une certaine hauteur est-elle capable de remonter à une hauteur équivalente ?
 En formant un « U » avec ce dispositif et en lâchant l'objet d'un côté, que va-t-il faire ? Pourquoi ?
 La notion d' « énergie perdue » est alors mise en évidence. Elle permettra de valider les approximations obtenues dans les mesures dans les expériences liées à la conservation de l'énergie mécanique et à la conversion d'énergie potentielle en énergie cinétique par la suite.

La vitesse n'étant pas proportionnelle à la hauteur de chute, il est temps de s'intéresser à la manière dont se calcule l'énergie cinétique d'un objet :

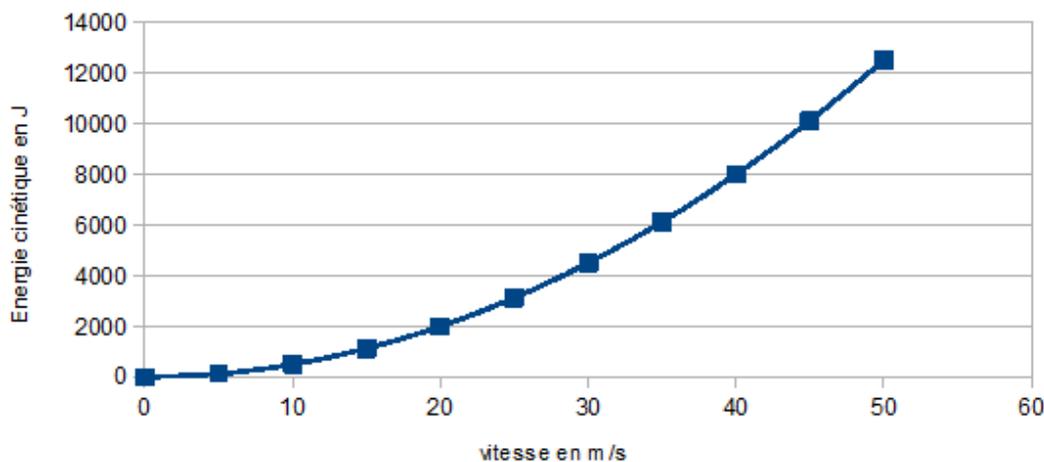
Doc. 4 : Comment calculer l'énergie cinétique d'un objet ?

Partie 1 : énergie cinétique et vitesse.

L'énergie cinétique d'un objet de masse $m=10\text{ kg}$ a été mesurée pour différentes vitesses (v en m/s).

Les mesures ont permis d'obtenir le graphique ci-dessous :

Variations de l'énergie cinétique d'un objet de 10 kg en fonction de la vitesse



L'énergie cinétique est-elle proportionnelle à la vitesse ? Justifiez votre réponse.

Que vaut l'énergie cinétique d'un objet de 10 kg se déplaçant à la vitesse de 20 m/s ? $E_c =$

Même question pour une vitesse de 40 m/s ? $E_c =$

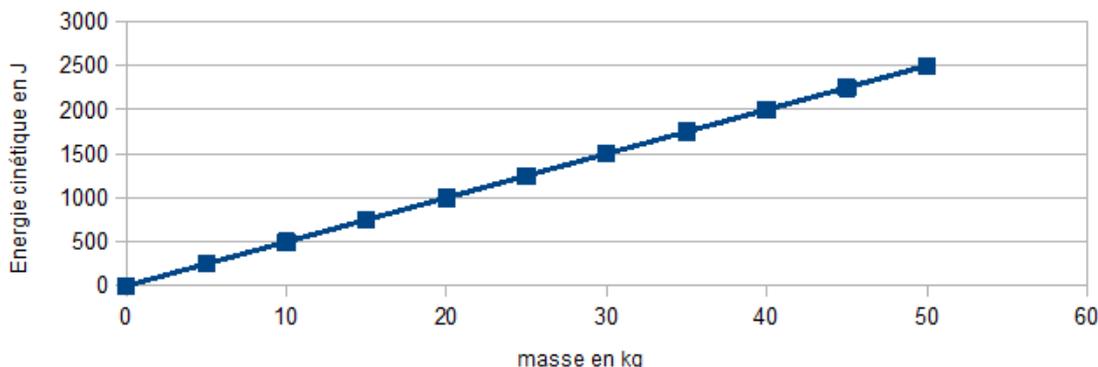
Par combien est multipliée l'énergie cinétique de cet objet lorsque la vitesse double (de 20 m/s à 40 m/s) ?

Partie 2 : énergie cinétique et masse

L'énergie cinétique de divers objets de masses différentes a été mesurée pour une vitesse constante ($v=10\text{ m/s}$).

Les mesures ont permis d'obtenir le graphique ci-dessous :

Variations de l'énergie cinétique en fonction de la masse pour une vitesse de 10m/s



L'énergie cinétique est-elle proportionnelle à la masse? Justifiez votre réponse.

En utilisant les documents ci-dessus, indiquez parmi les relations suivantes celle qui permet de calculer l'énergie cinétique d'un objet en fonction de sa masse et de sa vitesse :

- 1) $E_c = m v$
- 2) $E_c = \frac{1}{2} m v$
- 3) $E_c = \frac{1}{2} m v^2$
- 4) $E_c = \frac{1}{2} v^2$
- 5) $E_c = m v^2$

Justifiez votre réponse.

Compétences travaillées :

Comment calculer l'énergie cinétique d'un objet ?				
S'approprier : Saisir les informations utiles d'une représentation conventionnelle (graphique).				
Analyser : Outil mathématique : recherche de proportionnalité.				
Valider/critiquer : Interpréter des résultats.				

Cette activité permet d'établir le fait que l'énergie cinétique d'un objet se calcule comme $E_c = \frac{1}{2} m v^2$. Cette relation est notée de manière détaillée dans le cours. Elle permet d'apporter un nouvel éclairage aux mesures obtenues lors du TP n°1

Doc. 5 : Hauteur et carré de la vitesse lors d'une chute.

Complétez le tableau ci-dessous utilisant les mesures réalisées lors du TP n°1.

Hauteur (en m)	0	0,1	0,2	0,3
Vitesse (en m/s)	0	0,77	1,11	1,33
Carré de la vitesse (en m^2/s^2)				

La hauteur de chute est-elle proportionnelle au carré de la vitesse de l'objet ? Justifiez votre réponse.

Compétences travaillées :

Hauteur et carré de la vitesse.				
Analyser : Outil mathématique : recherche de proportionnalité.				
Valider/critiquer : Interpréter des résultats.				

Les résultats obtenus sont les suivants :

Hauteur (en m)	0	0,1	0,2	0,3
Vitesse (en m/s)	0	0,77	1,11	1,33
Carré de la vitesse (en m ² /s ²)	0	0,59	1,23	1,77

Aux imprécisions de mesures près et en tenant compte des pertes dues aux frottements, **le carré de la vitesse est proportionnel à la hauteur de chute de l'objet.**

Doc. 6 : TP n°2 : Conservation de l'énergie au cours d'une chute. Cas du pendule.

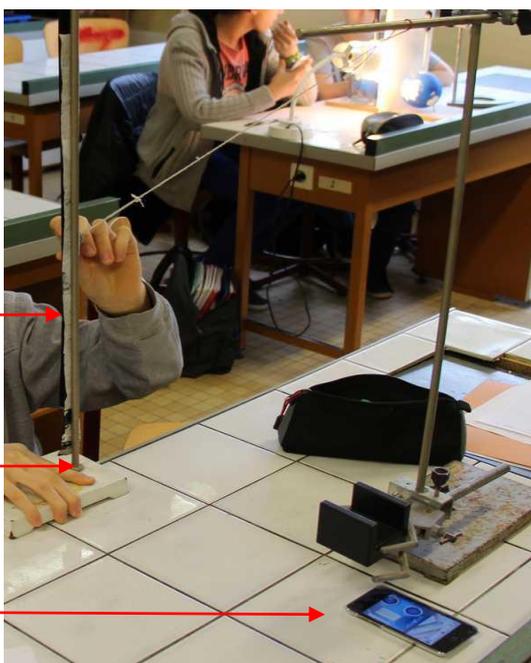
Afin de limiter les pertes dues aux frottements, nous utiliserons le dispositif ci-dessous :

pendule (masse marquée)

Mètre ruban sur support

Capteur de vitesse

Ipod en vision inversée



Complétez le tableau ci-dessous en mesurant pour diverses hauteurs de chute la vitesse du pendule au point le plus bas.

Hauteur (h en m)	0	0,1	0,2	0,3	0,4
Vitesse (v en m/s)					

En sachant que l'énergie potentielle d'un objet se calcule comme $E_p = m \times g \times h$
 avec : **m** : masse de l'objet en kg ;
g : intensité de la pesanteur sur Terre ;
h : hauteur de chute en m.

Complétez les tableaux ci-dessous :

Chute de 10 cm

Masse m=0,020kg		
Hauteur (h en m)	0,1	0
vitesse (v en m/s)		
Ep (Ep en J)		
Ec (Ec en J)		
Ep + Ec (en J)		

Chute de 20 cm

Masse m=0,020 kg		
Hauteur (h en m)	0,2	0
vitesse (v en m/s)		
Ep (Ep en J)		
Ec (Ec en J)		
Ep + Ec (en J)		

Chute de 30 cm

Masse m=0,020kg		
Hauteur (h en m)	0,3	0
vitesse (v en m/s)		
Ep (Ep en J)		
Ec (Ec en J)		
Ep + Ec (en J)		

Chute de 40 cm

Masse m=0,020kg		
Hauteur (h en m)	0,4	0
vitesse (v en m/s)		
Ep (Ep en J)		
Ec (Ec en J)		
Ep + Ec (en J)		

Que constatez-vous ?

TP n°2: Conservation de l'énergie au cours d'une chute.				
Réaliser : Suivre un protocole expérimental.				
Valider / Critiquer : Interpréter des résultats.				
Savoir-être/autonomie : Travailler efficacement seul ou en équipe				

Voici un exemple de mesures obtenues :

Hauteur (en m)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Vitesse (en m/s)	1,38	1,99	2,34	2,67	2,92

Attention à bien tenir le pendule tendu au moment du lâcher pour limiter les pertes !

Les calculs ne sont pas évidents à mener pour les élèves mais ils sont intéressants sous divers aspects : réinvestissement de la relation permettant de calculer l'Ec, valeur de l'intensité de pesanteur vue précédemment, utilisation de la calculatrice et organisation personnelle des calculs au brouillon.

(correction donnée en rouge) :

Masse m=0,020kg		
Hauteur (h en m)	0,1	0
vitesse (v en m/s)	0	1,38
Ep (Ep en J)	0,02	0
Ec (Ec en J)	0	0,019
Ep + Ec (en J)	0,02	0,019

Masse m=0,020 kg		
Hauteur (h en m)	0,2	0
vitesse (v en m/s)	0	1,99
Ep (Ep en J)	0,04	0
Ec (Ec en J)	0	0,04
Ep + Ec (en J)	0,04	0,04

Masse m=0,020kg		
Hauteur (h en m)	0,3	0
vitesse (v en m/s)	0	2,34
Ep (Ep en J)	0,06	0
Ec (Ec en J)	0	0,055
Ep + Ec (en J)	0,06	0,055

Masse m=0,020kg		
Hauteur (h en m)	0,4	0
vitesse (v en m/s)	0	2,67
Ep (Ep en J)	0,08	0
Ec (Ec en J)	0	0,07
Ep + Ec (en J)	0,08	0,07

La somme $E_p + E_c$ reste constante aux imprécisions de mesures près et aux pertes d'énergies dues à l'expérimentation (frottements, déformations de la corde du pendule, etc.).

Une trace écrite peut alors être construite en classe entière :

Un objet possède :

- Une énergie potentielle au voisinage de la Terre (E_p en J)
- Une énergie de mouvement, l'énergie cinétique (E_c en J).

La somme de ces énergies constitue son énergie mécanique : $E_m = E_p + E_c$

Au cours d'une chute, l'énergie mécanique se conserve : l'énergie potentielle (E_p) se convertit en énergie cinétique (E_c). Les frottements entraînent des pertes : une partie de l'énergie mécanique se convertit en énergie perdue (énergie thermique due aux frottements pour l'essentiel).

L'énergie potentielle se mesure en joules.

$$E_p = mgh$$

L'énergie cinétique se mesure en joules.

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Prolongements possibles :

- Suite de transformations d'énergie dans un barrage hydroélectrique. L'énergie cinétique acquise par l'eau permet d'entraîner la turbine d'un alternateur et après ... ?

- Réalisation et exploitation d'une autre série de mesures réalisée avec une masse différente.

Cela permet de montrer que la vitesse finale (à $h = 0$ m) ne dépend pas de la masse mais que l'énergie mécanique est plus grande : si on néglige les frottements dus à l'air, une souris et un éléphant lâchés du haut de la tour Eiffel atteindront le sol avec la même vitesse mais pas avec la même énergie cinétique ... ce qui ne provoquera pas les mêmes dégâts!).

- Une chute libre sur la Lune : <https://www.youtube.com/watch?v=03SPBXALJZI>

- Activité « Energy skate park » téléchargeable ici : http://physique.ac-orleans-tours.fr/fileadmin/user_upload/physique/approche_par_competence/college/bidisciplinaire/Activity_energy_english.doc

- D'autres ressources et activités ici : http://sciences-physiques-moodle.ac-orleans-tours.fr/moodle/pluginfile.php/3145/mod_resource/content/2/Chapitre%203%20-%20nergie%20cintique%20et%20nergie%20mcanique/sommaire.htm

- Une vidéo pour comprendre le saut à la perche : https://www.youtube.com/watch?v=HTI97yib_rw vidéo tirée de l'excellent site Science étonnante : <https://sciencetonnante.wordpress.com/>

- Un exercice inspiré du site de Jean-Marc Jancovici sur notre rapport actuel à l'énergie (annexe 3).

REPÈRES POUR L'ÉVALUATION

Evaluation : TP n°1 : Hauteur et vitesse lors d'une chute.

Domaine de Compétences évaluées	Critère de réussite correspondant au niveau A
Analyser (ANA) <i>Proposer un protocole expérimental.</i>	Le protocole proposé est complet. L'élève a compris qu'il doit utiliser des appareils de mesure (vitesse et hauteur) afin de mener une étude quantitative, qu'il doit réaliser plusieurs mesures à différentes hauteurs.
Réaliser (REA) <i>Utiliser un appareil de mesure.</i>	Les mesures sont réalisées avec soin. Les résultats sont notés avec les unités convenables et adaptées.
Valider (VAL) <i>Interpréter des résultats (observation).</i>	L'élève démontre clairement le fait que la vitesse de chute et la hauteur ne sont pas proportionnelles. Il répond au problème posé et interprète clairement ses résultats. L'élève se questionne sur la précision des mesures réalisées.
Communiquer (COM) <i>Présenter à l'écrit la démarche suivie.</i>	Le compte-rendu rédigé est soigné, complet et convenablement illustré (photos ou schéma). Les mesures réalisées sont organisées dans un tableau. Les termes et le vocabulaire utilisés sont adaptés.
Savoir-être/ Autonomie (Aut) <i>Travailler efficacement seul ou en équipe.</i>	Les expériences ont été menées dans le calme. L'élève n'hésite pas à expérimenter de lui-même pour mener à bien sa démarche. Il demande de l'aide si besoin. Le travail est terminé dans le temps donné.

Niveau A : les indicateurs choisis apparaissent dans leur (quasi)totalité

Niveau B : les indicateurs choisis apparaissent partiellement

Niveau C : les indicateurs choisis apparaissent de manière insuffisante

Niveau D : les indicateurs choisis ne sont pas présents

Annexe 1 : Une recherche autour des barrages.

Quelques exemples de barrages hydroélectriques

En effectuant des recherches sur Internet, complétez le document ci-dessous :

Barrage			
	Barrage d'Eguzon	Barrage de Grangent	Barrage de Grand'Maison
Localisation			
Type de barrage			
Hauteur			
Épaisseur en crête			
Épaisseur en pied			
Productibilité énergétique annuelle			

Cette recherche, réalisée en autonomie (à la maison) permet aux élèves de se familiariser avec le fonctionnement d'un barrage hydroélectrique. Le barrage de Gran'Maison est intéressant du fait que sa productibilité énergétique annuelle est négative ! En effet, ce barrage est utilisé pour « stocker » de l'énergie.

Annexe 2 : Où acheter le capteur de vitesse « Beespi »

Lot de 10 : <http://www.equascience.com/produit/lot-de-10-fourches-optiques-avec-afficheur/>

A l'unité : <http://www.equascience.com/produit/fourche-optique-autonome/>

Annexe 3 : Un exercice autour de l'énergie.

Notre consommation d'énergie au quotidien / cas de l'équivalent « esclave » ...

Les données et informations utilisées ci-dessous sont en partie extraites du site de Jean-Marc Jancovici : <http://www.manicore.com/documentation/esclaves.html>

Imaginons un « esclave » qui creuse un grand trou, et va donc charrier des pelletées de terre. Notre individu remonte une pelletée de terre de 3 kg toutes les 5 secondes.

- 1-Quelle masse de terre aura-t-il remonté en 8 heures de travail ?
- 2-Si cette remontée se fait sur 1 mètre de hauteur, calculez l'énergie potentielle ($E_p = mgh$) nécessaire à cette tâche.
- 3-Avec 1 euro, je m'achète 1 litre d'essence, qui « contient » 36×10^6 J d'énergie (à peu près).
A combien d' « esclaves creuseurs » de trous correspond l'utilisation d'1L d'essence ?
- 4-Pour relier Blois à Paris, un **automobiliste seul** consomme 12L d'essence. A combien d' « esclaves creuseurs » de trous cela correspond-il ?

Notre consommation d'énergie au quotidien.				
Réaliser : Appliquer une loi donnée.				
Valider / Critiquer : Faire preuve d'esprit critique.				